

Il metodo scientifico o sperimentale

Anticamente l'uomo ha cercato di spiegare i fenomeni naturali di cui era testimone imputandoli all'azione delle divinità, oppure attribuendoli alla stregoneria o alla magia.

Con Galileo Galilei (1564-1642) è stato introdotto il metodo sperimentale: esso si basa su una prima osservazione, seguita da un esperimento, sviluppato in maniera controllata, in modo tale che si possa riprodurre il fenomeno che si vuole studiare. L'esperimento ha lo scopo di convalidare o confutare l'ipotesi che lo scienziato ha formulato, ipotesi che ha lo scopo di spiegare i meccanismi alla base di quel particolare evento.

Nel primo caso (convalida dell'ipotesi) si procede con l'esecuzione di un gran numero di esperimenti, in maniera tale che i risultati acquisiti siano attendibili (analisi statistica): i dati raccolti vengono elaborati e successivamente viene formulata una teoria: quest'ultima viene utilizzata, spesso insieme ad altre teorie, per formulare una legge. La teoria ipotizza la causa o le cause all'origine di un fenomeno mentre la legge descrive un fenomeno che avviene con una certa regolarità.

Nel secondo caso (rigetto dell'ipotesi) l'ipotesi viene modificata e sottoposta a nuovi esperimenti.

Il metodo scientifico si basa su alcuni presupposti, ad esempio che gli eventi naturali osservati hanno delle cause precise ed identificabili, che ci sono degli schemi utilizzabili per descrivere quanto accade in natura, che se un evento si verifica con una certa frequenza alla base c'è la stessa causa, che ciò che una persona percepisce può essere percepita anche da altri, che si applicano le stesse leggi fondamentali della natura, indipendentemente da dove e quando si verificano determinati eventi.

Il metodo scientifico o sperimentale si articola in due fasi:

fase induttiva (cioè dallo studio di dati sperimentali si giunge alla formulazione di una regola universale)

fase deduttiva

La fase induttiva si divide inoltre in:

osservazioni e misure (in questa fase si utilizza la strumentazione opportuna e si raccolgono i dati)

formulazione di un'ipotesi, si tenta cioè di spiegare il fenomeno, mediante la "lettura" dei dati sperimentali.

La fase deduttiva si distingue in:

verifica dell'ipotesi (si sottopongono i dati ad una verifica rigorosa, si fanno delle controprove, ecc.)
formulazione di una teoria, nel caso in cui l'ipotesi venga confermata.

In pratica il metodo scientifico è un modo di conseguire informazioni sul meccanismo di eventi naturali proponendo delle risposte alle domande poste: per determinare se le soluzioni proposte sono valide si utilizzano dei test (esperimenti) condotti in maniera rigorosa.

La rigidità del metodo scientifico risiede nel fatto che una teoria non è mai definitiva ma è suscettibile di modifiche o di sostituzioni, qualora vengano alla luce nuovi aspetti non ancora considerati. Il metodo scientifico richiede una ricerca sistematica di informazioni e un continuo controllo per verificare se le idee preesistenti sono ancora supportate dalle nuove informazioni. Se i nuovi elementi di prova non sono favorevoli, gli scienziati scartano o modificano le loro idee originarie. Il pensiero scientifico viene quindi sottoposto ad una costante critica, una modifica ma anche ad una rivalutazione: è questo che lo rende così grande ed universale.



Esempio di metodo scientifico: l'esperimento di Pasteur sul carbonchio (1881)

Il chimico francese Louis Pasteur (1822-1892) condusse nel 1881 un drammatico esperimento. In pratica utilizzò il *Bacillus anthracis*, agente infettivo responsabile del carbonchio (conosciuto anche come antrace) attenuato mediante un agente fisico (coltura a 42-43°C: la crescita a tale temperatura ne attenua la virulenza), e lo inoculò successivamente in un certo numero di pecore. La sua idea era verificare l'origine batterica della malattia, contrariamente a quanto affermato da una gran parte della comunità scientifica del tempo, la quale attribuiva il carbonchio all'inalazione dei miasmi ambientali, quindi ad una causa di tipo chimico.

Osservazioni:

le pecore si ammalavano dopo aver trascorso del tempo sui campi infetti

le pecore si ammalavano se venivano messe a contatto con il materiale in decomposizione presente sui campi o derivante da altri animali malati

nel sangue delle pecore malate era presente un organismo unicellulare a forma di bastoncino (osservabile al microscopio)

Scopo dell'esperimento

Dimostrare se il responsabile del carbonchio era il *Bacillus anthracis* (isolato dal medico tedesco Robert Koch) oppure i miasmi ambientali.

Ipotesi

Forse le pecore potevano acquisire l'immunità qualora fossero venute a contatto con il bacillo attenuato, cioè la cui infettività era stata ridotta mediante un reattivo chimico.

Esperimento

Pasteur selezionò dapprima 60 pecore:

10 di esse furono tenute da parte ed isolate; ciò serviva da controllo

25 furono sottoposte all'inoculazione (vaccinazione) del bacillo attenuato per ben 2 volte (il 5 maggio 1881 e il 17 maggio 1881)

25 non furono vaccinate

Successivamente (31 maggio 1881), ai due gruppi di pecore da 25 individui fu iniettata una coltura virulenta di carbonchio, cioè ricca di bacilli non attenuati ma perfettamente vitali.

Pasteur verificò pubblicamente, il 2 giugno 1881, che:

del primo gruppo, quello delle pecore vaccinate, sopravvissero 24 individui su 25. Si registrò quindi un tasso di mortalità del 4%

del secondo gruppo, quello delle pecore non vaccinate, ne sopravvissero 2 (moribonde); le altre risultarono decedute. Si registrò quindi un tasso di mortalità del 92%

Teoria

Il carbonchio era dovuto all'azione del *Bacillus anthracis*. La vaccinazione attiva le difese immunitarie e previene le malattie infettive.

Bibliografia

Enger - Ross - **Concepts in biology** - McGraw Hill 2002
Lilla Alberghini - Franca Tonini - **Biologia** - Arnoldo Mondadori Scuola 2005 (ISBN 88-247-2452-3)
Isaac Asimov - **Breve storia della biologia** - Zanichelli 2005 (ristampa) (ISBN 88-08-02472-5)

Il metodo sperimentale o scientifico



Gli scienziati utilizzano il metodo scientifico per trovare relazioni di causa-effetto negli eventi naturali. In altre parole essi progettano un esperimento in modo tale che la modificazione di una o più variabili possa produrre mutamenti prevedibili e misurabili.

Il metodo scientifico si basa su alcuni presupposti, ad esempio che gli eventi naturali osservati hanno delle cause precise ed identificabili, che ci sono degli schemi utilizzabili per descrivere quanto accade in natura,

che se un evento si verifica con una certa frequenza alla base c'è la stessa causa, che ciò che una persona percepisce può essere percepita anche da altri, che si applicano le stesse leggi fondamentali della natura, indipendentemente da dove e quando si verificano determinati eventi.

Possiamo suddividere il metodo scientifico in varie fasi, caratterizzate da una o più azioni:

1. Fare osservazioni
2. Chiedersi qualcosa
3. Fare ricerche
4. Formulare un'ipotesi
5. Verificare l'ipotesi sperimentalmente
6. Analizzare i dati raccolti e stilare una conclusione
7. Comunicare i risultati (l'ipotesi, se verificata con un numero elevato di esperimenti, può diventare una teoria)



Fare osservazioni

Tutto comincia grazie alla curiosità ed allo spirito di osservazione. Lo scienziato è una persona in genere molto curiosa! Talvolta si fanno osservazioni spinti da una necessità.



Chiedersi qualcosa

Il metodo scientifico si basa su domande che vertano su qualcosa che si è osservato: come? cosa? quando? chi? che cosa? perché? dove?

Spesso la risposta consiste in una o più misure ed è quindi esprimibile con dei numeri.



Fare ricerche

Piuttosto che buttarsi subito a capofitto in un progetto di ricerca, lo scienziato saggio sa che deve prima consultare i lavori fatti in precedenza da altri scienziati che abbiano fatto ricerche nel settore di interesse. Tutto ciò serve ad evitare di ripetere gli errori eventualmente fatti in passato. La ricerca può essere fatta utilizzando testi o riviste scientifiche oppure su internet (solo su siti affidabili!).



Formulare un'ipotesi

Un'ipotesi è qualcosa del genere:

Se (faccio questo) poi, probabilmente, accadrà (questo).



Verificare l'ipotesi sperimentalmente

L'esperimento serve per stabilire se l'ipotesi formulata è vera o falsa. È importante eseguire un esperimento corretto; ciò vuol dire che si deve modificare un solo

parametro alla volta, mantenendo costanti tutti gli altri. Si deve ripetere lo stesso esperimento più volte: ciò garantisce che il primo risultato non sia fortuito. Inoltre minimizza gli errori sperimentali.



Analizzare i dati raccolti e stilare una conclusione

Una volta conclusa la sperimentazione si raccolgono i dati e si analizzano, per verificare in maniera univoca se l'ipotesi è vera o falsa. Se lo scienziato si rende conto che la sua ipotesi è falsa, formula una nuova ipotesi, modificandola in parte oppure completamente, ripetendo le fasi del metodo scientifico. Anche nel caso in cui l'ipotesi risulti verificata, lo scienziato potrebbe effettuare delle controprove, oppure potrebbe voler testare l'ipotesi con un esperimento diverso. Ciò rende i risultati molto più attendibili.



Comunicare i risultati

Lo scienziato pubblica i risultati della sua ricerca su di una rivista scientifica (previo controllo da parte di altri scienziati) oppure su di un poster in occasione dei congressi.

Bisogna tener conto del fatto che nuove scoperte e conoscenze possono obbligare lo scienziato a modificare la sua ricerca, anche in itinere. Egli può ripetere uno o più dei passaggi visti, in maniera tale da migliorare la teoria che scaturisce dai risultati della ricerca. Tale sistema viene detto processo iterativo.

Successivamente alla conferma di un'ipotesi viene formulata una teoria: quest'ultima viene utilizzata, spesso insieme ad altre teorie, per formulare una legge. La **teoria** ipotizza la causa o le cause all'origine di un fenomeno mentre la **legge** descrive un fenomeno che avviene con una certa regolarità.



Il metodo scientifico o sperimentale

L'ipotesi K-9

Pensare come uno scienziato non richiede una logica raffinata, quasi di un altro mondo. Consideriamo questo semplice esempio.

Pochi mesi fa avete preso un cucciolo di nome Domino che tenete in giardino. Durante questo periodo avete iniziato a conoscerlo piuttosto bene. Avete osservato il suo comportamento in tutte le situazioni, comprese quelle meteorologiche. Ad esempio avete visto che, poco prima di un temporale, inizia ad abbaiare e vuole entrare in casa. A furia di temporali, avete iniziato a comportarvi in un modo piuttosto singolare: appena sentite Domino abbaiare in quel certo modo, prima chiudete le finestre e poi lo fate entrare. Domino, insomma, è riuscito ad addestrarvi per bene. Un giorno il vostro cane inizia ad abbaiare. Come sempre, pensate che sia in arrivo un temporale e chiudete le finestre ma, quando uscite per slegarlo scoprite, con sorpresa, che il cielo è senza nuvole e c'è una brezza leggera tutt'altro che minacciosa. Nel frattempo, mentre vi avvicinate, notate un grosso cane che si allontana. Da questo momento le cose cambiano: avete capito che l'abbaiare «pretemporalesco» di Domino è un segnale di allarme che, in genere, vi segnala l'avvicinarsi di un temporale e, talvolta, la presenza di una minaccia nel suo territorio.

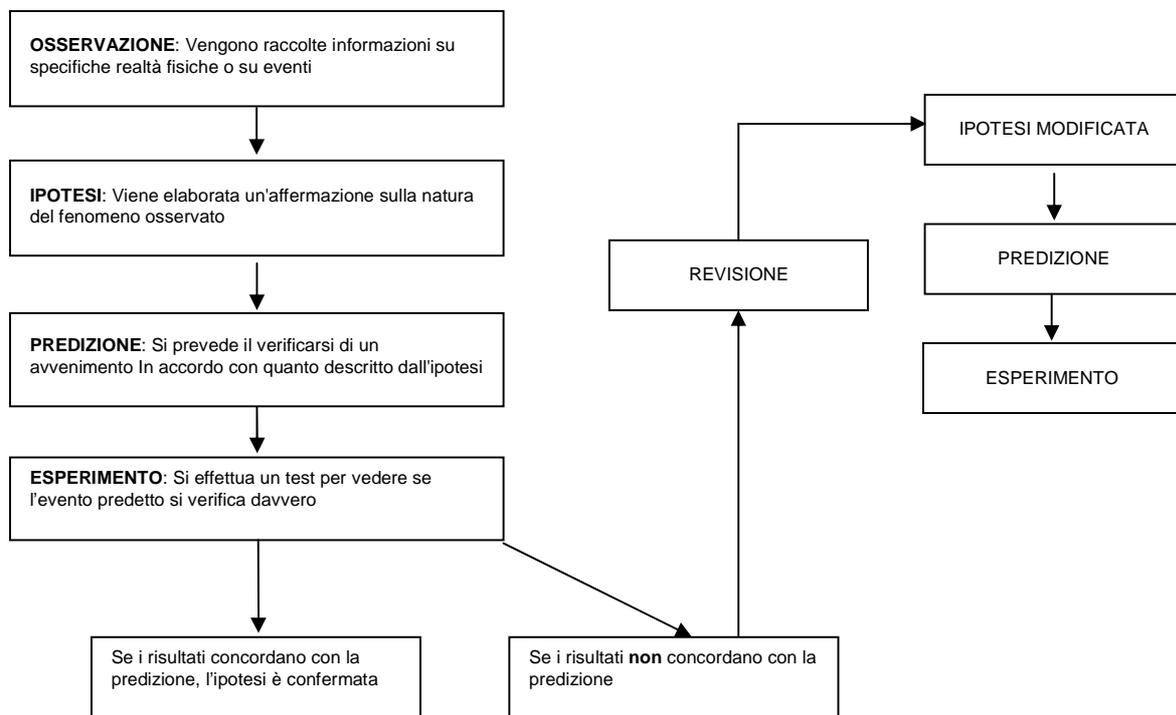
Il vostro approccio nel capire il mondo di Domino è simile a quello impiegato da tutti gli scienziati. All'inizio avete effettuato *un'osservazione* e, utilizzando i vostri sensi (vista e udito, in questo caso) avete riconosciuto una serie di eventi: Domino certe volte abbaia in un modo particolare.

Successivamente avete elaborato un'*ipotesi*, formulando un'affermazione generale sulla natura del fenomeno osservato: quando Domino abbaia in quel modo è in arrivo un temporale.

A questo punto avete fatto una *predizione*, applicando la vostra ipotesi a una determinata situazione: Domino sta abbaiando in quel modo, di conseguenza tra poco pioverà.

Infine, avete effettuato un *esperimento*, cioè vi siete messi a vedere se la vostra predizione si fosse verificata davvero. Se l'esperimento porta a risultati che differiscono dalla predizione (niente pioggia nonostante l'abbaiare di Domino), l'ipotesi va rivista o corretta, in modo da tener conto, oltre che delle osservazioni effettuate in precedenza, anche dei risultati dell'esperimento che avete appena effettuato.

A quel punto ripetete la procedura, utilizzando l'ipotesi modificata (vedi figura):



La teoria K-9 e le sue leggi

Una volta che l'ipotesi è stata modificata (Domino abbaia quando è in allarme per qualcosa) si possono fare nuove predizioni e nuovi esperimenti. Ogni volta che una predizione viene sostenuta da un esperimento, l'ipotesi guadagna in credibilità e affidabilità. Dopo numerosi risultati positivi, l'ipotesi può venire definita come una **teoria** (in questo caso, la Teoria di Domino). Le teorie, molto spesso, vengono utilizzate per spiegare una **legge**, che, a sua volta, è un'affermazione che riguarda quei fenomeni naturali che avvengono con una certa regolarità (non sono, cioè, degli episodi isolati). In sintesi, una legge, **descrive** un fenomeno che avviene con una certa regolarità, mentre una teoria **ipotizza le cause** all'origine di quel fenomeno (e della sua regolarità). Secondo la «legge K-9», dunque, quando Domino abbaia con una certa frequenza, è in arrivo un temporale; secondo la «teoria K-9», Domino abbaia quando è spaventato.

Naturalmente, talvolta, quel modo di abbaiare può essere il risultato di una scheggia che spunta dalla cuccia e che si infila nella pelle di Domino. Anche in questo caso, bisogna apportare una lieve modifica all'ipotesi in modo da tener conto anche di questa osservazione.

Quali sono, dunque, le conclusioni che possiamo trarre dall'inchiesta K-9?

È come se...

Tutti noi, in ogni momento della giornata, osserviamo qualcosa. Ma in genere la nostra attenzione si risveglia quando alcune osservazioni sembrano rientrare all'interno di uno schema comune. Quello schema comune, o spiegazione, o relazione non è altro che un'ipotesi a proposito del fenomeno che stiamo considerando. L'ipotesi è, per sua stessa natura, approssimativa e imprecisa: **è come se** ogni volta che Domino abbaia, vi fosse un temporale in arrivo.

Scommetto che...

Al momento della sua formulazione, l'ipotesi sembra del tutto convincente e plausibile. Ciononostante dobbiamo uscire da questa situazione di autoconvincimento e verificarne la validità. In che modo?

Prima di tutto facendo una predizione su di un evento che, secondo quell'ipotesi, dovrebbe accadere in futuro e, poi, guardando se quell'evento accade davvero. La predizione è una specie di scommessa basata sull'ipotesi che stiamo considerando: **scommetto che** la prossima volta che Domino abbaia in quel modo, poco dopo pioverà. Se la scommessa viene vinta, il premio consiste in una maggiore credibilità dell'ipotesi. In realtà, come vedremo, esiste un premio anche se la scommessa viene persa: maggiori informazioni sui meccanismi dell'universo.

Fare una predizione e metterla alla prova equivale a prendersi un rischio, in buona sostanza esseri pronti a mostrare che l'ipotesi è sbagliata. Se non facciamo predizioni e non le verificiamo, tuttavia, corriamo il rischio, ben più grosso, di farci delle idee sbagliate sulla realtà delle cose. La scienza, per crescere, ha bisogno di assumersi dei rischi; la predizione è il rischio che permette alla scienza di continuare a crescere.

È importante ricordare che le predizioni **non** hanno né il compito né la possibilità di provare la correttezza di un'ipotesi. Quello che possono fare, più semplicemente, è portare maggiore credibilità a quella data ipotesi. Ricordatevi della spina nella cuccia di Domino!

Questo modo di procedere, che viene riassunto nello schema della figura mostrata sopra, è quello che viene definito il metodo della scienza o **metodo scientifico**.