

Com s'executa una recerca?

Francesc Salvador i Beltran

PID_00236022

Temps de lectura i comprensió: **2 hores**



Índex

1. Hipòtesis i variables.....	5
1.1. Pregunta de recerca i resposta temptativa	5
1.2. Vies deductiva, inductiva i hipotètic-deductiva	6
1.3. La mesura de les variables	7
1.4. Escales de mesura: taxonomia d'Stevens	8
1.5. Mesures idemnòtiques, vaganòtiques i recomptes	10
1.6. Mesures discretes i contínues	11
1.7. Els errors de mesura	12
2. Planificació de les observacions empíriques.....	15
2.1. Variabilitat intraindividual i interindividual	16
2.2. Elecció dels subjectes de recerca	18
2.3. Procediments i instruments	21
2.4. Observar i experimentar	23
2.5. Simulació informàtica	25
Bibliografia.....	27

1. Hipòtesis i variables

L'objectiu de la fase de delimitació del problema i establiment d'objectius és determinar clarament en què consistirà la nostra recerca (*què volem saber? i per què ho volem saber?*). Ho aconseguim revisant els coneixements del tema de recerca, tant les elaboracions teòriques com els fets empírics que hi donen suport, els quals poden tenir diferents nivells de desenvolupament segons la problemàtica a la qual ens enfrontem, des de construccions teòriques ben formalitzades a nivell lògic i matemàtic fins elaboracions teòriques mínimes, o des de gran quantitat d'evidència empírica acumulada fins uns referents empírics pobres o poc consistents.

L'estat de coneixements determina quin tipus de pregunta de recerca podem formular. Així, si la construcció teòrica és minsa i hi ha poca evidència empírica que li doni suport, pot resultar força arriscat formular preguntes que relacionin causalment dues o més variables i segurament serà molt més productiu formular preguntes que demanin per l'existència o la descripció d'alguna o algunes variables. Però si succeeix just el contrari, serà molt més productiu *arriscar-nos* a preguntar sobre relacions acurades entre variables. Sigui un cas o l'altre (o, com sempre, tot un ventall possible de situacions intermèdies), per obtenir una resposta a la pregunta de recerca caldrà recórrer a l'observació empírica de les variables a què fa referència la pregunta.

1.1. Pregunta de recerca i resposta temptativa

La pregunta de recerca delimita les variables que hem d'observar i, si s'escau, les relacions que hi ha entre elles. Per observar les variables és útil donar una resposta temptativa a la pregunta. Així, si ens demanàvem si hi ha algun insecte que transmeti el virus del Zika, caldrà delimitar la recerca a alguns tipus d'insectes que poden ésser portadors del virus, per exemple els mosquits. Si disposem de prou informació, podem afinar encara més i limitar la recerca a un determinat gènere de mosquits transmissors de malalties, com els mosquits del gènere *Aedes*. Així, a la pregunta *Hi ha algun insecte que transmeti el virus del Zika?* podem respondre: *Hi ha un mosquit del gènere Aedes que el transmet.* La resposta és especulativa perquè no està comprovada empíricament, però raonable perquè es fa basant-se en la informació que proporcionen uns coneixements previs.

La resposta temptativa que donem a la pregunta de recerca té la utilitat de fitar el conjunt de variables al qual hem d'adreçar la nostra observació empírica. La resposta a la pregunta *El dèficit d'atenció provoca baix rendiment escolar?* serà afirmar que, en efecte, *El dèficit d'atenció provoca baix rendiment escolar.* Per comprovar si la resposta és correcta, caldrà observar les dues variables i la rela-

ció que hi ha entre elles. Quan més afinada sigui la pregunta, més afinada serà també la resposta; i més específica la comprovació empírica, la qual s'adreçarà a un nucli més reduït de variables.

Si la pregunta es formula a partir d'un cos teòric ben estructurat i amb una sòlida base empírica, aquesta haurà d'ésser necessàriament molt afinada per a què la seva possible resposta produeixi un increment de coneixement, sinó obtindrem coneixements redundats. La redundància dels coneixements, tot i que reforça la teoria, també pot esdevenir banal en proporcionar respostes òbvies. És evident que cada vegada que empenyem el bolígraf fora del límits de la taula i cau a terra reforcem la teoria de la gravitació universal, però no per això diem que hem fet un *avenç* en el coneixement. Una pregunta afinada proporciona una resposta temptativa igualment afinada, que haurà estat la conseqüència lògica de una estructura teòrica ben consolidada i amb bon suport empíric. En aquest cas, tal com comentàvem al mòdul didàctic «Com es planifica una recerca?», diem que hem formulat una hipòtesi. En altres casos, tot i que no parlem estrictament d'hipòtesi, la resposta temptativa limita el conjunt de variables que haurem d'observar (en la recerca de l'insecte que transmet el virus del Zika, observarem mosquits del gènere *Aedes*, no pas qualsevol tipus de mosquit).

1.2. Vies deductiva, inductiva i hipotètic-deductiva

Una manera de respondre temptativament les preguntes pot ésser a partir de deduccions del cos teòric. Així, si se sap que un dels símptomes de les fòbies és la ansietat i se sap també que determinades tècniques indueixen la relaxació, la qual és una resposta incompatible amb l'ansietat, fàcilment podrem deduir que una teràpia de les fòbies que incorpori components de relaxació s'espera sigui més efectiva que una altra que no els incorpori.

En aquest cas, hem arribat a formular la hipòtesis per una via que podem denominar **deductiva**. També pot ésser que l'estructura del cos teòric sigui més feble, però a canvi disposi d'un conjunt d'evidències empíriques consolidades. Per exemple, sabem que els mosquits són bons transmissors de malalties virals, que la zona de detecció inicial del virus del Zika (un bosc prop d'Entebbe, a Uganda) és compatible amb la presència de mosquits del gènere *Aedes* (com l'*Aedes aegypti*), etc. Llavors, podem reunir totes les evidències acumulades i proposar el mosquit de l'espècie *Aedes aegypti* com un transmissor del virus del Zika. En aquest cas, hem donat una resposta per una via que podem anomenar **inductiva**.

Segui per una via o per l'altra, el punt clau és proporcionar una resposta temptativa a la pregunta de recerca, tant si és en forma d'hipòtesi derivada formalment d'una teoria o en forma de delimitació d'un conjunt de variables. De fet, entre els dos extrems que hem il·lustrat (vies deductiva i inductiva, respecti-

Nomenclatura binomial

El 1731 Carl von Linné va proposar una nomenclatura per denominar de manera inequívoca els éssers vius. Cada espècie es denomina amb dos mots en llatí (o llatinitzats): el gènere (que s'escriu en majúscula i cursiva) i l'espècie (en minúscula i cursiva). Així, per exemple, es denomina *Canis familiaris* el gos domèstic, on *Canis* fa referència a característiques que comparteix amb altres espècies properes com el llop, el coiote o el xacal (*Canis lupus*, *Canis latrans* i *Canis aureus*, respectivament), i on *familiaris* fa referència a les característiques pròpies.

vament), sol ésser més habitual una mena de *combinació* de les dues vies, o via **hipotètic-deductiva**, en la qual la resposta temptativa recolza en hipòtesis (més o menys refinades) derivades del cos teòric i fets empírics més o menys estructurats.

En definitiva, l'investigador se serveix de tot el coneixement previ de què disposa per proposar una possible resposta a la pregunta de recerca, la qual serà o bé una hipòtesi en sentit estricte, o bé la delimitació d'unes variables o valors de variables on s'espera hi hagi la resposta. Tant en un cas com en l'altre, efectuem afirmacions sobre el que s'espera obtenir (per exemple, *Hi ha un mosquit del gènere Aedes que transmet el virus del Zika* o *El dèficit d'atenció provoca baix rendiment escolar*).

L'observació empírica donarà suport o no a allò que afirmem, perquè acceptant o refusant l'afirmació donem resposta a la pregunta de recerca. Si acceptem l'afirmació, hem trobat la solució al problema plantejat en la pregunta de recerca. Si no l'acceptem, no hem trobat la solució, però ja hem vist que sovint el refús ens proporciona informació que serveix per formular noves preguntes (i al seu torn noves hipòtesis o variables temptatives per sotmetre a comprovació empírica).

1.3. La mesura de les variables

La hipòtesi o qualsevol delimitació temptativa de les variables de recerca ens assenyala quines variables, valors de variables o relacions entre elles haurem de sotmetre a contrastació empírica. Per fer-ho ens haurem de servir de les definicions operacionals de les variables (que ja hem vist a l'apartat «El planteig d'objectius: La recerca basada en l'evidència» del mòdul didàctic «Com es planifica una recerca?»). Una manera de fer la definició operacional d'una variable és mesurant-la. Introduïrem unes breus nocions de teoria de la mesura, veurem com podem mesurar variables i quina utilitat pot tenir la mesura de les variables en el procés de recerca.

Mesurar és representar mitjançant nombres propietats dels objectes empírics, seguint determinades regles de representació (Campbell, 1952). Com les propietats dels objectes empírics constitueixen variables, caldrà representar amb nombres els valors que prenen les variables. La representació, però, no pot ésser arbitrària. Suposem que es pot estar gens, una mica, bastant o molt d'acord amb una opció política, que són els nivells en què pot variar la variable *concordança amb una opció política*. Si usem els nombres 1, 2, 3 i 4 per representar cadascun dels possibles nivells de la variable *concordança amb una opció política*, de manera que a *gens d'acord* li assignem l'1, a *una mica d'acord* el 2 i així successivament, haurem estat consistents en fer correspondre cada nombre a un nivell d'acord, perquè estar *gens d'acord* és estar menys d'acord que estar *bastant d'acord* i el nombre que hem assignat a *gens d'acord* és més petit (l'1) que el nombre que hem assignat a *bastant d'acord* (el 2). El fet empíric d'estar menys d'acord queda representat per la propietat dels nombres *ésser més petit que* (<),

Compte!

Una pregunta no es respon amb una altra pregunta. Les hipòtesis i totes les delimitacions temptatives prèvies de les variables de recerca s'expressen en afirmatiu, no pas com una interrogació.

perquè estar gens d'acord és estar menys acord que estar bastant d'acord i $1 < 2$ (la relació entre els nombres reflecteix la relació entre els elements empírics). No podem assignar de manera arbitrària qualsevol nombre a *gens*, *una mica*, *bastant* o *molt* d'acord, sinó que aquests han de respectar l'ordre. Qualsevol conjunt de quatre nombres que respecti l'ordre és vàlid per fer la representació numèrica de la variable *concordança amb una opció política* (per exemple: 45, 56, 109 i 2.324; però també els nombres -2, 3, 4, 45 i 45, 1).

Fixem-nos que en l'exemple del paràgraf anterior la clau es troba en respectar l'ordre. Podem aprofitar la propietat dels nombres *ésser menor que*, tal com hem fet a l'exemple, però també la propietat *ésser major que* i assignar 4, 3, 2 i 1 (on a *gens* assignem el 4 i, a *molt*, l'1). El mateix fem quan assignem l'1 al primer corredor que arriba a la meta, el 2 al segon, etc. (al més ràpid li assignem l'1, al següent el 2, etc.): una seqüència ordenada d'elements empírics es pot representar per nombres progressivament menors o progressivament majors, perquè en tots dos casos respectem l'ordre.

Mesurar les variables, és a dir, assignar-hi valors numèrics, permet una major manejabilitat de les dades, com tabular-les o fer operacions entre els nombres. En l'anàlisi de les dades, les operacions entre nombres permet sintetitzar-les i obtenir indicadors que ajuden a prendre amb més claredat decisions sobre la hipòtesi o les variables d'interès per a la recerca. Ara bé, les operacions que fem en l'anàlisi només proporcionen una informació correcta si la variable ha estat mesurada de manera correcta. Si els nombres escollits per mesurar la variable *concordança amb una opció política* no reflecteixen l'ordre, llavors la representació serà inadequada (o, el que és el mateix, la variable no haurà estat mesurada de manera correcta). Per determinar si hem fet bé la representació numèrica haurem de conèixer amb quines propietats empíriques ens hi podem trobar i com les podem representar amb nombres. Cada manera de fer l'assignació numèrica proporcionarà el que en direm una escala de mesura.

1.4. Escales de mesura: taxonomia d'Stevens

Les **escales de mesura** ens permeten posar en correspondència les propietats empíriques que definim en les variables i la manera de fer l'assignació numèrica. Bàsicament podem distingir quatre escales de mesura, que denominarem **nominal**, **ordinal**, **interval** i **raó**. Veiem tot seguit quines propietats representem amb cada escala.

Hem vist en l'exemple de la variable *concordança amb una opció política* que la propietat que han de representar els nombres és l'ordre. Veiem un altre cas. Suposem que una recerca s'adreça a establir els tipus de mosquit que hi ha en una determinada zona (és a dir, plantejaria una pregunta de classificació) i que ho farem segons la categoria taxonòmica gènere (*Anopheles*, *Bironella*, *Chagasia*... i així fins a uns quaranta-tres gèneres). La variable *gènere* dels mosquits podrà prendre quaranta-tres valors, que corresponen a cadascun dels quaranta-tres gèneres: un mosquit podrà pertànyer al gènere *Anopheles*, al gènere *Bi-*

Per saber-ne més

La taxonomia en quatre escales de mesura va ésser desenvolupada per Stanley S. Stevens (1906-1973). Hi ha altres taxonomies de les escales de mesura, però la més usada, amb diferència, és la proposada per Stevens (vegeu Stevens, 1951).

ronella, al gènere *Chagasia* o bé a algun dels altres quaranta. Si volem mesurar la variable *gènere* dels mosquits haurem de garantir que l'assignació numèrica reflecteixi el fet que són gèneres diferents. L'únic que caldrà fer és assignar nombres diferents a cada gènere. Per exemple, al gènere *Anopheles* li assignem l'1, al gènere *Bironella* el 2, al gènere *Chagasia* el 3, i així successivament. Aprofitem que 1, 2,..., 43 són nombres diferents per reflectir el fet empíric que hi ha gèneres diferents. L'escala de mesura correspon al que denominem **escala nominal** segons la taxonomia d'Stevens.

Una escala nominal permet distingir entre elements diferents, perquè a cada element li correspon un nombre diferent: nombres diferents indiquen elements diferents, mentre que nombres iguals indiquen elements iguals. Però com l'única propietat que s'aprofita dels nombres és el fet d'ésser nombres iguals o diferents, poden ésser reemplaçats per qualsevol altre codi que, de manera consistent, assigni el mateix símbol a elements iguals i un símbol diferent a elements diferents (per exemple, podem usar les lletres de l'alfabet llatí: A, B, C...). Malgrat la seva senzillesa, una variable mesurada en una escala nominal permet fer recomptes dels valors de la variable. Si assignem l'1 als nens i el 2 a les nenes de la variable *sexe* (o bé l'A als nens i la B a les nenes, o fem l'assignació segons qualsevol altra codificació sistemàtica), el recompte dels 1 i dels 2 proporciona la freqüència de nens i nenes, respectivament; a partir d'elles podem efectuar operacions matemàtiques, per exemple de tipus estadístic (com obtenir la moda o coeficients de contingència entre variables).

L'exemple que hem desenvolupat més amunt de la variable *concordança amb una opció política* correspon a una **escala ordinal**. La propietat que han de reflectir els nombres és l'ordre. Les propietats que és capaç de representar una escala ordinal s'acumulen a les que és capaç de representar una escala nominal, perquè per establir un ordre cal també distingir: si volem posar algú *davant* d'un altre, abans cal que sapiguem qui és cadascú. Per ordenar de menys a més l'acord amb una opció política, caldrà que diferenciem primer els graus d'acord: diferenciem els que tenen *gens d'acord* dels que tenen *poc d'acord* i després podem posar els que tenen *gens d'acord* *davant* dels que tenen una *mica d'acord*. Si respectem la regla segons la qual a un nivell d'acord més petit que un altre assignem també un nombre més petit que un altre, les assignacions numèriques reflectiran els diferents tipus d'acord possibles i els ordenarà (l'1 i el 2 són nombres diferents i, a més, $1 < 2$).

La tercera escala de mesura que proposa Stevens és l'**escala d'interval**, que, a més de distingir i ordenar elements, incorpora la proporcionalitat entre els valors de l'escala. Per exemple, quan es mesura la variable *temperatura* en graus centígrads i s'assigna 35 a una determinada temperatura i 40 a una altra, s'espera que la diferència empírica de temperatura entre les temperatures que representen els nombres 35 i 40 sigui la mateixa diferència que hi ha entre les temperatures que representen els nombres 20 i 25. Aquesta igualtat de diferències també s'espera que es mantingui per a qualssevol quatre temperatures que mostrin determinada diferència entre elles: la diferència empírica de tem-

peratura entre les temperatures que representen els nombres 52 i 53 ha d'ésser la mateixa que la diferència empírica de les temperatures que representen els nombres 84 i 85, i així successivament per a cada tètrada de temperatures.

Observem que si bé l'escala per mesurar la variable *temperatura* en graus centígrads pot assignar el nombre zero (i, de fet, l'assigna a aquella temperatura en què es congela l'aigua), el nombre zero no representa l'absència de temperatura, és a dir, el fet que no hi hagi temperatura. En una escala d'interval es diu que el nombre zero s'assigna de manera arbitrària, perquè la seva assignació no representa aquella circumstància en què la variable no és present.

En moltes variables pot donar-se el cas que, bé per dificultats d'accés a la variable o per la conceptualització que se'n fa, no es pugui o no tingui sentit determinar empíricament l'absència de la variable. Així, podem aplicar una prova psicològica d'intel·ligència a uns individus i representar numèricament la intel·ligència que hi hem observat. Un dels nombres que podem assignar és el zero, però zero no indica que no hi hagi intel·ligència (igual que assignar zero a una determinada temperatura no indicava l'absència de temperatura).

En una **escala de raó**, el quart tipus d'escala de la taxonomia d'Stevens, el nombre zero es reserva per representar l'absència de la variable. Per exemple, si mesurem la variable *distància* entre dos objectes físics, com una taula i una cadira, i aquests estan a tocar l'un amb l'altre, direm que no hi ha distància entre ells (la variable *distància* està absent entre la taula i la cadira). Per representar l'absència de la variable emprarem el nombre zero. A diferència de les escales d'interval, les escales de raó fan una assignació no arbitrària del nombre zero. Les escales de raó acumulen, a més, les capacitats de representació de les altres tres escales: distingir elements diferents, ordenar-los i establir una proporcionalitat entre ells. Les quatre escales de la taxonomia d'Stevens segueixen un ordre acumulatiu segons les propietats dels objectes empírics que són capaces de representar: nominal < ordinal < interval < raó.

Una precisió

A més de l'escala en graus centígrads (i altres escales similars, com els graus Fahrenheit) la temperatura també es pot representar en una escala Kelvin, on el valor zero indica absència de temperatura (reflecteix el fet empíric que no hi ha cap moviment de les molècules). Llavors, en aquest cas, la variable temperatura es mesura amb una escala de raó.

1.5. Mesures idemnòtiques, vaganòtiques i recomptes

Fixem-nos que una escala de raó permet establir fàcilment un patró fix que serveixi d'unitat per fer les assignacions numèriques. Així, podem prendre com a patró la distància que va des de no haver-hi cap distància (els objectes estan junts, que representem amb el 0) fins una determinada distància arbitrària entre els objectes. Llavors, quan vulguem mesurar la distància entre dos objectes qualssevol, agafarem el patró que hem establert i veurem quantes vegades *hi cap* entre aquests objectes. Si, per exemple, hi cap tres vegades, assignarem el 3 a aquella distància. Qualsevol distància entre dos objectes la podrem expressar com un múltiple o un submúltiple del patró fix, que serà la unitat de mesura. És el que s'esdevé quan mesurem una distància. Si prenem el metre de patró fix, tota distància es podrà expressar numèricament com el nombre de vegades que conté el patró metre (per exemple, 50 si el conté cinquanta vegades o 0,5 si el conté mitja vegada). Seguint aquesta estratègia, obtenim un tipus

de mesura que denominem **idemnòtica**. Totes les assignacions numèriques que es puguin fer tal com ho hem fet amb la variable *distància* seran mesures idemnòtiques.

L'estratègia d'assignar valors numèrics en funció d'un patró fix és possible si es disposa d'un *punt d'ancoratge* empíric des d'on fixar el patró que actua com a unitat de mesura. Aquest punt el tenim en les variables en què podem identificar on hi ha absència de propietat, que es pren com a referència per establir el patró des de no haver-hi propietat fins un cert nivell de d'aquesta (és el que es va fer quan es va establir que determinada distància serà un metre; determinada capacitat, un litre; determinada superfície, un metre quadrat, etc.). Ara bé, hem vist variables en què no és possible detectar l'absència de propietat (o no té sentit per la manera com hem conceptualitzat la variable), per la qual cosa no disposem de cap punt d'ancoratge empíric des d'on establir el patró que ens serveixi d'unitat de mesura. L'estratègia per obtenir-lo haurà d'ésser diferent. Suposem que apliquem unes proves d'intel·ligència i observem quins execucions han fet els individus, les quals seran diferents d'individu a individu. Estarem observant la variabilitat de la variable *intel·ligència*. En funció de quina hagi estat aquesta variabilitat, establim arbitràriament dos nivells d'execució, la diferència entre els quals establirà la unitat de mesura. A qualsevol execució que un individu faci d'aquestes proves d'intel·ligència li assignarem un nombre comparant l'execució concreta que ha fet l'individu amb l'execució que correspon a la unitat de mesura. Aquesta estratègia ens proporciona mesures que denominarem **vaganòtiques**.

Podem obtenir un tercer tipus de mesura, que consisteix en fer **recomptes**. Per exemple, de la variable *gènere dels mosquits* podem comptar quants *Anopheles Bironella*, *Chagasia*, etc., tenim en una mostra recollida en un treball de camp. Si per manejar millor la informació fem una taula on indiquem *Anopheles* = 1, *Bironella* = 2, *Chagasia* = 3, etc., de manera que obtenim una taula de nombres, podrem comptar el nombre d'1, de 2, de 3, etc., que hi ha a la taula i, per tant, obtenir-ne la freqüència.

1.6. Mesures discretes i contínues

Fixem-nos ara en l'escala de mesura que hem utilitzat per la variable *concordança amb una opció política*: *gens* = 1, *una mica* = 2, *bastant* = 3 i *molt* = 4. Només podem usar uns determinats valors (1, 2, 3 i 4, respectivament), sense que hi hagi nombres que representin posicions intermèdies, perquè es pot ésser el tercer o el quart però no pas el tercer i mig. El mateix succeeix amb la variable *gènere dels mosquits*, on un individu pot o no pertànyer al gènere *Anopheles*, però no una part de l'individu al gènere *Anopheles* i una altra al gènere *Bironella*. La mesura que s'obté quan s'empren escales ordinals o nominals és de tipus **discret**.

Veiem ara l'escala de mesura que hem utilitzat per a la variable *distància* entre dos objectes. Podem representar la distància per 1, 2 o 50 en funció de les vegades que hi encaixa el patró fix (una, dues o cinquanta vegades), però també la podem representar per 0,25 si encaixa un quart de patró o per 26,3 si hi encaixa vint-i-sis vegades i un terç. Podem usar tants nombres com ens permeti la precisió del nostre instrumental. La mesura que s'obté quan s'empren escales de raó o d'interval és de tipus **continu**.

Fer mesures de les variables permet disposar d'unes definicions operacionals que ens poden ésser molt útils quan haguem de fer les observacions empíriques per obtenir les dades, i també per fer les anàlisis. De la diferent tipologia de mesures segons les regles d'assignació numèrica (escales de mesura), de l'estratègia de mesura (idemnòtica, vaganòtica i recompte) o del tipus de valors numèrics (discrets o continus) dependrà la informació que obtindrem de les variables i també, quan calgui, quina estratègia d'anàlisi de les dades farem servir.

1.7. Els errors de mesura

Si hem definit unes regles d'assignació numèrica (és a dir, disposem d'una escala de mesura), podem representar numèricament les observacions empíriques que efectuem de les variables (és a dir, podem mesurar). Ara bé, quan fem l'operació de mesurar no estem exempts de cometre errors, que no són altra cosa que una discrepància entre l'assignació numèrica que efectuem a la propietat empírica que volem mesurar i l'assignació que realment hauríem d'efectuar. Així, podem mirar malament el termòmetre i registrar una temperatura de 25 graus centígrads, quan en realitat la temperatura és de vint-i-cinc graus i mig, perquè el termòmetre en realitat marca 25,5. Si sempre que consultem el termòmetre cometem el mateix error (per exemple, perquè els indicadors estan una mica borrosos i sempre ens fan confondre en el mateix sentit) hem comés un **error sistemàtic**. Per contra, si el termòmetre que fem servir no és prou precís i només és capaç de marcar de mig grau en mig grau, de manera que les diferències de temperatura menors de mig grau les mostra al mig grau inferior o al mig grau superior segons si la temperatura empírica s'acosta més a un o a l'altre, llavors l'error que es produeix és de tipus **aleatori**. En tots dos casos, però, hi ha una discrepància entre el valor empíric de la variable que observem i la mesura que hem registrat (registrem 25 i hauríem de registrar 25,5; o la temperatura correspon a 25,3, però el termòmetre ens marca 25,5), és a dir, en tots dos casos hem comés un **error de mesura**.

Els errors de mesura sistemàtics són evitables si en coneixem la causa (podem netejar els indicadors del termòmetre per veure-hi més clar) o els podem corregir amb facilitat si sabem la seva magnitud (com sabem que veiem mig grau menys, cada vegada que registrem afegim mig grau al registre). Però si es produeix un error sistemàtic i desconexem que s'està produint aquest error, les conseqüències poden ésser molt negatives. Podrem concloure que la temperatura que produeix una reacció química és excessiva, perquè ultrapassa el llin-

dar que estableix un protocol de seguretat, però en realitat la reacció no ha ultrapassat el llindar, sinó que ha estat conseqüència d'una mala lectura repetida del termòmetre (un error sistemàtic de mesura).

Els errors de mesura aleatoris tenen unes conseqüències diferents dels errors sistemàtics. En el nostre exemple, si no canviem de termòmetre a un altre de més precís, no podrem evitar-los; però unes vegades ens proporcionarà valors a l'alça i altres a la baixa segons la temperatura real s'acosti més o menys al que és capaç de detectar. En un nombre repetit de registres, els valors a l'alça es compensaran amb els errors a la baixa, de manera que en mitjana ens acostarem molt al valor empíric real. De fet, com tot sovint accedim a les variables i en fem l'assignació numèrica mitjançant instruments, fins i tot en els més precisos hi haurà una discrepància entre el valor empíric real i el nombre que ens mostra l'instrument. Si la distribució dels errors d'un conjunt de mesures és realment aleatòria, podem estimar quin efecte té sobre el valor real i avaluar l'abast que aquest error té sobre les nostres observacions (tornarem sobre aquest tema a l'apartat «Dades, teoria i models» del mòdul didàctic «Quin és el producte de la recerca?»).

Figura 1. Quadre resum de la definició i característiques de la mesura i dels errors de mesura.

<p>Mesura Representar mitjançant nombre de propietats dels objectes empírics seguint determinades regles</p> <p>Escales de mesura (taxonomia d'Stevens):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nominal • Ordinal • Interval • Raó <p>Estratègia de mesura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Idemnòtica • Vaganòtica • Recompte <p>Tipus de mesura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discreta • Contínua <p>Errors de mesura Discrepància entre el valor empíric de la variable observada i la mesura que hom ha registrat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemàtic • Aleatori
--

En aquest apartat hem caracteritzat les diferents maneres de presentar una resposta temptativa a la pregunta de recerca (i la importància de fer-ho). També hem mostrat que en donar la resposta temptativa fixem les variables que haurem d'observar a nivell empíric, les quals podrem definir amb processos de mesura per posar-les en situació d'ésser observades. Hem destacat la importància de la mesura i hem indicat algunes característiques rellevants d'aquesta

i dels errors de mesura (vegeu la figura 1). Al següent apartat avançarem un pas més en les fases d'aplicació del mètode científic i mostrarem les nocions bàsiques de la planificació i execució de les observacions empíriques.

2. Planificació de les observacions empíriques

Vèiem que la contrastació empírica ens donarà la informació sobre la qual decidirem si uns determinats coneixements són correctes o cal canviar-los, o bé si es poden refinar més. Quan s'ha formulat la pregunta de recerca, se li ha donat una resposta temptativa i s'ha fet una definició operacional de les variables (de vegades amb processos de mesura) ens trobem en condicions de fer les observacions empíriques. L'objectiu serà obtenir unes dades que ens permetin decidir si la resposta temptativa que havíem avançat és adequada i, en funció de la decisió que prenguem, avaluar si hem estat capaços de respondre la pregunta de recerca.

Fins i tot en el cas que la pregunta de recerca sigui senzilla i impliqui poques variables, mai és recomanable començar directament l'observació d'aquestes. Sempre cal una planificació prèvia que indiqui on trobarem les variables, com accedirem als seus valors, durant quant temps les observarem i com farem els registres, etc. Totes aquestes qüestions han de quedar establertes en una planificació prèvia (recordem que hem definit *dades* com els registres obtinguts de les variables sota condicions planificades). Les observacions ocasionals o sense una planificació prèvia proporcionen molt sovint informacions anecdòtiques o porten a obtenir observacions *contaminades* per altres variables que no corresponen a allò que cercàvem. La informació ocasional o no planificada no serà vàlida per prendre decisions sobre la hipòtesis o les variables en què hem fixat el nostre interès; per això caldrà fer una planificació que guiï el procés d'observació empírica de les variables. Això no és obstacle per a què, en el decurs d'una recerca, en ocasions es puguin obtenir algunes dades que portin a resultats del tot inesperats. Aquests descobriments *per casualitat*, que es denominen descobriments *per serendipity*, poden produir-se algunes vegades i proporcionar informació per obrir noves preguntes de recerca (vegeu, per exemple, Honeck, 1986).

Si malgrat haver efectuat la planificació amb cura, durant la realització de les observacions ens adonem que hi havia elements o circumstàncies que no havíem previst (i com, de fet, no ho podem preveure tot, aquesta no sol ésser una situació infreqüent), cal aturar el procés d'observació de les variables. Detectat quin era l'imprevist, cal refer la planificació i, només llavors, retornar a l'observació. En la majoria de casos les dades obtingudes abans de detectar l'imprevist hauran d'ésser descartades. Malgrat el contratemps que això pugui suposar, més val assegurar-se que les dades seran adequades per prendre decisions que no quedar-se amb unes dades *contaminades* que seran inútils o enganyoses, fent-nos prendre decisions incorrectes.

Per minimitzar el risc de veure'ns obligats a aturar les observacions i perdre dades, de vegades és recomanable provar el pla. Això ens permet sotmetre a prova procediments, maneres d'accedir a la variables, instrumental, etc., amb l'objectiu d'assegurar que tots els elements que constitueixen el pla són adequats, o adonar-nos de les correccions i millores que cal introduir-hi. Aquesta **prova-pilot** (o proves-pilot, si se'n fan varies) no té l'objectiu de proporcionar dades per prendre cap decisió, sinó comprovar si la planificació de les observacions és adequada.

La manera d'observar les variables depèn molt del contingut de cada recerca. Ja hem comentat que existeixen multitud de tècniques, perquè les variables d'interès poden ésser també molt diverses. És evident que la manera d'observar i registrar la lluminositat d'un estel no és la mateixa que la manera de detectar els components que resulten d'una reacció química o la d'obtenir l'opinió d'unes persones sobre un tema determinat. Totes són variables (lluminositat, components i opinió) que poden ésser focus d'interès en una recerca, però la manera que tindrem d'accedir-hi és completament diferent, perquè els objectes als quals fan referència també són diferents (un astre, uns elements químics i uns individus, respectivament).

2.1. Variabilitat intraindividual i interindividual

La primera qüestió que caldrà plantejar, i que serà crucial per decidir com procedirem a observar les variables, és quina variabilitat poden manifestar les variables que registrem. Per exemple, inicialment podem assumir que un àtom d'hidrogen és essencialment idèntic a qualsevol altre àtom d'hidrogen de l'univers, de manera que les variables que defineixen els àtoms d'hidrogen es manifestaran per igual en qualsevol àtom d'hidrogen que observem.

Si observem la variable *nombre atòmic* en un àtom d'hidrogen (que és el nombre de protons del nucli de l'àtom) sempre comptarem un protó, sense importar en quin àtom d'hidrogen hem fet l'observació. O el que és el mateix, no hi haurà **variabilitat intraindividual** (en tots els àtoms d'hidrogen comptem el mateix nombre de protons).

Observem ara la variable *nombre atòmic* en un àtom d'heli. Sempre hi comptarem dos protons (tampoc hi haurà variabilitat intraindividual). Els àtoms d'hidrogen i d'heli variaran entre ells en la variable *nombre atòmic*, i sempre ho faran de la mateixa manera (com en un àtom d'hidrogen sempre comptarem un protó i en un àtom d'heli sempre en comptarem dos, un àtom d'hidrogen sempre variarà en un protó respecte un àtom d'heli). La **variabilitat interindividual** que observem serà sempre la mateixa.

La situació és diferent si observem la variable *longitud total del cos* d'un mosquit de l'espècie *Aedes aegypti*. Les longituds del cos de dos mosquits *Aedes aegypti*, tot i que hàgim tingut cura de seleccionar-los en la mateixa fase de desenvolupament, seran molt semblants però no exactament les mateixes. A diferèn-

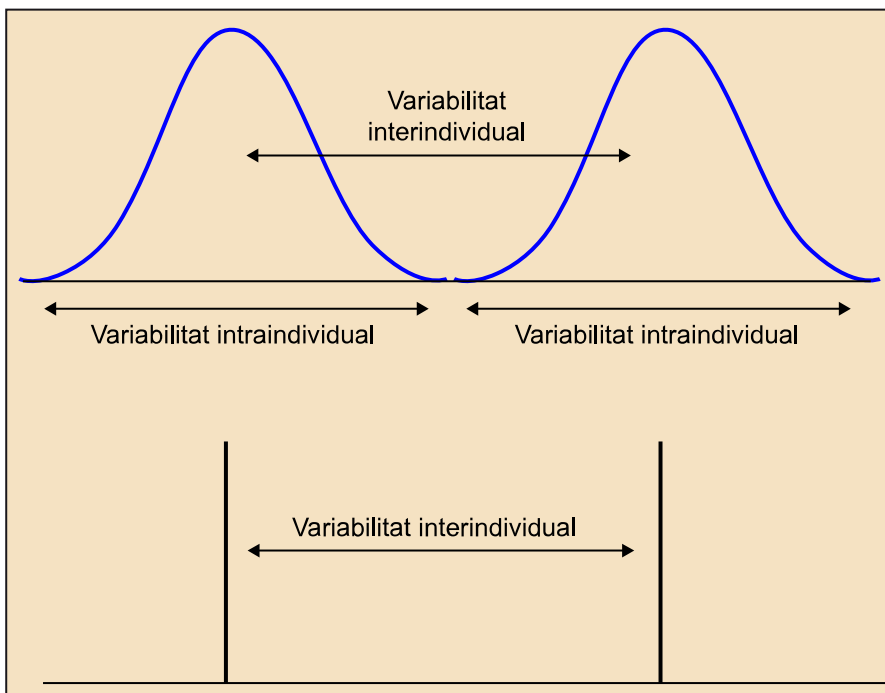
cia del nombre atòmic d'un àtom d'hidrogen, que serà idèntic per a qualsevol àtom d'hidrogen, les longituds del cos dels mosquits *Aedes aegypti* mostraran una variabilitat d'un individu a un altre. Si comparem la longitud del cos d'un mosquit *Aedes aegypti* amb la d'un mosquit *Culex pipiens*, observarem que són diferents entre elles. Però si agafem un altre mosquit *Aedes aegypti* i un altre mosquit *Culex pipiens*, tot i trobar valors diferents de la variable *longitud total del cos* entre ells, la diferència no serà idèntica a la que havíem trobat entre els altres dos exemplars, tot i que serà molt similar. Observarem una variabilitat intraindividual (dels mosquits de la mateixa espècie), tot i que molt petita; i observarem també que la variabilitat interindividual (entre mosquits d'espècies diferents) no és mantindrà igual, tot i que segurament s'assemblarà molt.

Repetim una vegada més aquest exercici i observem la variable *concordança amb una opció política* en un grup d'individus. El valor que prengui la variable pot ésser molt diferent d'un individu a un altre. Però també un mateix individu pot canviar d'opinió, de tal manera que si observem la variable en moments diferents (per exemple, abans i després d'unes eleccions) el valor que prengui aquesta pot ésser també molt diferent. Observarem, per tant, una gran variabilitat intraindividual (el mateix individu pot mostrar valors diferents de la variable segons quan efectuem l'observació) i, com a conseqüència d'això, la variabilitat interindividual tampoc es mantindrà igual.

La figura 2 mostra els dos extrems dels exemples que hem presentat. Trobem un cas on no hi ha variabilitat intraindividual, com la variable *nombre atòmic* de l'àtom d'hidrogen, i un altre en què n'hi ha, com la variable *longitud del cos* dels mosquits o la variable *concordança amb una opció política* d'uns individus. D'altra banda, en la mateixa figura observem un cas en què observarem sempre la mateixa variabilitat interindividual i un altre en què no. En el nombre atòmic, sempre observem la mateixa diferència entre l'àtom d'hidrogen i l'àtom d'heli sense importar quins àtoms d'hidrogen o heli agafem, però en les variables *longitud del cos* i *concordança amb una opció política*, les diferències entre espècies de mosquit i entre individus, dependrà de quins mosquits o quins individus triem per observar la variable.

Figura 2. Representació esquemàtica de dues variables que mostren diferent variabilitat intraindividual (nul·la en la gràfica inferior de la figura) i també variació en la variabilitat

interindividual, que manté la mateixa diferència en la gràfica inferior i canvia en la gràfica superior.



Òbviament, si quan fem la definició operacional de la variable reduïm el nombre de valors que pot prendre, reduïrem també la variabilitat que podem observar. Així, si definim la variable *concordança amb una opció política* amb els valors *gens, una mica, bastant o molt d'acord* (o les seves mesures, per exemple: 1, 2, 3 i 4), la variabilitat que podem observar serà més gran que si la definició operacional de la variable és limitada als valors *estar o no estar d'acord* (o les seves mesures: 1 i 2). Ara bé, la informació que proporciona la observació de la variable en aquest darrer cas és molt menys acurada que en el cas anterior. La simplificació ens permet reduir variabilitat, però redueix també la informació que obtenim, perquè també redueix la possibilitat de detectar variacions entre individus. Que puguem o no simplificar el nombre de valors de la variable depèn de l'estat de la qüestió dels coneixements del nostre àmbit de recerca. Si realment es té un desconeixement total de la concordança amb una opció política d'una població d'individus, una recerca temptativa en què la variable es defineixi de manera operacional com *estar o no estar d'acord* pot aportar informació útil. Però si ja es disposa d'informació prèvia, definir-la amb valors dicotòmics no aportarà res de nou i caldrà afinar més en la definició per obtenir resultats que no siguin banals (fins i tot pot resultar que l'opció *gens, una mica, bastant o molt d'acord* sigui encara massa simple i calgui introduir més matisos).

2.2. Elecció dels subjectes de recerca

Si volem mostrar la diferència entre els àtoms d'hidrogen i d'heli amb referència al seu nombre atòmic, serà indiferent l'àtom d'hidrogen i l'àtom d'heli que escollim, però no ho serà si volem mostrar les diferències entre individus respecte la concordança amb una opció política. Imaginem-nos que escollim uns

quants individus i observem quin és el seu acord. Si per casualitat els individus escollits tenen tots una mica d'acord amb l'opció política, els resultats mostraran que tothom està només una mica d'acord. Però si per casualitat tots els individus escollits estan molt d'acord, llavors els resultats mostraran que tothom hi està a favor de l'opció política. Els resultats als quals arribem dependrà de quins individus escollim. Si per a la variable *nombre atòmic* és indiferent en quins subjectes de recerca observem la variable (quins àtoms escollim), per a la variable *concordança amb una opció política* no ho és.

Una de les preguntes que haurem de respondre és *Quins subjectes escollim per observar les variables de la recerca?* Si no hi ha variabilitat intraindividual, com en l'exemple de l'hidrogen i de l'heli, la preocupació per l'elecció serà nul·la, però quanta més n'hi hagi, amb més cura caldrà fer l'elecció. Aquesta haurà de garantir que els subjectes que escollim poden ésser considerats *essencialment* iguals, de manera que es puguin intercanviar per uns altres. Per respondre, una vegada més, caldrà fixar-se en els objectius de la recerca.

Retornem per un moment a l'exemple dels àtoms d'hidrogen i d'heli. Podem considerar iguals, i per tant intercanviables, tots els àtoms d'hidrogen i tots els àtoms d'heli si el nostre interès són les propietats químiques d'aquests dos elements. Si ens interessessin les propietats físiques, dos àtoms d'hidrogen qualssevol ja no serien iguals i intercanviables. Els àtoms d'hidrogen (i també els d'heli i els dels altres elements), tot i tenir el mateix nombre atòmic (un protó en el cas de l'hidrogen), que els fa iguals en les seves propietats químiques, mostren propietats físiques diferents segons la variable *nombre màssic* (nombre de protons i neutrons). Un àtom d'hidrogen pot prendre tres valors de la variable *nombre màssic*. Els àtoms amb el mateix nombre atòmic, però diferent nombre màssic, es denominen isòtops, perquè ocupen el mateix lloc en la taula periòdica dels elements. L'àtom d'hidrogen pot tenir tres nombres màssics i, per tant, tres isòtops: un protó i cap neutró (proti), un protó i un neutró (deuteri) i un protó i 2 neutrons (triti). Si l'objectiu de la recerca són les propietats físiques dels àtoms d'hidrogen, ja no ens valdrà qualsevol àtom, sinó que haurem de parer cura del seu nombre màssic, perquè els resultats podran ésser diferents en funció del valor que prengui aquesta variable (com també eren diferents quan només agafaven individus una mica d'acord amb una opció política o només individus molt d'acord). És a dir, si la pregunta de recerca fa referència a les propietats físiques de l'àtom d'hidrogen, caldrà tenir en compte aquesta variabilitat, però no si s'adreça a les propietats químiques. Les variables implicades en els objectius de la recerca determinaran en cada cas quan dos subjectes poden ésser considerats *essencialment* iguals o quan hem de parer cura en les possibles diferències.

La concordança amb una opció política està relacionada amb moltes altres variables (per exemple, com comentàvem, la variable *període electoral*). En altres casos, però, pot haver-hi menys variables implicades. Així, si sotmetem un individu diverses vegades a una mateixa tasca que impliqui prendre decisions i observem els seus registres electroencefalogràfics, aproximadament als 300 mil·lisegons observarem una deflexió positiva del voltatge (ona P300), però amb alguna variació en la seva forma i magnitud cada vegada que l'individu faci la tasca. Observarem, per tant, una variabilitat intraindividual que pot dependre d'altres variables implicades mentre es feia la tasca, com pot ésser la fatiga acumulada durant l'execució de les tasques. No obstant, el nombre de variables que hi pot influir serà menor que en la recerca sobre la concordança amb una opció política. En general, disminueixen quan ens acostem a variables de tipus físic o químic i augmenta quan ens acostem a variables biològiques o de conducta, i sol ésser màxima en variables de tipus social. Segons on se situïn els objectius de la nostra recerca serà més o menys fàcil detectar i escollir subjectes que, amb referència a les variables d'interès, puguem considerar-los *essencialment* iguals, és a dir, intercanviables.

Quan els coneixements que es tenen de les variables implicades en la recerca permeten determinar quines altres variables poden afectar, podrem seleccionar els subjectes de manera que s'eviti la variabilitat produïda per aquestes variables (per exemple, demanar a tots els individus el seu acord amb una opció política fora del període electoral). Quan no es coneixen o no es pot accedir (cosa que succeirà molt sovint en àmbits de la conducta i biològics, i gairebé sempre en l'àmbit social), l'alternativa és deixar que actui l'atzar. Per exemple, hi ha individus més sensibles que altres a les notícies que publiquen els medis. Això quedarà reflectit quan manifestin el seu l'acord amb una opció política, que es veurà afectat per les notícies publicades al diari aquell dia. Si els individus als quals demanarem pel seu grau d'acord s'obtenen de manera aleatòria de tota la població al que s'adreça l'objectiu de la recerca, el mateix atzar fa que s'hagin escollit individus més sensibles a les notícies dels medis i individus que en siguin menys sensibles.

En resum, si els coneixements previs permeten determinar quines altres variables poden estar implicades, llavors farem una selecció directa dels subjectes, però si els coneixements que es disposen no permet fer una selecció directa, llavors cal recórrer a l'atzar. O, sovint, un combinació d'ambdues estratègies: directa per aquelles variables que coneixem i hi podem accedir, deixant l'atzar per aquelles variables a les quals no podem accedir directament o senzillament desconeixem si hi són (en qualsevol cas, l'atzar s'encarregarà de controlar-les).

Una segona pregunta que caldrà formular amb referència als subjectes de la recerca serà: *Quants n'haurem d'escollir?* La resposta també dependrà de les variables implicades i dels objectius de la recerca. Segons quines siguin les variables d'interès, en alguns casos n'hi haurà prou que s'observin els valors de les variables en un subjecte (per observar la diferència en nombre atòmic entre l'hidrogen i l'heli només ens cal un àtom d'hidrogen i un d'heli), però si volem

Una definició

L'ona P300 és un potencial evocat (una resposta neurofisiològica a un estímul) que s'utilitza en psicologia i altres disciplines afins, com la psicopatologia, per la recerca de funcions cognitives relacionades amb la presa de decisions.

conèixer les diferències respecte l'acord amb una opció política d'una població d'individus, o bé agafem tota la població o bé els individus que escollim han de mostrar proporcionalment tots els nivells d'acord que presenta la població.

Segons l'objectiu al qual s'adreça la recerca serà impossible escollir tots els individus d'una població (imaginem-nos que l'objectiu s'adreça a conèixer la concordança amb una opció política dels habitants de tot un país, els quals poden ésser uns quants milions!). En aquests casos caldrà seleccionar una part de la població, però de tal manera que els individus escollits reflecteixin la variabilitat del conjunt. Un cop més, els coneixements previs seran claus. Si aquests permeten determinar quines altres variables relacionades amb les variables de la recerca poden ésser rellevants, llavors podem fer una selecció directa dels subjectes en funció dels valors que prenguin en aquestes variables. Però també, com ja hem vist, molt sovint es desconeixen o és difícil accedir-hi i haurem de recórrer a l'atzar. En aquest cas, quan més gran sigui la població a la qual voldrem referir les conclusions de la recerca, més subjectes haurem d'escollir per mantenir la representativitat. Una pregunta que sol obsessionar els investigadors novells és quants subjectes calen per fer una recerca determinada. La pregunta clau, però, tal com hem vist, no és tant *quants*, sinó *quins*. La quantitat de subjectes dependrà molt de les variables implicades i dels objectius de la recerca. En el cas que calgui obtenir mostres representatives d'una població, les tècniques de mostratge que posa a la nostra disposició l'estadística són un auxiliar essencial per determinar el nombre i la manera d'accedir-hi (qualsevol text bàsic d'aplicacions estadístiques sol incloure una bona introducció al mostratge; per exemple, Sierra-Bravo, 1998; o bé Henry, 1990).

2.3. Procediments i instruments

Seleccionats els subjectes de la recerca, que ens indiquen on observarem les variables a les quals fa referència la hipòtesis o la delimitació temptativa prèvia, cal determinar la seqüència d'accions que farà l'investigador per observar les variables (quant temps les observarem, quantes vegades les registrarem, com hi accedirem, etc.). Tota la seqüència d'accions que cal fer per observar les variables i registrar-les, és a dir per obtenir les dades, és el que denominarem **procediment** de la recerca.

Com ja podem suposar, els procediments seran ben diferents segons quines siguin les variables de les quals s'hagin d'obtenir les dades i mostren una gran varietat de maneres d'executar la lògica de recerca del mètode científic (la varietat de tècniques enfront la unitat del mètode que mostràvem a l'apartat «La recerca, una activitat per a l'obtenció de coneixement: supòsits, objectius i característiques del mòdul didàctic «Què és i què no és la recerca?»).

En el cas de recerques que impliquen variables de conducta, cognició, personalitat, etc., els procediments inclouen també les **tasques** que sol·licitem als subjectes. Per exemple, per registrar ones P300 necessitem que els subjectes

Per saber-ne més

Tot i que només es refereix a les ciències de la conducta, hom pot adonar-se de la diversitat d'opcions que són a l'abast de l'investigador i fer-se una idea de la varietat de procediments i instruments disponibles al text de Blanco-Villaseñor, Gómez i Salvador (1997).

facin alguna tasca de decisió per a què el registre mostri l'ona P300, que és una conseqüència de la seva activitat encefàlica en realitzar la tasca. O bé, per observar el grau de coordinació en els desplaçaments de grups de peixos (per exemple de l'espècie *Danio rerio*) necessitem introduir en l'aquari on farem l'observació determinats elements que indueixin el moviment (per exemple, situar el menjar en un lloc determinat). Les tasques que faran els subjectes de la recerca formen part del procediment i cal planificar-les d'antuvi.

Molt sovint les variables d'interès no són accessibles directament als òrgans sensorials dels investigadors i cal recórrer a instruments que permetin observar-les. Ni els àtoms es poden observar directament amb els nostres òrgans sensorials, ni tampoc l'acord amb una opció política o l'activitat encefàlica. En aquests casos, els **instruments** ens permetran accedir-hi. Així, amb un electroencefalògraf podrem registrar les ones P300 o amb un qüestionari en llapis i paper (o d'aplicació en línia per internet) podrem registrar l'acord vers una opció política. L'ús de determinats instruments, com l'electroencefalògraf, implicarà que l'observació i registre de les variables s'efectuï en situació de laboratori, és a dir, en un entorn controlat. Altres vegades, el material i procediment no fan necessari el control de l'entorn, però l'investigador pot decidir que aquesta és la millor opció per evitar els efectes perniciosos de possibles variables alienes a l'objectiu de la recerca. Definirem **laboratori** com un espai dedicat a la recerca i dotat de certes condicions i instruments que permeten un millor control del procés d'observació i registre de les variables. Segons la varietat de procediments i d'instruments també els laboratoris mostraran aspectes ben diferents: des d'una simple cambra que permeti certa intimitat per entrevistar i passar qüestionaris a individus fins cambres altament aïllades on es treballa amb material biològic molt contagiós. En tots els casos, però, el factor comú és la introducció de cert component d'artificialitat en el registre de les variables, les quals no seran observades exactament en el mateix entorn on es manifesten de manera natural. Aquest fet pot tenir més o menys repercussió quan obtinguem resultats i n'extraguem conclusions. Veiem quines repercussions poden ésser.

Si l'objectiu de la recerca és conèixer els components d'una substància, per exemple l'àcid sulfúric, el fet d'efectuar les accions sobre l'àcid sulfúric que indiqui el procediment en una situació de laboratori no altera els resultats i ni les conclusions que se'n deriven, sinó que són vàlides més enllà de les parets del laboratori (en qualsevol situació, l'àcid sulfúric estarà format per una determinada proporció de sofre, hidrogen i oxigen). Però si l'objectiu és conèixer la coordinació en els desplaçaments d'un grup de peixos de l'espècie *Danio rerio*, cal garantir que l'artificialitat que suposa la situació d'aquari i la tasca de cercar menjar produirà la mateixa coordinació en el desplaçament que la produïda en el seu entorn natural (els arrossars del Pakistan, Índia i Bangla Desh). En altres recerques, la situació de laboratori és pràcticament incompatible amb els objectius de la recerca. Si volem conèixer la interacció entre l'alumne i el mestre en una aula d'educació primària, recrear artificialment un entorn d'aula

Una curiositat

L'espècie *Danio rerio*, de nom comú peix zebra, és la tercera espècie, després de les rates i els ratolins, més usada en recerca (per exemple, en estudis d'embriologia o toxicologia). Algunes d'aquestes recerques fan servir variables de conducta, com el desplaçament col·lectiu.

d'escola no és només molt difícil, sinó que desvirtua de tal manera les variables implicades en els objectius que gairebé amb tota seguretat els resultats obtinguts no permetran donar-hi cap resposta.

En cada cas, caldrà valorar amb cura la relació entre el cost i el benefici que produeix introduir elements d'artificialitat en la situació en la qual es realitza l'observació i registre de les variables. Si introduir components d'artificialitat ens produeix el benefici d'obtenir uns resultats amb garantia que només han actuat les variables que són l'objectiu de la recerca, però ens produeix el cost de dificultar (o impossibilitar) extreure conclusions més enllà de la situació de laboratori, és evident que la situació no és desitjable. Però si el fet d'efectuar la recerca en l'entorn natural on es manifesten les variables que volem observar produeix el benefici d'extraure conclusions d'acord amb els objectius de la recerca, però produeix el cost de garantir de manera molt precària (o no garantir en absolut) que els registres no han estat *contaminats* per altres variables presents a l'entorn (i, per tant, poden portar fàcilment a conclusions falses), la situació tampoc és desitjable. El balanç entre el cost i el benefici ens porta a avaluar la validesa d'una recerca segons dos components: assegurar que els resultats corresponen a les variables de la recerca i assegurar que es puguin traslladar de la situació de recerca a qualsevol altra situació on es manifestin les variables, tal com desenvoluparem amb més detall al mòdul didàctic «Quin és el producte de la recerca?» (vegeu l'apartat «Dades, teoria i models»).

2.4. Observar i experimentar

Tot i que l'avaluació de la validesa d'una recerca amb referència als dos components que acabem d'esmentar els comentarem més endavant, tant els objectius de la recerca com la possibilitat d'accedir de manera més o menys directa a les variables condiciona (i molt) la manera d'observar-les i registrar-les. Si són preguntes d'existència o bé de descripció i classificació, caldrà observar unes variables (o valors de variables) en les quals l'acció de l'investigador sobre elles és mínima, a excepció del possible instrumental que necessitem per accedir-hi. Per respondre la pregunta *Aquest artròpode és un insecte?* caldrà comptar el nombre de potes que surten del cos de l'artròpode a què és refereix la pregunta. L'única manipulació de l'investigador per registrar el valor de la variable és prendre l'exemplar (o exemplars) d'artròpode a què ens referim, observar-lo a ull nu o auxiliat d'una lupa i anotar quantes potes hi veu.

Però per respondre la pregunta *Arrisquen més els extravertits que els introvertits en els exàmens de preguntes tancades?* caldrà seleccionar individus que presentin característiques pròpies dels extravertits i individus que presentin característiques pròpies dels introvertits i sotmetre'ls a un examen de preguntes tancades. Per accedir a la variable extraversió-introversió l'investigador haurà d'usar qüestionaris de personalitat per conèixer qui és extravertit i qui introvertit, tot i que podrà aprofitar alguna de les proves acadèmiques (qualsevol examen

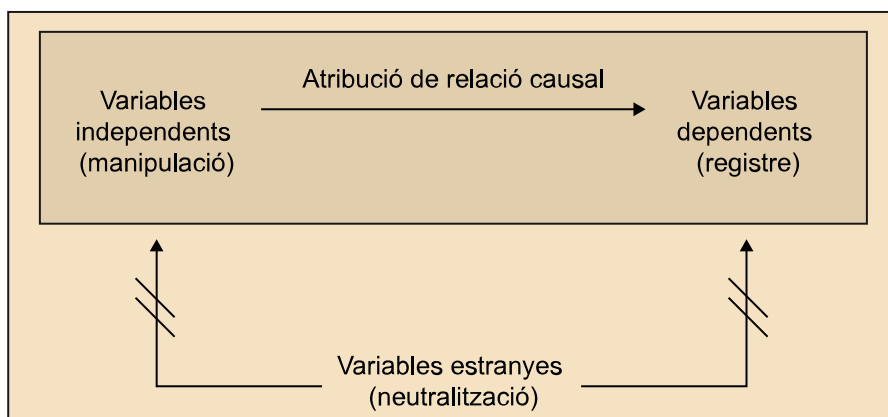
de preguntes tancades) que ja fan habitualment els subjectes per observar el nombre de preguntes en blanc que deixen uns i altres. La manipulació de les variables és encara molt baixa.

Ara bé, si ens enfrontem a la pregunta *És millor la tècnica terapèutica A que la tècnica terapèutica B per induir relaxació?*, caldrà escollir individus als quals aplicarem una tècnica terapèutica i individus als quals aplicarem l'altra i determinar una manera d'accedir a la variable *relaxació*, per exemple amb un registre de l'electromiografia de l'activitat muscular. La manipulació de les variables que farà l'investigador és superior a la dels exemples anteriors. Ací, caldrà determinar en quins individus s'aplicarà una tècnica terapèutica i en quins l'altra, aplicar la tècnica terapèutica que pertoqui en cada cas, posar els elèctrodes per registrar l'activitat muscular i activar el registre mentre s'aplica la tècnica terapèutica que pertoqui. Tot això en una situació controlada que permeti aplicar la tècnica terapèutica sense interferències que interrompin el procés de relaxació i que permetin usar correctament l'electromiografia.

En uns casos, l'accés a la variable i el seu registre implica poca o nul·la manipulació d'aquesta i, en altres, la manipulació pot ésser màxima. En uns casos, l'investigador *només* observa com varia la variable, en altres hi *intervé* per produir les variacions d'aquesta i registrar els efectes. Per donar resposta a preguntes d'existència i de descripció i classificació, l'investigador registra com actuen les variables, usant si cal els instruments necessaris per observar-la (la lupa o els qüestionaris, per exemple), però sense produir canvis en els seus valors.

Per donar resposta a preguntes de relació, si aquestes són de tipus causal, a més dels instruments necessaris per observar les variables, cal que l'investigador produeixi canvis en els valors de les variables (vegeu la figura 3). Així, l'investigador aplica una tècnica terapèutica o l'altra, és a dir, canvia els valors de la variable independent, per observar quin efecte produeix en la relaxació (la variable dependent). A més, per garantir que altres variables alienes a la variable *tècniques terapèutiques*, és a dir, variables estranyes, no produeixin canvis en la variable *relaxació*, ha d'establir-hi controls (per exemple, fer la recerca en una cambra insonoritzada). En resum, per garantir resultats que permetin respondre una pregunta de tipus causal l'investigador no es pot limitar a registrar els canvis en les variables, sinó que ha de canviar els valors de la variable independent, observar l'efecte d'aquests canvis en la dependent i evitar l'acció de variables estranyes. En aquest darrer cas, la necessitat de control de les variables fa que es tingui tendència a situacions properes al laboratori, mentre que en altres casos el laboratori només serà necessari en funció dels instruments emprats per accedir a les variables.

Figura 3. Esquema de les relacions entre les variables quan es defineix una relació causal entre elles i accions que cal fer per sotmetre la causalitat a comprovació empírica.



En funció de si el procediment implica un major o menor grau d'intervenció de l'investigador sobre les variables, el podem situar en un continu que va des de la nul·la o escassa manipulació fins un màxim de manipulació. Al primer dels extrems direm que el procediment té un caire més **observacional** i, en l'altre extrem, un caire més **experimental**. En qualsevol cas, que un procediment se situï en un lloc o un altre del continu dependrà de quina és la pregunta de recerca que hem de respondre.

Per saber-ne més

Un text molt clarificador el trobareu en el l'obra clàssica del metge i fisiòleg Claude Bernard (1813-1878) (vegeu Bernard, 1976), que mostra les funcions de l'observació i de l'experimentació en la recerca.

2.5. Simulació informàtica

El desenvolupament de la informàtica ha permès que moltes de les preguntes de recerca es responguin recreant les variables en un programari informàtic (recerca *in silico*), sense recórrer a la seva observació empírica (recerca *in vivo*). El procediment simula amb els algorismes del programa informàtic les possibles relacions entre variables, les quals se sotmeten a prova entrant al programa els valors de determinades variables i observant quin efecte ha produït en altres variables en la sortida del programa.

Els procediments basats en simulació s'han escampat per tots els àmbits de la recerca, des de la física i la química fins la biologia, la psicologia i els estudis socials (i, per suposat, també en totes les enginyeries i tecnologies). La simulació és una bona opció per proporcionar respostes a problemes de recerca amb una bona economia de recursos. Generalment, resulta molt més senzill recrear l'acció d'unes variables en uns algorismes que accedir-hi empíricament, reduint i tot l'escala temporal en què actuen. Així, un programari pot reproduir en hores o minuts els canvis evolutius que es produeixen en una determinada espècie en milers o milions d'anys, per exemple (vegeu Resnick, 2009, text introductor que mostra les diferents possibilitats que ofereixen els procediments de simulació per fer recerca).

Per elaborar un procediment de simulació els resultats del qual responguin a les preguntes de recerca cal disposar d'un bon coneixement de les variables implicades per tal que puguin ésser implementades en el programari. De fet, els programes de simulació exigeixen que qualsevol acció o relacions entre

variables que es vulguin recrear en un programa es facin explícites i sense ambigüitats. Això obliga l'investigador a fer un exercici de clarificació d'allò que vol estudiar, de quines són les variables implicades i com actuen. Si una pregunta de recerca i la seva resposta temptativa poden ésser sotmeses a prova en un procediment de simulació, vol dir que estan expressades de manera clara i no ambigua.

Un procediment basat en la simulació informàtica pot usar-se tant per provar l'efecte d'algunes variables en recerques amb un caràcter més aviat exploratori, com també per comprovar unes relacions molt acurades entre variables. Tant en un cas com en l'altre, com succeeix amb els procediments en què s'efectua una observació empírica de les variables, la informació que proporcionen permet donar resposta a les preguntes de recerca i incrementar el cos de coneixements. Ara bé, cal recordar que el criteri en què ens basem per acceptar o no uns determinats coneixements són els referents empírics. Una simulació recrea amb més o menys fidelitat la realitat, però no és la realitat, per això la informació que s'obté caldrà que sigui sotmesa a contrastació empírica per ésser integrada totalment al cos de coneixements. Els procediments de simulació proporcionen resultats que permeten avançar en la comprensió del món, però sense substituir l'observació empírica de les variables.

Bibliografia

- Blanco-Villaseñor, A.; Gómez, J.; Salvador, F.** (1997). *Estratègies de recollida de dades*. Barcelona: Editorial UOC.
- Bernard, C.** (1976). *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Barcelona: Fontanella.
- Campbell** (1952). *What is science?* Nova York: Dover.
- Christensen, L. B.** (1988). *Experimental methodology* (4a edició). Boston: Allyn and Bacon.
- Coss, R.** (1993). *Simulación. Un enfoque práctico* (9a reimpressió). Mèxic: Limusa.
- Cumming, G.** (2012). *Understanding the new statistics*. Nova York: Routledge.
- Fàbregues, S.; Meneses, J.; Rodríguez-Gómez, D.; Paré, M. H.** (2016). *Técnicas de investigación social y educativa*. Barcelona: Editorial UOC.
- Gambara, H.** (1998). *Diseño de investigaciones. Cuaderno de prácticas* (2a edició). Madrid: McGraw-Hill.
- Henry, G.T.** (1990). *Practical Sampling*. Newbury Park, CA: Sage.
- Hernández-Sampieri, R.; Fernández-Collado, C.; Batista-Lucio, M. P.** (2010). *Metodología de la investigación* (5a edició). Mèxic: McGraw-Hill.
- Honeck, R. P.** (1986). A serendipitous finding in face recognition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 24 (5), 369-371.
- Huck, S. W.; Sandler, H. M.** (1979). *Rival hypotheses. Alternative interpretation of data based conclusions*. Nova York: Harper & Row.
- Jañez, L.** (1989). *Fundamentos de psicología matemática*. Madrid: Pirámide.
- Jung, J.** (1979). *El dilema del experimentador*. Mèxic: Trillas.
- Kerlinger, F. N.; Lee, H. B.** (2002). *Investigación del comportamiento: técnicas y metodologías* (4a edició). Mèxic: McGraw-Hill Interamericana.
- Lohr, L.** (2000). *Muestreo: diseño y análisis*. Mèxic: International Thomson Editores.
- Maxwell, S. E.; Delaney, H. D.** (1990). *Designing experiments and analyzing data. A model comparison perspective*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Meneses, J.; Barrios, M.; Bonillo, A.; Cosculluela, A.; Lozano, L. M.; Turbany, J.; Valero, S.** (2013). *Psicometria*. Barcelona: Editorial UOC.
- Norman, G. R.; Streiner, D. L.** (2003). *Statistics* (3a edició). Shelton, CT: People's Medical Publisher House.
- Polit, D. F.; Hungler, B. P.** (2000). *Investigación científica en ciencias de la salud* (6a edició). Mèxic: McGraw-Hill.
- Resnick, M.** (2009). *Tortugas, termitas y atascos de tráfico: Exploraciones sobre micromundos masivamente paralelos*. Barcelona: Gedisa.
- Salkind, N. J.** (1998). *Métodos de investigación* (3a edició). Mèxic: Prentice Hall.
- Salvador, F.; Gallifa, J.** (1997). *Introducció al disseny d'experiments en psicologia*. Barcelona: Proa.
- Shaffer, J. P.** (1995). Multiple hypothesis testing. *Annual Review of Psychology*, 46, 561-584.
- Sierra-Bravo, R.** (1998). *Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios* (12a edició). Madrid: Paraninfo.
- Stevens, S. S.** (1951). Mathematics, measurement, and psychophysics. A: S. S. Stevens (Ed.), *Handbook of Experimental Psychology* (pàg. 1-30). Nova York: Wiley.
- Trochim, W.; Donnelly, J. P.** (2008). *The research methods knowledge base* (3a edició). Mason, OH: Atomic Dog.

