
3. LA MESURA PSICOLÒGICA DE LES SENSACIONS: DETECCIÓ, DISCRIMINACIÓ, ESCALAMENT

Joan M. Malapeira i Gas*

Plantejar-se el tema de la mesura psicològica de les sensacions és equivalent, si es vol adoptar una posició objectiva, a parlar de l'àmbit de teorització i experimentació de la psicofísica, utilitzant, de bon principi, el terme en el seu sentit més ampli, és a dir, el de tot allò que es planteja la relació entre estímuls (definites o definibles físicament) i respostes (mesurades directament o indirectament) i intenta esbrinar el tipus d'aquesta relació.

Aquesta serà la perspectiva adoptada aquí: més que presentar un llistat més o menys elaborat del nivell de coneixements assolits per la psicologia en l'àmbit de les sensacions o de les diferents modalitats sensorials, analitzarem les propostes teòriques i els procediments emprats, fonamentalment en el laboratori, per les diferents tendències que han existit al llarg de la història de la psicofísica, a fi que sigui el lector qui valori la manera de treballar i la validesa de les dades obtingudes mitjançant la utilització d'aquests procediments.

El punts centrals sobre els quals, en opinió de l'autor, cal fer més èmfasi, donades les seves implicacions, possibilitats i un cert caire innovador, són els quatre següents:

1) La relació entre les característiques de la demanda implícites en una tasca experimental i el tipus de dades que se n'obtenen (i, per tant, el tipus de relació que es pot establir entre estímuls i respostes i el tipus d'ajust a una funció teòrica). Això implica, com tractarem

* Professor titular de psicologia experimental, Departament de Metodologia de les Ciències del Comportament, Universitat de Barcelona.

més endavant de demostrar, que part de la històrica polèmica sobre quina és l'aproximació teòrica més ajustada a les dades, si la funció logarítmica o la funció potencial, és una falsa polèmica.

2) La importància dels factors contextuals i seqüencials, ja normalment contemplats, però també la dels factors procedimentals, que molt sovint tenen més incidència sobre les dades. La consistència dels resultats, la variabilitat intraindividual i la constatació de diferències interindividuais significatives poden ésser atribuïdes, de vegades, als valors emprats de les «constants funcionals».

3) Les aportacions que es poden derivar de les concepcions teòriques de la teoria de la detecció de senyals per a una anàlisi sensorial més acurada del que permet la psicofísica, tant l'anomenada *clàssica* com la *psicofísica subjectiva* de Stevens (vegeu, per exemple, l'important llibre de Laming, 1986).

4) Els criteris operatius existents per a l'optimització de l'ús de la tècnica dels temps de reacció per a l'anàlisi del processament sensorial i algunes de les seves característiques (propietats físiques de l'estímul, discriminació entre estímuls, diferències entre modalitats sensorials, etc.).

3.1. LA PSICOFÍSICA EN L'ESTUDI DE LES SENSACIONS

3.1.1. *Concepte i objectius de la psicofísica*

Com passa normalment en psicologia, podem trobar diferents definicions del que s'entén per *psicofísica*, que intenten abastar un ventall més o menys ample dels fenòmens que s'hi inclouen. Algunes de les definicions poden ser, per exemple: «La psicofísica és l'estudi científic de la relació entre estímulo i sensació» (Gescheider, 1976), «És la branca quantitativa de l'estudi de la percepció, que examina les relacions entre estímuls observats i respostes, a més de les causes d'aquestes relacions», «És el conjunt de supòsits que descriuen com un organisme processa la informació de l'estímul sota condicions acuradament específiques» (Baird i Noma, 1978), «És la ciència de la resposta dels organismes a configuracions estimulatives» (Stevens, 1975).

Per tant, i amb això es pot veure fàcilment la connexió amb el

tema central d'aquest curs, els aspectes bàsics en el treball de la psicofísica són els relacionats amb els problemes de la mesura i de les possibilitats d'aquesta en ciències humanes, els diferents tipus d'escala de mesura, les tècniques per a l'establiment de les escales sensorial i psicològica..., juntament amb el problema dels llindars sensorials (absolut i diferencial).

Els objectius que assoleix fàcilment la psicofísica mitjançant el tipus de recerca que utilitza, presentats esquemàticament, són (això és un intent de respondre una pregunta no formulada explícitament, però sí freqüentment present en debats sobre la recerca psicològica i la mesura psicològica de les sensacions):

a) Aportació de dades importants en el camp de la percepció.
b) Establiment d'un complement necessari per a l'anàlisi del funcionament dels òrgans sensorials, junt amb la fisiologia sensorial (vegeu, per exemple, en el camp de l'audició, obres del tipus de les d'Evans i Wilson [1975] o de Klinke i Hartmann [1983], amb títols tan demostratius com *Psychophysics and physiology of hearing* o *Hearing-physiological bases and psychophysics*, respectivament). El caire interdisciplinari que necessàriament cal adoptar en el tractament sistemàtic del tema de les sensacions queda demostrat clarament en la monumental obra que Carterette i Friedman, com a editors, van dirigir des del 1974 al 1978, titulada *Handbook of perception*, i encara que hom pot no estar d'acord amb l'organització d'alguns volums (per exemple, el II o el IV), és just reconèixer la importància d'una obra d'aquestes característiques, que permet de veure la interrelació entre la psicofísica i la fisiologia dels sentits, i que té l'interès addicional de donar a conèixer els aspectes bàsics i fonamentals, si més no, de les característiques físiques dels estímuls específics dels diferents sistemes sensorials.

c) Introducció de la mesura i de les tècniques de la construcció d'escala dins de la psicologia.

d) Aportació de procediments rigorosos en la recerca de laboratori.

e) Constitució d'un camp de proves de l'ajust de les dades empíriques a determinats models matemàtics.

f) Determinació dels elements que intervenen en la presa de decisions.

g) Establiment del pes de determinats factors cognitius i procedimentals en els processos de detecció o de discriminació sensorial.

Aquest tipus d'objectius es poden complir gràcies al rigor que implica normalment el treball de la psicofísica, la qual ha dedicat tants o més esforços a perfilar els propis mètodes, procediments i tècniques, com al fet d'establir dades significatives sobre les principals funcions sensorials. Potser caldria reconèixer la importància d'aquest fet amb els termes que ja he utilitzat en altres ocasions: aquestes funcions poden realitzar-se amb garanties a causa principalment de la situació especialment estandarditzada, de l'entrenament exhaustiu dels subjectes, de la gran quantitat de mesures que els experiments psicofísics normalment generen, i que, per tant, condueixen a una optimització de rendiments o d'execucions, i de l'optimització, que fa possible l'anàlisi exhaustiva dels factors o mecanismes que intervenen en qualsevol tasca de tipus sensorial.

3.1.2. *Problemes centrals que es plantegen*

Com assenyalen encertadament Luce (1963) o Snodgrass (1975) els quatre problemes bàsics de la recerca psicofísica són:

a) *Detecció*. La pregunta central és: hi ha algun estímul present en aquest interval d'observació? La situació de registre és la detecció d'estímuls o senyals en un context de no-soroll experimental, encara que sempre existeixi una activitat neural que pot considerar-se «soroll» sobre la qual l'estímul o senyal ha de ser captat, percebut o detectat. El problema, que pot plantejar-se de maneres molt diferents, com comentarem després, en analitzar els procediments bàsics de treball, tant pel que fa a la psicofísica com pel que fa als nous procediments propis de la teoria de la detecció de senyals, es relaciona amb l'existència, amb l'establiment empíric i amb la possible quantificació (en l'escala de valors físics de la dimensió estudiada dels estímuls) d'un llindar absolut, inferior o superior.

b) *Reconeixement*. La pregunta central és: quin estímul és el que està present en un determinat interval d'observació? o quin és, d'entre diverses possibilitats? La situació de registre és el reconeixement dels patrons dels estímuls prèviament presentats o etiquetats, amb presentació successiva o simultània. El problema també pot plantejar-se de diferents maneres, encara que cal destacar que, en el camp específic de la memòria de reconeixement,

s'han desenvolupat una sèrie de models potents derivats de la teoria de la detecció de senyals. Un altre camp típic relacionat amb qüestions de reconeixement és l'estudi del llenguatge, tant en relació amb l'índex de detectabilitat com en relació amb l'índex d'intel·ligibilitat.

c) *Discriminació*. La pregunta central és: hi ha diferència entre l'estímul 1 i l'estímul 2? La situació de registre és la discriminació sensorial o potència resolutiva dels sistemes sensorials; es pot considerar com el punt central en molts dels moments de l'evolució històrica de la psicofísica. El problema, igual que el de la detecció, pot plantejar-se amb mètodes diversos, encara que els tres mètodes clàssics serien els més adients per a l'establiment d'un índex de discriminació, l'índex diferencial o DAP (diferència tot just percebuda). No tots els mètodes, com comentarem després, són igualment adients si tenim en compte dos criteris bàsics: precisió i constància. L'establiment d'una unitat constant i pròpia de cada modalitat sensorial té la doble finalitat de comparar diferents modalitats sensorials i de proporcionar una mesura per a l'establiment d'una escala sensorial.

d) *Establiment d'una escala*. La pregunta central és: quanta o quina és la diferència entre l'estímul 1 i l'estímul 2? La qüestió es relaciona amb les escales de mesura i es refereix a com és capaç de quantificar el subjecte diferències entre estímuls presentats simultàniament o succesivament. Quin és el rigor i consistència d'aquesta quantificació (problema de l'isomorfisme entre l'escala de mesura i la dimensió sensorial estudiada), si és possible o no la mesura subjectiva directa per part del subjecte, o bé si cal treballar indirectament a partir dels límits d'incertesa o variabilitat de les respostes dels subjectes, són algunes de les qüestions que es plantegen en aquest problema bàsic. El mètode indirecte fechnerià d'establiment d'escales, el psicològic de Thurstone o el directe de Stevens són les posicions bàsiques que han aparegut davant d'aquest problema al llarg de la història de la psicofísica.

No tots els problemes plantejats han estat tractats amb la mateixa extensió i profunditat; no tots ells són igualment interessants per als dos grans corrents teòrics i metodològics de la psicofísica. En la tradició de Fechner el problema central és el de la discriminació sensorial i, complementàriament, el de la detecció i l'establiment d'escales. En la tradició de Stevens, el problema central és aquest darrer i, subsidiàriament, el de la discriminació.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

Cal remarcar, com es farà palès més endavant, que el problema de la detecció i el problema de la discriminació van lligats estretament, ja que es podria definir la discriminació com un cas específic de detecció.

3.1.3. *Referència a l'evolució històrica i les seves implicacions*

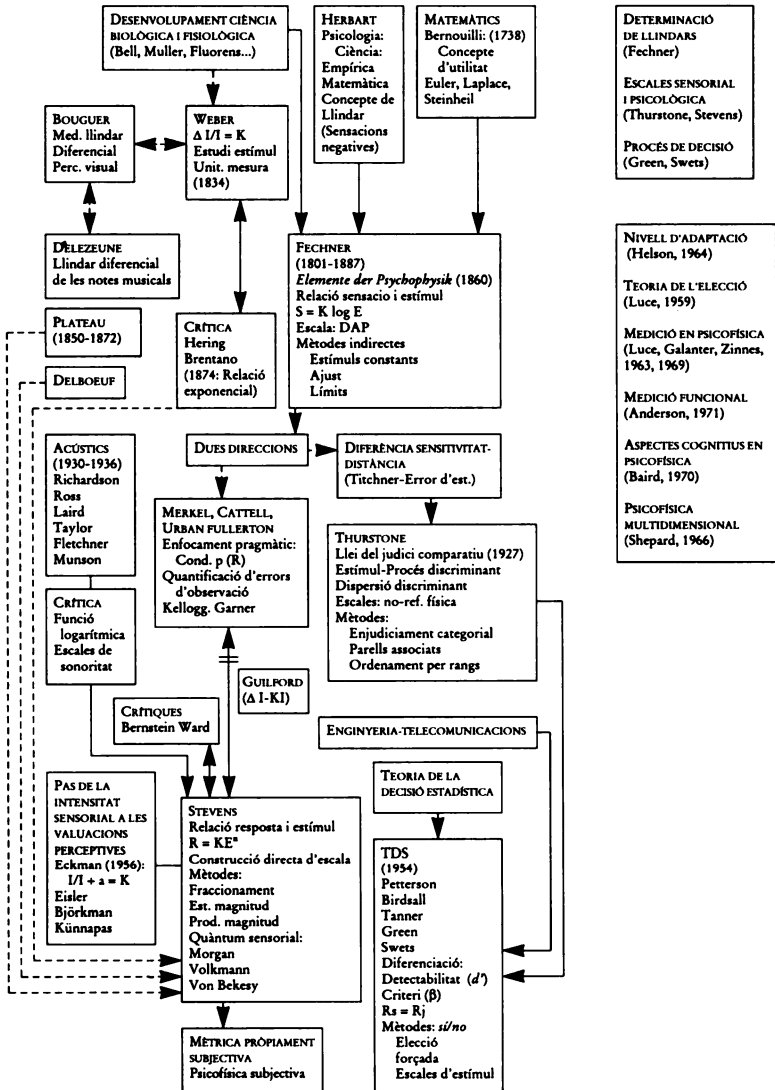
No és la meua intenció entrar en una anàlisi de la història de la psicofísica, ni tan sols en una presentació esquemàtica d'aquesta. L'única intenció, en presentar el quadre adjunt, és reflectir la complexitat de la dita evolució i destacar l'existència dels quatre grans nuclis d'influència: tradició fechneriana, tradició de Stevens, tradició de Thurstone i sorgiment dels plantejaments de la teoria de la detecció de senyals. Considero que pot ser útil al lector per tal d'anar situant els comentaris que es facin al llarg del present capítol i poder establir relacions entre els autors, els enfocaments teòrics i els procediments.

Les implicacions que tot això ha tingut per a la història de la psicologia, per al seu desenvolupament com a ciència i per a l'objectivització progressiva dels conceptes psicològics, conjuntament amb la millora dels estris de recerca emprats, és fonamental, i requeriria un comentari que hauria de ser necessàriament extens.

El quadre no fa referència a la psicofísica actual ni als tòpics que es plantegen autors tan importants com Gescheider, Marks, Teghtsoonian, Gelfan, Terhardt, Parducci, Sanduski, Mellers, Zwislocki, Corso, Lockhead, Levine, Falmagne, Laming, Watson, Birnbaum, Treisman, etc.

La mesura psicològica de les sensacions

Quadre resum de les idees bàsiques vinculades amb l'evolució de la psicofísica



Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

3.1.4. Model general implicat (supòsit bàsics)

El supòsit bàsic de la psicofísica es pot plantejar de la manera següent:

$$E \text{ ----- } R_s \text{ ----- } R_j,$$

on E representa l'estímul que provoca la resposta sensorial, R_s , que el subjecte valora/jutja i comunica verbalment en la forma de resposta de judici, R_j . En psicofísica clàssica, R_j és (quan s'utilitzen mètodes indirectes) «sí/no» si estudiem el llindar absolut, o «més/igual/menys» si estudiem el llindar diferencial.

Se suposa que R_j és igual a R_s , i això implica que no hi ha factors de decisió per part del subjecte, per la qual cosa

$$R_j = R_s = f(E).$$

Si el plantejament és correcte, l'objectiu serà establir quina llei defineix la funció, és a dir, quina relació hi ha entre els valors dels estímuls i les respostes sensorials. Com després comentarem breument, les dues propostes bàsiques han estat la llei que estableix una funció logarítmica

$$R_s = K \log E$$

i la llei que postula una funció potencial

$$R_s = K E^n.$$

De totes maneres, com és fàcilment imaginable, la igualtat establerta entre R_j i R_s , s'ha qüestionat teòricament i empíricament, i les dades han reflectit que les relacions són més complexes, àdhuc per a tasques de tipus senzill.

D'una part, la teoria de la detecció de senyals ha plantejat la necessitat de diferenciar dos processos de la manera següent:

$$R_j = f(R_s, \text{criteri})$$

i, al mateix temps,

$$R_s = f(E, \text{sistema sensorial})$$

i

criteri = (resultat de R_s , conseqüències de la decisió, factors psicològics).

Aquestes funcions poden ser definides per l'obtenció de dos paràmetres diferents:

d' = índex de detectabilitat,

β = criteri que adopta el subjecte en la valoració de la resposta sensorial.

D'altre part, tal com vàrem analitzar en un altre moment (Malapeira i Guardia, 1984) existeixen una sèrie de factors contextuals, procedimentals, serials i seqüencials que també, com demostren clarament les dades empíriques, afecten (i de vegades determinen) la resposta del subjecte. Recollint aquests aspectes, hauríem de plantejar quelcom semblant al que segueix:

$R_s = f(E, \text{estat de l'organisme, context, procediment, seqüència dels estímuls})$.

Encara que més endavant ho comentarem, tan sols com a exemple de la importància del que estem comentant, Wier, Gesteadt i Green (1976) varen constatar que les DAP per a la freqüència d'un so amb un estàndard fix de 1.000 Hz obtingut pel mètode de l'ajust és al voltant de la meitat de la mida de la DAP obtinguda pel mètode dels estímuls constants; d'altres treballs demostren que si el rang dels estímuls és ampli, l'exponent és més baix que si és estret, i d'altres que si la posició de l'estàndard és cap a la meitat de la sèrie, l'exponent és més gran que si la posició és més extrema, etc.

Però, a més, hi ha factors (fonamentalment procedimentals) que també poden afectar directament R_s (per exemple, les instruccions) i determinats factors cognitius relacionats amb l'estratègia adoptada, l'experiència del subjecte, determinats trets de personalitat que encara fan més complexa la relació que es pot establir entre els valors dels estímuls i les respostes manifestes del subjecte.

3.2. SUPÒSITS TEÒRICS SOBRE EL LLINDAR SENSORIAL I LA RELACIÓ ESTÍMUL-SENSACIÓ-RESPOSTA

Comentaré breument algun dels aspectes teòrics implicats en el tema que ens ocupa, amb la finalitat només d'enunciar-los, sense entrar en una anàlisi a fons, que no seria factible en un comentari de caire general com el present, en el qual l'objectiu és aproximar-nos a la temàtica, més que aprofundir en un aspecte concret d'aquesta.

3.2.1. Teories o concepcions sobre el llindar sensorial

El llindar és un concepte estadístic aproximatiu (50% de les respostes) (Guilford, 1954). Parlem d'un *llindar absolut* (inferior, superior) i d'un *llindar diferencial*. No es contempla com una constant, però es pot definir. Quan parlem del llindar estem posant en relació quatre continus: estímul (físic), excitació (fisiològic), sensorial (procés mental) i judici (resposta del subjecte). Eckman assenyala el problema que introdueix el soroll sensorial degut a l'activitat neural espontània. La determinació del llindar depèn de l'estat de l'organisme, del mètode específic utilitzat i de les característiques de la situació experimental.

a) Teoria clàssica i teoria del quàntum neural: la teoria clàssica

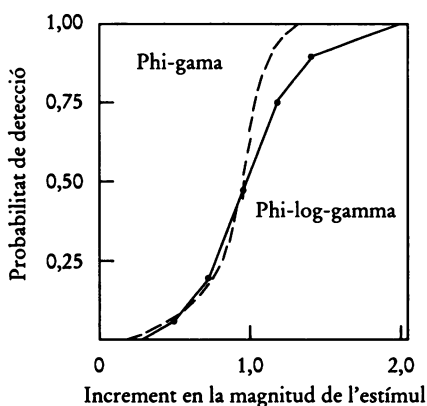


FIGURA 1. Representació gràfica de la teoria clàssica del llindar sensorial.

del llindar se centra en autors com Fechner (1860), Cattell (1893), Jostrow (1898), Urban (1910), etc. No contempla el llindar com un punt fix, sinó variable; pressuposa la idea de continu en la dimensió sensorial. Dins de la teoria clàssica del llindar, podríem fer referència a la hipòtesi *phi-gamma* o a la hipòtesi *phi-log-gamma*, que prediu l'ogiva de la distribució normal acumulada quan la probabilitat de resposta es representa en funció de la magnitud de l'estímul o del seu logaritme. La figura 1 mostra la representació gràfica de la teoria clàssica del llindar sensorial.

La teoria del quàntum neural relativa al llindar sensorial pressuposa que el procés no és continu sinó discret. No es dona un suport fisiològic suficient a la posició de Stevens del «tot o res» dels mecanismes sensorials. Es percep un canvi si l'increment és suficient per a estimular una altra unitat neural. La probabilitat que un increment donat exciti una unitat neural addicional, i per tant sigui percebut, variarà linealment d'acord amb la grandària de l'increment. Stevens justifica que les dades empíriques s'ajustin a l'«ogiva» prevista per la teoria clàssica per factors incontrolats i per l'excessiva variabilitat dels registres; proposa, perquè la teoria del quàntum s'ajusti a les dades, que l'estímul estigui acuradament controlat i que el subjecte mantingui el criteri constant al llarg de la ma-

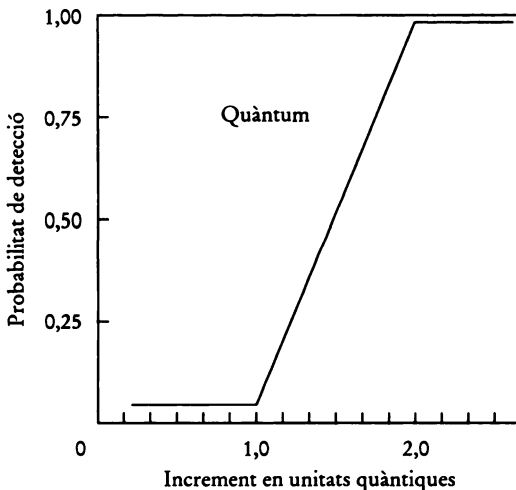


FIGURA 2. Representació gràfica de la teoria del quàntum neural.

teixa sessió de registre. Wright assenyala que la teoria del quàntum exigeix que el subjecte adopti una posició extremament conservadora davant la presentació de senyals febles. La figura 2 mostra la representació gràfica segons la teoria del quàntum neural.

b) Teories del llindar alt i del llindar baix: a més de les dues concepcions clàssiques (procés continu *versus* discret) comentades, existeixen una sèrie de teories sobre el llindar que, encara que acceptin la seva existència, recullen el problema de la seva variabilitat fisiològica i psicològica i intenten explicar les dades que sorgeixen en les situacions experimentals de detecció de senyals.

La teoria del llindar alt (Blackwell, 1963) recull la perspectiva clàssica sobre el llindar (Green i Swets, 1966; Gescheider, 1976). Planteja que el llindar ha de ser suficientment alt perquè no pugui ser superat pel soroll sol (sigui del propi sistema sensorial, sigui provocat experimentalment); per tant, se situaria molt per damunt de la distribució del soroll (per exemple, 3 vegades la mitjana de la distribució del soroll). Per a la determinació del llindar, les «falses alarmes» han de ser considerades com a «conjectura» i, per tant, cal aplicar una fórmula correctora de l'atzar.

Les teories del llindar baix (Swets, Tanner i Birdsall, 1955; Luce, 1963; Atkinson, 1963) plantegen la possibilitat de l'existència d'un llindar que pot ser superat en una fracció significativa dels casos quan és present solament el soroll sense el senyal. Els primers autors suara esmentats plantegen un llindar concret, superat de vegades a causa de la distribució aleatòria del soroll (que es pot col·locar en algun punt d'aquesta distribució entre la seva mitjana i una desviació estàndard per damunt de la mitjana) per sobre de la qual els successos sensorials tenen sentit, i per sota de la qual no són identificables.

Luce proposa una altra versió de la teoria del llindar baix, que podria denominar-se *teoria de dos estats multillindar*. Col·loca el llindar en algun punt entre la mitjana i l'extrem superior de la distribució del soroll i estableix dos estats: per sota (no detecció) i per sobre (detecció). Els estats no sempre són els mateixos, poden variar, i es determinen mitjançant unes probabilitats que es fixen per a cada subjecte, estímulo, soroll i experiment.

La proposta d'Atkinson (1963) es pot identificar com a *teoria de tres estats - dos llindars*, ja que postula un estat intermedi d'incertesa i, per tant, un llindar més baix entre l'estat d'incertesa i l'estat clar de no-detecció i, per altra banda, un llindar més alt entre l'estat d'incertesa i l'estat de detecció clara.

Aquestes posicions teòriques són intents de mantenir la utilitat del concepte de llindar en la mesura psicològica de les sensacions, però la mateixa teoria de la detecció de senyals (amb la qual els autors esmentats es relacionen) és altament crítica respecte a aquesta utilitat i es fa un plantejament que, esquemàticament, és el següent: «És important obtenir mesures pures de sensitivitat, exemptes de la influència de factors no sensorials, que indiquin la capacitat d'un organisme per a la detecció de senyals febles en un context de soroll provocat experimental; aquesta mesura de sensitivitat (d') seria només funció de la intensitat del senyal o de la raó senyal/soroll. Els altres factors determinarien el criteri (β), que podria considerar-se com un llindar de resposta i que sempre estaria per sobre d'un possible llindar d'energia o llindar sensorial». La substitució del terme *llindar* pel terme *criteri* no ens pot fer oblidar que aquest segon és un punt arbitrari col·locat pel subjecte i afectat per factors no sensorials.

En la meua opinió, i en la línia dels autors crítics davant de la mesura del llindar sensorial i de la seva importància en el context de la recerca psicofísica de les sensacions (Corso, 1963; Swets, 1961; Krantz, 1969), cal diferenciar el llindar sensorial del llindar de resposta; no estan sempre ni necessàriament estrictament relacionats, i depenen tots dos de factors diferents. El llindar sensorial, cal relacionar-lo directament amb el valor de l'estímul i amb l'excitació fisiològica corresponent i, per tant, caldria considerar-lo sempre més baix del que els mètodes psicofísics clàssics elaborats per a l'establiment de llindars (absolut i diferencial) determinen.

3.2.2. Teories sobre la relació estímul-sensació-resposta

3.2.2.1. Fracció constant i funció logarítmica

La troballa fonamental per a l'elaboració de la llei coneguda per *llei de Weber* (com la va anomenar Fechner) fou la constatació de la necessitat que es produeixi un canvi mínim de la magnitud física igual a una fracció constant d'aquesta magnitud perquè es doni la percepció. Es refereix, doncs, al llindar diferencial, i implica que una DAP (diferència tot just percebuda) és sempre una fracció constant de l'estímul de referència (o de l'estímul estàndard). Com més gran sigui l'estímul estàndard, més gran

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

haurà de ser el canvi de l'estímul perquè es pugui percebre. La formulació general seria:

$$\Delta I = K \cdot I, \quad \text{és a dir, } \Delta I/I = K.$$

Evidentment, cada canal sensorial tindrà un nivell diferent de sensibilitat, de manera que l'increment necessari serà diferent per a la discriminació tàctil, auditiva o visual. A la figura 3 es mostra la representació gràfica de la llei de Weber; la figura 3.a representa els valors de l'increment d'intensitat de l'estímul en funció de la intensitat d'aquest; la figura 3.b representa la fracció de Weber en funció de la intensitat de l'estímul per a quatre modalitats sensorials diferents.

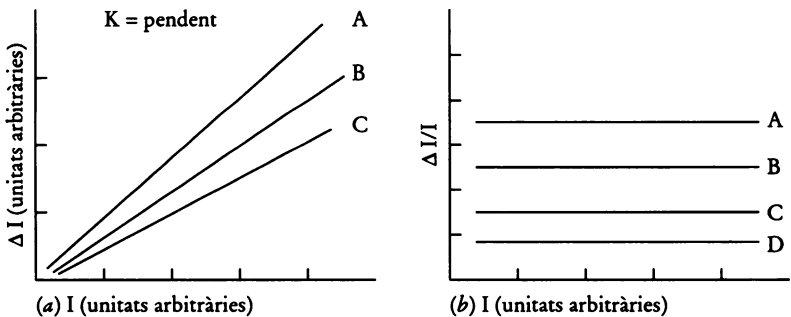


FIGURA 3. Representació gràfica de la llei de Weber.

Com han assenyalat diferents autors (per exemple, Barratt o Guilford), la fracció constant de Weber, estrictament parlant, no és una llei psicofísica, ja que el que fa és establir una relació entre dues mesures físiques. Només en el moment en què s'admet, segons fa Fechner, que la constància en els increments dels estímuls ha de reflectir una constància en els suposats increments sensorials o psicològics i que, per tant, proporciona una mesura externa dels increments interns, només aleshores es pot emprar la DAP com a unitat escalar i considerar aquella llei com una autèntica llei psicofísica.

Com s'ha demostrat empíricament, la llei és vàlida en primera aproximació per a descriure els valors mitjans de la majoria dels registres sensorials (Falmagne, 1985; Laming, 1986). Cal destacar, per l'interès que comporta, que, com assenyalen Baird i Noma

(1978), la llei de Weber ha estat molt útil per al desenvolupament de la mesura psicològica de les sensacions per diferents motius, entre els quals se'n poden destacar tres:

- 1) És fonamental per a la formulació de la llei de Fechner.
- 2) Va provocar la sistematització de procediments objectius per a determinar els valors de K de les diferents modalitats sensorials.
- 3) Proporciona un índex vàlid de la sensitivitat relativa dels diferents canals sensorials (Gescheider, 1976).

Sense entrar en detalls sobre el nivell d'ajust de la fracció de Weber a les dades empíriques, cal destacar-ne dues característiques. En primer lloc, la DAP depèn molt del mètode o procediment emprat i, per tant, cal tenir cura en establir comparacions entre canals sensorials. En segon lloc, quan es treballa amb valors febles i pròxims al llindar, cal modificar l'expressió de Weber afegint-hi alguna constant (com fa, per exemple, Ekman). La figura 4 mostra la relació general entre la fracció constant teòrica i la fracció empírica.

En relació amb la llei logarítmica plantejada per Fechner, hauríem de començar dient que és una de les lleis més universals de la psicologia. El postulat bàsic exigeix que l'increment tot just perceptible d'intensitat d'una sensació representi una grandària subjectiva constant, sigui quina sigui la seva grandària «real» en funció de la modalitat sensorial. Aquest increment es pot prendre aleshores com a unitat de mesura. La llei fonamental es derivaria de la de Bouguer-Weber i afirmaria la constància del valor relatiu de l'aug-

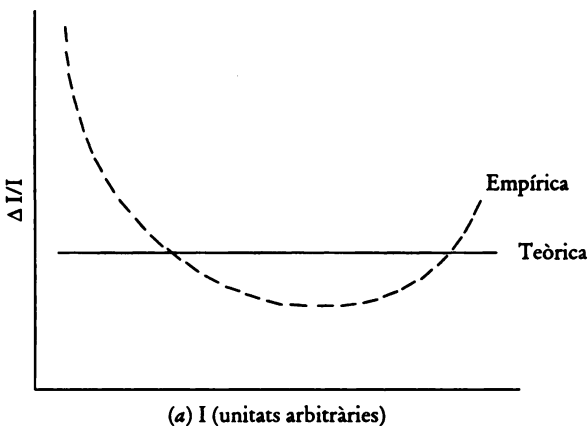


FIGURA 4. Relació entre la fracció constant teòrica i la fracció empírica.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

ment tot just perceptible, mesurable en unitats objectives dels processos físics generadors de la sensació. Podria, aleshores, establir-se una correspondència numèrica entre grandàries subjectives no directament mesurables i grandàries físiques; una relació matemàtica ens permetria obtenir la mesura indirecta de les intensitats de la sensació. «Les DAP són els mínims increments en sensació, i totes les DAP són iguals en magnitud subjectiva» (Marks, 1974).

La formulació més coneguda de la llei logarítmica és la següent:

$$S = k \log E.$$

Quan els estímuls s'incrementen en una raó constant, les sensacions que depenen d'ells augmenten en increments o passes també iguals; o sigui, quan els estímuls augmenten en progressió geomètrica, segons Fechner les sensacions que representen la sèrie psíquica augmenten en progressió aritmètica. És a dir, existeix una relació logarítmica entre els estímuls i les sensacions produïdes. Se'n pot veure la representació gràfica a la figura 5.

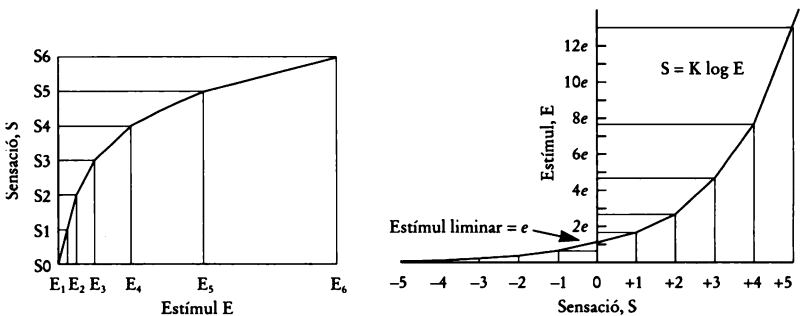


FIGURA 5. Representació gràfica de la llei logarítmica de Fechner.

Els supòsits dels quals parteix Fechner han estat àmpliament criticats, encara que l'ajust de la llei a les dades empíriques és prou bo. El que sembla més discutible és la deducció matemàtica de la llei de Fechner (Luce i Galanter, 1958; Krantz, 1971; Falmagne, 1974; Baird i Noma, 1978). Aquests autors assenyalen una sèrie de problemes que podrien qüestionar la validesa de la integració fechneriana.

3.2.2.2. Funció potencial

Stevens va criticar el procediment indirecte de sumar unitats d'equidiscriminabilitat per a produir una escala capaç de predir el valor d'un estímul que un observador qualificués de dues vegades més fort, més brillant, etc., i va proposar la utilització de procediments directes per obtenir del mateix subjecte aquest tipus d'informació, necessària per a la posterior fonamentació de la teoria; va treballar a partir de preguntes del tipus: «segons el teu judici, quin proporció representa l'estímul A respecte a l'estímul B o l'estímul C» o «si l'estímul x val numèricament 10, quin número assignaria als estímuls que li presentaré a continuació?».

Stevens va establir dos tipus de continus sensorials: continus *protètics*, que es refereixen al «quant», i continus *metatètics*, que es refereixen al «quin» o «on». Les diferències s'estableixen en termes de grandària subjectiva de les diferències tot just percebudes, el tipus d'escala categorials, els errors temps-ordre, etc.

La llei potencial estableix que a proporcions iguals de l'augment de l'estímul corresponen proporcions iguals de l'augment de la sensació; és a dir, la magnitud subjectiva o sensació creix segons una funció potencial de la magnitud de l'estímul:

$$R = k I^n,$$

on n és un exponent que varia en els diferents continus sensorials. Si representem la funció anterior en coordenades logarítmiques, s'obtidran línies rectes amb un pendent igual al valor de l'exponent; l'expressió logarítmica de la funció potencial és:

$$\log R = \log K + n \log I.$$

A la figura 6 es pot veure la representació gràfica de la llei potencial en coordenades lineals (*a*) o en coordenades logarítmiques (*b*).

La llei es fonamenta inicialment en treballs realitzats al voltant dels anys trenta per part d'investigadors en el camp de la psicoacústica i ha estat àmpliament validada sempre que s'utilitzin els mètodes proposats pels seus autors, la qual cosa vol dir que existeix una vinculació directa entre els plantejaments teòrics i els procediments de validació.

A un nivell general es pot dir, de tota manera, que la llei poten-

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

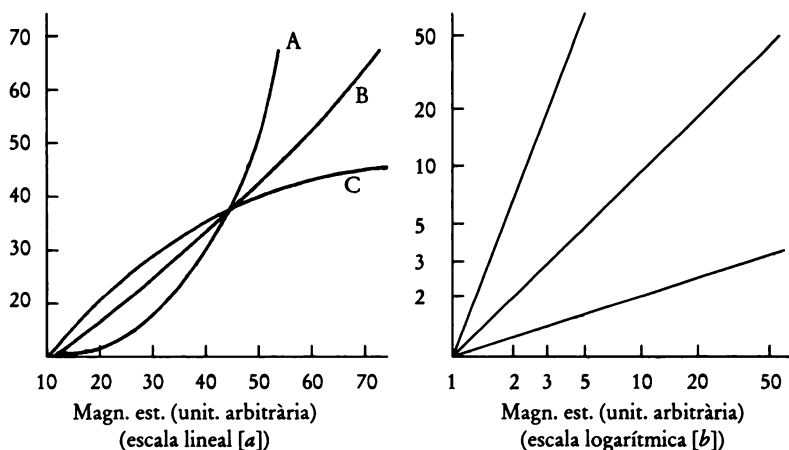


FIGURA 6. Representació gràfica de la llei potencial de Stevens.

cial de Stevens ha substituït la llei logarítmica de Fechner, per les noves possibilitats que els procediments que duu acoblats ofereixen a la recerca actual de la psicofísica, més centrada en l'anàlisi dels factors cognitius i de la variabilitat de conducta observada que en l'establiment dels dos tipus bàsics de llindars (absolut i diferencial).

Per a les diferents modalitats sensorials els exponents varien àmpliament, des del 3,5 per al xoc elèctric fins al 0,33 per a la lluminositat. Tenint en compte només la modalitat sensorial, el valor de l'exponent expressa la capacitat de discriminació d'un sistema sensorial; en línies generals, com més petit sigui l'exponent, més gran és la capacitat de discriminació d'un sistema sensorial. Existeix una relació entre el valor de l'exponent i el poder resolutiu dins d'una mateixa modalitat sensorial; per exemple, la funció de sonoritat per a un to de 1.000 Hz té un exponent de 0,6; si s'emascara el to amb soroll, l'exponent de la funció augmenta, i com més alt sigui el nivell de soroll, més gran serà el valor de l'exponent.

Existeix també una relació entre el valor de l'exponent i el valor del llindar per a un correlat psíquic determinat: com més alt és el llindar, més gran és l'exponent; per exemple, els sistemes visuals i auditiu tenen llindars d'intensitat molt baixos, la qual cosa es correlaciona amb exponents molt baixos, mentre que en altres modalitats sensorials passa el contrari.

Un dels problemes més importants que hom troba quan tracta de validar la llei potencial de Stevens és l'alta variabilitat interindividual i intraindividual, que fa que diversos autors hagin dubtat que, en el fons, l'exponent no sigui més que un artefacte estadístic que s'estableix quan es cerca el valor mitjà. En tot cas, cal tenir en compte la sensibilitat d'aquest tipus de paràmetres a qualsevol factor intern o extern al subjecte, com comentarem breument més endavant (tan sols assenyalem ara la importància dels treballs de Poulton, Sandusky, Parducci o Teghtsoonian).

Igual que en el cas de la fracció de Weber, també en relació amb la llei potencial s'han presentat diferents tipus d'ajustos incloent-hi algunes modificacions (per exemple, Ekman, 1961; Fagot, 1963; Zwislocki, 1965).

3.2.3. *Valoració dels supòsits teòrics en relació amb la mesura psicològica de les sensacions*

El concepte de lllindar, sobretot en relació amb el lllindar diferencial, és central per a la psicofísica clàssica, i els seus principals mètodes van ser sistematitzats precisament per a l'establiment dels lllindars. En relació amb el lllindar absolut inferior, és també important per a l'establiment d'una escala sensorial dins de la psicofísica clàssica, i el lllindar absolut superior és una pressuposició lògica donats els mecanismes de funcionament dels sistemes sensorials, però difícil de determinar experimentalment, per raons òbvies.

El tema deixa de ser cabdal quan entrem en les reformulacions posteriors de la psicofísica, sobretot en l'àmbit d'influència de la teoria de la detecció de senyals, al voltant dels anys seixanta.

En aquesta perspectiva més actual, el lllindar sensorial és més un tema fisiològic que un tema psicològic, si no és que diferenciem, com fèiem al final del punt on tractàvem la qüestió (punt 3.2.1), que ens sigui útil per a analitzar la diferència existent entre lllindar sensorial i lllindar de resposta, i per a analitzar aleshores la influència dels factors procedimentals o de subjecte que determinen la variabilitat observada o els biaixos de les respostes. Com indica Watson (1979), l'anàlisi dels «biaixos» de resposta s'ha convertit en tema central, més que la determinació de la intensitat de l'estímul (valor físic) detectable el 50% de les vegades.

En relació amb les dues lleis psicofísiques bàsiques esmentades

(no s'ha fet referència a la llei del judici comparatiu de Thurstone), caldria assenyalar els punts següents, la importància dels quals és destacable:

1) Existeixen menys diferències entre les lleis de les que pensaven els mateixos autors, per la qual cosa es poden plantejar com a complementàries més que com a excloents.

2) Les dues lleis fonamentals adquireixen el seu ple sentit a partir de la utilització d'uns mètodes i no d'altres, ja que això determina quines són les «demandes» reals de la tasca per al subjecte.

3) En funció de les característiques contextuals i procedimentals d'obtenció de les dades específiques, hi ha i hi haurà sempre resultats que podran ajustar-se millor a una llei o a una altra, encara que en alguns casos sigui necessària la utilització d'alguna constant complementària.

Centrats aquests punts bàsics, cal assenyalar que la llei logarítmica de Fechner ha rebut crítiques relacionades amb el fet d'utilitzar la fracció constant de Weber. També s'ha dit que es podrien donar altres tipus de deduccions que conduirien a lleis una mica diferents.

Com assenyala Snodgrass (1975), i comparteixo aquesta opinió, si es demana a un subjecte que estableixi diferències entre estímuls, les dades obtingudes s'ajusten a una funció logarítmica, però si se li demana que estableixi raons entre estímuls, les dades obtingudes s'ajusten més a una funció potencial.

La llei potencial és molt sensible a un determinat tipus d'efectes, cosa que de vegades ha conduït alguns autors a posar en dubte la seva validesa. Es pot sintetitzar un important nombre de treballs experimentals de durant els anys setanta i vuitanta en tres afirmacions de caire general:

1) Els mètodes directes que abonen la llei potencial estan molt afectats per factors contextuals, procedimentals i seqüencials, i això produeix àmplies variacions en els exponents, àdhuc dins d'una mateixa modalitat sensorial i amb un mateix conjunt d'estímuls prefixats, cosa que, al meu entendre, és lògica a causa del fet que el subjecte adopta un paper actiu en l'estimació directa. Malgrat tot, basant-me en treballs com el de Ward (1972) sobre judicis categorials de sonoritat i efectes seqüencials, crec que aquest tipus de variabilitat afecta l'estabilitat i la significació real dels exponents, però no la mateixa formulació de la llei potencial.

2) És discutible si amb les dades de subjectes individuals poden obtenir-se funcions psicofísiques que s'ajustin a la llei potencial; el fet d'obtenir-les (vegeu, per exemple, Stevens i Guirao, 1964) indicaria que la llei descriu realment els processos sensorials; si no s'obtenen (vegeu, per exemple, Luce i Mo, 1965), la llei seria simplement el resultat de fer la mitjana geomètrica d'una sèrie de dades d'un grup de subjectes, però no tindria significació com a tal llei psicofísica (vegeu, per exemple, Teghtsoonian i Teghtsoonian, 1983).

3) La necessitat de corroborar la llei amb altres mètodes que no siguin els d'estimació de magnituds, a causa de l'existència d'una sèrie de biaixos sistemàtics. Al marge d'això, considerem d'una manera relativament crítica l'opinió de Stevens (1974, 1975), segons la qual el mètode de «comparació intermodalitat» permetria una validació clara de la llei potencial.

Treballs com els de Zwislocki (1983), Daning (1983), Allan (1983) i Myers (1983), per citar-ne alguns de representatius i d'un mateix any, responen, però, en la meua opinió, de manera definitiva els interrogants que hi ha darrere dels tres punts generals esmentats.

3.3. MÈTODES I PROCEDIMENTS UTILITZATS: DIRECTES I INDIRECTES

3.3.1. *Anàlisi comparativa general dels procediments de mesura i d'establiment d'escala: supòsits, demandes, possibilitats*

Els mètodes psicofísics clàssics es consideren indirectes perquè requereixen una manipulació estadística de les dades i es basen, per a l'establiment d'escala, en fer el sumatori de «diferències tot just percebudes». Els mètodes clàssics es basen en la idea de Fechner, compartida per Thurstone, que el subjecte no pot valorar la quantitat d'una sensació, però sí que pot dir si hi ha present o no un estímul en un interval donat d'observació. La tasca del subjecte o les característiques de la demanda al subjecte són de tipus senzill i es limiten, amb diferències, segons els diferents mètodes, a constatar l'existència, o no, d'una sensació, o l'existència, o no, d'una diferència percebuda.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

En canvi, els mètodes anomenats «directes», de psicofísica subjectiva o de Stevens es fonamenten en una sèrie de supòsits que esquemàticament es poden presentar de la manera següent:

1) Els estímuls difereixen subjectivament respecte a l'atribut que es considera.

2) El subjecte està capacitat per donar un judici directe de la quantitat d'atribut que té cada estímul.

3) Aquest judici directe, el pot realitzar gràcies a la seva familiaritat amb la utilització del sistema numèric, la qual li permet obtenir estimacions directes de magnituds subjectives.

4) Les variacions o fluctuacions queden compensades mitjançant les seves mitjanes (generalment, mitjanes geomètriques).

3.3.2. Fitxa tècnica dels procediments clàssics i variacions

3.3.2.1. Mètode dels estímuls constants

També conegut pels noms de *mètode de la freqüència*, *mètode de comparació* i *mètode de casos falsos i vertaders*. Es tracta d'una manera indirecta de mesurar llindars i parteix de l'anàlisi de les dades. S'adopta un *marge de valors* d'estímuls predeterminat, es presenten de manera aleatòria, diverses vegades, una sèrie d'estímuls (entre 4 i 10) separats per *interval·ls* iguals. Es calcula el llindar absolut a partir de la representació gràfica dels resultats. Per al llindar diferencial, es presenten un estímul estàndard i una sèrie d'estímuls variables o de comparació; es poden donar dues possibilitats: només dues categories de judici per part del subjecte: més gran o més petit; o tres categories de judici per part del subjecte: més gran, igual o més petit; la manera de presentar els estímuls és igual que per al llindar absolut (aleatòria, repetida, sèrie reduïda). Es pren com a llindar diferencial el valor semiinterquartil, com indica la figura 7. Cal tenir cura d'equilibrar, tant espacialment com temporament, la presentació de l'estímul estàndard i dels estímuls variables. La presentació pot ser simultània o successiva. Quan s'utilitza la modalitat de tres categories de judici, existeix el perill que els judicis «igual» es confonguin amb els judicis «dubtós». A grans trets, cal fer, com a mínim, vint comparacions per a cada estímul; s'eviten així els problemes d'habitució o d'anticipació

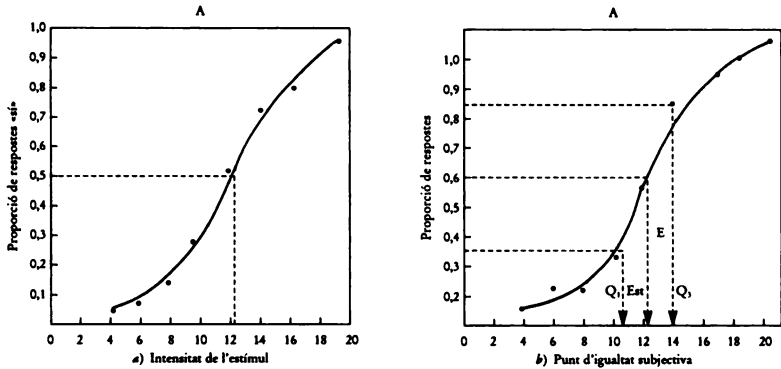


FIGURA 7. Representació gràfica del càlcul dels llindars sensorials en el mètode dels estímuls constants.

d'altres procediments. És útil quan l'estímul no es pot variar de manera contínua.

Per al càlcul de llindars és més precís que els altres mètodes, però requereix un nombre elevat d'assaigs a fi d'obtenir dades fiables. És més resistent a un determinat tipus d'errors.

3.3.2.2. Mètode dels límits

També conegut per *mètode de les diferències tot just notades*, *mètode de l'exploració seriada* i *mètode de canvis mínims*. L'experimentador ajusta la intensitat de l'estímul i el subjecte respon «sí» o «no». Per al llindar absolut, s'estableix la zona de treball, i es puja o es baixa la intensitat en «estadis» iguals: el llindar absolut seria la mitjana dels valors on el subjecte canvia el judici. Aquesta mesura pot establir-se com a la mitjana total de tots els valors, com a la mitjana total de les mitjanes de les parelles ascendents i de les descendents, o com a la mitjana obtinguda a partir de la mitjana de les sèries ascendents i la mitjana de les sèries descendents. Aquesta darrera fórmula té l'avantatge de fer palesa una diferència que reflecteix els errors constants que es poden donar en utilitzar aquest procediment: l'error d'habitució (o d'adaptació) en sèries descendents (continuar responent que sí) i l'error d'anticipació (o d'expectació) en sèries ascendents (avançar el canvi de judici).

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

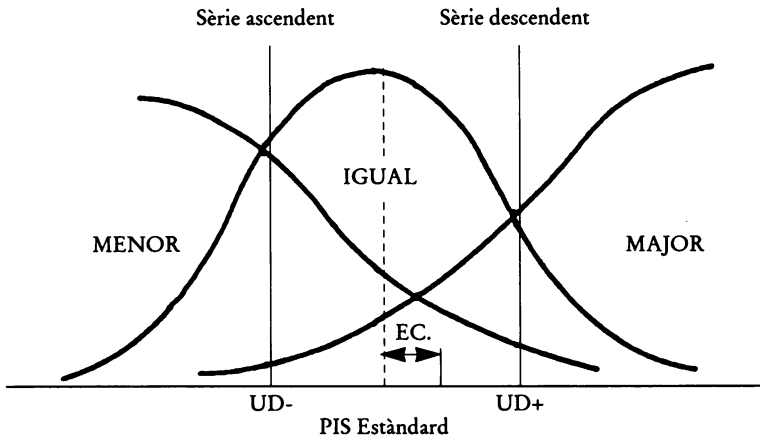


FIGURA 8. Representació gràfica del càlcul dels límits sensorials en el mètode dels límits.

Per al llindar diferencial, s'utilitza el mateix procediment, però s'hi introdueix un estímul estàndard; el subjecte ha de jutjar si l'estímul variable és «més gran que», «igual a» o «més petit que», en relació amb l'estímul estàndard. Cal contrabalançar la presentació de l'estàndard i del variable. El llindar diferencial s'estableix en el punt mig de l'interval d'incertesa. Cal tenir en compte alguns aspectes pràctics: cal variar constantment la sèrie (entre 4 i 7 estímuls); cal introduir *artificis* (per exemple, un estímul clarament diferent) per a mantenir l'atenció del subjecte i com a control de les seves respostes; cal conèixer la possibilitat d'errors constants; cal alternar les sèries ascendents i les sèries descendents. Una variació del mètode dels límits molt utilitzada en el camp de l'acústica i en l'establiment d'audiometries clíniques és el mètode de l'escala (*staircase method*).

El mètode proporciona una mesura ràpida i bastant precisa dels límits; per això és d'àmplia difusió i s'utilitza per a estudis pilot. Cal controlar els errors constants propis del mètode; és, per tant, recomanable treballar amb subjectes entrenats. Cal tenir una cura especial amb la grandària del «estadis», a fi d'adequar-los a la capacitat de detecció o de discriminació del sistema sensorial que s'està estudiant per tal d'evitar sèries massa llargues o grandàries inadequades. Cal adoptar una sèrie de precaucions pràctiques: variació de l'extensió de la sèrie, variació del punt d'inici i de finalit-

zació, contrabanç dels estímuls estàndard i variable, inclusió de trampes per al subjecte, etc.

3.3.2.3. Mètode de l'ajust

També conegut per *mètode de l'error mitjà* i *mètode d'igualació*. El subjecte controla la intensitat de l'estímul i «ajusta» el llindar. Començant per «dalt» o per «baix», el subjecte percep o deixa de percebre l'estímul. El llindar absolut és el valor mitjà al llarg de tots els assaigs. El llindar diferencial és l'ajust de l'estímul de comparació amb l'estímul estàndard: la mitjana dels valors de l'ajust determina el *punt d'igualtat subjectiva* (PIS); l'error constant és la diferència existent entre l'estímul estàndard i el PIS; el llindar diferencial és la meitat de l'*interval d'incertesa* dels judicis d'igualtat al voltant de l'estímul estàndard. L'estímul ha de poder ser variat de manera contínua. Osgood proposa un ajust del tipus II, que es basa en diferenciar en lloc d'igualar. Baird i Noma assenyalen que el procediment és útil si la «zona» dels llindars és, en part, coneguda, ja que, en cas contrari, el procés pot resultar massa llarg. Es pren com a llindar diferencial la desviació estàndard dels judicis emesos. Cal tenir en compte el perill que el subjecte estigui sotmès a una dependència successiva, entre ells, dels judicis emesos per ell

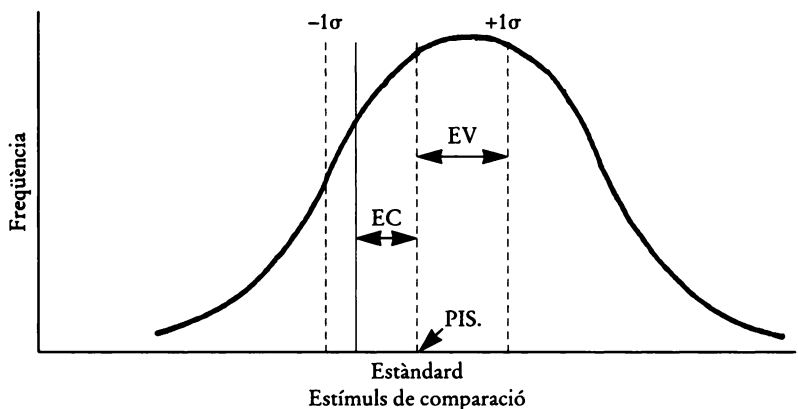


FIGURA 9. Representació gràfica del càlcul dels llindars sensorials en el mètode de l'ajust.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

mateix, superior a la dependència de la comparació estricta, que és la que hom espera que tingui.

El mètode presenta importants avantatges, ja que és més actiu i permet mantenir millor el nivell d'atenció i de rendiment dels subjectes, però és menys precís. Presenta importants utilitats en l'estudi de les il·lusions perceptuals i en l'estudi de les funcions acústiques.

3.3.3. *Fitxa tècnica dels procediments directes*

Abans d'entrar en l'estudi dels mètodes directes, voldria fer esment dels procediments elaborats per Thurstone, connectats amb la tradició fechneriana, i que han estat el fonament de l'ulterior desenvolupament de tot l'establiment d'escales en psicologia (no tant en psicologia sensorial com en l'estudi de les actituds i preferències) i, en general, de l'establiment d'escales del tipus social, ja que el plantejament que es fa permet l'escalament encara que l'estímul no tingui un referent físic o mesurable clar. Entre aquests procediments cal esmentar: el mètode de les comparacions aparellades, el mètode de l'ordenament per marges de valors, el mètode dels intervals successius i el mètode dels intervals aparentment iguals.

En relació amb els mètodes directes sistematitzats per Stevens cal precisar dues qüestions bàsiques: primera, la classificació que fa dels mètodes és simplement una manera pràctica de presentar-los; segona, a fi d'entendre els procediments directes, cal recordar els supòsits dels quals parteixen (capacitat del subjecte, familiaritat amb l'ús del sistema numèric, etc.).

3.3.3.1. Mètode d'estimació i de producció de raó

Implica un judici directe del subjecte sobre la raó existent entre dos estímuls. Es poden utilitzar bàsicament dos procediments: demanar al subjecte, davant la presentació d'un estímul estàndard, que identifiqui un altre estímul que tingui una intensitat de la meitat, del doble etc., segons una raó determinada per l'experimentador (aquest s'anomena *mètode de raó fixa*), o bé demanar al subjecte que, davant de la presentació d'estímuls per parelles, assenyali quina raó hi ha entre ells (això és conegut per *mètode de les estimacions directes*).

Podríem demanar al subjecte que fos ell qui ens proporcionés l'estímul davant d'una raó proposada per l'experimentador. Quan es dona aquesta situació és quan parlem de producció de raó; és a dir, és el subjecte qui proporciona l'estímul, no el que jutja davant d'estímuls proposats per l'experimentador.

Dins de les diverses possibilitats que hi ha en els mètodes d'estimació o de producció de raó, el més usat és el mètode de fraccionament, en la versió més utilitzada del qual es demana al subjecte que produeixi un estímul que sigui la meitat d'un estímul estàndard o de referència.

La representació gràfica en coordenades log-log ens permet relacionar els valors físics reals dels estímuls amb els valors estimats o produïts. A partir del pendent de la recta obtinguda es determina l'exponent de la potència.

3.3.3.2. Mètode d'estimació i de producció de magnitud

El mètode d'estimació de magnitud es pot considerar com el fonamental, en valorar les aportacions de Stevens a l'estudi de la mesura psicològica de les sensacions. L'experimentador presenta d'un en un una sèrie d'estímuls, i el subjecte ha de respondre assignant nombres proporcionals al nivell de la sensació que es produeix. El subjecte utilitza l'escala numèrica, amb restriccions més o menys grans, per fer una estimació directa de la intensitat de cadascun dels estímuls de la sèrie. Exemple: el subjecte ha d'assignar nombres de l'1 al 100 que siguin proporcionals a les intensitats escoltades; l'experimentador li presenta dues vegades 8 estímuls que varien de 10 en 10 decibels entre 40 i 110 decibels; li presenta, per sessió, entre 10 i 20 estímuls en un ordre irregular, començant normalment amb un estímul de rang mitjà; finalment, s'estableixen les mitjanes (normalment geomètriques) d'un grup de subjectes.

Aquest mètode implica la relació fiable entre dues escales (precisa i estable), que manté suposadament l'isomorfisme entre els dos continus. Es considera el mètode fonamental per a la validació de la llei potencial.

El mateix Stevens proposà una sèrie de normes per a una aplicació correcta del mètode d'estimació de magnitud:

1) Donar al subjecte, quan s'utilitza un estímul estàndard, la impressió que té un llindar sensorial baix.

2) Assignar a l'estímul estàndard un nombre fàcil de multiplicar o dividir.

3) Presentar estímuls addicionals d'estimació que es trobin per sobre i per sota de l'estàndard.

4) Utilitzar més d'un estímulo estàndard però tan sols en sessions diferents.

5) Modificar l'ordre aleatori de presentació per tal d'evitar valors molt extrems en els primers assaigs, és a dir, abans que els subjectes tinguin experiència.

6) Procurar que les sessions experimentals siguin suficientment breus a fi d'evitar el cansament dels subjectes.

7) Deixar que sigui el subjecte el que es presenti els estímuls al ritme que més li convingui.

8) Utilitzar un nombre de subjectes suficient per obtenir mitjanes estables de les seves estimacions.

9) Assegurar-se que el subjecte ha entès bé la seva tasca, mitjançant unes bones instruccions i uns primers assaigs de prova.

La normativa és, en aquest cas, necessària, donada la importància del mètode i la seva feblesa davant de factors contextuals i procedimentals. A més, cal assenyalar que ha rebut importants crítiques per la desigualtat que es pot produir en la utilització que els subjectes fan de l'escala numèrica (per exemple, Zwislocki, 1983). Malgrat tot, considero, seguint Marcks (1974), que el mètode és molt útil, ja que proporciona dos tipus d'informació: informació psicofísica sobre la manera de covariar la nostra experiència sensorial amb els paràmetres de l'estimulació, i informació sensorial-física sobre la manera com han de covariar els paràmetres de l'estímul (quan els estímuls són multivariants) per tal de provocar una experiència sensorial constant.

La funció psicofísica s'estableix a partir de la representació gràfica dels resultats mitjans de diverses estimacions d'un subjecte o de les estimacions individuals de diversos subjectes (mitjanes geomètriques) en coordenades log-log; s'estima el seu grau d'ajust a una recta per màxima versemblança o millor per un procés iteratiu de mínims quadrats, i del pendent d'aquesta recta s'obté el valor de l'exponent.

El mètode de producció de magnitud consisteix a presentar al subjecte una sèrie de nombres, un cada vegada i en un ordre aleatori, i tractar que aquest subjecte ajusti l'estímul per a produir-ne un que es compari amb el que correspondria al nombre proposat.

Cal que els estímuls variïn de manera contínua. Per al subjecte és més difícil la producció que l'estimació d'una magnitud.

3.3.3.3. Mètode d'estimació o judici categorial

El mètode consisteix, en general, en la classificació d'un conjunt d'estímuls en diversos grups o categories que s'ordenen respecte a un atribut especificat. En general, no cal pressuposar cap valor quantitatiu de les categories; és suficient un ordre clar i fix. El mètode té algunes variants: pot deixar més o menys llibertat al subjecte, pot demanar una distribució igual o desigual dels estímuls, etc.

Aquests procediments de judici categorial, utilitzats per Thurstone, van ser també utilitzats per Stevens, encara que criticant el seu fonament com a escales de mesura. Es poden considerar un pas intermedi entre els mètodes indirectes i directes d'establiment d'escales. El tractament estadístic de les dades ha de partir de la idea que es tracta d'escales ordinals i, en el millor dels casos, d'escales d'interval (sempre que es compleixin una sèrie de requisits).

3.3.3.4. Mètode de comparació intermodalitat

Com indica el seu nom, en aquest mètode es tracta d'igualar o ajustar les sensacions d'una modalitat sensorial amb les sensacions provocades per una altra modalitat sensorial; és a dir, d'ajustar un continu sensorial amb un altre; es coneix pel nom de *mètode de creuament de modalitats* (Guirao, 1980). La comparació intermodalitats pot plantejar-se a partir de l'ajust de proporcions o de l'ajust d'interval, encara que sembla més fàcil per al subjecte aquell primer ajust que no aquest segon.

La utilització sistemàtica del mètode de comparació intermodalitats es fonamenta en dos supòsits bàsics: *a)* qualsevol continu pot ser ajustat a qualsevol altre continu, i *b)* els procediments que impliquen ajusts a nombres són simplement casos especials de l'ajust intermodalitats (ja que, en el fons, també s'ajusten dues escales diferents, la sensorial específica i la numèrica). Les dimensions més utilitzades de la recerca sensorial han estat sonoritat, vibració i xoc elèctric, per diferents raons, entre les quals cal destacar el fàcil control de l'estímul, la possessió d'exponents clarament diferents, una certa familiaritat.

3.3.4. *Referència a l'establiment d'escales sensorials i psicològiques*

Voldria, per a finalitzar l'apartat sobre els mètodes psicofísics més àmpliament utilitzats en la recerca de la mesura psicològica de les sensacions, recordar que el tema és bastant més complex del que pot donar a entendre el que s'ha dit fins ara. Em refereixo al fet que sota algunes de les afirmacions fetes, derivades, òbviament, dels supòsits necessaris per a la utilització d'algun dels procediments esmentats, rau el problema general de la mesura i de les escales de mesura aplicades a les ciències humanes, i el de les seves derivacions en relació amb el tractament estadístic adient de les dades. Aquesta és una qüestió que ens portaria a analitzar el problema de l'isoformisme entre l'escala de mesura i la propietat mesurada, amb totes les implicacions que això té per al tema que ens ocupa.

Donat el context d'utilitat en el qual ens movem en aquest article, serà suficient fer referència a una sèrie d'autors que s'han plantejat el tema amb rigor i amb prou extensió, com, per exemple, Luce i Galanter (1963), Torgerson (1958), Coomb (1964), Ekman i Sjöberg (1968), Zinnes (1969), Maranell (1974), Baird i Noma (1978), etc.

3.4. IMPORTÀNCIA DELS FACTORS CONTEXTUALS, PROCEDIMENTALS I SEQÜENCIALS EN LA DETECCIÓ, DISCRIMINACIÓ I MESURA SENSORIAL

3.4.1. *La interacció de factors contextuals i procedimentals*

S'ha intensificat en els darrers anys la recerca psicofísica per a determinar els factors que influeixen, i àdhuc determinen, les dades psicofísiques obtingudes. Aquesta recerca ha fet palès que fins i tot en tasques senzilles de detecció i de discriminació intervenen una sèrie de factors contextuals i procedimentals que es relacionen amb factors cognitius i amb estratègies del subjecte d'observació.

Entenem per *factores contextuals* l'entorn i les característiques dels estímuls que defineixen la situació experimental en la qual obtenim la mesura de detecció o de discriminació. Entenem per *factores procedimentals* les constants definitòries del paradigma experimental

específic utilitzat i que comprendrien des del mètode elegit fins a les instruccions, els temps de presentació, els intervals entre estímuls o l'entrenament o manca d'entrenament dels subjectes. La interdependència entre ambdós grups de factors és clara, i per això hauria de parlar-se sempre d'efectes contextuais i procedimentals. A més, hi ha ja suficient evidència empírica per considerar moltes vegades més rellevants les interaccions entre factors que els efectes principals aïllats.

S'ha fet poca recerca per a analitzar la influència d'aquests factors en els mètodes psicofísics clàssics. Bàsicament s'ha estudiat la influència del mètode en la grandària i la consistència del llindar (sobretot, del llindar diferencial); per exemple, resulta que una DAP obtinguda pel mètode de l'ajust és la meitat de la DAP obtinguda pel mètode dels estímuls constants, però aquesta darrera és molt més fiable que la primera.

Cal destacar, en relació amb els mètodes clàssics, que si es tenen una sèrie de precaucions, algunes ja apuntades abans (contrabalanceig, variació del punt de partida, etc.), n'hi ha prou, en general, per a controlar la majoria dels factors. A més, com que la tasca del subjecte és molt més passiva, existeix menys risc d'una possible interacció entre els factors contextuais i procedimentals i les característiques més o menys permanents del subjecte.

Alguns dels factors més àmpliament estudiats fan referència als mètodes directes, i han estat:

— El marge de valors dels estímuls de comparació: si el marge és estret, l'exponent és més alt; si el marge és ample, l'exponent és més baix. La utilització de marges molt diferents en les diferents modalitats sensorials (per exemple, sonoritat i estimulació elèctrica) pot posar en dubte algunes de les afirmacions que es fan sobre la capacitat de resoldre els diferents sistemes sensorials.

— El mòdul i la posició de l'estímul estàndard: si tenim en compte que els estímuls situats per sota de l'estàndard són jutjats com a fraccions i els situats per sobre com a múltiples, és lògic pensar que la localització de l'estàndard afectarà la determinació de l'exponent. Generalment, l'exponent resulta més alt per a múltiples que per a fraccions (Poulton, 1968), encara que la relació és més complexa del que han assenyalat alguns autors si tenim en compte el valor del mòdul. És fonamental l'efecte combinat entre valor del mòdul, la posició de l'estàndard i el marge de valors dels estímuls, per la incidència que pot tenir sobre la *disponibilitat numèrica* pròpia del subjecte (Robinson, 1976).

— L'espaiament dels estímuls i la seva distància del llindar: cal destacar l'efecte que pot tenir la distància entre el primer estímulo variable i l'estàndard i també els efectes de transferència que poden produir-se a partir dels primers judicis que fa el subjecte.

— Les instruccions i les estratègies dels subjectes: existeixen òbviament dificultats per a establir amb claredat el nivell de comprensió de les instruccions per part del subjecte (sobretot en tasques de tipus complex) i, per tant, per a preveure l'estratègia que pot adoptar per adaptar la seva conducta a les característiques de demanda de la tasca. Hi ha excel·lents treballs que analitzen la capacitat del subjecte per fer, per exemple, judicis de raons o de diferències si la tasca ho implica (Marks, 1979; Birnbaum i Elmasian, 1977; Baird i Noma, 1978). Un camp de recerca bàsic i no massa treballat per a determinar aquests factors seria el del judici categorial, que a causa de la seva flexibilitat permet manipular les instruccions.

— La utilització de l'escala numèrica: s'han assenyalat moltes vegades les diferències individuals que poden donar-se en la utilització d'una escala numèrica per a l'estimació directa de les magnituds sensorials, però, juntament, cal també assenyalar que determinats tipus de tasca o d'estímuls poden limitar la utilització de l'escala, amb independència de les possibles preferències subjectives.

S'han fet anàlisis de la freqüència d'utilització de diferents nombres (vegeu, per exemple, Teghtsoonian i Teghtsoonian, 1971, o Noma i Baird, 1975). No cal dir que nombres com 10, 50 o 100 són molt més utilitzats que nombres com 17, 37,5 o 178.

L'enfocament de la teoria d'integració de la informació i el concepte de mesurament funcional proposat per Anderson (1974, 1981, 1982) permet que els efectes de context siguin tractats com a fenòmens substantius, interessants per ells mateixos.

La combinació de mètodes (per exemple, estimació i producció), la repetició de la sessió de registre, l'entrenament dels subjectes, etc., poden ser solucions a alguns dels problemes plantejats.

3.4.2. *La complexitat d'anàlisi dels factors serials o seqüencials*

En parlar dels efectes serials i seqüencials fem referència a com pot ésser determinada la resposta en l'assaig n per l'estimulació i /o la resposta en l'assaig $n-1$ $n-2$, $n-3$, etc. Això deriva del fet que els judicis sensorials són relatius i no absoluts, fet que es constata en la

majoria d'experiments. El problema, i per això hem parlat de «complexitat», és establir el pes en què tant els estímuls anteriors com les respostes anteriors influeixen en la sensació present i en la resposta verbal manifestada davant d'aquesta sensació. Òbviament, no és igual jutjar un estímulo feble després d'un estímulo també feble, que després d'un estímulo fort.

En la complexa anàlisi de la seqüència experimental fem referència constantment a processos sensorials complexos com adaptació, habituació, fatiga, aprenentatge, etc. En l'experimentació psicològica, la utilització sistemàtica d'una sèrie de tècniques de control sol ser suficient garantia per a l'eliminació d'aquest tipus d'efectes (balanceig, contrabalanceig, presentació aleatòria, intervals entre blocs d'assaigs, etc.); el fet de disposar fins i tot d'estratègies o de dissenys específics per a estudiar els efectes (vegeu, per exemple, el quadrat llatí de mesures repetides) permet obtenir una informació estadística fiable dels efectes d'ordre o seqüencials.

S'han elaborat models teòrics d'aprenentatge i de memòria per a explicar els efectes seqüencials (Atkinson, Carterette i Kinchla, 1962; Rose, 1962; Lockhead i King, 1983; etc.). En general, tots ells parteixen d'una anàlisi detallada de cada assaig i plantegen tàctiques adequades per a neutralitzar aquests efectes dels assaigs de tipus «especial», proporcionar *feedback* després de cada assaig, repetir constantment l'estàndard, augmentar l'interval entre assaigs, etc.

3.4.3. *Consistència i variabilitat interindividual i intraindividual*

Teghtsoonian i Teghtsoonian (1983), analitzant treballs anteriors, constataren l'existència de correlacions significatives entre els exponents individuals trobats en experiments relatius a diferents modalitats sensorials, i plantejaren en conseqüència una anàlisi del paper que té el subjecte o l'observador en les variacions trobades a la llei potencial. L'existència de clares diferències interindividuals i l'existència d'una certa consistència intraindividual (correlacions entre les estimacions d'un mateix subjecte a diferents modalitats sensorials o correlacions entre les estimacions d'un mateix subjecte en diferents sessions) ha fet pensar a diferents autors que existeixen característiques individuals permanents que explicarien comportaments diferencials dels sistemes sensorials. Amb independència de l'opinió favorable que hom estigui disposat a adoptar, no es poden

oblidar les dades empíriques, força complexes, que ha trobat sobre aquests punts la recerca psicofísica. Per exemple, no seria fàcil interpretar en termes de característiques permanents el fet que, en augmentar l'interval entre sessions de registre, disminueixi notablement la correlació trobada o el fet que la correlació sigui més alta per a alguns sistemes sensorials (per exemple, en escales de sonoritat) que en altres, on són pràcticament inexistents. Una interpretació més parsimoniosa indicaria que la consistència intraindividual i la gran variabilitat interindividual no serien degudes a característiques permanents del subjecte ni a diferències personals en l'estructura dels sistemes sensorials, sinó més aviat a la tendència del subjecte a repetir les respostes que ha emès en sessions anteriors, cosa que significaria que la consistència i la variabilitat haurien de situar-se entre els factors mnemònics.

La meua opinió, després d'una revisió considerable de diferents treballs, és que l'explicació de la consistència i de la variabilitat és més complexa i que, a més dels factors mnemònics, ha de tenir un paper l'efecte diferencial quant als biaixos de resposta provocats pels diferents factors contextuals i procedimentals, per la diferent utilització de l'escala numèrica, per la diferent experiència del subjecte, pel diferent nivell d'adaptació sensorial, etc., i que, per tant, sí que es pot parlar de certes diferències individuals, més o menys permanents i més o menys susceptibles de modificació per efectes de context, en les tasques de detecció, de discriminació i d'establiment d'escales i, per tant, en els processos subjacents a aquestes. En aquest sentit, hem utilitzat situacions sensorials per a analitzar i establir diferències per sexe, edat, trets de personalitat, quocient intel·lectual, etc.

3.5. PROCESSOS SENSORIALS I PROCESSOS DE DECISIÓ EN UNA TASCA DE DETECCIÓ DE SENYALS

3.5.1. *Model general de la teoria de detecció de senyals*

La idea bàsica és que la resposta verbal manifesta o resposta de judici (R_j) no és igual a la resposta sensorial (R_s), i que la no-igualtat és determinada pel fet que depenen de factors diferents. Per a la resposta verbal manifesta, un dels determinants és la resposta sen-

social, però no és l'únic; l'altre és el criteri que adopta el subjecte, i aquest depèn, entre altres coses, de les conseqüències de la decisió (matriu de pagaments), de la probabilitat *a priori* d'aparició del senyal *i*, possiblement, de factors psicològics.

Això determina, com veurem, que s'obtinguin dos paràmetres fonamentals, com són la d' (com a mesura de detectabilitat) i la β (com a criteri de decisió).

Els supòsits bàsics del model de detecció de senyals troben un cert precedent en Thurstone (1927), que en els seus primers articles postulà una variació aleatòria dins un continu intern en correspondència amb presentacions successives del mateix estímul extern, i admeté que aquesta variació aleatòria és descrita per una distribució normal de probabilitat d'algun continu subjectiu hipotètic.

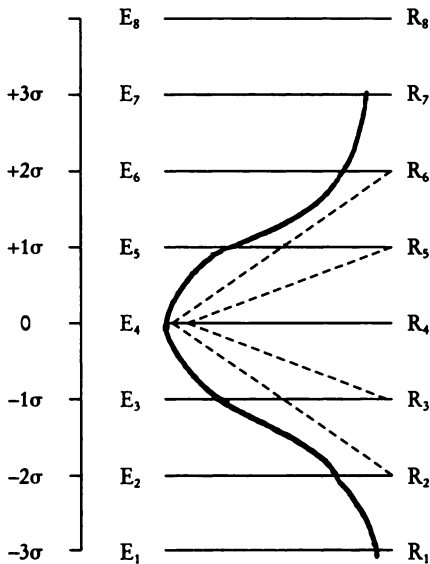


FIGURA 10. Relació entre el continu de l'estímul i el procés discriminador.

La teoria de detecció de senyals (TDS) parteix del supòsit que els fets sensorials es distribueixen tots d'una mateixa manera, i això permet d'obtenir mesures més eficients de la sensitivitat. Es pressuposa que la presentació d'un soroll al subjecte, dins d'un in-

terval determinat d'observació, o la presentació d'un soroll més un senyal, també dins d'un interval determinat, provoquen dues activitats neurals diferents però distribuïdes ambdues segons una distribució normal, que poden variar d'assaig en assaig. Es pressuposa també que la distribució de l'activitat neural en el cas de presentació de l'estímul constituït pel soroll més el senyal es desplaçarà en relació amb l'altra, més com més augmenti la intensitat del senyal. Per tant, la diferència entre les mitjanes de les distribucions provocades pel soroll sol o pel soroll més el senyal ha de ser una mesura bona de la capacitat de discriminació o de la detectabilitat.

Les característiques definitòries generals de la TDS es poden resumir en els punts següents:

— La TDS és bàsicament un model, i com a tal ha de ser interpretada.

— Suposa l'aplicació a la psicologia de la teoria de la decisió estadística.

— És, en termes de psicologia sensorial, una sortida natural de la psicofísica clàssica i, com veïem, de l'escalament psicològic de Thurstone.

— Accepta la diferenciació entre dues operacions: l'operació sensorial i l'operació de decisió.

— Pressuposa la independència dels factors que s'han de tenir en compte en ambdues operacions.

— Estableix la importància teòrica i metòdica del «soroll», la qual cosa ha estat fonamental després en tots els estudis perceptius en psicologia.

— Exigí l'elaboració de procediments propis de recerca, ja que la situació experimental implicava la manipulació de dues distribucions senyal/soroll, situació que no es donava en els mètodes i procediments psicofísics preexistents.

— Sobreentén que la decisió humana en tasques sensorials simples és afectada per factors no estrictament sensorials.

L'origen de la TDS, al voltant dels anys cinquanta o seixanta, es pot situar a la Universitat de Michigan (Peterson, Bridesall i Fox, 1954), a l'Institut Tecnològic de Massachusetts (van Meter i Middleton, 1954) i al laboratori de la Bell Telephone (Norman i Carlin, 1956); aquest origen determina que els plantejaments de la TDS siguin més tecnològics que psicològics, i això es veu reflectit en totes les característiques generals del model.

El fet que la TDS no tingui una elaboració teòrica excessiva (per això cal entendre-la com a model) i el potencial que representa la seva capacitat de diferenciar dos tipus de processos en qualsevol tasca sensorial, l'han feta molt útil en camps de la psicologia no inicialment previstos, com són l'establiment de diferències individuals i l'estudi experimental de la memòria a curt i a llarg termini.

3.5.2. *Processos de decisió en una tasca de detecció de senyals*

3.5.2.1. Teoria de la decisió estadística

Té un paper fonamental en la TDS. En una tasca de detecció de senyals la situació que es presenta al subjecte, en línies generals, és la de decidir si en un interval d'observació donat és present o no el senyal, però tenint en compte sempre que hi ha un nivell d'estimulació provocat pel soroll. Per tal de veure això és interessant recordar l'exemple clàssic del joc de daus emprat per a explicar la teoria de la decisió estadística; és a dir, quan un subjecte davant d'un resultat, per exemple 11, ha de coincidir si en el dau especial hi havia la cara amb «0» o la cara amb «3». La teoria de la decisió estadística específica quina és la conducta òptima en una situació on s'ha d'elegir entre dues hipòtesis alternatives a partir d'un fet observat, tenint en compte:

- 1) Les probabilitats *a priori* (teòriques) de les dues hipòtesis (en l'exemple, l'ocurrència del 0 i del 3).
- 2) Les pèrdues o els guanys associats a la decisió.
- 3) La quantitat d'encavallament de les dues distribucions de probabilitat (en l'exemple, vegeu la diferència que es produiria si el dau especial fos 0 i 6).

3.5.2.2. Separació del processos sensorials i de decisió

Els termes bàsics que utilitza la TDS per a descriure el comportament sensorial dels subjectes són:

- *Variable d'evidència o observació*. És la informació que té el subjecte sobre «alguna mesura de l'activitat neural central», al

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

marge de l'activitat espontània del sistema nerviós (el soroll mateix de l'organisme). Qualsevol estimulació provoca una activitat neural i el subjecte en té informació; aleshores, davant de l'activitat neural produïda per un soroll provocat experimentalment o de la produïda pel mateix soroll acompanyat d'un senyal puntual presentat, ha de decidir, a partir d'algun valor que ell mateix fixa, si la seva activitat neural real en un experiment ha estat provocada pel soroll sol o pel soroll més el senyal. Òbviament, com més fort sigui el senyal o com més diferent sigui del soroll de fons, més fàcilment el subjecte podrà decidir si hi ha hagut o no senyal, perquè les dues distribucions neurals seran més diferents, estaran més allunyades.

• *Respostes i resultats d'una tasca de detecció de senyals.* Es poden donar, per tant:

<i>Dues situacions</i>	<i>Dos estats hipotètics</i>	<i>Dues respostes</i>
senyal més soroll (SS)	sensació (s)	sí
soroll (S)	no-sensació (n)	no

Això vol dir, d'una banda, que, davant de la presentació del soroll sol, el subjecte pot respondre, a partir de dos estats sensorials hipotètics produïts per l'estimulació, o bé «sí» (fent referència al fet que el senyal ha estat presentat) o bé «no» (fent referència al fet que el senyal no ha estat presentat); en el primer cas, diem que ha tingut una *falsa alarma* (resposta positiva no correcta) i, en el segon cas, que ha tingut un *rebuig correcte* (resposta negativa correcta). D'altra banda, davant de la presentació del soroll més el senyal dins del mateix interval d'observació, el subjecte també pot respondre «sí» (fent referència al fet que el senyal ha estat presentat) i «no» (fent referència al fet que el senyal no ha estat presentat); en el primer cas, diem que ha tingut un *encert* (resposta positiva correcta) i, en el segon cas, un *rebuig fals* (resposta negativa no correcta).

• *Probabilitats condicionades.* És la probabilitat que es produeixi un fet donada l'ocurrència d'un altre fet. Si seguim amb l'exemple dels daus i fixem el valor $x = 8$, podríem definir:

— $p(x/s)$: probabilitat que la variable d'evidència prengui

un determinat valor donada l'ocurrència de l'estat s ; és a dir, probabilitat d'obtenir el valor 8 amb la cara 3 del dau especial.
 $p(8/3) = 4/36$.

— $p(x/n)$: probabilitat que la variable d'evidència prengui un determinat valor donada l'ocurrència de l'estat n ; és a dir, probabilitat d'obtenir el valor 8 amb la cara 0 del dau especial.
 $p(8/0) = 5/36$.

La raó de probabilitat faria referència als avantatges d'un determinat estat o hipòtesi sobre un altre.

• *Criteri*. Seria el valor o punt de la distribució de l'activitat neural que fixa el subjecte: per damunt del valor fixat, la resposta serà «sí», i, per sota del valor fixat, la resposta serà «no». Òbviament, el subjecte haurà d'adoptar alguna *regla de decisió* per a fixar el criteri, i pot adoptar diferents estratègies: o bé fixar un valor directe (per exemple, 9) o bé fixar-lo a partir del coneixement que tingui de les probabilitats associades als dos estats. Pot adoptar altres criteris de decisió com, per exemple:

— Intentar maximitzar els guanys i minimitzar les pèrdues; en aquest cas, el valor de β (criteri) s'obtidria:

Si $p(s) = p(n)$, el valor β que maximitzarà serà

$$\beta = \frac{V_{rc} + P_{fa}}{V_a + P_{fr}}$$

on V_a = valor associat als encerts o decisions correctes,

P_{fr} = pèrdua associada als rebuigs incorrectes,

V_{rc} = valor associat als rebuigs correctes,

P_{fa} = pèrdua associada a les falses alarmes.

Si $p(s) \neq p(n)$ el valor β que maximitzarà serà

$$\beta = \frac{(V_{rc} + P_{fa}) p(n)}{(V_a + P_{fr}) p(s)}$$

— Mantenir a un nivell mínim les falses alarmes adoptant un criteri molt estricte, cosa que augmentarà la probabilitat de realitzar rebuigs falsos i reduirà la probabilitat dels encerts.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

3.5.3. *Processos sensorials en una tasca de detecció de senyals*

3.5.3.1. Teoria dels observadors ideals

L'origen de la teoria de la detecció de senyals, més tecnològic que psicològic, té com un dels punts centrals el concepte d'*observador ideal*. Aquest concepte permet, a partir del càlcul del criteri òptim de resposta i d'un valor de d' atribuït a l'observador ideal (per tant, en termes estrictament de valors físics del senyal i del soroll), valorar el comportament de l'observador empíric. La d' de l'observador ideal pot servir com a terme de contrast per a la d' de l'observador humà, de manera que aleshores es pot parlar de «l'eficiència sensorial» d'aquest darrer.

La mesura de detectabilitat, d' , per a l'observador ideal seria determinada per la raó entre senyal i soroll, és a dir:

$$d' = 2E/N,$$

on E seria l'energia del senyal i N seria la densitat de potència del soroll.

El criteri de decisió per a l'observador ideal seria determinat per la raó entre les probabilitats dels dos tipus de situacions, és a dir:

$$\beta = p(ss)/p(s),$$

on ss indicaria els assaigs amb soroll més senyal, i s indicaria els assaigs amb soroll sol.

Els valors de d' i de β per a l'observador ideal es poden comparar amb els valors empírics obtinguts en una situació real de recerca en el camp sensorial, i aleshores és possible, com dèiem, parlar de si el subjecte ha adoptat un bon criteri i de si la capacitat resolutiva dels seus mecanismes sensorials està optimitzada o no.

3.5.3.2. Paràmetres bàsics

Donada la separació dels processos sensorials i dels processos de decisió, la TDS permet avaluar, a partir de les dades obtingudes

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

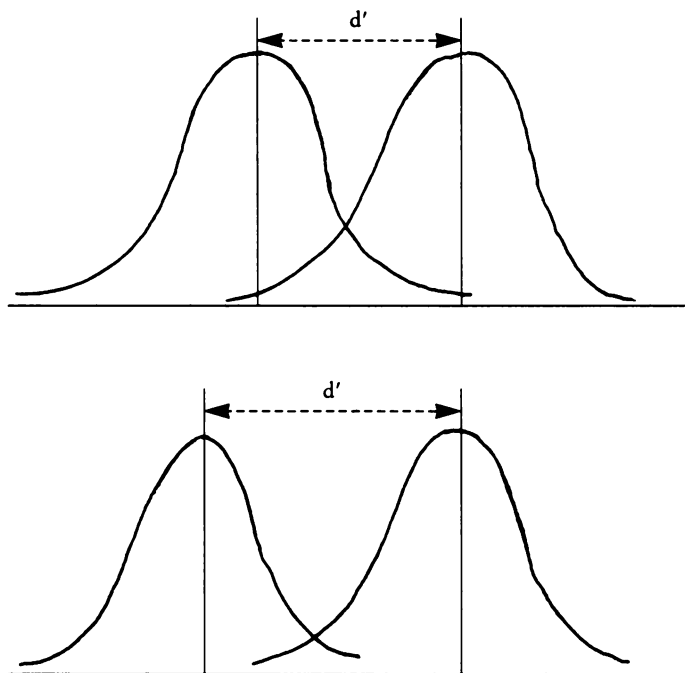


FIGURA 12. Diferents valors de d' en funció de l'intensitat dels estímuls físics.

conceptes abans presentats sobre el criteri de resposta β (punt o valor que estableix el mateix subjecte en l'eix de decisió de la corba de distribució de l'activitat neural) definit en funció d'una raó de probabilitats [$p(x/ss)/p(x/s)$], i de les regles de decisió determinades per objectius com la maximització dels guanys o com la minimització de les falses alarmes, criteri a partir del qual es determinava si la resposta havia de ser afirmativa o negativa.

El procediment pràctic per a estimar el valor de β consisteix a buscar la raó de les densitats o ordenades de les distribucions s i ss corresponents al criteri de resposta del subjecte; els valors d'aquestes ordenades són donats per les taules de distribució normal. Suposem, per exemple, que el criteri del subjecte (conegudes les proporcions d'encerts i de falses alarmes que ens ha donat en un experiment en concret) s'ha situat a 1σ de la mitjana de la distribució del senyal més soroll i a 2σ de la mitjana de la distribució de soroll. Si consul-

tem les taules, les ordenades per als valors de $z = 1$ són $y_{ss} = 0,2420$, i de $z = 2$ són $y_s = 0,0540$; per tant, el valor de β és $y_{ss}/y_s = 4,48$.

Els supòsits del model permeten valorar si el criteri adoptat pel subjecte és òptim comparant-lo amb el valor de β calculat en termes de probabilitats. Cal tenir en compte que es presenten aquí només els termes bàsics del model de la TDS i que, en un estudi més complet, caldria analitzar més profundament les implicacions derivades de l'estimació per separat de d' i de β ; caldria també demostrar la invariància de d' en modificar β , la dependència clara de d' de la intensitat del senyal, i la modificació de β en variar les probabilitats; caldria deduir els càlculs necessaris quan els supòsits del model no es compleixen, etc.

3.5.4. Corba operativa del receptor i anàlisi sensorial

De les quatre possibilitats de resposta, n'hi ha dues que ens permeten descriure el comportament sensorial del subjecte en una tasca de detecció de senyals: la proporció de falses alarmes [$p(sí/s)$] i la proporció d'encerts [$p(sí/ss)$]. Si traslladem aquestes proporcions a una gràfica en la qual l'ordenada recull la proporció d'encerts sota diferents condicions experimentals (per exemple, havent introduït mo-

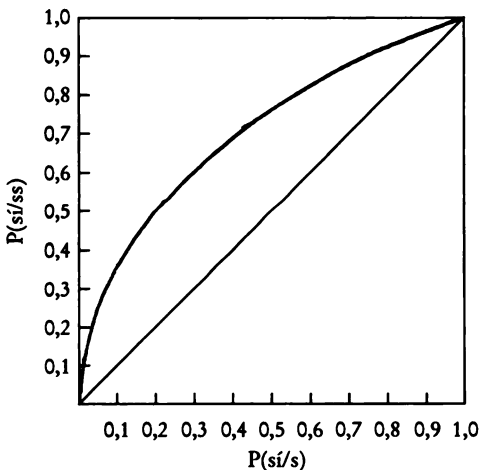


FIGURA 13. Corba COR típica de la teoria de la detecció de senyals.

dificacions de la probabilitat *a priori* d'aparició del senyal o modificacions de la matriu de recompenses al subjecte per la seva resposta) i l'abscissa recull la proporció de falses alarmes també sota les mateixes condicions experimentals, obtindrem el que s'anomena *corba característica operativa del receptor sensorial* (coneguda per COR).

La corba ens mostra la sensibilitat de cada subjecte. Els punts al llarg de la corba indiquen les proporcions d'encerts i de falses alarmes que es produeixen en adoptar el subjecte els diferents criteris de decisió. La corba permet veure l'efecte de les diverses condicions de manipulació dels factors que determinen l'adopció del criteri més bo possible per part del subjecte; permet veure també les conseqüències que sobre la proporció de falses alarmes tindria el fet d'augmentar el nombre d'encerts; permet veure el desplaçament de la corba cap a l'extrem superior en augmentar la intensitat del senyal; etc. És per tot això que es diu que la corba operativa del receptor permet, amb una lectura acurada, una anàlisi sensorial bastant exhaustiva del paper que tenen determinats factors en relació amb el comportament sensorial dels subjectes, que permetrien (no s'ha plantejat recerca suficient en aquesta línia) establir mecanismes diferenciadors entre les diverses modalitats sensorials.

3.5.5. *Procediments utilitzats per obtenir els paràmetres*

3.5.5.1. Procediments sí/no

Es presenta, per exemple, al subjecte un to auditiu en intervals irregulars. La tasca de l'observador consisteix a detectar la presència del to en els intervals corresponents. En tots els assaigs hi ha soroll i, en alguns, senyal: assaigs *s* i assaigs *ss*, respectivament. Es presenten aleatòriament ambdós tipus d'assaigs. Això permet determinar els quatre tipus de respostes pròpies del model: encerts, falses alarmes, rebuigs falsos i rebuigs correctes.

3.5.5.2. Procediments d'escala d'estimació

Es presenten, com en el procediment sí/no, una sèrie d'assaigs, uns amb soroll sol i d'altres amb soroll més senyal, però es demana

al subjecte que respongui no tan sols «sí» o «no», sinó que indiqui un determinat nivell de certesa en una escala prèviament fixada. Per exemple: «Molt segur que el senyal és present», «No gaire segur que el senyal és present», «No gaire segur que el senyal no és present», «Molt segur que el senyal no és present». Amb un mínim d'entrenament dels subjectes, es podria demanar que fessin una estimació directa de la probabilitat d'ocurrència del senyal en cada interval d'observació.

3.5.5.3. Procediments d'elecció forçada

Es presenten als subjectes dos o més intervals que tenen soroll, tots ells excepte un, en el qual està present també el senyal. El subjecte ha d'identificar l'interval en què es troba el senyal. El subjecte ha de tenir molt clar quan comença i quan acaba cada interval d'observació.

3.6. UTILITZACIÓ DELS TEMPS DE REACCIÓ EN L'ANÀLISI DELS PROCESSOS SENSORIALS: INTENSITAT, MODALITAT, COMPLEXITAT

Per a completar aquesta panoràmica sobre la mesura psicològica de les sensacions i les possibilitats d'anàlisi dels procediments propis de la psicologia, faré ara una breu referència al meu propi camp de treball, el registre del temps de reacció dels subjectes en condicions de laboratori altament controlades i procurant en tot moment optimitzar els registres que s'obtenen.

3.6.1. *Termes bàsics relacionats amb la utilització dels temps de reacció*

El temps de reacció ha estat considerat des dels inicis de la investigació experimental sistemàtica com una de les variables dependents fonamentals, ja sigui com a mesura directa del temps de resposta de l'organisme davant de diferents tipus d'estímul, ja sigui com a indicador de processos cognitius. Cal destacar la importància que té el registre dels temps de reacció en la recerca bà-

sica i aplicada de la psicologia: en el camp sensorial (detecció, reconeixement, discriminació), en el camp de les diferències individuals (nivells d'atenció, capacitat i habilitats intel·lectuals, edat, sexe, dimensions de la personalitat), en el camp dels processos «superiors» (memòria, nivells de processament, formació de conceptes, solució de problemes) i en el camp de la psicologia aplicada (proves de conducció, activitat esportiva, selecció de personal).

S'entén per *temps de reacció* el temps que transcorre des de la presentació d'un estímul fins a l'emissió de la resposta adient per part dels òrgans efectors. Això suposa una definició del temps global, que pot descompondre's en una sèrie de temps parcials corresponents a etapes perifèriques o centrals, de naturalesa estrictament fisiològica (temps de transmissió neural, per exemple) o de naturalesa estrictament psicològica (temps d'elecció de la resposta, per exemple). Sense entrar en una fragmentació del temps de reacció global, sí que podem parlar de dues parts fonamentals: un temps mínim, irreductible, de resposta fisiològica, que podem situar al voltant de 100 ms, i una àmplia variació del temps de resposta psicològica, per damunt del període mínim, que estaria en funció, entre altres coses, de les característiques de l'estímul i la seva complexitat. Psicològicament, manipulem les condicions i analitzem els temps d'aquest segon component, que és altament variable tant intraindividualment com interindividualment, altament sensible a qualsevol canvi dels estímuls externs o interns de l'organisme i que pot oscil·lar des de 120 ms fins a uns quants segons. En el primer cas, estariem mesurant el temps de reacció simple davant un estímul, per exemple, auditiu d'intensitat i freqüència mitjanes; en el segon cas estariem estudiant el temps de resposta del subjecte davant, per exemple, tasques de decisió lèxica.

El paradigma estàndard per a l'aplicació de les mesures de temps de reacció permet obtenir, a més del temps com a tal —normalment mesurat en mil·lisegons—, altres mesures que han de definir-se operacionalment, la importància de les quals, en la meua opinió, no ha estat reconeguda encara en l'aplicació sistemàtica de la tècnica. En algunes de les investigacions que hem dut a terme, però, els valor resultants d'aquestes mesures s'han demostrat altament significatius en determinats camps d'estudi (per exemple, en l'estudi experimental de la personalitat). M'estic referint a les *an-*

ticipacions, els lapsus o pauses de descans involuntàries, el còmput de respostes errònies, l'índex de variabilitat o l'índex de consistència de resposta al llarg dels assaigs (a fi d'analitzar les possibilitats dels nous indicadors, es pot consultar Malapeira, 1987).

La recerca sistemàtica sobre el temps de reacció en psicologia es pot centrar en cinc nuclis de treball:

1) Anàlisi dels diferents factors sensorials que determinen els temps de reacció: intensitat de l'estímul, modalitat sensorial, duració de l'estimulació, complexitat de l'estímul, combinació d'estímul intramodalitat i intermodalitat, etc.

2) Anàlisi de les característiques de la resposta: resposta manual, dominància manual, respostes paral·leles i creuades, resposta amb membres inferiors, respostes verbals, biaixos sistemàtics de resposta, etc.

3) Temps de reacció i preparació del subjecte: importància del senyal previ, fixació del preperíode o interval entre senyal i estímul, preperíodes fixos i aleatoris, paper de la preparació amb atenció selectiva o tensió muscular, etc.

4) Temps de reacció d'elecció: discriminació d'estímuls i elecció de la resposta, nombre d'alternatives, probabilitat d'aparició de l'estímul, freqüència de la resposta, compatibilitat estímul/resposta, temps de reacció d'elecció i teoria de la informació, etc.

5) Anàlisis sistemàtiques sobre factors personals i temps de reacció: establiment de diferències individuals en relació amb l'edat, el sexe, la intel·ligència, els estats de fatiga, les deficiències sensorials i mentals, etc.

Els tipus de mesuraments que es plantegen en les recerques sobre el temps de reacció són de tres tipus:

- *Temps de reacció simple.* És el que transcorre entre la presentació d'un estímul clarament definit i l'emissió d'una resposta per part del subjecte:

E - R.

- *Temps de reacció complex o d'elecció.* Es pot referir a dos tipus de tasques estàndards diferents:

- Temps de reacció complex de discriminació d'estímuls. És el que transcorre entre la presentació de diferents estímuls i l'emissió per part del subjecte d'una resposta a un d'ells (prèviament determinat), és a dir:

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

$$\begin{array}{l} E_1 - - \\ E_2 - R_1 \\ E_3 - - \end{array}$$

— Temps de reacció d'elecció de resposta. Implica la presentació de diferents estímuls i l'emissió per part del subjecte de diverses respostes en què s'associa a cada estímulo una resposta determinada, és a dir:

$$\begin{array}{l} E_1 - R_1 \\ E_2 - R_2 \\ E_3 - R_3 \end{array}$$

3.6.2. Factors o variables fonamentals

3.6.2.1. Factors relacionats amb l'estímul i la resposta

En relació amb l'estímul, cal tenir en compte:

- *La intensitat de l'estímul.* S'ha constatat amb freqüència que el temps de reacció disminueix en augmentar la intensitat de l'estímul (Pieron, 1945; Castaneda, 1968; Malapeira, 1982).

- *La modalitat sensorial.* El temps de reacció, TR, està en funció de la modalitat sensorial implicada, de manera que, amb algunes limitacions, es pot establir un cert ordre del tipus:

TR auditius (140 ms) < TR tàctils (150 ms) < TR visuals (180 ms) < TR olfactivs i gustatius (210-390 ms) < TR calòrics (300 a 1200 ms) < TR dolor (800 ms) (Brebner i Welford, 1980).

- *La complexitat de l'estímul.* Ha de valorar-se la qualitat sensorial (per exemple, la freqüència de l'estímul acústic, ja que es dona una relació complexa entre la freqüència de l'estímul i el temps de reacció), la localització de l'estímul, la superfície estimulada, l'estimulació monoaural/biaural o monocular/binocular, la duració de l'estímul, etc. Existeix una clara evidència empírica de la influència d'alguns d'aquests factors, en el camp de l'audició i de la visió.

En relació amb els factors relacionats amb la resposta podem comentar esquemàticament:

- *El tipus i la complexitat de la resposta.* La resposta de tipus motriu és més ràpida que la resposta de tipus verbal; la resposta amb les mans és més ràpida que la resposta amb els peus; sembla que és més ràpid deixar anar que estrènyer una clau. A més, caldria citar la influència que té l'amplitud requerida del moviment, la comptabilitat estímulo/resposta, la dominància manual (existeixen dades contradictòries), etc.

- *Els efectes de la pràctica.* Ha de valorar-se en alguns casos la importància de la pràctica, segons quins siguin els requeriments de la tasca exigida al subjecte, la qual pot produir, en funció del procediment experimental utilitzat, reduccions del 30 % al 40 % en el temps de reacció obtingut.

3.6.2.2. Període preparatori o interestimular

La presentació d'un senyal previ escurça, sense cap dubte, els temps de reacció. És important la duració de l'interval de temps que transcorre entre el senyal i l'estímul, és a dir, la duració del període preparatori, de manera que es pot parlar de *temps òptims*. La gran varietat de valors proposats, que va des de fraccions de segon fins a 10-12 segons, ha d'interpretar-se atenent bàsicament, en la meua opinió, a tres criteris:

- 1) Si el valor s'obté en experiments amb avantperíodes fixos o aleatoris.

- 2) L'existència d'un senyal d'avís, el qual té un paper diferent si es tracta d'un experiment de temps de reacció simple o de temps de reacció d'elecció.

- 3) Les característiques físiques, tant del senyal d'avís com de l'estímul.

L'ordre de les proves en temps de reacció simple és important, i així ho hem demostrat en més d'una ocasió.

Quant al temps de reacció d'elecció, en la valoració dels efectes seqüencials cal tenir en compte quatre factors o paràmetres fonamentals (Kirby, 1980):

- 1) El nombre d'alternatives estímulo/resposta.
- 2) L'interval de temps entre la darrera resposta i l'estímul següent.
- 3) La compatibilitat de les disposicions estímulo/resposta.
- 4) La probabilitat de repeticions i alternances de les diferents parelles estímulo/resposta.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

3.6.2.3. Característiques individuals (estats o trets)

S'han estudiat sistemàticament una sèrie de característiques individuals en relació amb els seus efectes sobre els temps de reacció. Entre els factors més àmpliament estudiats, cal esmentar l'edat, el sexe, les dimensions de la personalitat, el quocient intel·lectual (es coneix com *l'estudi cronomètric de la intel·ligència*), determinats quadres patològics (vegeu Nettelbeck, 1980), etc.

3.6.3. *Característiques físiques de l'estímul i temps de reacció*

Com a exemple de les possibilitats que ofereixen els temps de reacció per a l'anàlisi sensorial, presentarem a continuació una sèrie de dades obtingudes en el nostre laboratori sobre la relació entre les característiques físiques de l'estímul auditiu (freqüència i intensitat) i els temps de reacció.

3.6.3.1. Freqüència i variabilitat dels temps de reacció

En un estudi en què s'utilitzaren quatre valors de la freqüència (500, 1.000, 2.000 i 4.000 cps), trenta subjectes, disseny intra-subjecte, dues sessions de registre, presentació aleatòria de les condicions i cent assaigs per condició, vam obtenir uns resultats que mostraven significativament que el temps de reacció varia en variar la freqüència de l'estímul auditiu, però segons una relació complexa, difícil d'interpretar. Els temps de resposta foren: 298,735 ms (500 cps), 239,906 ms (1.000 cps), 250,532 ms (2.000 cps) i 296,199 ms (4.000 cps).

Davant dels resultats obtinguts, vam dissenyar un experiment més ampli utilitzant deu valors de la freqüència de l'estímul: des de 200 cps fins a 7.690 cps, amb un increment constant d'1,5 cps, que comprenien, per tant, pràcticament tota la gamma de freqüències més treballada de la percepció auditiva humana. Totes les condicions van ser aplicades a tots els subjectes dues vegades; els valors van ser: 200, 300, 450, 675, 1.020, 1.520, 2.280, 3.420, 5.120 i 7.690 cps. Els resultats indiquen que les freqüències extremes (200 i 7.690 cps) donen temps de reacció més llargs; s'observa una diferència en els registres segons les sessions. Per tant, en general, existeix una rela-

La mesura psicològica de les sensacions

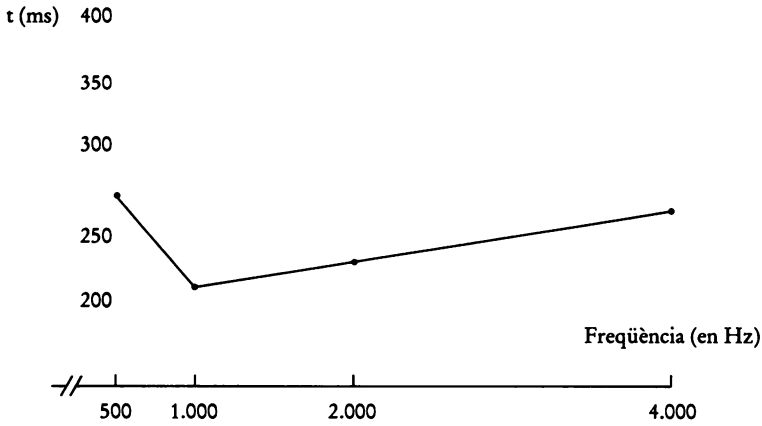


FIGURA 14. Relació entre la freqüència del so i el temps de reacció.

ció entre la freqüència de l'estímul auditiu i el temps de reacció: el temps varia en variar la freqüència, però la relació no és simple, sinó que hi ha freqüències a les quals es respon significativament més ràpidament; encara que la relació no és lineal.

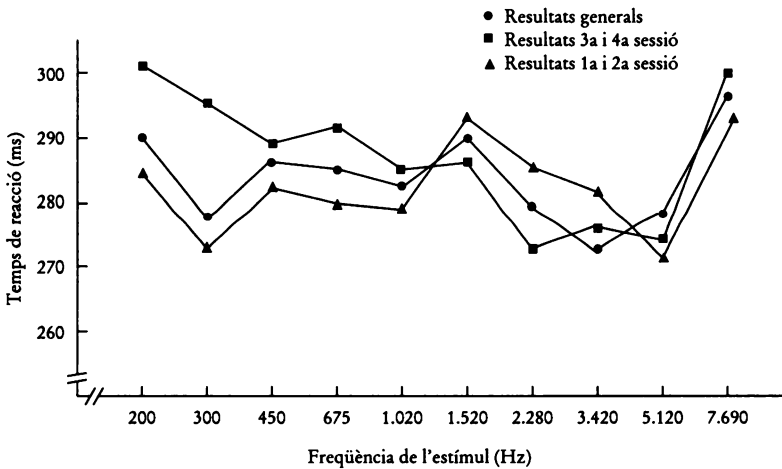


FIGURA 15. Temps de reacció en mil·lisegons en funció de la freqüència de l'estímul.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

Tal com indiquen Green i Luce (1987), i confirmen les nostres dades, el temps de reacció en el camp auditiu depèn més de la intensitat de l'estímul que de la freqüència.

3.6.3.2. Intensitat de l'estímul i variabilitat dels temps de reacció

La relació entre el temps de reacció i la intensitat de l'estímul auditiu és sistemàtica i es manté als diferents valors de freqüència. En general, el temps de reacció disminueix en augmentar la intensitat de l'estímul.

En un experiment vam utilitzar quatre valors de la intensitat de l'estímul (30, 40, 50 i 60 dB), presentats aleatòriament a una mostra de trenta subjectes. Els resultats són clarament significatius: 296,45 ms (30 dB), 253,53 ms (40 dB), 259,45 ms (50 dB) i 224,15 ms (60 dB). Com es pot veure, la diferència entre els dos valors extrems de la intensitat és molt important, ja que implica una reducció del temps de reacció de 72,05 ms.

En un nou experiment més complet, vam utilitzar deu valors d'intensitat des de 30 dB fins a 75 dB, amb un increment constant de 5 dB, vam fer anàlisis parcials i vam constatar una diferència al-

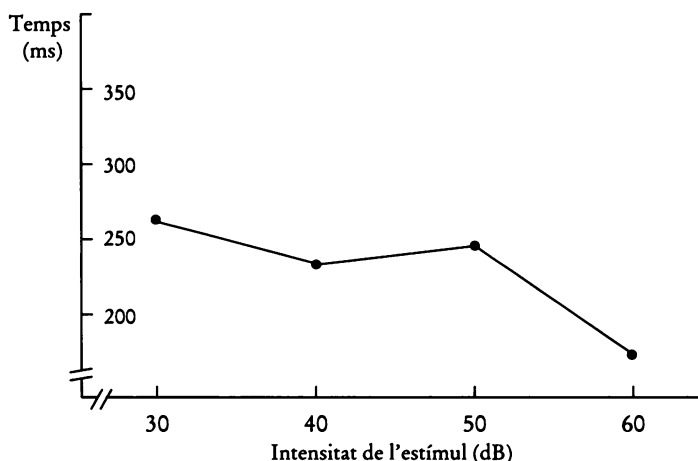


FIGURA 16. Temps de reacció en funció de la intensitat de l'estímul.

tament significativa entre els valors de l'estímul agrupats en dos blocs (30-35-40 dB davant de 65-70-75 dB), que mostrava, a més, que els estímuls consecutius que només es diferencien en 5 dB no presenten diferències significatives en TR, mentre que sí que en presenten quan la diferència és de 10 dB. Per tant, un valor crític per a veure diferències en els temps de reacció davant d'estímuls auditius és 10 dB. La relació global entre els valors de la intensitat de l'estímul i el temps de reacció és pràcticament lineal, però el decrement del temps és cada vegada més petit, fins que pràcticament no es produeix en intensitat elevades. En línies generals, els nostres resultats són similars als obtinguts per altres autors.

3.6.4. Discriminació sensorial i temps de reacció d'elecció

Cal tenir en compte que, en parlar del temps de reacció d'elecció, existeixen una sèrie de factors fonamentals en l'obtenció de les mesures, com són:

— La probabilitat *a priori* de l'estímul. Davant d'una sèrie d'alternatives, no és igual la situació experimental quan totes elles són equiprobables o quan algunes tenen una freqüència més alta que altres; l'estímul més freqüent tindrà, òbviament, temps de reaccions més curts.

— La compatibilitat estímul/resposta. La disposició d'estímuls i respostes és un factor determinant dels temps de reacció d'elecció; així, una disposició altament compatible implicaria, lògicament, temps de reacció més curts i un nombre menor d'errors.

— L'efecte de la grandària del conjunt: el nombre d'alternatives determina el temps de reacció i la relació que experimentalment es confirma seria definida, amb alguns ajusts necessaris, per la llei de Hick (1952):

$$TR = k \log N,$$

on

TR = temps de reacció,

k = constant que pot recollir les diferents modalitat sensorials,

N = nombre d'alternatives a presentar.

La llei de Hick estableix, per tant, una relació pràcticament lineal entre el temps de reacció d'elecció i el logaritme decimal del nombre d'estímuls que s'utilitzen en cada sessió experimental.

En relació amb la utilització de la mesura del temps de reacció per a establir la relació funcional entre temps i capacitat de discriminació física entre estímuls, cal definir molt estrictament les característiques físiques d'aquests.

En general, podem assenyalar que el temps de reacció depèn del grau de semblança o de diferència entre els estímuls presentats. Com més similars siguin els estímuls, més llargs seran els temps de reacció. Podem treballar amb dos paradigmes experimentals bàsics:

a) Presentar dos o tres estímuls que varien entre si, per exemple, en intensitat (tons de 20-25-30 dB) o en freqüència (250-300-350 cps) i demanar al subjecte que doni una resposta diferent a cadascun dels estímuls (per exemple, respondre amb la mà dreta al més feble o al més greu, i amb la mà esquerra al més fort o al més agut).

b) Presentar una sèrie d'estímuls i demanar al subjecte que respongui solament al més fort o al més greu; implica un entrenament previ amb els mateixos estímuls abans d'associar-los a la resposta.

Amb les dades corresponents a la relació entre temps i discriminació d'estímuls auditius, podem indicar que l'increment del temps entre estímuls que difereixen en 16 cps o que difereixen en 4 cps (en condicions d'execució òptima) és en ambdós casos del voltant de 200 ms. Algunes de les dades que hem obtingut són, per exemple, a 20 cps, TR = 250 ms; a 15 cps, TR = 300 ms; a 10 cps, TR = 320 ms, i a 6 cps, TR = 400 ms.

Cal tenir en compte que la tècnica del temps de reacció s'aplica amb valors dels estímuls superiors a la definició dels llindars, absolut o diferencial, ja que, en acostar-nos a aquests valors, els temps no solen ser fàcilment interpretables, a causa de la gran quantitat de respostes errònies que dona el subjecte; a més, en aquest cas, els errors tampoc són fàcils d'interpretar (Pachella, Smith i Standvich, 1978).

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ALLAN, L. G. «Magnitude estimation of temporal intervals». *Perception and Psychophysics*, 33 (1983), p. 29-42.
- ANDERSON, N. H. «Information integration theory: A brief survey». A: KRANTZ, D. H.; ATKINSON, R. C.; LUCE, R. D; SUPPER, P. [ed.]. *Con-*

- temporary Developments in Mathematical Psychology*. Vol. 2: *Measurement, Psychophysics and Neural Information Processing*. San Francisco: W. H. Freeman, 1974, p. 236-305.
- *Foundations of Information Integration Theory*. Nova York: Academic Press, 1981.
- *Methods of Information Integration Theory*. Nova York: Academic Press, 1982.
- ATKINSON, R. C. «A variable sensitivity theory of signal detection». *Psychol. Rev.*, 70 (1963), p. 91-106.
- ATKINSON, R. C.; CARTERETTE, E. C.; KINCHLA, R. A. (1962). «Sequential phenomena in psychophysical judgements: a theoretical analysis». *IRE Transactions of Information Theory*, 8 (1968), p. 155-162.
- BAIRD, J. C.; NOMA, E. «Generation of numerical responses». *Psychological Research*, 37 (1975), p. 281-297.
- *Fundamentals of Scaling and Psychophysics*. Nova York, Wiley, 1978.
- BIRNBAUM, M. H.; ELMASIAN, R. «Loudness "ratios" and "differences" involve the same psychophysical operation». *Perception and Psychophysics*, 22 (1977), p. 383-391.
- BLACKWELL, H. R. «Neural theories of simple visual detection». *J. of the Optical Soc. of Amer.*, 53 (1963), p. 129-160.
- BREBNER, J. M. T.; WELFORD, A. T. «Introduction: A historical background sketch». A: WELFORD, A. T. [ed.]. *Reaction times*. Londres: Academic Press, 1980.
- CARTERETTE, E. D.; FRIEDMAN, M. P. *Handbook of perception*. Nova York: Academic Press, 1974.
- COOMBS, C. H. *A theory of data*. Nova York: Wiley, 1964.
- CORSO, J. F. «A theoretico-historical review of the threshold concept». *Psychol. Bull.*, 60 (1963), p. 356-370.
- DANING, R. «Intraindividual consistencies in cross-modal matching across several continua». *Perception and Psychophysics*, 33 (6) (1983), p. 516-522.
- EKMAN, G. «Is the power law a special case of Fechner's law?» *Perceptual and Motor Skills*, 19 (1964), p. 730.
- EKMAN, G.; SJOBERG, L. «Scaling». *Annual Review of Psychology*, 16 (1965), p. 451-474.
- EVANS, E. F.; WILSON, J. P. *Psychophysics and Physiology of Hearing*. An International Symposium, University of Keele, 1977.
- FALMAGNE, J. C. «*Foundations of Fechnerian Psychophysics*». A: KRANTZ, D. H.; ATKINSON, R. C.; LUCE, R. D.; SUPPER, P. [ed.]. *Contemporary developments in Mathematical Psychology*. Vol. 2. San Francisco, California: W. H. Freeman, 1974, p. 127-159.
- *Elements of Psychophysical Theory*. Nova York: Clarendon Press: Oxford University Press, 1985.
- GESCHIEDER, G. A. *Psychophysics: Method and Theory*. Hillsdale, Nova Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc. Publ., 1976.

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

- GREEN, D. M.; SWETS, J. A. *Signal detection theory and psychophysics*. Nova York: Wiley, 1966.
- GUILFORD, J. P. *Psychometric methods*. Nova York: McGraw Hill, 1954.
- GUIRAO, M. *Los sentidos: Bases de la percepción*. Madrid: Alhambra Univ., 1980.
- KIRBY, N. «Sequential effects in choice reaction time». A: WELFORD, A. T. [ed.]. *Reaction times*. Cap. 4. Londres: Academic Press, 1980, p. 129-172.
- KRANTZ, D. H. «Threshold theories of signal detection». *Psychol. Rev.*, 76 (3) (1969), p. 308-324.
- «A theory of magnitude estimation and cross-modality matching». *J. Mathematical Psychol.*, 9 (1972), p. 168-199.
- LAMING, D. *Sensory analysis*. Londres: Academic Press, 1986.
- LOCKHEAD, G. R.; KING, M. C. «A memory model of sequential effects in scaling tasks». *J. of Experim. Human Perception and Performance*, 9 (3) (1983), p. 461-473.
- LUCE, R. D. «A threshold theory for simple detection experiments». *Psychol. Rev.*, 70 (1963), p. 61-79.
- LUCE, R. D.; GALANTER, E. «Discrimination». A: LUCE, R. D.; BUSH, R. R.; GALANTER, E. [ed.]. *Handbook of mathematical psychology*. Vol. 1, cap. 4. Nova York: Wiley, 1963, p. 191-244.
- LUCE, R. D.; MO, S. S. «Magnitude estimation of heaviness and loudness by individual subjects: A test of a probabilistic response theory». *Brit. J. of Mathemat. and Statist. Psychol.*, 18 (1965), p. 159-174.
- MALAPEIRA, J. M. *Análisis de los tiempos de reacción y la psicología sensorial: Análisis de funciones acústicas* [comunicación presentada en el 7 Congreso Nacional de Psicología]. Santiago de Compostella, 14-17 abril 1982.
- *Acústica: Análisis teórico-metodológico de las aportaciones de la psicofísica, la teoría de la detección de señales y la cronoscopia* [tesis Doctoral no publicada]. Universidad de Barcelona, 1987.
- MALAPEIRA, J. M.; GUARDIA, J. *Psicofísica y psicología cognitiva* [comunicación presentada al Symposium sobre Actividad Humana y Procesos Cognitivos]. Madrid, 19-22 diciembre 1984.
- MARANELL, G. M. *Scaling: A sourcebook for behavioral scientists*. Chicago: Aldine Publishing Co., 1974.
- MARKS, L. E. *Sensory Processes*. London: Academic Press, 1974.
- *The Unity of the senses: Interrelations among the modalities*. Nova York: Academic Press, 1978.
- «Sensory and cognitive factors in judgments of loudness». *J. Experim. Psychol. Human Perception and Performance*, 5 (3) (1979), p. 426-443.
- MCNICOL, D. *A primer of signal detection theory*. Londres: Allen and Unwin, 1972.
- NETTELBECK, T. «Factors affecting reaction time: Mental retardation, brain damage and other psychopathologies». A: WELFORD, A. T. [ed.]. *Reaction times*. Cap 10. Londres: Academic Press, 1980, p. 355-401.

- PACHELLA, R. G.; SMITH, J. E.; STANDVICH, K. E. «Qualitative error analysis and speeded classification». A: CASTELLAN Jr., N. J.; RESTLE, F. [ed.]. *Cognitive theory*. Vol. 3, cap. 7. Hillsdale, Nova Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc. Publ., 1978, p. 169-198.
- PETERSON, W. W.; BIRDSALL, T. G.; FOX, W. C. «The theory of signal detectability». *IRE Trans. Professional Group on Information Theory*, 4 (1954), p. 171-212.
- POULTON, E. C. «The new Psychophysics: six models for magnitude estimation». *Psychol. Bull.*, 69 (1) (1968), p. 1-19.
- ROBINSON, C. G. «Biasing power law exponents by magnitude estimation instructions». *Perception and Psychophysics*, 19 (1976), p. 80-84.
- ROSE, R. M. «Single-sequence analyses of learning models and their application to psychophysics». A: ATKINSON, R. C. [ed.]. *Studies in Mathematical Psychology*. Cap. 14. Stanford, Califòrnia: Stanford Univ. Press, p. 399-414.
- SNODGRASS, J. G. «Psychophysics». A: SCHARF, B. [ed.]. *Experimental Sensory Psychology*. Cap. 2. Illionis: Scott, Foresman and Co., 1995.
- STEVENS, S. S. «Perceptual magnitude and its measurement». A: CARRETTE, C.; FRIEDMAN, M. P. [ed.]. *Handbook of Perception*. Vol. II, cap. 11. Nova York: Academic Press, p. 361-389.
- *Psychophysics. Introduction to its perceptual, neural and social prospects*. Nova York: Wiley, 1975.
- STEVENS, J. C.; GUIRAO, M. «Individual loudness functions». *J. Acoust. Soc. Amer.*, 36 (1964), p. 2210-2213.
- SWETS, J. A. «Is there a sensory threshold?». *Science*, 134 (1961), p. 168-177.
- SWETS, J. A. *Signal detection and recognition by human observers*. Nova York: Wiley, 1964.
- SWETS, J. A.; TANNERS, W. P.; BIRDSALL, T. G. «Decision processes in perception». *Psycho. Rev.*, 68 (1961), p. 301-340.
- TEGHTSOONIAN, M.; TEGHTSOONIAN, R. «How repeteable are Stevens power law exponents for individual subjects». *Perception and Psychophysics*, 10 (1971), p. 147-149.
- «Consistency of individual exponents in cross-modal matching». *Perception and Psychophysics*, 33 (3) (1983), p. 203-214.
- TURSTONE, L. L. «A law of comparative judgement», *Psychol. Rev.*, 34 (1927), p. 273-286.
- TORGERSON, W. S. *Theory and methods of scaling*. Nova York: Wiley, 1958.
- WARD, L. M. «Category judgments of loudness in the absence of an experimenter-induced identification function: Sequential effects and power-function fit». *J. Experim. Psychol.*, 74 (2) (1972), p. 179-184.
- WATSON, C. S. (1979). «Psicofísica». A: WOLMAN, B. B. [ed.]. *Manual de psicologia general*. Vol. 2, cap. 6. Barcelona: Martínez Roca, p. 279-356.
- WELFORD, A. T. *Reaction times*. Londres: Academic Press, 1980.
- WIER, C. C.; JESTEADT, W.; GREEN, D. M. «A comparison of method-of-

Del plaer dels sentits al plaer de les xifres

- adjustment and forced-choice procedures in frequency». *Perception and Psychophysics*, 19 (1976), p. 75-79.
- ZINNEZ, J. L. «Scaling». *Annual Rev. of Psychol.*, 20 (1969), p. 447-478.
- ZWISLOCKI, J. J. «Analysis of some auditory characteristics». A: LUCE, R. D.; BUSH, R.; GALANTER, E. H. [ed.]. *Handbook of mathematical psychology*. Vol. 3. Nova York: Wiley, 1965.
- ZWISLOCKI, J. J. «Group and individual relations between sensation magnitudes and their numerical estimates.» *Perception and Psychophysics*, 33 (5) (1983), p. 460-468.