

Piageten Epistemologia Genetikoa

MIKEL HARANBURU

EHUko Psikologia Fakultatea eta ILCLI

(Piaget's Genetic Epistemology)

Abstract

The paper begins exposing the stages of the child's psychogenetic development: the sensory-motor stage, the preoperator stage, the stage of concrete operations, and the stage of formal operations. In this exposition, we point to the parallels among the intellectual, affective and moral developments. Next, we introduce the guiding idea of Piaget's theory, according to which learning is based on construction and not on perception, and we distinguish deduction based on necessity from generalization. Then some cases of parallelism between the psychogenetic stages of the child and the stages of the history of the science —as the theory of the impetus— are exposed. The notions of time, simultaneity, speed and force are also analyzed. Some reflections are done on the epistemology of logic and of mathematics, and regarding the epistemology of space and of geometry, we emphasize the parallelisms found between the psychogenetic evolution and the history of sciences, in relation with the evolution of topologic, projective and Euclidean concepts. We analyze also the influence of paradigms or epistemic frames on the child's cognitive development and on the evolution of thought. The paper concludes with some remarks for the revision of Piaget's theory.

Keywords: *Piaget, development, learning, epistemology*

Laburpena

Haurraren garapen psikogenetikoaren etapen agerpenarekin hasten dugu artikulua: aro sentsoriotorra, aro preoperatoria, operazio konkretuen aroa eta aro formala. Eboluzio honetan zehar, garapen intelektualaren, afektiboaren eta moralaren arteko paralelismoak agertzen ditugu. Ondoren, Piageten teoriaren ideia gidaria aurkezten dugu, zeinaren arabera ikaskuntza eraikuntzan oinarritzen den, eta ez hautematean, eta ezinbestekotasunean oinarritutako dedukzioa probabilitatean oinarritutako orokortzetik bereizi egiten dugu. Jarraian, haurraren etapa psikogenetikoaren eta zientziaren historiako etapen arteko paralelismoen kasu batzuk aurkezten dira, hala nola, impetusaren teoria. Denboraren, aldibereketasunaren, abiaduraren eta indarraren nozioak ere aztertzen dira. Logikaren eta matematikaren epistemologiari buruz gogoeta batzuk egiten dira eta espa-

zioaren eta geometriaren epistemologiari dagokionez, kontzeptu topologikoen, proiektiboen eta euklidiarren garapenaren alderdi psikogenetikoa eta historikokritikoa, eta beren arteko paralelismoak, agertzen dira. Paradigmak edo marko epistemikoak haurren garapen kognitiboan eta pentsamenduaren eboluzioan duen eraginaren azterketa ere egiten da. Artikulua amaitzeko, Piageten teoriaren berrikuspenaren puntu batzuk agertzen dira.

Sarrera

Gaztetatik hasi zen Piaget psikologiaren eta biologiaren arteko lotura aztertzen. Biologiaren munduan aurkituriko moldaera eta antolamendurako joerak ikaskuntzaren eta pentsamenduaren munduan ere nabaritzen zituen. Adimenaren sorreraren azterketa ontogenetikoaren bidez epistemologiara hurbildu zen eta bere bizitzaren zati handi bat epistemologia genetikoari eskaini zion. Gainera, adimenaren azterketa horietako asko bere seme-alaben behaketan oinarritu zituen. 1920tik 1950 urte ingurura arte haurren adimenaren eboluzioa aztertzen jardun zen, egindako aurkikuntzak problema epistemologikoei aplikatzeko asmoz.

1940 inguruan, Einsteinek Piageti iradoki zion, interesgarri izan zitekeela, denbora, abiadura eta mugimendua haurrak nola ulertzen zituen aztertzea. Eta lan horri ekin zion. Bere ikerketak egiten ari zela, haurren nozio zientifikoaren bilakaeraren eta pentsamendu zientifikoaren historiaren artean zenbait paralelismo aurkitu zituen: haur bakoitzaren pentsamenduaren bilakaerak pentsamendu zientifikoaren historiaren ibilbidea jarraitzen duela ikusi zuen. 1950ean, hogeita hamar urte lehenago hasitako proiektua burutuz, *Introduction à l'épistémologie génétique* idazlan zabala argitaratu zuen hiru aletan. 1952tik 1963ra bitartean, psikologia genetikoa irakatsi zuen Sorbonako Unibertsitatean. 1956an Rockefeller Fundazioaren sostengua lortu zuen, Genevako Epistemologia Genetikoko Zentroa sortzeko. 1971 urtean hartu zuen erretiroa, baina ikerketa psikogenetikoak bul-tzatzen jarraitu zuen.

Piageten epistemologia genetikoa epistemologia konstruktibista da. Alde batetik, enpirismo mota ezberdinei aurre egiten die, beretzat ezagutza ez baita kanpoko mundua subjektuaren errepresentazioan islatuz lortzen. Ezagutzaren jatorria ez da sentimenen bidez egiten den hautematean kokatu behar, subjektuaren jarduera praktikoa eta kognitiboan baizik. Beste aldetik, apriorismo eta idealismo mota ezberdinei aurre egin zien, beretzat ezagutza ez baita lortzen subjektuaren egiturak errealityterako proiektatuz. Mundua ezagutzeko beharrezkoa da munduari eragitea, baina munduari edo objektuari eragiteko organismo bat behar da. Piagetentzat, printzipio honek haurren garapen psikogenetikorako eta zientzien historiarako balio du.

Haurraren garapen psikogenetikoak

Epistemologia genetikoak ezagutzaren sorrera, ezagutza mota ezberdinen sustraiak eta ezagutzaren garapena aztertzen ditu. Piaget baino lehenagoko epistemologiek bazuten postulatu komun bat, subjektua, objektua eta bien arteko pertzepzio eta kontzeptuak garbi bereizten zituen. Baina, analisi psikogenetikoak berehala erakutsi zion Piageti (1979), ezagutzaren iturburua ez dagoela bere buruaz kontziente den subjektu batean edo jadanik eratu dagoen objektu batean, baizik, bien arteko erdibidean gertatzen diren elkarreraginetan. Ezagutzaren jatorri horretan subjektua eta objektua oraindik bereizi gabe daude eta ez dago forma berezien arteko elkartrakerik. Ez dago oraindik subjektu eta objektu bereizirik eta elkartrakerako tresna aldagaitzik. Piagetentzat, elkartrakerako lehen tresna ez da pertzepzioa, ekintza baizik. Horrela, ekintza sensoriomotorrak errepresentazioa baino lehenagoak dira.

1. Adimen sensoriomotorraren garaia (0-2 urte)

1.1. Ingurunean egiten dituen ekintzen bidez ulertzen du mundua haurrak. Aro honetan haurrak ez du bere burua ezagutzen, ez du barneko munduaren eta kanpoko munduaren arteko mugaren kontzientziarik. Objektu iraunkorrik gabeko munduan bizi da. Subjekturik eta objekturik ez dagoen mundu batean, geroago subjektu edo objektu izango direnen arteko lotura bakarra ekintza da.

1.2. Haurraren ekintzen erdigunea beraren gorputza da eta horrek subjekturik gabeko nartzisismo bat dakarkio haurrari. Baina, urte eta erdi edo bi urte inguru dituenean, bere gorputza objektu bat balitz bezala ikusten hasten da, beste edozein objektu bezala. Bere gorputza ez da izango orain haurraren ekintzen erdigune. Ekintzen koordinazioa bere gain hartzen du subjektuak eta objektuari bere kokalekua ematen zaio. Horrela, objektuak ere, subjektuak bezala, bere iraupen espazio-tenporala lortzen du.

1.3. Estadio honen amaieran, subjektua eta objektua bereizi egiten dira eta objektuen arteko bat gehiago bihurtzen da subjektua, unibertso espazio-tenporal batean. Subjektuaren eta objektuaren bereizkuntza gertatzen da haren ekintzen koordinazioari esker, errealitateko koordinazio espazio-tenporalari eta kausalari lotua.

1.4. Subjektua eta objektua bereiztean, bere ekintzetatik aldeni egiten du haurrak afektibitatea, eta besteengan jartzen du. Deszentratze afektiboa deszentratze kognitiboarekin batera gertatzen da. Haurraren afektibitatea besteengana zuzentzea eta subjektua objektutik intelektualki bereiztea batera gertatzen dira. Horrela hasten dira agertzen pertsonen arteko sentimenduak.

1.5. Estadio sensoriomotorrean zentzumenetatik eta gorputzaren mugimenduetatik jasotako informazioan oinarritzen da garapena. Aro honetan ez dago oraindik funtzio sinbolikorik, ezta errepresentazioei lotutako pentsamendu eta afektibitate ere. Aurrean ez dituen pertsonak eta objektuak ezin ditu gogoratu. Burutzen dituen ekintzak, pertzepzioan eta mugimenduetan bakarrik oinarritzen dira.

Aro sensoriomotorraren amaieran, hau da, bigarren urtearen amaiera aldera agertzen du haurrak, aurrean ez dauden objektuak eta gertaerak adierazle bereizi batez irudikatzeko gaitasuna. Imitazio atzeratuak, hau da, eredia desagertu eta gerora egiten den imitazioak markatzen du errepresentazio horren hasiera. Imitazio atzeratu honetan errepresentazioa adierazle bereizi bihurtzen da, eskakizun sensoriomotorretatik aske. Imitazioan kanpoko ereduera egokitzen da haurra. Baina, helduen mundura egokitu behar duen haurrak baditu bere premia afektibo eta intelektualak, eta premia horiek errealtatea norberaren eskemetara egokitzea eskatzen diote haurrari. Haurrak, jolas sinbolikoaren bidez, errealtateak jartzen dizkion eskakizun eta mugei ihes egiten die. Horrela, imitazio bidezko egokitzearen eta jolas sinbolikoaren bidezko asimilazioaren arteko oreka gordetzen du adimenak.

Aro honetako haurrak ez du oraindik lortu espazio homogeen baten nozioarik. Denboraren nozio bateraturik ere ez du. Objektuak eta gertaerak ezin ditu espazio bakar batean eta denborazko ordena batean kokatu. Bere gorputzean zentratutako espazio heterogeneo multzo bat eta koordinazio gabeko denbora inpresio sail bat besterik ez du. Poliki-poliki, ordea, haurra konturatzaren hasten da, objektuak izaten jarraitzen duela begien aurretik ezkutatu arren. Objektu iraunkorraren nozioa eraikita eta objektuei beren kokapena emanda, oinarritzeko egitura batean antolatzen ditu haurrak desplazamenduak. Objektu iraunkorraren eraikuntzaren eta antolamendu espazio-temporalaren bidez kausalitate objektibo bat eraikitzen hasten da. Mugimendu erreflexuak egitetik, helburu baterantz zuzenduriko jarduerak egitera iragaten da.

Piagetentzat, alderdi kognitiboaren garapen honek badu bere kide afektiboa (Piaget eta Inhelder, 1966): alderdi kognitiboa, norberaren ekintzan zentratutako mundu batetik, unibertso objektibo eta deszentratu batera iragaten den bezalaxe, alderdi afektiboa ere, norbera eta inguru fisiko edo soziala be-reizten ez diren egoetatik norbera eta besteak bereizten diren egoerara pasatzen da. Piagetentzat, deszentrazio afektiboa eta deszentrazio kognitiboa elkarrekin gertatzen dira.

2. Aro preoperazionala (2 urtetik 6raino)

2.1. Adimen sensoriomotorrak ez zuen balio ekintzak aurrez planifikatu edo informazioa gordetzeko. Baina, aro berri honetan errepresentazioak erabiliko ditu haurrak ekintzen orde, arazoak ebazteko. Horretarako, gogame-

naren espazioko ekintzak edo operazioak behar ditu, hau da, ekintzak barneratzetik hasi behar du. Etapa sensoriomotorrean ekintza-eskemak edo ekintzari loturiko eskemak zerabiltzan haurrak; eskema horiek ez zuten balio iragana oroitzeko edo etorkizuna aurrez ikusteko; ez ziren pentsamenduaren objektu, ekintzen barne-egitura bakarrik ematen baitzuten. Aro preoperazionalan, berriz, kontzeptuak, sinboloak eta irudi mentalak baliatuko ditu haurrak errealitatea irudikatu eta hari aurre egiteko.

2.2. Baina, objektuei buruz sinbolikoki pentsatzeko gaitasuna lortzen badu ere haurrak aro honetan, pentsamendu hori oraindik zentzu bakarrekoa da. Ez da pentsamendu itzulgarria. Horregatik, haurrari zail egiten zaio oraindik materiaren kontserbazioaren nozioa eskatzen duten ariketak ebaztea. Adibidez, likidoen kontserbazioari dagokionez, edalontzi batetik, estuagoa edo zabalagoa den beste batera likidoa pasatzen bada, likidoa gehitu edo gutxitu egin dela iruditzen zaio. Izan ere, egoerak edo konfigurazioak hartzen ditu oinarri arrazoitzeko, eta ahaztu egiten du, transformazioa egoera batetik besterako iragate itzulgarria dela.

Jarduera sensoriomotorraren kasu partikular bat da Piagetentzat pertzepzioa, errealitatearen ezagutzaren alderdi figuratiboaren menpe dagoela ikusten baitu. Adimena, aldiz, ekintzen bidez objektuak eta errealitatea aldatzetik datorrela ikusten du, ekintzek errealitatea aldatu egiten baitute. Egitura pertzeptiboak ez-itzulgarriak dira; operazioak, berriz, itzulgarriak. Estadio sensoriomotorreko haurraren itzulgarritasunik ezaren adibide moduan honako hau jar dezakegu: angelu zuzenean hari bat jartzen badugu, ertz batetik hariari tiratuta, bi zatietako bat luzatu eta bestea laburtu egiten da. Alde bat beste aldearen funtzioan aldatzen da. Bi aldeen aldaketak objektuen harremanen bereizgarriak dira eta funtzioaren egitura osatzen dute. Baina, alde bateko edo besteko hariaren luzapena ez da itzulgarria oraindik. Haurrak pentsatzen du alde bat gehiago luzatzen dela bestea laburtzen dena baino. Hariaren luzera osoaren iraunkortasuna ez du onartuko.

Hautemate soilak, ekintzarik gabe, ezin eraiki dezake adimena. Piagetentzat, adimen nozioak ez dira pertzepzioetatik abstrakzio eta orokortze prozesu soilez lortuak. Adibidez, nozio logiko-matematikoak ez dira hautemandako objektuetatik abstrakzio bidez ateratako operazioak, objektuen gain egindako ekintzetatik lortutakoak baizik.

Ekintza sensoriomotorrek subjektuaren eta objektuaren artean unean uneko lotura eta unean uneko bereizkuntza egiten zuten (Piaget eta Inhelder, 1966). Aro horretako eskemen bidez egindako asimilazioak objektuen propietateak kontuan hartzen zituen, baina hautemate unean bakarrik eta subjektuaren ekintzekin lotuta. Objektuaren nolakotasunak ez zituen subjektuaren ekintzetatik garbi bereizten. Estadio preoperazionalako ekintza kontzeptualizatueta, berriz, subjektuaren eta objektuaren bereizgarri iraunkorrak kontuan hartzen dira. Kontzeptu bidezko asimilazioak aurrean dauden

eta aurrean ez dauden objektuak sailkatzen eta serietan edo korrespondentzian jartzen ditu, eta oraingo egoeraren morrontzatik askatzen du subjektua.

2.3. Hizkuntza agertzeari esker, iraganeko ekintzak gogora ditzake haurrak, eta etorkizunekoak aitzinatu ere bai, hitzeko errepresentazioaren bidez. Maila sentsomotorrean ez zegoen objektu afektiboaren iraunkortasunik (amaren edo familiako kide hurbilen iraunkortasunik), harreman zuzenetik at; etapa preoperazionalean, berriz, gogamenezko irudiei, oroimenari, jolas sinbolikoari eta hizkuntzari esker, desagertuta gero ere errepresentazioan presente irauten du objektu afektiboak.

2.4. Aro honetako haurrak ikuspegi subjektibotik hautematen du errealtatea. Jolasean edo lanean ez da bere ekintzatik deszentratzen, eta ez dago oraindik lankidetzarako prestatua. Solasaldiak bakarriketa kolektiboak baino ez dira. Egozentrikoa da haurraren hizkuntza, ez baitu solaskidearen ikuspuntutik hartzen.

2.5. Interesaren legea hurbiletik aztertzen du Piagetek. Interesak bata bestearekin lotzen ditu premia eta objektua. Interesak energia erregulatu eta ekinztzara bultzatzen du, premiari erantzunez. Interes ugari eta interes horiei lotutako helburu ezberdin ugari ditu haurrak eta helburu horiek izango dira balio sistemaren oinarri. Interes ezberdin anitzen helburuekin lotuta, biderkatu eta bereizi egiten dira balioak. Interesetatik balioetara zuzentzen da haurra.

Pertsonarteko sinpatiak ere norbere interesei erantzuten die, eta norbere balorazioa goratzen du. Elkartrukerako aukera ematen du, balioen eskala komunean eta elkar baloratzean oinarritua dago eta. Antipatiak, berriz, zaletasun eta balioen eskala komunik eza eta elkar baloratzerik eza adierazten du.

2.6. Lehen sentimendu moralak gurasoei zaien begirunetik eta obedienez eratorriak dira. Moral heteronomo bati erantzuten diote, kanpoko berrondate hertsatzailearen menpe baitaude. Gurasoen irudiarekin identifikatzea, erruduntasuna, larrimin sentimendua edo norbere burua zigortzea dira moral horren oinarriak. Errealismo moralaren estadio honetan, legetik sortzen dira eginkizunak eta balioak, eta ez legearen asmoetatik.

3. Operazio konkretuen garaia (6 urtetik 12raino)

3.1. Haurra orain ez dago bere gorputzaren edo bere ekintza eta pertzepzioen pean eta gai da pertsona ezberdinen ikuspegiak koordinatzeko. Elkarrekiko begirunean oinarritutako lankidetzari ateak irekitzen dizkio eta adostasunez egindako itunetan oinarritzen dira haurraren arauak. Egozentrismo sozial eta intelektualetik askatu eta ikuspegi ezberdinak koordinatzeko gai bihurtzen da. Hizkuntza egozentrikoa desagertu egiten da, besteen ikuspegia kontuan hartzen da eta eztabaida posible gertatzen da.

3.2. Barneratutako eta kontzeptualizatutako ekintzetatik sortutako operazioak egiten ditu haurrak. Kontserbazioan, sailkapenean eta harremanetan oinarrituriko arrazoibidea darabil (Piaget eta Inhelder, 1966). Orain arteko ekintza barneratuek eta kontzeptualizatuak eragiketen maila lortzen dute; operazioak transformazio itzulgarriak dira, aldagai batzuek aldatu eta besteak aldagaitz mantentzen dituztenak. Operazioetarako beharrezko da, ekintzaren planoan eskuratua zegoena errepresentazioaren planoan berreraikitzea. Aro sentsomotorrean, norberaren gorputzarekiko eta ekintzekiko deszentrazio bat gertatu da: norberaren gorputza eta ekintzak harreman objektiboetan jarri dira unibertsoko objektu eta ekintzekin. Deszentratze hori ekintzaren planoan zaila izan bada, zailagoa da oraindik errepresentazioaren mailan.

3.3. Aldiko bereizgarri bakar baten arabera objektuak sailkatzeko eta objektuen segidak antolatze gaitasuna lortzen du. Adibidez, haurrari neurri ezberdineko 10 makila tamainaren arabera bata bestearen atzetik jartzeko agintzen zaionean, makilak binaka kokatuko ditu estadio preoperazionalaren hasieran baldin bada. Operazio konkretuen estadioan dagoenak, berriz, lehenik txikiena aukeratzen du, gero gelditzen direnetatik txikiena eta abar. Handiago (>) eta txikiago (<) erlazioak erabiltzen ditu, baina ez txandaka, aldi berean baizik.

3.4. Operazioak transformazio itzulgarriak dira. Transformazio itzulgarri batean ez da dena batera aldatzen, bestela ezingo bailitzateke itzulgarria izan. Transformazio operazionalan bada elementu bat aldagaitza dena, nozio edo eskema bat kontserbatzen dena; elementu aldagaitz edo eskema iraunkor horren inguru gertatzen dira aldaketak. Iraunkorra eta aldagaitza den elementu hori da operazioari itzulgarritasuna ematen diona. Kantitatearen kontserbazioa da operazio konkretu oinarritzkoenetakoa. Kontserbazio ariketak ebazteko, identitate, konpentsazio eta itzulgarritasun nozioak eskuratu behar dira. Gai bati ezer kentzen edo eranstean ez zaion bitartean, material bera izaten jarraituko duela esaten du identitatearen nozioak. Zentzu batean gertatzen den itxura-aldaketa, beste zentzu batean gertatzen den aldaketa baten bidez konpentsa litekeela esaten du konpentsazioaren nozioak. Aldaketa desegin daitekeela esaten du itzulgarritasunaren nozioak. Bestalde, aldiko bereizgarri bakar batean oinarrituz objektuak sailkatzeko eta irizpide baten arabera objektuen segidak antolatze gaitasuna ere eskuratzeko du haurrak.

3.5. Horrela, kontserbazio, sailkapen eta seriatze (segidan jartze) eragiketen bidez, pentsatzeko sistema logiko bat eskuratua du haurrak. Baina, sistema hori errealtate fisikoari eta objektu errealei oso loturik dago oraindik. Eragiketa konkretuek zuzenki ukitzen dituzte objektuak, ez dira hitzezko hipotesien munduan mugitzen. Ekintzaren eta logikazko egitura zabalagoen arteko iraganbide modukoak dira. Haurrak objektu errealekin egiten dituen ekintzak multzo egituretan koordinatzen dira, baina egitura txiroak osatzen

dituzte oraindik: sailkapenak, seriatzeak, korrespondentziak, sarrera bikoitze-ko taulak etab.

3.6. Konkretua edo hautemangarria denaren menpe dago pentsamendu konkretua, datuen barne manipulazioak edo benetako eragiketak ere inplikatzan dituen arren. Pentsamendu inдукtiboan erabiltzen du batez ere, hau da, objektu konkretuetatik induzitzen ditu printzipioak eta harremanak.

3.7. Piagetentzat, alderdi afektiboa, soziala eta ezagutza alderdia bereiztezinak dira. Errepresentazioaren unibertsoa ez dago objektuz bakarrik osatua, unibertso sentsomotorra bezala, subjektuz ere bai baizik. Piageten arabera, eragiketarako beharrezko diren eraikuntza eta deszentrazioek ez dute unibertso fisikoa bakarrik ukitzen, unibertso soziala ere bai baizik. Eraikuntza eta deszentratze kognitiboa ezin da bereizi eraikuntza eta deszentratze afektibo eta sozialetik.

3.8. Judizio moralei dagokienez ere, haurra hasieran heteronomoa da. Agindua ematen duenaren presentzia beharrezkoa da, legeak bere indarra gorde dezan. Agindua eman duena aurrean ez badago, legeak indarririk ez du. Gerora ordea, aitaren edo autoritate irudiekin identifikatu egiten da haurra, eta boterea iraunkor bihurtzen da. Horrela, haurra, nolabaiteko autonomiara heltzen da. Piageten arabera, ezagutzako erreakzioak, erreakzio ludikoak, afektiboak, sozialak eta moralak bilduko dituen batasun funtzional bat gertatuko da orain. Hasieran familia mugatzen zen afektibitate, giza talde zabalagora hedatuko da orain. Sentimendu moralak elkarrekiko begirunea lortzera bideratzen dira. Sentimendu sozialei dagokienez, hasieran koordinaziorik eta bereizkuntzarik ez zen nabari norberaren eta besteen ikuspegiaren artean; orain, ikuspegiaren koordinazioa eta lankidetzak gertatzen dira. Sentimendu moral berriak agertzen dira: autoritatea ordezkatzan duen lankidetzak, elkarrekiko begirunea eta estimua, gizabanakoen balio pertsonal parekidea. Elkarrekiko begirunean oinarritutako moralak agertzen da: araua ez da kanpoko borondate batek emana delako errespetatzen, adostasun esplizitu edo isilpeko bat dagoelako baizik.

3.9. Balio moralak berrantolatu egiten ditu haurrak: sistema arrazional batean antolatzen ditu balioak. Haurraren kontzientzia moralak autonomia lortzen du eta horri loturik borondatea agertzen da. Borondatea, arrazoiaren eragiketen baliokide afektiboa da. Piagetentzat borondatea ez da energia bera, energiaren erregulazioa baizik; erregulazio horrek, joera batzuk suspertzen ditu, besteen kaltetan. Borondatea joeren edo intentzioen arteko gatazka dagoenean agertzen da, eta ez asmo finko bakar bat dagoenean. Adibidez, tentaldi atsegingarri baten eta eginbehar baten arteko gatazka dagoenean agertzen da. Azpiko joera indartsua (atsegin desiratua) eta goi-joera ahula gatazkan daudenean agertzen da borondatea. Goi joera ahula bultzatu eta arrakastara eramatea izango da borondatearen lana. Unean uneko desira eta grinetatik askatu egiten du borondateak subjektua, eta bere eskalako ba-

lio iraunkorren esanetara jartzen du. Beraz, borondatea edukitzeko balio eskala iraunkorra behar da.

3.10. Oinarrizko sentimenduek, balioek eta interesek erregulatzen dute barne energia. Interesaren esanetara dabilenak lanean jarraitzeko indarrak aurkitzen baditu ere, haren ekintza gidatuko duena ez da balio sistema iraunkor bat izango, unean uneko desirak ase gura dituen balio zerrenda baizik. Borondatearen esanetara dabilenak, aldiz, balio sistema iraunkor eta sistematizatu baten arabera jokatzeko du. Borondatea itzulgarria da eta maila operazionalarekin batera eskuratzen da. Eragiketa intelektualekin batera garatzen da.

4. Operazio formalen garaia: 11/12 urtetik 14/15eraino

4.1. Adin honetan errealak eta konkretuak denetik askatzen dira subjektuak, eta eraldakuntza posibleen multzo batean kokatzen du errealtatea. Pentsamenduaren eraldakuntza gertatzen da: eragiketa formalak hipotesiekin egiten dira, eta ez objektuekin bakarrik. Hipotesiak proposizioei buruzkoak dira. Hipotesietatik ondorioetara doan eragiketa deduktiboa eragiketari buruz egindako eragiketa da, hau da, bigarren mailako eragiketa bat (Piaget, 1979).

Hipotesien egiaztapen konkretuen gainera, hipotesien elaborazioari eta arrazoiketari ematen zaio garrantzia. Eragiketari buruzko eragiketak egiteko gaitasun hau dela eta, errealak eta konkretuak denetik askatu egiten da subjektuak, eta transformazio posibleen multzoan kokatzen du errealtatea.

4.2. Forma eta edukia bereizi egiten dira eta subjektuak gai bihurtzen da hipotesi soil diren proposizioei buruz zuzenki arrazoitzeko. Subjektuak ondorioak atera ditzake posible baizik ez diren egietatik: pentsamendu hipotetiko-deduktiboa eta pentsamendu formala hasten dira. Forma edukitik bereizteko gaitasun hau da nerabearen pentsamendua haurrarenetik bereizten duena. Aurreko aroko haurra eduki konkretuan «zentratzen» da; nerabeak, aldiz, bere pentsamendua «deszentra» dezake, edukia eta forma bereiziz. Edukitik askatuta aztertzen du forma nerabeak; horregatik deitzen du Piagetek eragiketa «formalen» pentsamendua aro honetako pentsamendua. Pentsamendua askatu egiten da objektuetatik; harremanak eta sailkapenak askatu egiten dira lotura konkretu eta intuitiboetatik. Pentsamendu formalaren garaietan, errealak dena izan daitekeenaren menpe dago (Inhelder eta Piaget, 1955). Errealak dena gauzatze edo hezuramaitze posibleetako bat bezala hartzen da. «Izan litekeenaren» osotasunaren barnean, «den» zati moduan agertzen da.

4.3. Eragiketa konkretuen garaiak ikaslea mundu konkretu eta behagariak mugatzen zuen. Eragiketa formalen aroko ikasleak, berriz, hipotesi eta ahalbide ezberdinak kontuan hartu eta sistematikoki aztertuko ditu. Ahalbide guztien konbinaketa lortzeko, faktoreak bereizi egiten ditu, eta aldiko faktore bat aldatzen du, besteak konstante mantenduz. Pentsamendu konkre-

tuaren garaian, itzulgarritasunaren bi formak (inbertsioa eta elkarrekikotasuna) eta identitate eta korrelazio eragiketak bereizirik daude; pentsamendu formalean osotasun egituratu batean integratzen dira identitatea, inbertsioa, elkarrekikotasuna eta korrelazioa.

4.4. Nia eta nortasuna elkarri kontrajarriak agertzen dira Piagetentzat. Nia egozentrismoari loturik dago eta norbere jardueraren erdigunean kokatua dago. Nortasuna, berriz, nia diziplina baten esanetara jartzetik sortzen da. Nortasun indartsua duenak berekoikeria utzi, ideal bat bereganatu eta kausa baten alde egiten du, bere borondate guztiarekin.

4.5. Bere buruaz gaindiko balio idealak eta sentimenduak «bizi programa» berezi batean integratzen ditu nerabeak. Haurtzaro amaieran sortzen da nortasuna: arauak eta balioak autonomoki antolatzen eta hierarkizatzen direnean, joerak erregulatzen direnean eta horrela borondatea sendotzen denean. Nortasuna eratzeko «bizi programa» bat beharrezkoa da, borondatearentzat diziplina iturri eta lankidetzat tresna izango dena. Bizitza egitasmo horrek pentsamendu formalaren edo hipotetiko-deduktiboaren maila lortzea eskatzen du.

4.6. Niarengandik deszentratu, lankidetzat programetan integratu eta egitasmo autonomoei erantzun behar die nortasunak. Nerabeak alde batetik eskuzabalak eta altruistak dira, baina bestaldekik, egozentristak eta megalomaniakoak. Nerabeen egozentrismoa beren bizitza programaren berezitasuna eta erreformatzako gaitasuna gehiegi azpimarratzetik sortzen da. Nerabeak izan litekeenaren mundutik epaitzen du ingurune sozial erreala. Bere pentsamenduari muga gabeko boterea egozten dio, nahasi egiten baititu subjektiboa dena eta objektiboa dena.

4.7. Gizartera moldatuko bada, erreformatzaile izatetik gauzatzaile izatera iragan behar du nerabeak. Esperientziaren bidez uztartuko ditu pentsamendu formala eta gauzen errealitatea. Egoera konkretuan lan eginez gaindituko du ametsen mundua.

4.8. Pentsamendu formalaren egitura orokorraren ondoan, bereziagoak eta espezifikagoak diren operazio eskema formalak (Inhelder eta Piaget, 1955) kokatzen dira: problema multzo bati aplikatu dakizkiokeen eskemak dira. Pentsamendu Formalaren egitura orokorrak subjektuaren gaitasunari egiten bazion erreferentzia, egestura espezifikago hauek (eragiketa eskema formalak) subjektuaren jardura konkretutik hurbilago daude. Bitarteko maila batean kokatuak daude. Egitura orokorren eboluziotik datoz, baina problema konkretuen soluziobiderako erabil daitezke. Subjektuaren gaitasunaren eta jardura edo errendimenduaren arteko desfasearen arazoari irtenbide bat ematearren ikertu dira bitarteko eskema hauek: konbinazio eragiketak, proportzioak, bi erreferentzi sistemen koordinazioa, oreka mekanikoaren nozioa, probabilitatea, korrelazioa.

Hautematea, eraikuntza eta kausalitatea

Garapenaren estadio bakoitza aurretiko estadioan lortutakoaren berrantolamenduaz hasten da Piagetentzat. Berrantolamendu horrek maila berri baten sorrera dakar: beheko mailan ateratako informazioa goiko mailan islatzen eta berrantolatzen du. Eduki berriak eduki zaharrekin elkartzen dira; egitura zaharrak egitura berri zabalagoen azpiegitura moduan antolatzen dira.

Subjektuak ezagutza baten jabe egin behar duenean, gertaerak hautematearekin ez du nahikoa, eraiki egin behar du ezagutza. Objektu bat hautematean, berarengandik kanpora dagoen datu bat jasotzen du subjektuak. Baina, objektuetara hurbildu, haiek pertzepzio irudi orokor eta iraunkorretan hauteman eta objektibitatea gehitu behar badu, forma logiko-matematikoetan bildu behar ditu objektuak. Eta egituraketa matematiko hori subjektuak egingen du.

Eraikuntza bidez lortzen diren ezagutzak etengabe aldatzen doaz, baina ezagutzen eraikuntza ezin da testuinguru historikotik bereizi. Historiaren etapa bakoitzean eraikitzen diren ezagutzek aurretiko etapetan eskuratutako ezagutzak berrantolatzen dituzte. Piagetek ezagutzen eraikuntzaren azterketa historiko-kritikoa eta psikogenetikoa egin du eta bion arteko paralelismoak azpimarratu ditu.

Piageten kezka nagusietako bat honako hau da: zer eginkizun betetzen dute subjektuaren esperientziak eta operazioen eraikuntzak ezagutzen esku-rapenean? Autoreak berak dakarren adibide batekin erantzungo diogu galde-rari. Kontserbazioaren printzipioa eskuratzeko dedukziotik abiatu behar da. Izan ere, dena batera aldatzen bada, eta aldagaitza den ezer ez badago, ez dago derrigorrezko inferentziarik. Horregatik, Lavoisier-ek (1982) erreakzio kimikoetako pisuen kontserbazioa postulatu zuenean, erreakzioetako pisu konkretuak neurtu aurretik postulatu zuen. Plastilina bola bat luzatu eta sal-txitxa forma ematen zaionean, haurrak hasieran ukatu egiten du pisua eta bolumena kontserbatzen direnik, eta, hala ere, substantzia kontserbatu egi-ten dela pentsatzen du. Ez da hala hautematen duelako, eskaera logiko ba-tengatik baizik. Baina, esperientziak ere eragina badu. Horrela, bereizgarri baten kontserbaziotik beste bereizgarri baten kontserbaziora esperientziari esker iragango da haurra. Aldez aurretik badaki zerbait kontserbatzen dela, baina esperientziak esango dio zer kontserbatzen den.

Piagetentzat, ezagutzaren lehen tresnak ez dira hautematea eta hizkuntza, ekintza sentsomotorren eskemak baizik. Eskema horiek nagusitzen dira hasieratik, eta geroago kontzeptuetan berbalizatzen eta pentsamenduaren eragiketetan barneratzen dira. Ekintza eskemak egoera eta objektu berriei aplikatzen eta egokitzen zaizkie. Ekintzen koordinazioa da transformazioen iturburua, ekintza aukera berriak sorrarazten dituelako.

Behaketak berak ere pertzepzio bidezko erregistratze hutsa baino zerbait gehiago eskatzen du. Ekintza eskemei lotua dago behaketa. Ekintza eskemen esparruan gertatzen da behaketa, objektuaren edukia eta subjektuaren forma eskatzen dituelako. Hori horrela bada erregistro pertzeptiboen mailan, areago da egia interpretazio maila ezberdinetan. Gertaera bat behagarria da interpretatua den unetik, testuinguru zabalago batean esanahi bat hartzen duen heinean.

Gertaera behagarri bat erregistratzeko eskema bat nahikoa da. Baina, «gertaera» izateko, eskema sistema bat behar du. Gertaerak kontzeptuen koordinazioak dira. Objektua gogamenean eraikitze hura inplikatzan duten gertaerak koordinatu behar dira. Hau horrela da, haurra objektua iraunkorra dela ikusten hasten den unetik, hots, aro sentsomotorretik, haurra pantaila baten atzean gordetako objektuaren bila hasten den unetik. Piagetek historia sartzen du analisi epistemologikoan: gertaerak eraikuntza arrazionalak direla pentsatzen du.

Kausalitatea ez dator Piagetentzat hautemandakoaren orokortzetik, pentsamenduaren eragiketetatik baizik (1930, 1950). Aldakuntza fisikoa eta aldakuntza hori itzulgarri bihurtzen duen transformazio operatiboa integratu behar dira, erreala dena posible denaren menpe jarritz, hau da, erreala dena alternatiba posibleen kasu partikular baten moduan ulertuz. Kasu anitzetara orokortzearen ideiatik kasu guztietarako balio izatearen edo ezinbestekotasunaren ideia iragan behar da. Legea eta kausa ez dira gauza bera. Sekuentzien orokortasuna eta ezinbestekotasuna ez dira gauza bera. Ezberdinak dira legezko inferentziak eta kausazko dedukzioak. Gertaera orokor bat lege bat da. Eta legeak behagarriak diren gertaeren artean gertatzen dira. Lege fisikoa gertaeraren mailakoa da, bere orokortasuna induktiboa da eta ezinbestekotasunik ez du. Behagarria dena desplazamendua edo egoera aldaketa da eta erlazio anitzetan egituratua dago. Baina, gertaera fisikoa ulergarria izan dadin, eragiketa logiko-matematikoetan integratu behar da. Eragiketa horiek dira eduki fisikoei formak ezartzen dizkietenak. Forma operatorioek gertaerak orokortu eta legeak egituratzen dituzte. Legeak ezarrita daudenean, inferentzia berrien bidez sistema deduktibo batean koordinatu litezke; lege partikularrak lege orokorra egiten dira. Kausalitatea, berriz, ez da behagarria, deduzitu bakarrik egiten da. Gertaerak egitura osoetan koordinatzen direnean hasten da kausalitatea. Egitura horien konposizio legeek transformazio operazionalen menpe jartzen dituzte objektuen harremanak. Harreman kausalak gertaera edo legeen mugetatik harago doaz, beste gertaeren ezinbesteko ondorio edo transformazio berrien iturburu direlako. Interpretazio kausalak sekuentzien ezinbestekotasuna erakusten du.

Posible dena eta erreala dena bereizteko abstrakzio eta orokortze kontzeptuak erabiliko ditu Piagetek. Abstrakzioak marko epistemiko baten kontzeptualizazio motak dira. Orokortzeak erregulartasunak ezartzen ditu erreala de-

naren munduan. Bereizgarrien orokortzeak izaera hedakorra du, baina ez da orokortze esplikatzailea. Bai psikogenesian, bai zientzien historian, «abstrakzio enpirikoa» eta «abstrakzio erreflexiboa» agertzen dira. Matematikan abstrakzio erreflexiboa agertzen da. Fisikan, bi abstrakzio motak agertzen dira. Abstrakzio enpirikoak kanpoko objektuen bereizgarri batzuk egiaztatu eta analizatzen ditu; objektuen ezaugarri komunak atera eta kontzeptuetan generalizatzen ditu. Abstrakzio erreflexiboa subjektuaren ekintza eta eragiketei buruzkoa da, ekintzaren koordinazioen kontzientzia hartzen du, eta izan litekeenaren agerpen modura ulertzen du erreala dena. Abstrakzio erreflexiboak posible dena biltzen du eta ezinbestekotasun izaera ematen die hautemanari eta legeei. Ezinbestekotasun logikoaren eta bigarren mailako eragiketen (eragiketen eragiketen) iturburuan dago abstrakzio erreflexiboa.

Mugimenduaren teoria aristoteliarretik *impetusaren* mekanikara

Piagetek paralelismo nabarmenak aurkitu ditu haur edo nerabearen pentsamendu prezientifikoaren eta zientziaren historiaren artean. Konbergentzia guneak aurkitu ditu emaitza psikogenetikoaren eta zientzien historiako emaitzen artean, nozio zinetikoei dagokienez. Baina, bereizi egiten ditu geometrian gertatutako eboluzioa eta mekanikan gertatutakoa. Geometrian indarrean egon ziren XIX. mendera arte Euklides, Arkimedes edo Apolonioren teoriak, eta mende horretan ikusmolde zabalago batean bildu ziren teoria horiek. Mekanikaren kasuan, berriz, Aristotelearen teoriak hankaz gora bota zituzten XVII. mendean. Mekanika, zientzia moduan, XVII. mendean hasi zen. Beraz, aro prezientifiko luze batetik iragan zen. Matematikan ez da horrelakorik gertatu. Oso atzera joan beharko genuke denboran Matematikan horrelakorik aurkitzeko. Beraz, Piagetek mekanikaren arloan bilatu zituen zientziaren historiaren eta psikogenesiaren arteko paralelismoak.

Aristotelesek sistema logiko sendo batean integratu zituen kontzeptuak, eta sistema horri garrantzi gehiago eman zion behaketari baino. Aristotelesentzat lurra da unibertsoaren zentroa, esferikoa eta mugiezina. Lurraren grabitate zentroa ez dago lurraren erdian, unibertsoaren erdian baizik. Lurrak goi eta behe absolutuak ditu, lurraren zentroa unibertsoaren zentroarekin nahasten delako. Gure antipodetan dagoen gizaki batek zerbait erortzen utziko balu, ez litzateke lurraren zentrorantz eroriko, unibertsoaren zentrorantz baizik. Espazioko izakien artean hierarkia bat dago, haien perfekzio mailaren arabera taxutua. Mundu zerutarreko gorputzek ez dute pisurik, eta abiadura iraunkorreko mugimendu zirkularrean mugitzen dira. Ilargipeko munduko gorputzak bitan banatzen dira: gorantz eta behearantz doazenak. Bi mugimendu mota bereizi zituen Aristotelesek: mugimendu naturalak eta mugimendu behartuak. Mugimendu zirkularrak eta lerrozuzenak bakarrik

dira naturalak. Munduan lau elementu simple daude: lurra, ura, airea eta sua. Gorputz simple bakoitzak mugimendu natural bat du, berari dagokion tokitik kanpora dagoenean, eta mugimendu horrek bere tokira eramaten du. Mugimendu hori erdirantz (beherantz) doa lurraren eta uraren kasuan, eta kanporantz (gorantz) airearen eta suaren kasuan. Joera natural horiengatik dira astunak lurra eta ura, eta arinak, airea eta sua. Gorputz bat elementuen nahasturaz osatua baldin badago, osagai nagusiaren mugimendua nagusituko da haren gain. Gorputz batek ezin du mugimendu simple bat baino gehiago eduki aldi berean. Horrela, horizontalki jaurtitako gorputza lehenik horizontalki mugituko da (mugimendu bortxatua), gelditu bitartean; gero, mugimendu naturala agertuko da, eta gorputza erortzen hasiko da. Aristotelesen teoriaren arabera, mugimendu batek higiarazle bat eskatzen du. Baina, mugimendu naturalak eta behartuak dauden era berean, bi higiarazle mota ere badaude. Mugimendu naturalen higiarazlea barnekoa da. Mugimendu behartuen higiarazlea, berriz, kanpoko da, eta bere joera naturalaren kontra mugitzen du gorputza. Aristotelesen zinematikan ikusten dugun eredu bera ikus dezakegu haur txikiengan ere: jaurtigailuak lehenik mugimendu horizontala egiten du, eta ondoren bertikalki erortzen da.

Aristotelesentzat absurdoa da inertziaren ideia, bere iritziz, indarra gelditzean mugimendua ere gelditu egiten delako. Mugimenduan jarraitzen duen gorputzarentzat beste higiarazle bat aurkitu behar da. Mugimendua ezinezkoa da hutsean, mugimendu naturalik ez dagoelako diferentziarik gabe, eta hutsunean diferentziarik ez dagoelako. Mugimendu behartuetan, bota dituen eskutik kanpora mugitzen dira jaurtitako objektuak, aireak bultzatuta. Hutsartean hori ez da posible.

Aristotelesen fisika ez da mugimendu mota partikularretatik abiatzen, izaera metafisikoko printzipio orokorretatik baizik. Printzipio metafisikoetan oinarritutako arrazoibide zehatzaz inferitu nahi du nola erortzen diren gorputzak. Modu horretan, ondorio okerretara helden da, eta ondorio horiek baztertzera eramango lukeen behaketa enpirikorik ez du egiten. Gauzak horrela dira, beren naturan dagoelako horrelakoak izatea, eta ezinbestez izan behar dutelako horrelakoak.

Piagetentzat (1982), Aristotelesen arrazoibidea etapa psikogenetiko jakin bati dagokio: sasi-ezinbestekotasuna nagusi den etapari. Pentsamenduaren maila garatuan, sistema batean gerta daitezkeen transformazio posibleen aktualizazioa da transformazio erreala, eta sistema horretan ezinbestekotasun logikoa agertzen dute konposizioek. Baina, hain garatua ez den pentsamendu batean, forma eta mugimendu behagarri bat forma posible bakar eta ezinbesteko moduan agertzen da. Sasi-ezinbestekotasun hori, orokorra dena eta ezinbestekoa dena ez bereiztetik, edo egitatezkoa (faktikoa) eta normatiboa dena ez bereiztetik sortzen da. Orokorra dena eta ezinbestekoa dena, egitatezkoa dena eta normatiboa dena nahastu egiten dira. Aristotelesen hutsegi-

teak ez datoz behatzen ez jakitetik edo behaketa baztertzetik, baizik esperientziaren irakurketan aurreuposatu epistemologiko okerrak erabiltzetik. Sasi-ezinbestekotasunak deformatu egiten ditu gertaerak

Philoponus-ek Aristotelesen teoria gezurtatu zuen v. mendean, baina gezurtatze hori ez zuten kontuan hartu zientzialariek, harik eta Buridan-ek Erdi Aroan bereganatu zuen arte. Teoria aristoteliarraren kontrako arrazoiak ematen ziren, esperientzian oinarrituta. Adibidez, arraunak mugitzeari utzi eta gero, korrontearen kontra ibaian mugitzen den ontzia ez du atzetik doan aireak mugitzen, aireak aurretik jotzen duelako. Buridan-entzat, higiarazleak indar mugitzaile bat («*virtus motiva*») txertatzen du objektu mugikorrean, eta indar edo *impetus* horrek eragiten du gorputza mugitzen duen indarraren norabidean. Zenbat eta azkarrago mugitu gorputza, orduan eta handiagoa da *impetus*; zenbat eta materia gehiago mugitu gorputzak, orduan eta handiagoa da *impetus*. Buridan-en *impetus*aren teoriaren arabera, horizontalki jaurtitako objektuan *impetus* da nagusi hasieran, *impetus*ak grabitateari irabazi egiten dio eta mugimendua horizontala da. *Impetus* agortzen hasten denean, pisuak irabazten dio *impetus*ari eta mugimendua beherantz kurbatzen da. *Impetus* erabat agortzean, beherantz erortzen da gorputza, grabitateak eraginda.

Piagetek ahalegin handia egin zuen fisikaren garapeneko etapan eta psikogenesiko etapan arteko egokitzapena ezartzen (Piaget eta García, 1982). Esate baterako, Buridan-en kontzeptuen eta 7-8 urteko haurren ideien artean analogia harrigarria aurkitu zuen. Analogia hori ez zuen nozioen edukietan aurkitu, haien eraikuntzarako tresnetan eta mekanismo komunetan baizik. Aro historiko batetik hurrengora eta aro psikogenetiko batetik hurrengora pasatzeko mekanismoak analogoak dira. Etapa historiko edo psikogenetiko bat gainditzean, gainditua izan dena gainditzailan integratzen da. Objektuen analisitik objektuen arteko harremanak aztertzea eta harreman horietatik egiturak aztertzea pasatzen da. Objektuen barnekoa aztertzetik objektuen artekoa aztertzea eta objektuen artekoa aztertzetik objektuetatik harantzago dagoena aztertzea darama ezagutzaren izaera konstruktibista eta dialektikoak.

xiii. mendeko zientzialariek ez zuten burutu Aristotelesena baino fisika landuagorik. Izan ere, zientzia esperimental bat sortzeko ez da nahikoa metodologia bat, honen aplikazioa zientzialariak planteatzen edo irudikatzen dituen problemei eta haren eredu esplikatzaileei loturik dagoelako. Zientzialariaren eredu esplikatzaileak konposizio sistema posibleetan kokatzen ditu errealitateko gertaerak; konposizio sistema horiek arautzen dituen ezinbestekotasuna da.

xvii. mendean bereizi egin ziren zientzia aristoteliarra eta Galileo, Descartes eta Newtonen zientzia modernoa. Galileo eta bere jarraitzaileak behaketan eta esperimentazioan oinarritzen ziren. Poliki-poliki, gorputzen bereizgarrii buruzko eztabaida gorputzen harremanei buruzko eztabaida bihurtu zen. Aristoteles eta haren jarraitzaileak gorputzen izaeraz eta izaera aldaketaz

arduratzten ziren bitartean, funtzioaren kontzeptuaz eta aldagaien arteko harreman funtzionalaz hitz egiten hasi ziren zientzialari berriak. Aurrerantzean, aldagaien harreman funtzionala izango zen mugimenduaren ibilbidea definituko zuena.

Galileo eta Descartesen iritziz, mugimendu lerrozuzen uniformearekin berez kontserbatzen da, indarraren esku hartzerik gabe. Aristotelesen sisteman behatzaileak posizio absolutua dauka espazioan, espazioan geldirik dago, espazioarekiko mugimendurik egin gabe, eta behatzen dituen mugimenduek abiapuntu eta helmuga posizio absolutuak dituzte. Galileoren arabera, subjektuak posizio erlatiboa du objektuekiko, hau da, subjektuaren mugimendua objektuek osatzen duten erreferentzia sistemaren arabera gertatzen da. Behatzailearen ekintzak gertaera osoaren zati dira, behatzailea bera ere mugimenduan dago. Erlatibitatea subjektuaren deszentratzearen agerpena da, eta deszentratzea gertatzeko operazioak elkarrekin koordinatu behar ditu subjektuak. Mugimenduaren erlatibitatearen nozioak eta nozio hori ulertzeko beharrezkoa den konposizio operatorioak elementu aldagaitz eta iraunkor bat eratzten dute: mugimendu lerrozuzen eta uniformearen kontserbazio printzipioa. Horrela, transformazio erlatiboen barnean ezinbestekotasun nozioaren koherentzia eta iraunkortasuna indartzen da. Galileok erortzen ari diren gorputzen azelerazio iraunkorra aurkitzen duenean, mugimenduen erlatibotasunaren barruan azelerazio absolutuaren ideia aurkitzen du.

Piageten iritziz, teoria zientifiko orok, Aristotelesengandik Einsteinengana, absolutu bat aurkitu nahi du erreferentzia sistema erlatiboetan zehar. Baina, absolutu hori antzaldatu egiten da teoria batetik bestera. Absolutu zahar batzuk erlatibo bihurtzen dira eta erlatibo batzuk absolutu bihurtzen dira. Mekanika erlatibistaren kasuan, espazioaren eta denboraren estimazioak erlatiboak dira. Neurgailuak ez dira neurgaietatik kanpora gelditzen. Neurtua eta neurtzailea elkarren dependentzian mugitzen dira. Subjektuaren eta objektuaren arteko kontaktu iraunkorra errearen geometrizazio bihurtzen da. Espazio fisikoa ez da edukitzaile soila, edukiarekin batzen delako. Erlatibitatearen mekanika argiaren isotropia eta inertzia mugimendua egon arren, grabitazioaren geometrizazio bat gertatzen da eta espazioaren kurbaturak dira traiektoriak determinatzen dituztenak. Materia espazioan xurgaturik gelditzen da, fisika objektuaren geometriarekin fusionatzen da. Ez dago edukitzaile eta edukirik, espazio-denboraren dimentsioak elkartzen dituen lau dimentsioko osotasun bat baizik.

Denbora, abiadura eta indarra

Aristotelesen abiaduraren ideia modu operatorioan eta kuantifikatuan landu gabe dago. Abiadura indar baten zuzeneko adierazpena da. Indarra abiadura guztien zergati da, eta ez bakarrik azelerazioarena. Operazio konkre-

tuen garaiko haurraren indarraren nozioak baditu analogiak Aristotelesen fisikarekin. Inertziaren ideia ulertezina da, mugimendu guztiek indar bat eskatzen dutelako. Aristotelesen arabera, mugimendu batek bi zergati ditu. Barne higiarazlea: mugitzen ari den ibaiko urak bere bultzada du. Kanpo higiarazlea: aireak edo urak kanpotik eragiten du. Operazio konkretuen garaiko haurrak (9-10 urte) Aristotelesen bi azalpenak ematen ditu pilota baten traiectoria azaltzeko. Operazio formalen garaian indarraren nozioak eboluzionatu egiten du, subjektua gai delako abiadurak konposatzeko eta mugimenduaren erlatibitatea atzemateko. Ingurunearen erreakzioa ezabatu egiten da eta jaurtigaiaren mugimendua emandako bultzadaren kontserbazioak azaltzen du, *impetusaren* teoriarekin analogian.

Denbora, mugimendu eta abiaduraren nozioekin gertatzen den moduan, indarraren ideia ere harremanen deszentrazio progresibo batetik ateratzen da; hasierako egozentrismotik geroagoko harreman operatorioetara eboluzionatzen du. Subjektua harremanen erdigune da eta erdigune horretan oinarritzen den heinean, errealtatea deformatu egiten du modu subjektiboan. Subjektua deszentratzen den heinean, besteekin koordinatzen den heinean, harremanen harremanak eratzen ditu, eta eragiketak objektura egokitzen dira. Nozioen iturburua ekintzan badago, harreman estua egongo da pentsamenduaren garapenaren eta teknikaren garapenaren artean. Egitura logiko-matematikoak ekintzen koordinazioei lotuak daude, eta ez ekintza espezializatuei lotuak. Beraz, tekniketatik independenteagoak dira, nozio fisiko-kimikoak baino.

Mugimendua eta abiadura denboraren nozioari loturik ikusten ditu Piagetek. Horregatik tratatu zituen hiru nozioak elkarrekin harremanean (Piaget, 1946). Denbora, mugimendua eta abiaduraren nozioak eraikitako nozioak dira, eta ez *a priori* emanak. Denbora eta espazioa sarritan elkartu izan dira epistemologikoki. Kantek sentikortasunaren forma *a priori* moduan ulertu izan ditu. Baina, bi nozio hauen arteko harremana konplexua da, espazio matematikoa eta espazio fisikoa bereizi egiten direlako. Espazio fisikoa denborari lotua dago, bata eta bestea abiadurari lotuak daudelako. Espazio matematikoa, berriz, denboratik independentea da. Espazioaren kasuan, ekintzen koordinazioa nahikoa da egituren eraikuntzarako, objektuen bereizgarriak kontuan hartu gabe. Denboraren kasuan, ekintzen koordinaziotik egindako abstrakzioa ez da nahikoa egiturak eraikitzeko; egitura hauek objektuen zenbait ezaugarri hartu behar dituzte.

Ekintzen koordinazio orokorretatik logika, zenbakia eta espazioa eratoritzen dira. Denbora, abiadura eta indarraren nozioak ekintza partikularraren esperientzia subjektiboetatik eratortzen dira: barne iraupen bat badago, abiaduraren esperientzia kinestesikoa ere bai, eta norbere giharreriaren indar sentimendua ere bai. Denborazko jarraipena gerta dadin, ekintzaren elementu abstraktuak objektuen elementu abstraktuekin harremanean jarri behar dira:

abiadura, masa eta indarraren nozioek esku hartu behar dute. Paradoxa baten aurrean aurkitzen gara, beraz, denbora objektuarekin lotzen denean, eta espazioa subjektuarekin lotzen denean. Ekintzaren analisisian oinarritutako epistemologiaren arabera, denbora, abiadura eta indarra subjektuaren jardueratik eratortzen dira zuzenki.

Ezagutza fisikoa kanpoko esperientziatik datorrela pentsatzen dutenen aurrez aurre, Piagetek zera esaten du (1950): laborategiko esperientzia baten irakurketa urrun dagoela zuzeneko datu baten konstatazio soiletik. Desplazamenduaren, abiaduraren eta iraupenaren nozioek aurretiko koordinazio eta interpretazioak eskatzen dituzte. Nozioen psikogenesiaren analisi sistematikoak erakusten duenez, ezagutza ez da aurrez prestaturik dauden harremanen konstatazioa, baizik objektua norbere jarduerara asimilatzea eta asimilazio horren arabera harremanak eraikitzea.

Ezagutza fisikoa asimilaziotik baldin badator, norbaitek pentsa dezake nozio fisiko elementalak barne esperientziatik datozela. Baina, Piageten iritziz, analisi genetikoek baztertu egiten dute barne esperientziaren enpirismoa, kanpo esperientziarena bezalaxe, eta bereizi egiten dituzte kontzientzia egozentrikoan oinarritzen den subjektibitatea eta norbere ekintzatik deszentratu eta objektura egokitzen den subjektuaren koordinazio operatorioa. Kontzeptuen genesiaren analisiak erakusten duenez: a) Subjektuak objektuen gain egindako ekintzatik edo jardueratik sortzen dira nozio fisikoak eta gertaerak jarduera horretara asimilatzen dituzte. Asimilazio hori deformatzailea da, ekintzak ez daudelako beren artean ongi koordinatuta, eta subjektuak haien kontzientzia desegokia duelako. Horregatik gertatzen da hasierako nozioen egozentrismoa. b) Ekintzak elkarrekin koordinatzen diren heinean, subjektuaren jarduera indartzen da eta asimilazioa objektuei egokitua da, ez deformatzailea. Subjektuaren jarduera handitu ahala, nozioaren objektibitatea hazi egiten da. Objektuaren gain jarduera eraginkorra egiten duen haurra deszentratu egiten da.

Beraz, Piagetentzat, ezagutza fisikoa ez dator kanpoko edo barneko esperientziatik, baizik ekintzen koordinaziotik sortutako egitura logiko-matematikoetatik eta haietara asimilatutako gertaera esperimentaletatik.

Ikuspegi neopositivistari kontra jartzen zaio Piaget, berehalako gertaerarik ez dagoela esaten duenean: gertaerarik ez dago, gertaera horiek koordinatzen dituzten loturen aurretik. Bai maila sentsomotorrean, bai ondorengo mailetan, gertaeren koordinazioak beti darama osagai logiko-matematikoren bat.

A priorietan oinarritutako interpretazioa egiten dutenen arabera, baditugu gure espirituan aurrez inskribaturiko koadro edo markoak, eta marko horietan gertaera esperimentalak kokatuko lirateke gerora. Piageten ikerketa genetikoaren arabera, nozioak eratzerakoan, koadroen eta beren edukiaren

antolamendua korrelazioan eraikitzen dira, eta koadroaren izaera edukia-
ren antolamenduan oinarritzen da. Horrela, ekintzaren koordinazio oroko-
rrak ez dira egituratzen, ekintza espezializatueta edo fisikoetan ez bada.

Analisi genetikoaren arabera, hasierako ezagutza fisikoak ekintza isola-
tuetatik sortzen dira, objektua bere kanpoko itxuraren arabera hautematen
da, eta subjektuak modu egozentrikoan hautematen du objektua, unean
uneko jardueraren arabera. Ezagutza fisikoa aurreratu ahala, ekintzak beren
artean koordinatzen dira eta multzoko sistemaren transformazio moduan
ulertzen dira. Ekintza horien konposizioak izaera itzulgarria lortzen duenean
eskuratzen da ekintzen arteko koordinazioaren oreka, eta horrek ematen
die operazio maila. Konposizio horri esker subjektua askatu egiten da bere
ikuspegi egozentrikotik, bere ekintza bakoitza sistema baten barnean koka-
tzen duelako. Ekintza koordinatuak gainditu egiten du objektuaren gain
egiten den ekintza, eragiketen eskema formalizatueta barneratzen edo is-
latzen duenean.

Denborari buruzko intuizioaren genesiari dagokionez, Poincaré-ren
ideia dakar Piagetek (1950): guk ez dugu aldiberekotasunaren intuiziorik.
Nozio hori lortzeko beste kontzeptu fisiko batzuk behar dira. Denboraren
eta espazioaren arteko harremani dagokienez, abiaduraren nozioa denbo-
raren aurretikoa ala ondorengoa den aztertu behar da. Ekintza mugimen-
duen koordinazioaren emaitza da, eta mugimendu horiek jarraipen eta erri-
mo bat dute; ekintzetan loturik ikusten ditugu denbora, abiadura eta
koordinazio espaziala. Abiaduraren intuizioa denboraren intuizioaren aurre-
tikoa da (zinematika erlatibista) ala iraupenaren intuizioa da abiaduraren
intuizioaren aurretikoa (zinematika klasikoa)? Denbora abiaduraren menpe
jartzea ados dator psikogenesiarekin. Espazioaren eta denboraren nozioak
bereizi gabe daude psikogenesiaren hasieran. Denboraren nozioa abiadura-
ren nozioaren bereizkuntza bidez lortzen da. Maila sentsomotorrean den-
borazko ordena bereizi gabe dago oraindik espazioko jarraipenaren ordena-
tik. Denboran zehar gertatzen diren gertaeren jarraipena eta haien arteko
tarteak nahastu egiten dira espazioan zeharkatzen diren puntuekin eta
puntu horien arteko distantziekin. Mugimendu batek A, B, C, D puntueta-
tik pasatu behar badu, haurrak esango du C puntutik geroago pasatu dela
B puntutik baino, eta denbora gehiago behar izan dela AC distantzia egite-
ko, AB distantzia egiteko baino, eta horretan zuzen dago. Mugimendu be-
rari lotutako bi gertaeren jarraipen ordenari edo haiek bereizten dituzten
interbaloen iraupenari dagokionez zailtasunik ez du agertzen haurrak, den-
bora ordena eta espazioko jarraipen ordena bat datozelako, eta korritutako
espazioaren luzeran neurtzen delako iraupena. Baina, norabide bereko bi
mugimendu paralelo ditugunean, abiapuntu berarekin, abiatzeko unearen
eta heltzeko unearen aldiberekotasunarekin, baina abiadura ezberdinare-
kin, egoera aldatu egiten da. Kasu horretan, abiapuntu eta helmugaren ar-
teko iraupen berdintasuna eta heltzeko unearen aldiberekotasuna ukatzen

dira. Denboraren eta espazioaren nozioek bereizi gabe jarraitzen dute. Subjektua abiadura ezberdineko bi mugimenduetako bakoitzaren denboraren ikuspegian jartzen da eta ez ditu abiadura horiek denbora komun bakar baten bidez lotzen. Mugimendu bakoitzak bere denbora lokala edo berezia balu bezala jokatzeko du haurrak. Haurraren denbora mugimenduaren barneko denbora da, eta espazioan egiten dituen posizio aldaketei loturik dago. «Denbora berean» espresioak zentzurik ez du beretzat, mugimendu ezberdinentzat denbora komunik edo homogeneorik ez dagoelako. Denborazko ordenarik ez da egongo, ordena edo segida espazialari loturik jarraitzen duen bitartean. Pentsamendu intuitiboaren garaian ere bereizi gabe jarraitzen dute harreman tenporalek eta espazialek.

Sei urte inguruko haurrak onartzen du A eta B gorputz mugikorrek denbora berean irten eta heltzen direla, baina, bere iritziz, bietako batek «denbora gehiago egin du ibilian,» «urrunago joan delako.» Denbora espaziotik bereizten hasia dago, haurrek onartzen dutelako abiadura ezberdineko gorputz mugikorrek une berean heldu direla helduera puntu ezberdinetara. Baina, denborazko koordinazio hau helmugari bakarrik dagokio, eta ez da orokortzen ibilbidearen une eta puntu guztietara. Irteerak eta helduerak aldi berean gertatzen direla onartzen dute haurrek, interbaloak eta tarteko iraupena berdindu gabe. Abiadura ere ez dute haurrek denboraren eta korritutako espazioaren erlazio moduan ulertzen, mugitzen diren gorputzen ordena espazial moduan eta objektu batek bestea gainditzearen intuizio moduan baizik. Haurrek ez dute ikusten iraupena abiadurarekiko alderantziz proportzionala denik, gorputz mugikor bat azkarrago badoa, denbora gehiago hartuko duela pentsatzen baitute. Eskolatik etxera badoa, azkar joanda poliki joanda baino denbora gehiago hartuko duela pentsatzen du. «Denbora gehiago» esatean, espazio gehiago korritu duela edo lan gehiago egin duela esan nahi du. Beraz, egindako lana izango da denbora fisikoaren eta iraupen psikologikoaren irizpidea. Denboraren nozioa egozentrikoa da, norbere jarduerari lotua dagoelako.

Denboraren nozioa mugimenduen antolamendutik dator, eta koordinazio espazialen arabera eraikitzen da. Baina, espaziotik bereizi egiten da abiadura agertzen denean, hau da, subjektuaren jarduera espezializatua eta objektuaren erresistentzia erlazionatzen direnean. Denboraren intuizio elementaletik denbora homogeneoaren noziora pasatzeko, abiaduren koordinazioa burutu beharko du. Haurrak desplazamendua eta abiadura bereizten ditu mugimenduaren barnean; abiadurak bereizten ditu desplazamendu berdinak. Abiaduren koordinazioak bereizten du denbora ordena jarraitasun espazialeko ordenatik eta korritutako bideen iraupenetik. Denbora mekanikoaren arabera, traiektoria baten jarraipena elkarren ondoan jarritako uneei osatzen dute, baina ez dago denboraren zentzurik. Denbora psikologikoaren arabera, berriz, oroimenari esker, zentzu bakarra hartzen du denborak.

Aro preoperazionalako intuizioaren arabera, iraupen psikologikoak ilusio batzuk eragiten ditu: lan aspergarrian ematen den orduak batek luzeagoa dirudi lan azkarreko orduak baino, introspektzioaren mailan denbora eta abiadura alderantziz proportzionalak direlako. Oroimenaren arloan, ordea, denbora luzeagoztat jotzen da lan asko egiten denean.

Adinaren nozioari dagokionez, adina tamaina fisikoari loturik dago. Gauza handiak zaharragoak dira. Handitzeari uzten dionak zahartzeari ere utzi egiten dio. Adinak ez dauka erlaziorik jaiotza datarekin. Nahiz eta pertsona bat lehenago jaioa izan, txikiagoa baldin bada, gazteagoa izango da.

Ikuspegi genetikotik, abiadura ezberdineko mugimenduen koordinazioa da denbora. Baina, haurrak mugimenduak lortutako azken puntuari begira ebaluatzen ditu mugimendua eta abiadura, bide luzeagoa edo laburragoa egin duen eta denboraren eta distantziaren arteko harremanari begiratu gabe. Haurra ez da gai bi mugimendu denborazko marko komun batean koordinatzeko. Abiaduraren intuizioa ordenaren nozioan eta gainditzearen intuizioan oinarritzen da: bi gorputz mugikorretatik azkarrena bestea gainditzen duena da. Aldi berean gertatzen diren mugimenduak zirkulu kontzentrikoetan gertatzen direnean, abiadurak berdinak direla esango du haurrak, nahiz eta zirkulu handikoa azkarragoa izan. Haurrak mugimenduaz eta abiaduraz dituen nozioak gutxi garatuak dira eta balio handirik ez dute operazio mailako denboraren nozioa eraikitzeko. Garbi dagoena da, mugimenduaren, abiaduraren eta denboraren nozioak garai bertsuan garatzen direla.

Egin dezagun kontu, abiadura uniformean mugitzen diren objektuak bere ondotik pasatzean kontaktu behar dituela behatzaile batek, denbora tarte batean, geldi dagoenean edo objektuen zentzu berean mugitzen denean. Erantzun zuzena emateko, abiadura erlatiboak konposatu beharko ditu. Zortzi urte ingurura arte, bere ondotik pasatzen diren objektu mugikorren kopurua antzekoa dela esango du behatzaileak, bera mugitu ala ez mugitu. 11 urte inguruan deduzituko du erantzun zuzena, errealitatean esperimintatu gabe. Operazio formalen garaian heltzen da, beraz, haurra abiadura erlatiboak konposatzera. Ohol bat Atik Bra mugitzen da abiadura batean. Oholaren gainean barraskiloa mugitzen da abiadura berean. 11-12 urteko haurrak esango du barraskiloak 2 AB korritzen dituela, oholaren zentzu berean mugitzen bada; eta toki berean mantentzen dela, oholaren kontrako zentzuan badoa. Mugimenduaren erlatibitatea aurkitzen du subjektuak.

Michelson eta Morley-ren neurketez gero, argiaren abiadura iraunkorra eta behatzaileen mugimenduetatik independentea dela pentsatzen da. Iraupena, berriz, dilatatu egiten da behatzailearen sistemak daraman abiaduraren arabera. Abiadura maximo bat baldin badago, iraunkorra dena, edozein dela hura neurtzeko erabiltzen den ikuspegia, distantziarako aldiberekotasuna behatzailearen sistemaren abiadurarekiko erlatiboa izango da. Aldiberekotasunaren nozioa mugimenduen eta abiaduren funtzioan eraikitzen da, beraz.

Zientzia eta psikogenesia

Asimilazio prozesuan bere ezagutza egituretara egokitzen ditu subjektuak errealtateko elementuak. Alde batetik, egiturak eraiki eta transformatzen ditu. Beste aldetik, subjektuak objektuetan ere zentratu behar du. Hala ere, ez dago objektuaren hautemate edo esperientzia pururik. Esperientzia irakurtzeko ezagutza tresnak aplikatu behar dira. Objektuaren eta ezagutza tresnen arteko bitartekotza ekintzaren bidez egiten da. Baina ekintza ez dute barnebulkadek bakarrik determinatzen; esanahi bereziak ematen dizkieten testuinguru sozialetan gertatzen da ekintza. XVII. mendeko iraultza zientifikoa ez zen zehaztasun metodologikoan edo behaketa tresnen aurrerapenean oinarritu, zientzian aztertu behar ziren problemen formulazio berrian baizik. Arazo klasikoei erantzun berriak ematen baino gehiago galdera berriak aurkitzen saiatu ziren, eta marko epistemikoaren aldaketa moduan ulertu zuten iraultza zientifikoa. Piageten *marko epistemikoa* (1982) Thomas Kuhn-en *paradigmaren* kidekoa litzateke.

Garai bakoitzak bere paradigma du Kuhn-entzat (1962). Paradigmak zehazten ditu ikerketan jarraitu beharreko ideal, eredu eta irizpideak. Baina, ezagutza zientifikoaren aurrerapena ez da modu arrazional soilean, barnetik sortzen diren arazoei aurre eginez bakarrik egiten, inguruko gizarteak ematen dituen bultzaden arabera ere bai baizik. Energia nuklearraren ikerketan hainbeste ahalegin egin izana ez da epistemologia soiletik azaltzen, aplikazio praktikoaren interesengatik ere bai baizik. Kontzeptu edo ideia batzuei izaera «zientifikoa» emango zaie, komunitate zientifikoaren adostasuna lortzen bada.

Nola eragiten dute talde sozial baten ikusmoldeek pertsona baten garapen kognitiboan? Ezagutza-tresna multzo batekin aurre egiten dio subjektuak esperientziari. Tresna horiei esker interpretatzen ditu datuak subjektuak. Nera-bezarora ezker, tresna horiez gain mundu-ikuskerak ere badu gaztetxoak, esperientzia asimilatzea errazten dion mundu-ikuskerak. Talde sozialak ez ditu mundu-ikuskerak, marko epistemikoa edo paradigma inposatzen. Talde horretako kideek onartu egiten dute paradigma, hizkuntza bezala.

Mundu-ikuskerak maila ezberdinetan eragiten du. Zentzu honetan, Piagetek (1982) Aristotelesen eta txinatarren mundu-ikuskerak eta haien eragina alderatzen ditu. Aristotelesek ez zuen inertziaren printzipiorik formulatu, absurdotzat zeukalako indar batek sortzen ez duen mugimendu iraunkorren ideia. Aristotelesek pentsatzen zuen mundua egonkorra dela, eta beraiei dagokien lekuan dauden izadiko objektuen egoera naturala egoera estatikoa dela. Objektuaren gain egindako bortxaz sortzen dela mugimendua, hau da, mugimendua indar batek sortzen duela pentsatzen zuen. Indarra desageritzean, objektua gelditu egiten da; inertziaren printzipioa ulertezina gertatzen zitzaion.

Baina Aristotelesentzat absurdoa zena zalantzagabea zen txinatarrentzat. K. a. v. mendean txinatarrek pentsatzen zuten «mugimendu bat gelditzeko kontrako indar bat behar dela.» Kontrako indarrak ezean, mugimendua ez litzatekeela inoiz geldituko pentsatzen zuten. Txinatarrentzat etengabeko aldaketan dago mundua. Etengabeko jarioa da unibertso guzuen egoera naturala. Azalpena behar duena ez da mugimendua, mugimendu aldaketa edo egoera estatikoa baizik. Mugimendua aldatzeko edo gerarazteko esku-hartzen du indarrak. Objektu bati indarrak egiten ez bazaio, mugitzen jarraituko du.

Bi mundu-ikuskera ezberdin horiek azalpen fisiko ezberdinetara eramaten dute. Bi azalpen sistemen arteko aldea ez da metodologikoa; marko epistemiko ezberdina edukitzetik dator aldea. Batzuentzat absurdoa dena besteentzat agerikoa da, marko epistemiko ezberdinetik ari direlako. Hain zuzen ere, XVII. mendeko iraultza zientifikoa marko edo paradigma epistemikoaren aldaketari zor zaio.

Piagetentzat aro historiko eta gizarte bakoitzean marko epistemiko bat da nagusi. Paradigma sozialak eta paradigma epistemikoak osatzen dute marko epistemikoa. Marko epistemikoaren eraginaren beste adibide bat ere ematen du Piagetek (1982). Txinako sofistak eta Greziakoak egoera sozial konkretu batean sortu ziren, hain zuzen ere, zibilizazioa gailurrera igo eta gero, porrot militar eta politikoaren ondorenez, gizartearen gainbehera hasi zenean eta marko epistemikoa kolokan jarri zenean. Txinan sistema feudala behera etorri zenean agertu ziren sofistak. Iraganeko erakundeek beren autoritatea galdu zutenean, eta garai berriko erakundeak oraindik formulatu gabe zutenean, marko epistemikoa zalantzan jarri eta ziurgabetasuna nagusi zenean agertu ziren sofistak Txinan. Eta Grezian ere beste horrenbeste gertatu zen: mediar gerren ondoren, gizartearen oinarriko erakundeak, tradizioak, sinesteak eta marko epistemikoa erortzearekin batera sortu ziren sofistak.

Paradigmen aldaketei dagokienez, Kuhn-ek (1962) eta Popper-ek (1967) jarrera ezberdinak dituzte. Kuhn-en iritziz, teoria asko baztertu izan dira, egiaztatuak izan baino lehen. Eta beste teoria askok jarraitu egin dute, haien baieztapen asko esperientziak gezurtatuta gero ere. Kuhn-ek ez du uste garapen zientifikoa jarraipenik dagoenik eta paradigma ezberdinen artean aukera egiteko irizpide garbirik dagoenik. Paradigmak neurtezinak dira. Elkarte zientifikoaren praktikako joko-arauetan oinarrituta salbatu nahi luke arrazionaltasuna Kuhn-ek, baina ez ditu aldaketa zientifikoaren mekanismoak eta irizpideak zehazten. Popper-en iritziz, berriz, badira irizpide ongi zehaztuak, elkarren kontra dauden teoriaren artean aukera egiteko; zientziaren arloan esan dezakegu, gaur atzo baino gehiago dakigula.

Feyerabend-ek (1970) azken ondorioetara eraman du Kuhn-en ikuskera: esperientziak ezin du teoria gezurtatu eta teoria ezberdinak ezin dira elkarren artean alderatu. Paradigma baten nagusitasun osorik ez dago. Aro bakoitzean zenbait teoria aurkitzen dira elkarrekin kontraesanean, eta zientzialariek ko-

menientiaren arabera erabiltzen dute teoria bat edo bestea. Feyerabend-en anarkismo epistemologikoak ezabatu egiten ditu «razionalaren» eta «irrazionalaren» edo «objektibo» eta «subjektiboaren» arteko mugak.

Piageten iritzian (1982), Popper-en jarraitzailea den Lakatosek (1978) Kuhn-en ondorio irrazionaletatik eta Feyerabend-en anarkismo epistemologikotik babestu nahi du zientziaren teoria. Zientzien dinamikaren analisisa elkarrekin erlacionatutako teorien sekuentziaren ikuspegitik aztertzen du, eta ikerketa programak proposatzen ditu Kuhn-en paradigmatik ordezkatzeko.

Kuhn-ek Popper-en faltsazionismoari egiten dion kritika zuzena da neurri batean Lakatosentzat. Ez dago teoria bat zalantzan jar dezakeen esperimentu erabakigarriarik. Gertaera bat gezurtatzeak bigarren mailako hipotesiak ukitzen ditu, baina ez marko epistemikoaren printzipio zentralak. Horregatik, faltsazionismo sofistikatua proposatzen du Lakatosek. Faltsazionismo horren arabera, teoria sail bat edo ikerketa programa bat ebaluatu behar da. Teoria bat gezurtatzen duena ez da esperientzia bat, beste teoria bat baizik.

Kuhn-ek eta Feyerabend-ek zientziaren garapen historikoa nola gertatu den agertzen dute, metodologia deskriptibo batez. Popper eta Lakatosek metodologia arau-emailea darabilte, zientzia eta sasi-zientzia bereizten dituzte, eta portaera zientifikoa gidatzen duten arauak zehazten dituzte.

Piageten helburua zientzialarien artean adostasuna aurkitzea da. Ezagutza sistemaren jarraitasuna jartzen du abiapuntuan: ezagutza sistemaren jarraitasuna haurrarendik helduarengana eta helduarengandik zientzialariarengana. Piagetek adostasun handiak aurkitzen ditu haurren ikusmolde fisikoen eta Aristotelesen edo Erdi Aroko fisikarien teorien artean. Egungo zientziaren teoriak ihes egiten diote haurren abstrakzio mailari, baina antzeko mekanismoak dituzte. Asimilazioari eta egokitzapenari lotutako faktore funtzionalak dira haurrengana eta zientzialariengan aurkitzen ditugunak. Lehengo egituretara asimilatzen da berria dena eta egitura zaharrak ezagutzaren objektu berrietara egokitzen dira. Alderdi funtzionalak ematen die egonkortasuna egitura eskuratuari. Berregituraketak ez dira hutsean egiten diren jauziak, barne-logika bat jarraitzen dute. Piageten iritziz, Popper-ek eta Lakatos-ek albora uzten dute arazo epistemologikoa. Ez dute esaten nola egin behar den beheko mailako teoria batetik goragoko mailako teoria baterako urratsa. Ezagutza ez dute enpirismoan oinarritu nahi, baina ez dute bereizten enpirismoa ezagutzaren jatorria azaltzeko erabiltzearen eta baieztapen epistemologikoei oinarri enpirikoa emateko erabiltzearen artean. Lakatosen kezka hau da: zertan oinarritu teoria bat bestea baino maila garaiegokoa dela jakiteko. Kuhn-ek, berriz, ez du enpirikoki aztertu haurrek nola ikasten duten. Piageten iritziz, epistemologia genetikokoak garbi erakutsi du haurrek ez dutela ikasten Kuhn-ek dioen moduan.

Ezagutzaren garapena ulertzeko zientziaren aurreko mailaren eta zientzia mailaren arteko jarraipena onartu behar da (Piaget eta García, 1982). Pentsa-

menu zientifikoaren azterketarako, beharrezkoa da zientzia aurreko mailetako egituraketa inkontzientek kontuan hartzea. Ezagutzaren iturburua ekintzen mailan aurkitu behar da.

Logikaren epistemologiaz

Egitura logiko elementalen genesiari buruzko liburuan (Piaget eta Inhelder, 1959) haurrak objektuak nola sailkatzen dituen, klaseen eta azpiklaseen arteko harremanak nola ulertzen dituen ikertzen du Piagetek. Bi urtetik 5erainoko haurrak ez ditu objektuak klaseen eta azpiklaseen hierarkia batean antolatzen, irudizko bildumatan baizik. Benetako klase logikorik ez du eraten haurrak. Klase logiko batekoa izateko behar diren kalitateen batura (edukiera) eta kalitate horiek dituzten objektu guztien batura (hedapena) ez ditu bereizten. Aro preoperazionalako haurrak badaki objektuen kidetasunak ikusten eta kideko objektuak multzotan biltzen, baina konfigurazio faktoreek kutsatu gabeko taldeka-zeak egiten ikasi behar du, bereizgarrien kidetasunetan bakarrik oinarrituta.

5-6 urtetik 8 urtera bitarteko haurrengan, irudizko bildumen ordeztarriaren kidetasunean bakarrik oinarritutako bildumak agertzen dira. Objektu guztiak talde batean edo bestean integratzen saiatzen dira. Baina, oraindik falta zaie klase baten eta bere azpiklaseen arteko besarkadura harremana bere buruan iraunkorki mantentzeko gaitasuna. Klase baten barnean egotea klasearen berdina izatearen sinonimoa ez dela ez du ulertzen haurrak, klase hierarkia ez duelako menderatzen. Sailkapen operazional logiko bat egin ahal izateko besarkadura harremana menperatu egin behar du haurrak. A azpiklasea B klasearen barnean dagoela, baina ez duela B agortzen ikusi behar du; beraz, $A = B - A'$ onartu behar du. Klasearen konprehensioa eta hedadura koordinatu behar ditu.

Logika eta matematika subjektuaren kontzientzia eta antolamendu mentalaren alaketak behatzeko eredu moduan erabiltzen ditu Piagetek. Ez du sistema deduktiborik edo inferentzia araurik eraiki nahi izan. Bere logika ez da erabat formala; ulertzearen logika da. Formalizazio prozeduraren eta pentsamendu naturalaren arteko harremanak aztertzen ditu Piagetek. Pentsamendu naturalak aurrean dituen objektuei begiratzen dien artean, formalizazio-pentsamendua pentsamendu naturalaren joera espontaneoaren kontrako zentzuan orientatzen da, baieztapenak egiteko ezinbesteko eta behar beste baldintzak aztertzen ditu. Egituren eraikuntza progresiboari dagokionez, formak edukietatik bereizi eta abstrakzio erreflexiboaren bidez forma berriak lantzean datza eraikuntza. Abstrakzio erreflexiboaren prozesuan oinarritzen da axiomatizazioa eta hark gero eta maniobra askatasun gehiago eranstendio. Hasieran intuitiboak eta agerikoak izango dira axiomak (geometria euklidiarra), baina gero teoriak ez dira intuitiboak (geometria ez euklidiarrak).

Formalizazioak askatasuna hartzen du, axiomak ez ditu pentsamendu naturalatik bakarrik hartzen, formalizazioan gertatzen den konbinatoriak pentsamendu naturalaren mugak gainditu egiten ditu, eta erreala dena izan daitekeenaren kasu bat gehiago bezala tratatzen du.

Objektuen ezagutzaren axiomatizazioa da logika, objektuen forma eta harremanetatik egiten den abstrakzioa. Objektu fisikoa denboran kokatzen da eta etengabe aldatzen doa. Baina, identitateaz, kontraesanik ezaz edo hirugarren baztertuaz hitz egitean, subjektua ez da objektu materialez ari, objektuen gain egindako ekintzez baizik. Ekintza hauek subjektuaren operazioak irudikatzen dituzte. Ekintzen eskemak koordinatzen ditu logikak. Ezagutza guztiak esperientziatik abiatzen diren arren, bereizi egin behar dira objektuetatik abstrakzioak ateratzen dituzten esperientzia fisikoak eta ekintzen koordinaziotik abstrakzioak ateratzen dituzten esperientzia logiko-matematikoak.

Piagetentzat logika ez da hizkuntzaren axiomatizazioa edo pentsamendu naturalaren formalizazioa. Subjektuak kontzienteki esaten edo pentsatzen duenaren egiturak berreraikitzea baino areago, eragiketen bidez arazoak ebazterakoan subjektuak egiten dakienaren egiturak berreraikitzea da. Aristotelesen logika izango litzateke egitura naturalen eta berregituraketa formalizatzailearen iraganbidearen adibidea. Logika izan liteke egitura operatorio naturalen formalizazio, baina axiomatizazio horretatik pentsamendu espezializatua, askea eta emankorra eratortzen da.

Forma eta edukiaren nozioak erlatiboak dira Piagetentzat. Egitura formak ez du autonomia osorik eskuratzen. Egitura sentsomotorrak formak dira koordinatzen dituzten mugimendu sinpleei dagokienez, baina edukiak dira hurrengo mailako ekintza barneratu eta kontzeptualizatupei dagokienez. Aritmetika elementala ere forma da eta klaseen nahiz harremanen logika biltzen du eduki moduan, baina bera ere eduki bihurtzen da aritmetika transfinituaren baitan. Forma bat beti izaten da mugatua, eta beste forma zabalago baten barnean integratuta lortzen du kontsistentzia.

Matematikaren epistemologia

Piagetek zenbakiaren nozioaren psikogenesia aztertzen duenean (Piaget eta García, 1982), klase erlazioaren eta erlazio asimetrikoaren sintesi moduan ikusten du zenbakia. Zenbaki kardinalak berdinak balira bezala eta klase berrekoak balira bezala tratatzen dituzte objektu guztiak. Baina horrek ez du esanahi klase soilak direnik, zentzu batean behintzat ezberdinak bezala tratatzen direlako objektu horiek. Balore kardinala aurkitzeko, ordenatu egin behar dira objektuak, lehenik bat eta gero bestea kontatzeko. Ordenatze hau ez dago klasearekin erlazionatua, harreman erlazioekin baizik. Objektuek serie

bat osatzen dute eta erlazio asimetrikoak dituzte. Asimetria ez dago ezaugarri fisiko batean, posizio ordinalean baizik. Piagetentzat harreman estuan gartzen dira klaseen, harremanen eta zenbakien nozioak.

Klaseen hedaduraren alderdiak ezagutzeko, aurrez zenbakien arloko «bartzuk», «batere ez», «denak» nozioak ezagutu behar dira. Baina, alderantziz ere, zenbakia eragiketen mailan ulertzeak klaseak eta harremanak ere eragiketen mailan ulertzea eskatzen du. Seriaketetan eta sailkapenetan operazio itzulgarriak egiteko gai den haurrak bakarrik ulertuko du zenbakien nozioa. Ordena batean kontatuta 10 harri baldin baditugu, beste ordena batean kontatuta ere 10 harri ditugula ikustean, elementuak kontatzeko ordena ezberdinak antzekoak direla deduzitzen da; dedukzio hori seriaketa logikoaren edo ordenatzearen itzulgarritasunean oinarritzen da. Pentsamenduaren aro intuitiboan edo preoperazionalen esperientzia beharrezkoa da gertaera aritmetikoak aurkitzeko eta egiaztatzeko, baina aro operazionalen dedukzioa nahikoa da horretarako. Zenbakiaren nozioa eraikitzeke objektuen gain esperimendu baina gehiago, objektuak bitarteko bat dira ekintzarako, eta ekintzen koordinazio bidez eraikitzen da nozioa. Objektu berezia ez da interesatzen. Edozein objektuk balio dezake. 10 harri kontatzen ditugunean, objektuak eskema operatoriora asimilatzen dira, eta eskema operatorioa edozein objektutara (harriak, kanikak...) egokitzen da. Baina, eskeman ez dago ezer objektutik abstraitua izan denik. Zenbakiaren eskema sailkatzera eta ordenatzera mugatzen da. Operazio konkretuen maila gaintu eta operazio formalen mailara igarotzean, 11-12 urteko haurrak kontatzeko mugagabeko gaitasuna lortzen du; hautematearen mugetatik harantzago, zenbakiaren eraikuntza mugagabe luza liteke, zenbaki negatiboak eta irudimenezkoak asma daitezke. Edozein modutan ere, zenbakiak errealitateara egokitzen dira.

Matematikaren eta errealitatearen arteko harremanari dagokionez, errealitatean dagoen guztia matematizagarria dela dirudi. Aplikazio asmorik gabe deduktiboki eraiki diren egitura operatorioak geroago aurkitu diren gertaera fisikoaren azalpenerako tresna moduan erabili izan dira. Adibidez, erlatibitatearen teoria eta fisika nuklearra. Matematikaren eta errealitatearen arteko egokitzen hori ez da gertatzen, zenbakiak buruan sortu eta errealitateari ezartzen zaizkion egiturak direlako edo errealitateak gogamenean egiten duen presioagatik, eraikuntza mekanismoak organismoan sustraituak daudelako baizik. Ikerketa genetikoaren arabera, egitura elementalak ekintzen koordinazio orokorretatik eratorritzen dira, eta hauek nerbioen koordinazioetatik. Subjektuaren eragiketen eta objektuaren egituren arteko lotura organismoaren barruan aurkitu behar da, dedukzioen eta kanpoko esperientzia bidez konfirmatua izan aurretik. Mundu fisikoaren forma materialen eta subjektuak eraikitako forma denbora gabeen arteko konbergentzia dago errealitatearen ulergarritasunaren oinarrian.

Piagetentzat, matematikan gertatzen diren berritasun etengabeak ez dira benetako berrikuntzak, ez dira ez zeuden errealitateak edo asmakizunak. As-

makizunak askatasun tarte bat suposatzen du, eta egitura matematiko berri bakoitza bere ezinbestekotasunak bereizten du, ezinbesteko eraikuntza da.

Eraikitako egituren ezinbestekotasun eta zorrotzasunari dagokionez, arrazoiaren lana identifikazio prozesura mugatzen du Piagetek. Matematikak zerbait berria sortzen duen neurrian, erreala denari kentzen dio eta irrazional bihurtzen da. Proporzio alderantzikatua egongo litzateke matematikan emankortasunaren eta zorrotzasunaren edo zehaztasunaren artean. Matematikaren bereizgarri diren tautologiek zorrotzasun handiena eta berritasun txikiena ekartzen dute. Piagetentzat, ordea, emankortasuna eta ezinbestekotasuna batera doaz. Egituren biderkaketak emankortasuna ziurtatzen du; barne edo kanpo konposizioaren legeek ezinbestekotasuna ziurtatzen dute.

Esperientzian oinarritutako teoriak ez bezala, egitura logiko-matematikoek ez dituzte beren aurretiko egiturak zalantzan jartzen, baizik azpiegitura moduan integratu eta gainditu egiten dituzte. Esperientzia fisikoak objektuaren bereizgarrietatik ateratzen du informazioa. Esperientzia logiko-matematikoa subjektuak objektuekin egiten dituen jardueretara (elkarketak, ordena) mugatzen da. Ekintzak eragiketetan barneratzen dituzenez, sinbolikoki eta deduktiboki egin daitezke. Esperientzia fisikoak ezin du gezurtatu esperientzia logiko-matematikoa, ekintzen eta eragiketen bereizgarrietara mugatzen delako, eta ez objektuetara. Aipamen berezia egiten du Piagetek operazio espazialei buruz, subjektuaren egituretatik (abstrakzio erreflexiboa) eta esperientzietatik (abstrakzio fisikoa) ateratzen baitira, objektuek berek ere geometria bat dutelako.

Espazioaren eta geometriaren epistemologia

Haurraren espazioaren ikuskerari buruzko liburuan (Piaget eta Inhelder, 1956), haurrak kontzeptu topologikoak, proiektiboak eta euklidiarrak nola eraikitzen dituen aztertu du Piagetek. Haurraren geometriari buruzko ikusmoldeen liburuan (Piaget, Inhelder eta Szeminska, 1960), berriz, haurraren kontzeptu euklidiarrak (luzera, azalera eta bolumenaren neurketa) aztertzen jarraitu du. Espazioko objektuekin egindako ekintzen koordinazio eta antolamenduaren bidez eraikitzen dira haurraren espazioaren errepresentazioak.

Logika eta zenbakiak subjektuaren ekintzen koordinaziotik ateratzen dira, eta ez dira objektuetatik abstraitzen. Ezagutza fisikoa, berriz, objektuekin egiten diren ekintza berezietatik dator: bultzatu, azeleratu, frenatu...; objektuetatik abstraitzen ditu elementuak. Espazioa eraikitzen duten ekintza eta operazioak ere ekintzen koordinazio orokorretatik datoz, operazio logiko-matematikoak bezala. Baina, espazioan elementuak modu jarraituan elkar-tzen dira; zenbakietan, berriz, modu ez-jarraituan. Harreman espazialean garrantzitsuak dira auzokotasun eta hurbiltasun harremanak; harreman logiko

eta zenbakizkoetan unitate ezberdinen arteko kidetasunak eta diferentziak dira garrantzitsuak. Espazio matematikoa subjektuaren ekintzen koordinazioz atera da. Espazio fisikoa, berriz, ezaugarri bereziak dituzten objektuekin edukitako esperientziatik sortua da.

Matematikak espazioaren nozioak tratatzeko ordena historiko bat jarraitu du: lehenik geometria euklidiarra (angeluak, distantzia, paralelismoa), ondoren geometria proiektiboa (lerrozuntasuna) eta, azkenik, geometria topologikoa (hurbiltasuna, jarraipena, itxiera, ordena) landu ditu. Espazioko nozioen ordena logikoa ezberdina da: oinarrian geometria topologikoa dago eta haren kasu berezi moduan lantzen dira geometria proiektiboa eta euklidiarra. Piageten azterketa psikogenetikoaren arabera (1950), espazioaren nozioen agerpenak ordena logikoa jarraitzen du, historikoa baino gehiago: haurrak 7 urte inguru dituenean finkatzen dira operazio topologikoak, eta 10 urte inguru dituenean, operazio proiektibo eta euklidiarrak. 3-4 urterekin haurrak bereiz ditzake irudi itxiak eta irekiak, baina beranduago lortzen du irudi lerrozuzenak eta kurbatsuak bereizteko gaitasuna. Ikuspegiaren nozioa eskuratu arte, hots, 7 urte ingurura arte ez dute haurrek makilatxoak lerro zuzenean jartzeko gaitasuna lortuko. Okertutako ontzi bateko uraren maila ez dute haurrek ongi marraztuko 9 urte bitartean.

Euklidesen *Geometriaren hastapenak* izan da matematikaren historiako lehen axiomatizazioa. Bestalde, Deskartesek markatzen du Aro Modernoaren hasiera matematikaren historian, *Metodoaren diskurtsoaren* hirugarren eranskinean (1637) geometria algebrara biltzen duenean. Newton-en *Principia* idazlanean (1687) bultzada harrigarria hartuko du geometria analitikoak. Geometria arrunta sintesian oinarritzen da, forma errealean gain arrazoitzen du, eta irudimenez edo objektu konkretuetan irudika ezin daitekeen ondorioz ez du ateratzen. Geometria analitikoak bitarteko orokorrak eta uniformeak erabiltzen ditu arazoak ebazteko; formula bakar batez agertzen ditu kurben talde osoen bereizgarri orokorrak. Algebrak zeinu abstraktuak erabiltzen ditu orokortasuna lortzeko, baina ez da orokortasuna lortzeko bide bakarra. Zenbaki balioen eta balio absolutuen abstrakzioa eginez, balio indeterminatuei buruz arrazoitzen denean, hots, arrazoibide implizitua erabiltzen denean, orokortasuna lor daiteke; horrela, Poncelet eta Chasles geometriako metodoen bidez arrazoibide implizitua erabiltzen saiatu dira, irudiaren abstrakzioa eginez, eta geometria analitikoak lortzen duen orokortasun maila berberera heltzen. Poncelet eta Chaslesek transformazio sistemak txertatu dituzte geometriaren eta irudien ezaugarri proiektiboak aztertu dituzte, geometria proiektiboak algebrak lortzen duen orokortasun maila bera lor dezan. Euklides eta Pascal-en geometria XIX. mendeko geometriatik bereizten duena, algebratik pasatu gabe transformazio geometrikoak egin ahal izatea da.

Zientzien historiako aroak eta aro psikogenetikoak prekatuta, irudien barneko ikuspegian, irudien arteko harreman ikuspegian eta irudietan zehar

sortutako harremanen ikuspegiari oinarritutako etapak bereizten ditu Piagetek (Piaget eta Garcia, 1982).

Euklidesen geometriak irudien eta gorputz geometrikoen bereizgarriak irudi edo gorputz horien barneko harremanen ikuspegitik aztertzen ditu. Espazioa eta espazioan irudiek egiten dituzten transformazioak ez dira kontuan hartzen. *Irudi barneko aroa* deitzen da aro hau. Haur txikiak bere eskemetara asimilatzen du objektua, edo bere eskemak objektura egokitzen ditu. Hurrengo aroan, irudiak elkarrekin harremanean jartzen dira: harreman horien transformazio motak aztertzen dira, baina transformazioen multzoko egiturarik antolatatu gabe. *Irudi arteko aroa* deitzen da aro hau. Haurrak eraikitako eskemak ez dira isolaturik gordetzen. Asimilazio prozesuan elkarrekiko asimilazioak, eske-men koordinazio eta transformazioak gertatzen dira. Azkenik, egiturak nagusi diren aroan edo aro *transfiguralean* multzoko egiturak sortzen dira.

Irudi barnekotik, irudi artekora eta irudi artekotik irudietan zehar lortzen dena, ezinbestekotasun logiko-matematikoa gero eta handiagoa da. Eboluzioaren hasieran, irudi osatuen errealismoak eta egonkortasun iraunkorrak toki gutxi uzten du eraikuntza berrietara eramango duten transformazioetarako. Gero, irudien arteko antolamenduari esker, entitate geometrikoak harreman eta transformazio multzotik eratortzen dira, ez dira kanpotik ezartzen, irudi barneko estadioan bezala. Geometria grekoa irudi barnekoari begiratzen diona da, transformaziorik ez duena. Geometria proiektiboan, berriz, transformazioen lehentasuna nagusitzen da eta geometriak sistema algebrakoen menpe jartzen dira. Algebra bere eduki propioak sortzen dituen forma-sistema da. Algebraren arloan subjektuak sor ditzake komeni zaizkion transformazioak. Aro transfiguralean, irudi barneko eta irudi arteko aroetan eskuratutako guztia transformazio multzoen sistemen pean ezartzen da. Transformazio sistema horiek irudiak sortuko dituzte.

Aro sentsomotorrean desplazamenduen eta hautemateen koordinazioei esker espazio hurbila antolatzen da, ekintzaren mugak gainditzen dituen errepresentaziozko espaziorik ez badago ere. Aro preoperazionaleko pentsamendu intuitiboaren garaian espazioko irudi egonkorak eratzen dira, kontserbazio eta itzulgarritasunik gabeak. Operazio konkretuen garaian antolatzen dira lehen operazio itzulgarriak espazioaren arloan. Operazio formalen garaian logika formalak eta hipotetiko-deduktiboak inguratzen ditu transformazio espazialak.

Piageten teoriaren berrikusketa

1. Piagetentzat, esparru guztietara berdin heltzen da garapena. Egitura global baten ideian oinarriturik, informazioa ez dela esparru berezietan prozesatzen eta gordetzen pentsatzen zuen. Izan ere, errepresentazio egiturak oro-

korrak dira, eta haietan gertatzen diren aldaketek esparru guztietarako balio dute. Hala ere, badirudi, garapen orokor honek ezin ditzakeela beste gabe esplikatu eskurapen berezi batzuk (Karmiloff-Smith, 1992). Hizkuntzaren eskurapenaren eremuan zentratuz, Piageten ikuspegitik, adimen sentsomotorraren antolamendu orokorraren emaitzak izango lirateke sintaxia eta semantika. Etapa sentsomotorraren amaieran, errepresentazio sinbolikoetarako gai da haurra. Hizkuntzaren eskurapena ez da independenteki gertatzen den zerbait, eskema sentsomotorrak koordinatzean eta barneratzean, funtzio sinbolikoaren osotasunaren barnean gertatzen den zerbait baizik, imitazio atzeratuarekin, jolas sinbolikoekin eta buruko irudiekin batera. Piageten ikuspegiarentzat, adibidez, hitzen ordenaren eta ekintza sentsomotorren ordenaren artean erlazio zuzena dago; honela, ontziekin jolastea (batzuk besteetan sartuz), esaldien txertatzearen aitzindarizat jo izan da.

Hala ere, badirudi atzerapen kognitibo larri batek ez duela derrigorrez hizkuntzaren mailako atzerapenik ekartzen, Williams-en sindromean gertatzen denak agertzen duen moduan. Sindrome hau dutenek, ezagutza gaitasun orokorrak hondatuak dituzten arren, hizkuntzaren eta aurpegiaren ezaugarrien arloan arazorik ez dute. Horregatik, hizkuntzaren eskurapena, erabat modularki ez bada ere, eremu espezifiko batean gertatzen den zerbait bezala agertzen da. Honela, lau egun bakarrik dituzten haurrak sentikorrek agertzen dira beren ama-hizkuntzaren bereizgarri batzuekiko (Mehler, Lambert, Jusczyk eta Amiel-Tison, 1986); lau hilabeteko haurrak sentiberak dira esaldien arteko mugekiko (Jusczyk eta Bertonini, 1988). Esan dezakegu, hitzak ikasi behar dituenen, haurra ez dela behaketa soilean oinarritzen, eta hitzen esanahi posibleei buruz haurrak planteatzen dituen hipotesien eremua hasieratik hertsatua dela.

Piageten ikuspegitik begiratuta, goian ikusi dugun bezala, lehen hamabi hilabeteetako haurrentzat, begiradapetik desagertzen den objektuak izateari utzi egiten dio. Adimen sentsomotorraren oinarritzko emaitzetako bat izango da objektuaren iraunkortasuna. Ekintza sentsomotorren eskemak barneratu arte ez dute hurrek objektuen bereizgarrien errepresentazio sinbolikorik garatzen. Baina, ingurune fisikoaren ulerkuntzarako ere, hizkuntza ingurunearen ulerkuntzarako bezala, badirudi haurrak badituela objektuen iraunkortasunari buruzko oinarritzko printzipio berezi batzuk. Objektuak eta beren mugimenduak irudikatzeke garaian lau printzipiok funtzionatzen dute haurraren (Spelke, 1988): loturaren, kohesioaren, zurruntasunaren eta urrutetik eragin ezinaren printzipioek. Printzipio hauen arabera, lotura duten osotasunetan desplazatzen dira objektuak, lotura duten traiektoretan zehar; mugitzen ari diren bitartean ez dute elkar zeharkatzen edo formaz aldatzen, eta elkar ukitu ezean ez diote elkarri eragiten. Pantaila baten atzean gorderik dagoen makila zuzen inklinatu bati bi ertzak ikusten bazaizkio, eta makilaren bi ertzak batera mugitzen badira alde batera eta bestera, 4 hilabeteke hurrek bi ertzak objektu berari dagozkiola inferitzen dute. Zazpi hila-

beteko haurrak hel daitezke inferentzia berera, baita geldi dauden objektuekin ere. Egin ahal izan diren hainbat ikerketaren ondorioz ikusi ahal izan da, Piagetek hasieran suposatzen zuena baino objektuen munduari buruzko ezagutza goiztiarrago eta konplexuagoa dutela haurrek. Spelkeren (1991) arabera, grabitatearen eta inertziaren printzipio fisikoak ikasiak badira ere, objektuen pertzepzioa gidatzen duten lau printzipioak jaiotzatik espezifikatuak daude.

Lau hilabeteko haurrek ez dute grabitatearen printzipioaz ezer ezagutzen, ez baitute sorpresarik agertzen objektu bat airean gelditzen denean. Baina, sei hilabeteko haurrek denbora esanguratsuki luzeagoz begiratzen dituzte sostengu gunerik gabe airean gelditzen diren objektuak. Baillargéon, Spelke eta Wassermanen arabera (1986), objektuen existentzia iraunkorraren nolabaiteko ideia badute 3-4 hilabeteko haurrek, eta 7 hilabeteko haurrek badituzte beste ezagutza fisiko batzuk ere. 9 hilabetetako haurrak zergatik ez dira gai orduan pantaila baten atzean gordetako objektu bat bilatzeko? Spelke eta Baillargéon-en ariketetan begiradaz baliatzea nahikoa dute haurrek. Ariketa piagetiarretan, ikusmen sisteman konputazioak egin ondoren, informazio hori mugimenezko sistemara itzuli behar dute, bilaketari ekiteko. Eta mugimenezko jokaera egoki bat gerta dadin, bekoki-aurreko garun-azalaren garpena beharrezkoa da. Badirudi, beraz, haurrak ez duela modu kaotiko eta nahasian prozesatzen heltzen zaion informazioa, eta eremu espezifikoko aurredisposizio batzuk badituela.

2. Piageten teoriak «gaitasunaren eredua» landu zuen, jarduerarena baino areago. Horregatik, zaila gertatzen zaio ulertzea, estadio jakin bateko be-reizgarriak dituzten ariketen ebazpena ez dela adin berean gertatzen subjektu berberengan. Esate baterako, materiaren kontserbazioaren nozioa 7 urterekin lortzen dela, pisuarena, 9-10 urterekin, eta bolumenarena, 11-12 urterekin lortzen dela nekez esplikatu zezakeen.

Aro formaleko abstrakzio erreflexiboarentzat, pentsamenduaren edukiek ez lukete garrantzirik eduki behar teoriarik. Baina, abstrakzio erreflexiboaren ondoan, abstrakzio enpiriko edo fisiko ere mantendu egiten dira. Eta ezagutzen jatorri bikoitz honetatik sortzen dira desfaseak edo *decalage* direlakoak: abstrakzio fisiko eta erreflexiboaren erlazioetatik.

Teoria neopiagetiarrik *Operagailu Eraikitzaileen Teoria* (Pascual-Leone, 1969) asmatu zuen, desfaseak esplikatzeko tresna bezala. Operagailu horiek eskemen, hots, gure ezagutza zabaldu eta gure jokaera determinatzeko erabiltzen ditugun informazio unitateen aktibatzaileak dira. Baina, esan dezagun, ditugun eskema guztiak ez ditugula beti erabiltzen. Egoerak aktibatzen dituzte bakarrik erabiltzen ditugu eskemak. Eskemen aktibatze horretan, berriaz, eragin nabarmena dute ariketen alderdi figuratibo eta pertzeptiboek. Hori dela eta, sarritan aktibatzen dira arazoaren soluziobiderako egokiak ez

diren eskemak. Problema baten soluziobidea aurkitzeko, zenbait eskema aldi berean aktibatu behar dira. Eskema horiek aktibatuak edukitzeko, garrantzitsu da espazio mentalak behar beste hedadura edukitzea.

Ikaskuntza logikoa eta edukien ikaskuntza bereizi behar dira. Ikaskuntza logikoa esperientzia logiko-matematikotik sortua da, eta ez dagokie objektuen propietateei, objektuen gain egindako ekintzei baizik (abstrakzio erreflexiboa). Edukien ikaskuntza, esperientzia fisikotik dator, eta objektuen propietateak jasotzen ditu (abstrakzio sinplea). Desfase horizontalak gehiagotan gertatzen dira fenomeno fisikoei buruzko arrazoibideetan, arrazoibide logiko-matematiko soiletan baino. Natur gaiei buruzko pentsamenduan, adibidez, errazago gertatzen dira desfase edo decalage horizontalak. Pascual-Leonek (1969) zioen, operagailu eraikikorrek eragina badutela pertsonaren eragiketarako gaitasuna jarduera bihurtzeko garaian. Piagetentzat, berriz, ezagutza espezifikoen ikaskuntza ezagutza egitura orokorren berregituraketaren ondorena da. Ikaskuntza garapenera biltzen du. Ez dio behar besteko garrantzirik eman izan elkarketa bidezko ikaskuntzari.

Vygotskyrentzat, elkarketa bidezko ikaskuntzaren garapen independenterik ez dago, baina elkarketa bidezko ikaskuntza gabeko orekatzerik ere ez dago. Zentzu zabaleko ikaskuntza ez da elkarketa bidezko ikaskuntzen batu-ketatik irteten, baina hauek lagun dezakete. Ikaskuntza gabeko garapenik ez dago, eta aurretiko garapenik gabeko ikaskuntzarik ere ez.

Pentsamendu formalak multzoko egitura zuen Piagetentzat, eduki konkretuen gainera zegoen egitura logiko bat. Curriculum eratzeko garaian, diziplinaren ekarpenak bigarren mailakoak ziren berarentzat, eta pentsamendu formala eduki guztiei berdintsuki aplikatu zekiekeela pentsatzen zuen. Hasiera batean Piagetek pentsatzen zuen, 14-15 urtetarako finkatzen zela pentsamendu formala. Gerora, 15-20 urtetara atzeratu zuen adin hori. Ondorengo ikerketetan (Dulit, 1972; Carretero, 1986), adin horietan ere erdiek baino gehiagok ez dituztela ariketa formalak gaitzen ikusi zen. Horrela, Piaget eta bere lankideak konturatu ziren (Pascual-Leone, 1969), subjektuen kopuru handi bat ez zela maila formalera heltzen jarduera mailan. Baina, ariketa formalak ebazteko subjektuek dituzten zailtasunak ez dira hainbeste gaitasunaren arlokoak, jardueraren arlokoak baizik. Zailtasun horiek, alde batetik, Estilo Kognitiboekin erlazionaturik daudela ikusi da. Baina, bestalde, beste hipotesi hau ere aurreratu da: operazio formalak, oso-osoan erabili, subjektu bakoitzaren espezializazio arloan bakarrik erabiltzen direla. Kontuan eduki behar da, subjektuaren prekontzeptuek edo aurretiko ideiek zaildu dezaketela ariketa baten ebazpena, prekontzeptu okerrak izanik, arazoaren ebazpena behaztopatzen dutelako. Piagetek berak ere esaten zuen, heldu gehienak gai direla pentsamendu logiko formala erabiltzeko, baina arlo gutxi batzuetan bakarrik, beren espezialitateko edo intereseko arloetan, hain zuzen ere.

Erreferentziak

- BAILLARGÉON, R., SPELKE, E. eta WASSERMAN, S. (1986), «Object permanence in five month old infants». *Cognition*, **20**: 191-208.
- CARRETERO, M. (1986), «El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: Las operaciones formales». In M. Carretero, J. Palacios & A. Marchesi (bild.) *Psicología Evolutiva 3. Adolescencia, madurez y senectud*, Madril: Alianza, 37-93 or.
- DESCARTES, R. (1637), *Discourse on Method* (1637). Cambridge University Press: Haldane and Ross.
- DULIT, E. (1972), «Adolescent thinking à la Piaget: the formal stage». *Journal of Youth Adolescence*, **1**: 281-301.
- FEYERABEND, P. (1970), «Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge». In Rander, M. & Winokour, S., (arg.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, V. **IV**. 17-130 or.
- INHELDER, B. eta PIAGET, J. (1955), *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris: PUF.
- JUSCZYK, P.W. eta BERTONINI, J. (1988), «Viewing the development of speech perception as an innately guided learning process». *Language and Speech*, **31**: 217-238.
- KARMILOFF-SMITH, A. (1992), *Beyond Modularity. A Developmental Perspective on Cognitive Science*. Massachusetts Institute of Tecnology. (Gaztelaniazko itzulpena: *Más allá de la modularidad*. Madril: Alianza Editorial. 1994).
- KUHN, T. (1962), *The structure of scientific revolutions*. Chicago: International encyclopaedia of unified science.
- LAKATOS, I. (1978), *Matemáticas, ciencia y epistemología*. Madril: Alianza Universidad.
- LAVOISIER, A. L. (1982), *Tratado elemental de química*. Madril: Alfaguara. [1789].
- MEHLER, J., LAMBERTZ, G., JUSCZYK, P. eta AMIEL-TISON (1986), «Discrimination de la langue maternelle par le nouveau-né». *Comptes Rendues de l'Academie des Sciences*, **303**, Série 111: 637-640.
- NEWTON, I. (1972[1687/1726]), *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PASCUAL-LEONE, J. (1969), *Cognitive development and cognitive style: A general Psychological integration*. Doktorego Tesia. Genevako Unibertsitatea.
- PIAGET, J. (1930), *The child's conception of physical causality*. Totowa, NJ: Littlefield, Adams.
- PIAGET, J. (1946), *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- PIAGET, J. (1950), *Introduction à l'épistémologie génétique*. Paris: Presses Universitaires de France. (1. alea: *La pensée mathématique*. 2. alea: *La pensée physique*. 3. alea: *La pensée biologique, la pensée psychologique et la pensée sociologique*).
- PIAGET, J. (1979), *L'Épistémologie Génétique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- PIAGET, J. eta GARCÍA, R. (1982), *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo XXI.
- PIAGET, J. eta Inhelder B. (1956), *The child's conception of space*. London: Routledge & K. Paul.
- PIAGET, J. eta INHELDER. B. (1959), *La genèse des structures logiques élémentaires: classifications et sériations*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J., INHELDER, B. eta SZEMINSKA, A. (1960), *The Child's Conception of Geometry*. London: Routledge and Keagan Paul.

- PIAGET, J. eta INHELDER, B. (1966), *La psychologie de l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- POPPER, K. (1967), *El desarrollo del conocimiento científico*. Madril: Tecnos.
- SPELKE, E.S. (1988), «Where perceiving ends and thinking begins: The apprehension of objects in infancy». In A. Yonas (arg.) *Perceptual Development in Infancy*, Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- SPELKE, E.S. (1991), «Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory». In S. Carey eta R. Gelman (arg.) *Epigenesis of the Mind: Essays in Biology and Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.