

# La teoría de Piaget\* <sup>1</sup>

Jean Piaget<sup>2</sup>

*Traducción: Martine Serigos*

La teoría del desarrollo que se expresa a continuación, que trata en particular del desarrollo de las funciones cognitivas, no se puede entender sin un análisis previo y detallado de los presupuestos biológicos que la originan y de las consecuencias epistemológicas que de ella se derivan. En efecto, el postulado fundamental que está en la base de las ideas aquí; resumidas, consiste en que se pueden encontrar los mismos problemas y los mismos tipos de explicaciones en los tres procesos siguientes:

a. La adaptación de un organismo a su ambiente durante su crecimiento, junto con las interacciones y autorregulaciones que caracterizan el desarrollo del “sistema epigenético” (la epigénesis en su sentido embriológico siempre está determinada tanto interna como externamente).

b. La adaptación de la inteligencia en el curso de la construcción de sus propias estructuras, que depende tanto de las progresivas coordinaciones internas como de la información adquirida mediante la experiencia.

c. El establecimiento de relaciones cognitivas o, más en general, de relaciones epistemológicas, que no consisten en una mera copia de objetos externos, ni en un simple despliegue de estructuras preestablecidas dentro del sujeto, sino que implican más bien una serie de estructuras construidas progresivamente por medio de una interacción continua entre el sujeto y el mundo externo.

Empezaremos con este último punto, en el cual nuestra teoría se aleja totalmente tanto de las ideas habituales de los psicólogos como del “sentido común”.

## **1. LA RELACIÓN ENTRE SUJETO Y OBJETO**

1. Habitualmente, se piensa que el mundo exterior está totalmente separado del sujeto, aunque incluya el propio cuerpo de éste.

Cualquier conocimiento objetivo, pues, aparece simplemente como el resultado de una serie de registros perceptivos, asociaciones motoras, descripciones verbales y cosas así, que participan todas en la construcción de una especie de copia figurativa o “copia funcional” (en la terminología de Hull) de los objetos y de las conexiones entre ellos. La única función de la inteligencia será la de clasificar, corregir, etc. sistemáticamente estos diversos conjuntos de informaciones; en este proceso, cuanto más exactas sean las copias críticas, más coherente será el sistema final. En tal perspectiva empirista, el contenido de la inteligencia procede del exterior, y las coordinaciones que la organizan no son sino productos del lenguaje y de los instrumentos simbólicos.

Pero, de hecho, esta interpretación pasiva del acto de conocer es desmentida en todos los niveles del desarrollo y, en particular, en los niveles sensomotores y prelingüísticos de la adaptación cognitiva y de la inteligencia. En realidad, para conocer los objetos, el sujeto tiene que actuar sobre ellos, y, por consiguiente, transformarlos: tiene que desplazarlos, conectarlos, combinarlos. separarlos y juntarlos.

---

\* Piaget's Theory. En Mussen, P. H: (Ed.) : *Carmichael's Manual of Child Psychology*. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1970.

<sup>1</sup> Este capítulo fue escrito en francés y traducido al inglés Guy CELLERIER de la Universidad de Ginebra y por el profesor J. LANGER de la Universidad de California en Berkeley. También estamos agradecidos a los profesores BÂRBEL y INHELDER y Herminia SINCLAIR por su ayuda en la traducción.

<sup>2</sup> El presente capítulo es, en parte, la ampliación de un artículo sobre mis concepciones del desarrollo publicado en el *Journal International de Psychologie*, un resumen de publicaciones anteriores, y también tiene en cuenta el trabajo reciente o todavía sin publicar del autor o de sus colaboradores y colegas. En realidad, la teoría de Piaget no está completa todavía y el autor de esta páginas siempre se ha considerado como uno de los principales “revisiónistas de Piaget” (Nota del autor).

Desde las acciones sensomotrices más elementales (tales como empujar y tirar) hasta las operaciones intelectuales más complejas, que son acciones interiorizadas, realizadas mentalmente (por ej. unir, ordenar, poner en correspondencia un punto con otro), el conocimiento está vinculado continuamente a acciones o a operaciones, es decir a *transformaciones*.

Por lo tanto, el límite entre el sujeto y los objetos no está, en modo alguno, previamente determinado, y, lo que es más importante, no es estable. En realidad, en cada acción, el sujeto y los objetos se funden. Claro que el sujeto necesita una información objetiva para tomar conciencia de sus propias acciones, pero también necesita muchos componentes subjetivos. Si no practica mucho o si no construye instrumentos perfeccionados de análisis y de coordinación, le resultará imposible saber qué pertenece al objeto, qué le pertenece a él mismo como sujeto activo y qué pertenece a la propia acción, considerada ésta como la transformación de un estado inicial en un estado final. El origen del conocimiento, por tanto, no radica en los objetos, ni tampoco en el sujeto, sino en las interacciones—al principio inextricables—entre dicho sujeto y dichos objetos.

Incluso estas interacciones primitivas están tan estrechamente unidas e inextricables que, como, señaló J.M. BALDWIN, las actitudes mentales del lactante son probablemente “dualistas”. Esto significa que carecen de capacidad para distinguir entre un mundo exterior, que estaría constituido por objetos independientes del sujeto, y un mundo interior o subjetivo.

En consecuencia, el problema del conocimiento, llamado problema epistemológico, no se puede considerar aislado del problema del desarrollo de la inteligencia. Se reduce a analizar cómo el sujeto se vuelve progresivamente incapaz de conocer exactamente los objetos, es decir, cómo se hace capaz de ser objetivo. En efecto, la objetividad no es en absoluto una propiedad inicial, como pensarían los empiristas y adquirirla implica una serie de construcciones sucesivas que permitan aproximarla cada vez más.

2. Esto nos lleva a una segunda idea central de dicha teoría, la de *construcción* que es la consecuencia natural de las interacciones que acabamos de señalar. Dado que el conocimiento objetivo no se logra mediante un simple recuerdo de la información exterior sino que se inicia con las interacciones entre el sujeto y los objetos, implica necesariamente dos tipos de actividad: por una parte, la coordinación de las acciones mismas, y, por otra, la introducción de interrelaciones entre los objetos. Estas dos actividades son interdependientes porque dichas relaciones sólo se inician a través de la acción. Así pues, el conocimiento objetivo está siempre subordinado a ciertas estructuras de acción. Pero estas estructuras derivan de una *construcción*, y no están dadas en los objetos—en la medida en que dependen de la acción—, ni tampoco en el sujeto en la medida en que éste tiene que aprender a coordinar sus acciones (que generalmente no están programadas de modo hereditario salvo en el caso de los reflejos o de los instintos).

Un ejemplo precoz de dichas construcciones (que ya se inician en el primer año) es el que permite al niño de 9 a 12 meses descubrir la permanencia de los objetos, fijándose primero en la posición que ocupan en su campo perceptivo, y más tarde independientemente de cualquier percepción efectiva. Durante los primeros meses de la vida, no hay objetos permanentes, sino sólo imágenes perceptivas que aparecen, desaparecen y a veces vuelven a aparecer. La “permanencia” de un objeto empieza con la acción de buscarlo, cuando ha desaparecido en un punto determinado A del campo visual (por ejemplo, si parte del objeto permanece visible o si forma una protuberancia debajo de un paño). Pero cuando el objeto desaparece después en un punto B, ocurre muchas veces que el niño vuelve a buscarlo en el punto A. Ese comportamiento muy instructivo atestigua la existencia de interacciones primitivas entre el sujeto y el objeto a las que ya nos hemos referido (párrafo 1). En este estadio, el niño sigue creyendo que los objetos dependen de su acción y que si una acción ha tenido éxito en una primera ocasión, tiene que tenerlo de nuevo. Señalemos un ejemplo real de un niño de once meses que estaba jugando con una pelota. La había sacado previamente de debajo de un sillón donde antes había ido a parar. Un momento después, la pelota rodó bajo un sofá. Como no pudo encontrarla bajo dicho sofá, volvió al otro lado de la habitación y la buscó debajo del sillón donde su misma acción ya había tenido éxito.

Para establecer el esquema<sup>3</sup> de un objeto permanente independiente de las propias acciones del sujeto, tiene que construirse una nueva estructura. Esta es la estructura del “grupo de desplazamiento” en el

---

<sup>3</sup> A lo largo de este artículo el término *esquema* se emplea para referirse a actividades operatorias, mientras que *schema* se refiere a los aspectos figurativos del pensamiento –intentos de representación de la realidad sin tratar de transformarla (imágenes, percepción y memoria). Más adelante se dice: “Las imágenes..., aunque esquemáticas no son esquemas. Utilizaremos, pues, el término *schemata* para designarlas. Un *schema* es una imagen simplificada (por ejemplo, el *esquema* es lo que es común en las acciones de “empujar” un objeto con un bastón o con cualquier otro instrumento)”. (N. del T. Remitiremos al lector al glosario para una definición más detallada de *esquema* y *schema*).

sentido geométrico: (a) el desplazamiento  $AB + BC = AC$ ; (b) los desplazamientos  $AB + BA = 0$ ; (c)  $AB + 0 = AB$ ; (d)  $AC + CD = AB + BD$ .

El equivalente psicológico de dicho grupo estriba en la posibilidad de realizar conductas que implican la vuelta al punto de partida o el rodeo de un obstáculo (a y d). En cuanto se logra esta organización—que en absoluto está dada al principio del desarrollo, sino que ha de ser construida mediante una sucesión de nuevas coordinaciones—se hace posible una estructuración objetiva de los movimientos del objeto y de los del propio cuerpo del sujeto. El objeto se convierte en una entidad independiente cuya posición se puede averiguar en función de sus desplazamientos y de sus posiciones sucesivas. En esta coyuntura el cuerpo del sujeto en vez de ser considerado como el centro del mundo se vuelve un objeto como cualquier otro objeto cuyos desplazamientos y posiciones son correlativos a los de los objetos mismos.

El grupo de desplazamientos es un ejemplo de la construcción de una estructura que se puede atribuir simultáneamente a la coordinación progresiva de las acciones del sujeto y a la información proporcionada por la experiencia física, que acaba por convertirse en un instrumento fundamental para la organización del mundo exterior. Es también un instrumento cognitivo tan importante que contribuye a la verdadera “revolución copernicana” que efectúan los bebés de 12 a 18 meses. Mientras que antes de desarrollar esta nueva estructura el niño solía considerarse (inconscientemente) como el centro inmóvil del universo gracias a esta organización de los objetos permanentes y del espacio (lo que supone, además, una organización paralela de las secuencias temporales y la causalidad) se convierte solamente en un miembro particular del conjunto de los demás objetos móviles que constituyen su universo.

3. Podemos ver ahora que incluso en el estudio del niño del nivel sensoriomotor es imposible seguir una línea de investigación psicogenética sin desplegar una epistemología implícita que también es genética pero que suscita todos los problemas más importantes de la teoría del conocimiento. Así, la construcción del grupo de desplazamientos implica evidentemente una experiencia física y una información empírica. Pero también implica más, puesto que depende así mismo de las coordinaciones de la acción del sujeto. Dichas coordinaciones no son producto de la sola experiencia sino que también están controladas por factores tales como la maduración y el ejercicio voluntario y, lo que es más importante, por una autorregulación continua y activa. El aspecto más importante de una teoría del desarrollo consiste en no descuidar las actividades del sujeto en el sentido epistemológico del término. En dicho sentido resulta incluso más esencial porque el sentido epistemológico tiene un significado biológico profundo. El propio organismo vivo no es un simple reflejo de las propiedades de su ambiente. Desarrolla una estructura que se construye paulatinamente en el curso de la epigénesis y que no es totalmente preformada.

Lo que ya es verdad para el estadio sensoriomotor vuelve a aparecer en todos los estadios del desarrollo e incluso en el pensamiento científico pero a niveles en los que las acciones primitivas se han transformado en *operaciones*. Estas operaciones son acciones interiorizadas (por ej. la suma, que puede ser efectuada tanto física como mentalmente) que son reversibles (la suma tiene su opuesto en la resta) y constituyen estructuras teóricas de conjunto (tales como el “agrupamiento” lógico aditivo o los grupos algebraicos).

Un ejemplo notable de estas estructuraciones operatorias dependientes de la actividad del sujeto, que se presenta muchas veces incluso antes de haberse desarrollado un método experimental, es el *atomismo*, inventado por los griegos mucho antes de que fuera posible justificarlo experimentalmente. Se puede observar el mismo proceso en el niño de 4 a 5 años y de 11 a 12, en una situación en la que es evidente que la experiencia no basta para explicar la aparición de la estructura y que su construcción supone una composición aditiva dependiente de las actividades del sujeto. La experiencia consiste en disolver terrones de azúcar en un vaso de agua. Se puede preguntar al niño acerca de la conservación de la materia disuelta y acerca de la conservación de su peso y de su volumen. Antes de los 7 y 8 años, el niño supone que el azúcar disuelto y su sabor han sido destruidos. Hacia dicha edad, piensa que si el azúcar conserva su sustancia bajo forma de granitos invisibles, en cambio no tiene ni peso ni volumen. Hacia los 9 ó 10 años, cada granito conserva su peso y la suma de todos estos pesos elementales equivale al peso del mismo azúcar antes de que se disolviera. De los 11 a los 12 años, se aplica el mismo razonamiento al volumen (el niño prevé que después de la disolución del azúcar, el agua del recipiente se mantendrá en el nivel inicial).

Podemos ver ahora que este atomismo espontáneo aunque sugerido por la disminución gradual del tamaño de los granos visibles durante su disolución va más allá de lo que puede ver el sujeto y supone una construcción paulatina correlativa a la de las operaciones aditivas. Nos encontramos pues con un nuevo ejemplo del origen del conocimiento que no estriba ni en el solo objeto ni en el sujeto sino más bien en una interacción inextricable entre ambos dos, de modo que lo que es físicamente dado es integrado en una estructura lógico-matemática que implica la coordinación de las acciones del sujeto. La descomposición de

un todo en sus partes (aquí invisibles) y la recomposición de dichas partes en un todo son, en realidad, el resultado de construcciones lógicas o lógico-matemáticas y no sólo de experiencias físicas. El todo aquí considerado no es una “Gestalt” perceptiva (cuya característica es precisamente la de composición *no*-aditiva como lo subrayó justamente KOHLER), sino una suma (aditiva) y como tal se produce por operaciones y no por observaciones.

4. No puede haber ninguna discontinuidad teórica entre el pensamiento tal como aparece en los niños y el pensamiento científico adulto; ésta es la razón de nuestra extensión de la psicología evolutiva a la epistemología genética. Esto es particularmente claro en el ámbito de las estructuras lógico-matemáticas consideradas en sí mismas y no (como en los párrafos 2 y 3) como instrumentos para la estructuración de datos físicos. Dichas estructuras entrañan esencialmente relaciones de inclusión, orden y correspondencia. Tales relaciones tienen probablemente un origen biológico dado que ya existen tanto en la programación genética (ADN) del desarrollo embriológico como en la organización fisiológica del organismo adulto antes de aparecer y de ser reconstruidas en los distintos niveles de conducta propiamente dicha. Por tanto, se transforman en estructuras fundamentales de la conducta y de la inteligencia al principio del desarrollo, antes de que aparezcan en el campo del pensamiento espontáneo y, más tarde, de la reflexión. Proporcionan las bases de las axiomatizaciones cada vez más abstractas a las que llamamos lógicas y matemáticas. De hecho, si la lógica y las matemáticas son ciencias llamadas “abstractas”, el psicólogo ha de preguntarse: ¿Abstraídas de qué? Ya hemos visto que su origen no estriba en los objetos solos. Radica, sólo parcialmente, en el lenguaje, pero el lenguaje mismo es una construcción de la inteligencia. CHOMSKY llega a atribuirlo a estructuras intelectuales innatas. El origen de estas estructuras lógico-matemáticas, pues, habría que buscarlo en las actividades del sujeto, o sea en las formas más generales de coordinaciones de sus acciones y por fin en las propias estructuras orgánicas. Esta es la razón por la cual hay relaciones fundamentales entre la teoría biológica de la adaptación a través de la autorregulación la psicología evolutiva y la epistemología genética. Dicha relación es tan fundamental que si se subestima no es posible formular ninguna teoría general del desarrollo de la inteligencia

## II. ASIMILACIÓN Y ACOMODACIÓN

5. El significado psicológico de nuestros puntos anteriores (párrafos 1 a 4) es que las conexiones psicogenéticas fundamentales generadas a lo largo del desarrollo, no pueden ser consideradas como reductibles a “asociaciones” empíricas; consisten más bien en *asimilaciones*, tanto en el sentido biológico como en el intelectual.

Desde un punto de vista biológico, la asimilación es la integración de elementos exteriores a estructuras en evolución o ya acabadas de un organismo. En su connotación usual, la asimilación de comida consiste en una transformación química que la incorpora a la sustancia del organismo. La asimilación clorofílica consiste en la integración de la energía de radiación al ciclo metabólico de una planta. La “asimilación genética” de WADDINGTON consiste en una fijación hereditaria por selección sobre fenotipos (considerando, en tal caso, las variaciones fenotípicas como la “respuesta” del sistema genético a las presiones causadas por el medio). Todas las reacciones del organismo, pues, implican un proceso de asimilación que se puede representar simbólicamente así:

$$(T + I) \rightarrow AT + E \quad (1)$$

donde  $T$  es una estructura,  $I$  las sustancias o energías integradas,  $E$  las sustancias o energías eliminadas, y  $A$  un coeficiente  $> 1$  que expresa la consolidación de esta estructura bajo forma de un aumento de materia o de eficacia en la operación<sup>4</sup>. Así presentado, resulta evidente que el concepto general de asimilación se aplica también a la conducta y no sólo a la vida orgánica. En realidad, ninguna conducta, aunque sea nueva para el

---

<sup>4</sup> Consideremos  $T$ , por ejemplo, como una clasificación ya establecida de un conjunto de objetos  $O$ , que lo divide en dos subclases distintas.  $I$  es un conjunto de nuevos objetos que se añaden a los objetos iniciales, y a los cuales hay que extender la clasificación  $T$ . Hecho esto ( $I$  ha sido asimilado a  $T$ ), resulta que hay, digamos, dos nuevas subclases (la estructura total es ahora  $AT$ ) y que unas propiedades de los nuevos objetos  $I$  (por ejemplo, el número de elementos de  $I$ , o su forma, su tamaño o su color) han sido ignoradas en el proceso. Ahora tenemos  $T + I \rightarrow AT + E$ , donde  $T$  = las dos subclases iniciales,  $I$  = los elementos nuevos,  $AT$  = las cuatro subclases, y  $E$  = las propiedades irrelevantes de los nuevos elementos, es decir las propiedades que no se utilizan como criterios de clasificación en este ejemplo concreto.

individuo, constituye un comienzo absoluto. Resulta siempre integrada en esquemas anteriores y, por consiguiente, equivale a asimilar nuevos elementos a estructuras ya construidas (sean innatos, como los reflejos, o previamente adquiridas). Incluso el “estímulo hambre” de HARLOW no puede interpretarse simplemente como una búsqueda de “inputs funcionales” (“éléments fonctionnels”) que puedan asimilarse a los esquemas o estructuras que proporcionan verdaderamente las respuestas.

Cabe señalar aquí lo inadecuada que en este contexto resulta la famosa teoría del “estímulo-respuesta”, como formulación general de la conducta. Es obvio que un estímulo sólo puede provocar una respuesta si el organismo ya ha sido sensibilizado a dicho estímulo (o posee la “capacidad” de reacción necesaria, como WADDINGTON describe la sensibilización genética a agentes inductivos específicos).

Cuando decimos que un organismo o un sujeto está sensibilizado a un estímulo y es capaz de darle una respuesta, damos por hecho que ya posee un esquema o una estructura a la que el estímulo es asimilado (en el sentido de integración o de incorporación, tal como acabamos de definirlo). Dicho esquema consiste precisamente en una capacidad de respuesta. De ahí que el esquema estímulo- respuesta no debería haberse formulado en la forma unilateral  $E \rightarrow R$ , sino en la forma siguiente:

$$E \Leftrightarrow R \text{ ó } E \rightarrow (AT) \rightarrow R. \quad (2)$$

siendo  $AT$  la asimilación del estímulo  $E$  a la estructura  $T$ .

Volvamos pues a la ecuación  $T + I \rightarrow AT + E$ , donde ahora  $T$  es la estructura,  $I$  el estímulo,  $AT$  el resultado de la asimilación de  $I$  a  $T$  o a la respuesta al estímulo y donde  $E$  aunque forme parte del estímulo, es excluido de la estructura.

6. Si sólo la asimilación estuviera implicada en el desarrollo no habría variaciones en las estructuras del niño. Por consiguiente no adquiriría ningún nuevo contenido y no seguiría desarrollándose. La asimilación es necesaria en la medida en que asegura la continuidad de las estructuras y la integración de elementos nuevos a dichas estructuras. Sin ella, el organismo estaría en una situación parecida a la de unos compuestos químicos  $A$  y  $B$ , cuya interacción engendra nuevos compuestos  $C$  y  $D$  (la ecuación sería entonces:  $A + B \rightarrow C + D$  y no  $T \rightarrow AT$ ).

Sin embargo la propia asimilación biológica nunca está presente sin su contrapartida la acomodación. Durante su desarrollo embriológico por ejemplo un fenotipo asimila las sustancias requeridas para la conservación de sus estructuras tal como las especifica su genotipo. Pero en función de la abundancia o escasez dichas sustancias o de que las habituales sean reemplazadas por otras algo distintas pueden aparecer variaciones no-hereditarias (llamadas a menudo “acomodaciones”) tales como cambios de forma o de altura. Dichas variaciones son específicas de ciertas condiciones externas. Del mismo modo en el ámbito de la conducta, llamaremos acomodación a cualquier modificación de un esquema asimilador o de una estructura, modificación causada por los elementos que se asimilan. Por ejemplo, el lactante que asimila su pulgar al esquema de succión hará movimientos distintos según se trate de la succión del pulgar o de la del seno de su madre. De la misma manera, un niño de 8 años que está asimilando la disolución del azúcar en el agua a la noción de conservación de la sustancia ha de hacer acomodaciones a partículas invisibles distintas de las que haría si fueran todavía visibles.

Resulta pues que la adaptación cognitiva, como su contrapartida biológica, consiste en un equilibrio entre asimilación y acomodación. Como acabamos de demostrar, no hay asimilación sin acomodación. Pero hemos de subrayar que la acomodación tampoco existe sin una asimilación simultánea. Desde un punto de vista biológico, este hecho se comprueba por la existencia de lo que los genéticos modernos llaman “normas de reacción”, puede que un genotipo ofrezca una gama más o menos amplia de posibles acomodaciones, pero todas están dentro de cierta “norma” estadísticamente definida. Del mismo modo, en el ámbito cognitivo, el sujeto es capaz de varias acomodaciones, pero sólo dentro de ciertos límites impuestos por la necesidad de preservar la estructura asimiladora correspondiente. En la ecuación (1), el término  $A$  en  $AT$  especifica precisamente dicha limitación de acomodaciones.

El concepto de “asociación”, pues, del cual han usado y abusado las distintas formas de asociacionismo desde HUME a PVLOV y HULL, sólo pudo surgir por el aislamiento artificial de una parte del proceso general definido por el equilibrio entre asimilación y acomodación. Se considera que el perro de Pavlov ASOCIA UN SONIDO CON COMIDA, LO QUE PROVOCA SU REFLEJO DE SALIVACIÓN. Sin embargo, si el sonido no es nunca más seguido por comida, la respuesta condicionada, o vínculo provisional, desaparecerá; no tiene ninguna estabilidad intrínseca. El condicionamiento persiste como una función de la necesidad de comer; es decir, sólo persiste si es parte de un esquema asimilador y de su satisfacción, de

cierta acomodación a la situación, por tanto. En realidad, una “asociación” siempre es acompañada por una asimilación a estructuras anteriores, y este es un primer factor que no se debe subestimar. Por otra parte, en la medida en que la asociación incorpora alguna información nueva representa una acomodación activa y no un simple registro pasivo. Esta actividad acomodatoria, que es dependiente del esquema de asimilación, es un segundo factor necesario que hay que tener en cuenta.

7. Si la acomodación y la asimilación están presentes en todas las actividades, puede que su proporción varíe, y sólo es el equilibrio más o menos estable (aunque siempre móvil) que se puede establecer entre ambas lo que caracteriza un acto completo de inteligencia.

Cuando la asimilación *predomina* sobre la acomodación (es decir, cuando no se tienen en cuenta las características del objeto salvo en la medida en que coinciden con los intereses momentáneos del sujeto), el pensamiento evoluciona en un sentido egocéntrico y hasta autista. La forma más común de dicha situación en el juego del niño es la de los “juegos simbólicos” o juegos de ficción, en los que no utiliza los objetos de que dispone sino para representar lo que imagina<sup>5</sup>. Esta forma de juego, que es muy frecuente al iniciarse la representación (entre el año y medio y los tres años de edad), evoluciona a continuación hacia juegos de construcción en los cuales la acomodación a los objetos se hace cada vez más precisa, hasta que deja de haber diferencias entre el juego y las actividades instrumentales o cognitivas espontáneas.

A la inversa, cuando la acomodación predomina sobre la asimilación hasta el punto de reproducir perfectamente las formas y los movimientos de los objetos o de las personas que son sus modelos en aquel momento, la representación (y las conductas sensomotoras que son sus precursores y que también engendran juegos de ejercicio que se desarrollan mucho antes que los juegos simbólicos) evoluciona en el sentido de la imitación. La imitación mediante la acción, una acomodación a los modelos presentes, se transforman progresivamente en una imitación diferida y, por fin, en una imitación interiorizada. En esta última forma, constituye el origen de las imágenes mentales y de los aspectos figurativos, por oposición a los operativos, del pensamiento.

Pero en tanto que asimilación y acomodación están en equilibrio, (es decir, en la medida en que la asimilación sigue estando subordinada a las propiedades de los objetos, o en otras palabras, subordinada a la situación con las acomodaciones que ésta implica; y en la medida en que la propia acomodación está subordinada a las estructuras ya existentes a las que hay que asimilar la situación) podemos hablar de conducta cognitiva en oposición al juego, la imitación o las imágenes mentales, y nos hallamos de nuevo en el ámbito de la inteligencia propiamente dicha. Pero este equilibrio fundamental entre asimilación y acomodación es más o menos difícil de conseguir y de mantener según el nivel de desarrollo intelectual y según los problemas que vayan planteándose. Sin embargo, tal equilibrio existe en todos los niveles, tanto en el desarrollo inicial de la inteligencia en el niño como en el pensamiento científico.

Es evidente que cualquier teoría física o biológica asimila fenómenos objetivos a un número restringido de modelos que proceden exclusivamente de dichos fenómenos. Estos modelos implican además cierto número de coordinaciones lógico-matemáticas que son las actividades operatorias del propio sujeto. Sería muy superficial reducir dichas coordinaciones aun simple “lenguaje” (aunque ésta es la posición del positivismo lógico) porque, en realidad, son un instrumento de estructuración. POINCARÉ, por ejemplo, no llegó a descubrir la relatividad porque pensaba que no había ninguna diferencia entre expresar (o traducir)

---

<sup>5</sup> Las categorías de juego definidas por PIAGET (en *La formación del símbolo en el niño*, por ejemplo son las siguientes:

- a. Juegos de ejercicio: consisten en cualquier conducta sin nueva estructuración, pero con una finalidad funcional nueva. Por ejemplo, la repetición de una acción tal como balancear un objeto, no es un juego si su fin es entender o practicar el movimiento. Pero repetir la misma conducta a fin de conseguir un placer funcional, placer por la actividad en sí misma, o placer por dar lugar a cualquier fenómeno, se vuelve un juego. Ejemplos de tal conducta se dan en las vocalizaciones de los niños y los juegos de los adultos con un coche nuevo o una radio, etc.
- b. Juegos simbólicos: consisten en conductas con una estructuración nueva, la de representar realidades ausentes del campo perceptivo efectivo. Señalemos como ejemplos los juegos de ficción, en los que el niño representa una comida con guijarros en lugar de pan y hierba en lugar de verdura, etc. Aquí, los símbolos utilizados son individuales y específicos de cada niño.
- c. Juegos de regla: son conductas con una nueva estructuración que implica la intervención de más de una persona. Las reglas de dicha nueva estructura son definidas por la interacción social. Este tipo de juego abarca toda la gama de actividades, desde juegos sensomotores sencillos con reglas fijas (todos los tipos de juegos de canicas, por ejemplo) hasta los juegos abstractos, tales como el ajedrez. Aquí, los símbolos se estabilizan convencionalmente y pueden volverse puramente arbitrarios en los juegos más abstractos. Es decir, que ya no tienen ninguna relación (analogía) con lo que representan. (Nota del traductor al inglés).

fenómenos en el “lenguaje” de la geometría de EUCLIDES o de la de RIEMAN. EINSTEIN pudo construir su teoría utilizando el espacio de RIEMAN como instrumento de estructuración para entender las relaciones entre espacio, velocidad y tiempo. Si la física procede asimilando la realidad a modelos lógico-matemáticos, tiene que acomodarlos continuamente a nuevos resultados experimentales. No puede prescindir de la acomodación puesto que sus modelos permanecerían entonces subjetivos y arbitrarios. Sin embargo, cada nueva acomodación es condicionada por asimilaciones ya existentes. El significado de una experiencia no procede de un simple registro perceptivo (el “*Protokollsätze*” de los primeros “empiristas lógicos”); es indisoluble de una *interpretación*.

8. En el desarrollo de la inteligencia en el niño, hay muchos tipos de equilibrio entre asimilación y acomodación, tipos que varían en función de los niveles de desarrollo y de los problemas a resolver. En los niveles sensomotores (antes del año y medio a dos años de edad) no hay más que problemas prácticos que suponen un espacio inmediato, y ya en el segundo año la inteligencia sensomotora alcanza un notable estado de equilibrio (por ejemplo, conductas instrumentales, grupos de desplazamientos; ver parágrafo 2). Pero dicho equilibrio es difícil de alcanzar porque el universo del lactante está centrado, durante los primeros meses, en su propio cuerpo y sus propias acciones, y por las distorsiones causadas por una asimilación todavía no compensada por las acomodaciones adecuadas.

Los inicios del pensamiento plantean varios problemas tanto de representación (que tiene que extenderse a un espacio lejano y ya no puede limitarse a un espacio cercano), como de una adaptación que ya no se evalúa sólo por el éxito práctico; la inteligencia, pues, pasa por un nuevo estadio de asimilación deformante. La razón estriba en que los objetos y acontecimientos se asimilan a la acción y al punto de vista del propio sujeto, mientras que las acomodaciones posibles sólo consisten aún en fijaciones en aspectos figurativos de la realidad (por consiguiente en estados por contraposición a transformaciones). Por estas dos razones -asimilación egocéntrica y acomodación incompleta- no se consigue el equilibrio. Por otra parte, a partir de los 7 a 8 años, la aparición de las operaciones reversibles engendra una armonía estable entre asimilación y acomodación, dado que ambas pueden actuar ahora tanto sobre las transformaciones como sobre los estados.

En términos generales, este equilibrio progresivo entre asimilación y acomodación ejemplifica un proceso fundamental en el desarrollo cognitivo que se puede expresar en términos de centración y descentración. Las asimilaciones sistemáticamente deformantes por falta de acomodaciones adecuadas, revelan que el sujeto permanece centrado en sus propias acciones y su propio punto de vista. Por otra parte, la aparición progresiva del equilibrio entre asimilación y acomodación resulta de descentraciones sucesivas que hacen al sujeto capaz de considerar los puntos de vista de otros sujetos o de los objetos. Habíamos descrito antes este proceso simplemente en términos de egocentrismo y socialización. Pero es mucho más general y fundamental para el conocimiento en todos sus aspectos. En efecto, el progreso cognitivo no consiste únicamente en una asimilación de información: implica un proceso sistemático de descentración que es condición necesaria para conseguir la objetividad como tal.

### III. LA TEORIA DE LOS ESTADIOS

9. Ya hemos visto que existen estructuras que sólo pertenecen al sujeto (parágrafo 1), que son producto de una construcción (parágrafo 2) y que se trata de un proceso paulatino (parágrafo 7). Hemos de concluir pues que existen estadios de desarrollo. Incluso los autores que aceptan esta idea utilizan criterios e interpretaciones distintos del desarrollo por estadios. Por consiguiente se trata de un problema cuya discusión es necesaria. Los estadios freudianos por ejemplo sólo se diferencian uno de otro por el hecho de que cada uno de ellos tiene una característica dominante distinta (oral, anal, etc.), pero esta característica también está presente en los estadios anteriores o siguientes de manera que dicha “dominancia” bien podría ser arbitraria. Los estadios de GESELL se basan sobre la hipótesis del papel cuasi-exclusivo de la maduración de modo que garantizan un orden constante de sucesión pero pueden olvidar el factor de construcción progresiva. En consecuencia para caracterizar los estadios del desarrollo cognitivo tenemos que integrar dos condiciones necesarias sin introducir ninguna contradicción. Estas condiciones son las siguientes: (a) los estadios tiene que definirse de manera tal que se garantice un orden constante de sucesión y (b) la definición tiene que aceptar una construcción progresiva sin suponer una preformación total. Estas dos condiciones son necesarias porque el conocimiento implica claramente un aprendizaje a través de experiencia, lo que supone una contribución externa además de la de las estructuras internas, y porque las estructuras parecen evolucionar de un modo no totalmente prefigurado.

El problema de los estadios en la psicología evolutiva es parecido al de los estadios en la embriogénesis. El problema que se plantea en este ambiente es también tener en cuenta al mismo tiempo

tanto la prefiguración genética como una eventual “epigénesis” en el sentido de construcción mediante interacciones entre el genoma y el ambiente. Por eso introduce WADDINGTON el concepto de “sistema epigenético” y también una distorsión entre “genotipo” y “epigenotipo”. Las características principales de tal desarrollo epigenético no son sólo aquellas bien conocidas y evidentes de sucesión en orden secuencial y de integración progresiva (segmentación seguida por una determinación controlada por una competencia específica y finalmente reintegración). sino también otras menos evidentes que WADDINGTON puso de manifiesto. Estas son la existencia de “creodas” o secuencias necesarias de desarrollo, cada una con su “correspondencia temporal” o programa, y la intervención de una especie de regulación evolutiva u “homeorresis». La homeorresis actúa de tal modo que si una influencia externa lleva al organismo en desarrollo a desviarse de una de sus “creodas” se desencadena una reacción homeorrética que tiende a canalizarla hacia su secuencia normal inicial, o, si eso falla, que la orienta hacia una creoda tan parecida como sea posible a la original.

Cada una de las características precedentes puede ser observada en el desarrollo cognitivo si hacemos una distinción precisa entre la construcción de las estructuras mismas y la adquisición de procedimientos concretos a través del aprendizaje (por ejemplo aprender a leer a una edad mejor que a otra). Claro que la cuestión planteada será saber si el desarrollo se puede reducir a una suma de procedimientos aprendidos uno tras otro o si el aprendizaje mismo depende de leyes evolutivas autónomas: Esta cuestión no se puede resolver más que experimentalmente; pero trataremos de ella después en la Sección IV. Sea cual fuere la respuesta sigue siendo posible distinguir entre estructuras más importantes como “agrupamientos” operatorios y adquisiciones concretas. Cabe entonces preguntarse si la construcción de estas estructuras más importantes puede ser definida en términos de estadios. Si tal fuera el caso resultaría posible entonces determinar sus relaciones con las leyes evolutivas del aprendizaje.

10. Si nos limitamos a las estructuras más importantes resulta evidente que los estadios cognoscitivos tienen una propiedad secuencial, es decir que aparecen en un orden fijo de sucesión porque cada uno es necesario a la formación del siguiente.

Si ahora consideramos sólo los principales períodos evolutivos podemos enumerar tres:

- a. Un período sensoriomotor, hasta el primer año y medio aproximadamente, con un primer subperíodo de centración en el propio cuerpo del sujeto (hasta el 7º ó 9º mes aproximadamente), seguido por un segundo de objetivación y de espacialización de los esquemas de la inteligencia práctica.
- b. Un período de inteligencia representativa que conduce a las operaciones concretas (clases, series y números relativos a objetos) con un primer comienzo de funciones orientadas y de identidades cualitativas) que se inicia sobre el año y medio o dos años con la formación de procesos semióticos tales como el lenguaje y las imágenes mentales. Viene a continuación un segundo subperíodo (sobre los 7 u 8 años) que se caracteriza por el comienzo de los agrupamientos operatorios en sus diversas formas concretas y con sus varios tipos de conservación.
- c. Hay finalmente un período de operaciones proposicionales o formales. Este también empieza con un subperíodo de organización (de los 11 a los 13 años) y es seguido por un subperíodo de realización de la combinatoria general y del grupo INRC de las dos reversibilidades (ver el parágrafo 28 y la nota 9).

Si consideramos ahora la secuencia precedente, es fácil notar que cada uno de dichos períodos o subperíodos es necesario a la constitución del que le sucede. Como primer ejemplo, ¿por qué aparecen el lenguaje y la función semiótica sólo al final de un largo período sensoriomotor cuyos únicos significantes son índices y señales, y en el que no hay ni símbolos ni signos? (Si la adquisición del lenguaje dependiera sólo de una acumulación de asociaciones, como se sostiene a veces, podría aparecer mucho antes<sup>6</sup>). Se ha demostrado que la adquisición del lenguaje requiere al menos condiciones: en primer lugar, tiene que existir un contexto general de imitación que permita relaciones interpersonales y, en segundo lugar, es necesaria la

---

<sup>6</sup> La controversia en este asunto es que ya en el estadio sensoriomotor existe una manipulación simbólica, es decir, un almacenamiento y un procesamiento de índices y señales. En consecuencia, si la ausencia de lenguaje no se puede atribuir a la carencia de tales funciones, el condicionamiento (clásico u operante) habría de ser posible, por lo menos en lo relativo al estímulo. En este estadio, el niño puede diferenciar los sonidos y debería ser capaz de responder de un modo selectivo, verbal o no, a los estímulos fonéticos sobre una base puramente asociativa. Se sostiene que ello no es posible más que para una serie determinada (y muy restringida) de estímulos, a causa de la ausencia de la estructura lingüística más esencial (monoide) que haría posible la generación y el almacenamiento de las reglas que permiten analizar y reconocer una gama ilimitada de secuencias organizadas de sonidos. (Nota del traductor al inglés).



presencia de las distintas características estructurales que constituyen la unidad básica de la gramática transformacional de CHOMSKY (1957). La satisfacción de la primera condición significa que además de las técnicas motoras de imitación del objeto (y eso no es fácil en absoluto), tienen que ser dominadas las descentraciones espacio-temporales y causales del segundo sub-período sensoriomotor. Respecto a la segunda condición, nuestra colaboradora H. SINCLAIR, especialista en psicolingüística ha demostrado (en un reciente trabajo que se publicará en breve) que las estructuras transformacionales de CHOMSKY son suministradas por la operación previa de sus esquemas sensoriomotores y en consecuencia, que su origen no radica en un programa neuropsicológico innato (como lo definiría CHOMSKY), ni en un proceso de aprendizaje operante o de cualquier otro tipo de condicionamiento (como ya dejó demostrado CHOMSKY en sus conclusiones - 1959).

Un segundo ejemplo del carácter secuencial de nuestros períodos y sub-períodos, es el de los 2 a los 7 años que procede asimismo de los esquemas sensoriomotores elaborados hacia los 9 y 10 meses, y que prepara las operaciones concretas de los 7 a 10 años. Dicho período se caracteriza por unos aspectos negativos (falta de reversibilidad y ausencia de la noción de conservación) pero también implica realizaciones positivas tales como las funciones orientadas (topologías en las que  $y = f(x)$  con unidad del valor  $f(x)$  para cualquier  $(x)$  y la identidad cualitativa  $a = a$ . En realidad dichas funciones ya desempeñan un amplio papel en el pensamiento preoperatorio. Su orientación unidireccional explica la predominancia general del concepto de orden en este nivel con sus aspectos adecuados pero dando también lugar a distorsiones sistemáticas (por ejemplo un recorrido más largo significa “ir más lejos”; estimación de una cantidad de agua teniendo en cuenta sólo su nivel). Las funciones elementales no son otras que las conexiones inherentes a los esquemas de acción (que antes de ser operatorios están todos orientados a un fin) y por lo tanto se inician en los propios esquemas sensoriomotores. La identidad cualitativa (el tipo de identidad que expresa el niño diciendo: “Es la misma agua”, incluso cuando cambia la cantidad de agua) tiene su origen en el concepto de objeto permanente y en la noción de que el propio cuerpo del sujeto (como el cuerpo de otros sujetos) conserva su identidad tanto en el tiempo como en el espacio; estas son las tres adquisiciones del estadio sensoriomotor. Por otra parte, las funciones orientadas de sentido único y las identidades que implican constituyen la condición necesaria para operaciones futuras. Así vemos que los estadios entre los 2 y los 7 años consisten simultáneamente en una extensión de los estadios sensoriomotores y en la base de las operaciones concretas futuras.

Las operaciones proposicionales que aparecen entre los 11 y los 15 años junto con el grupo INRC y las estructuras combinatorias generales consisten todas en aplicar operaciones a operaciones y transformaciones a transformaciones. Resulta, pues, evidente que la existencia de dicho último estadio supone necesariamente adquisiciones del estadio anterior (operaciones concretas o a la primera potencia).

11. Así definidos los estadios siempre aparecen en el mismo orden de sucesión lo que podría llevarnos a suponer que esto depende de algún factor biológico tal como la maduración. Pero naturalmente no es posible compararlo con la programación neurofisiológica hereditaria de los instintos. La maduración biológica no hace más que abrir camino a construcciones posibles (o explicar imposibilidades transitorias). Al sujeto corresponde llevarlas a cabo. Esta realización, cuando es regular, obedece a la ley de las creodas es decir de una progresión constante y necesaria de modo que las reacciones endógenas se encuentren respaldadas por el medio y la experiencia. Sería pues un error considerar la sucesión de dichos estadios como el resultado de una predeterminación innata, dado que toda la secuencia entraña una construcción novedosa continua.

Las dos mejores pruebas que atestiguan este último punto son la posibilidad de desviaciones de la norma (con regulación mediante la homeorresis) y de variaciones en la correspondencia cronológica con la posibilidad de aceleraciones o de retrasos. Las desviaciones pueden provenir tanto de experiencias imprevistas encontradas por la actividad del niño mismo como de las intervenciones pedagógicas del adulto. Claro que ciertas intervenciones pedagógicas pueden acelerar y completar el desarrollo espontáneo; pero no pueden cambiar el orden de las construcciones. Los programas educativos, por ejemplo, introducen debidamente el concepto de proporciones métricas mucho después de las operaciones aritméticas elementales, aunque una proporción no parece ser más que una equivalencia entre dos divisiones, como en  $4:2 = 6:3$ . Pero también existen intervenciones pedagógicas inoportunas tales como las de los padres que les enseñan a sus niños a contar hasta 20 ó 50 antes de que tengan cualquier concepto de número. En muchos casos, tales adquisiciones prematuras no afectan en modo alguno a la creoda específica de la construcción de los enteros. Por ejemplo, cuando dos líneas de elementos  $m$  y  $n$  ( $m = n$ ), respectivamente, son puestas primero en correspondencia visual término a término, al cambiar después sus longitudes variando la distancia entre sus elementos, el hecho de que un niño de cierta edad sepa contar no le impedirá

decir que la línea más larga tiene más elementos. Por otra parte, cuando una intervención pedagógica ha resultado positiva o cuando el niño consigue solo una conquista parcial en un ámbito operatorio determinado, el problema de las interacciones entre las distintas creodas sigue sin resolver. En el caso, por ejemplo, de las clases o de las series, son las operaciones aditivas y multiplicativas siempre sincrónicas –como parecen serlo a menudo—, o puede una seguir a la otra, y en tal caso la síntesis final sigue siendo la misma (como probablemente sucede)?

12. Considerando el problema de la duración o ritmo de sucesión de los estadios, podemos observar en seguida que las aceleraciones o los retrasos de la edad cronológica media de su desarrollo dependen de los ambientes concretos (por ejemplo, abundancia o escasez de posibilidad de actividades y de experiencias espontáneas, ambiente cultural o educativo), pero que el orden de sucesión permanecerá constante. Algunos autores piensan incluso que sea posible y deseable una aceleración sin límites. BRUNER ( 1960) llegó a afirmar que, planteadas las cosas de modo adecuado, se puede enseñar cualquier cosa a niños de cualquier edad, pero parece que ya no lo piensa. Sin embargo, acerca de este punto se pueden citar dos situaciones estudiadas por GRUBER. La primera es la del desarrollo de los gatitos. Se ha demostrado que pasaban por los mismos estadios que los lactantes para adquirir el concepto, de objeto permanente, y, además, que conseguían en 3 meses lo que el lactante consigue en 9. Sin embargo, no progresan más y podemos preguntarnos si el ritmo de desarrollo más lento del niño no lo es en previsión de progresos finales más importantes. El segundo estudio de GRUBER trata del notable retraso con que Darwin llegó a algunos de sus conceptos más importantes, aunque eran consecuencia lógica de sus ideas iniciales. ¿Constituye dicha extraordinaria lentitud de invención una de las condiciones de productividad o sólo un accidente deplorable? Estos son importantes problemas de la psicología cognitiva que quedan todavía por resolver. Sin embargo, quisiéramos sugerir una hipótesis plausible. Para un sujeto determinado, la velocidad de transición de un estadio al siguiente tiene un ritmo óptimo. Es decir, que la estabilidad e incluso la productividad de una nueva organización (o estructuración) depende de conexiones que no pueden ser instantáneas pero tampoco indefinidamente aplazadas, dado que perderían entonces su poder de combinación interna.

#### **IV. LAS RELACIONES ENTRE DESARROLLO Y APRENDIZAJE**

13. Si entendemos por *aprendizaje* cualquier forma de adquisición cognitiva, es obvio que el desarrollo no es más que una suma o una sucesión de situaciones de aprendizaje. Sin embargo, dicho término sólo se utiliza, generalmente, para denotar adquisiciones esencialmente exógenas en las que el sujeto o bien repite respuestas correspondientes a la repetición de secuencias exteriores (como en el condicionamiento), o bien descubre la posibilidad de repetir una respuesta a través de secuencias regulares producidas por cualquier mecanismo, sin que tenga que estructurarlas o reorganizarlas así mismo mediante una actividad paulatinamente constructiva (aprendizaje instrumental). Si aceptamos esta definición de aprendizaje, se plantea el problema de saber si el desarrollo no es más que una sucesión de adquisiciones aprendidas (lo que implicaría una dependencia sistemática del sujeto respecto a los objetos), o si aprendizaje y desarrollo constituyen dos fuentes distintas y separadas de conocimiento. Finalmente queda, por supuesto, la posibilidad de que cada adquisición realizada a través del aprendizaje sólo represente en realidad un sector o una fase del desarrollo mismo arbitrariamente proporcionada por el ambiente (lo que implica la posibilidad de una desviación local de las creodas “normales”) pero siguiendo sometida a las limitaciones generales del estadio de desarrollo en curso.

Antes de examinar los hechos experimentales quisiéramos citar el intento de un brillante conductista que trató de reducir nuestra teoría a la del aprendizaje de HULL. Sin embargo, para realizar dicha reducción, BERLYNE (1960) tuvo que introducir dos nuevos conceptos en la teoría de HULL. El primero es la generalización estímulo-respuesta que HULL presintió pero no utilizó. El segundo, más fundamental, es el concepto de “respuestas transformacionales” que no se limitan a repeticiones sino que pueden estar sometidas a transformaciones reversibles del mismo modo que las “operaciones”. Discutiendo sobre la equilibración y la regulación, BERLYNE amplió el concepto de refuerzos externos introduciendo la posibilidad de “refuerzos internos” del tipo sentimiento de sorpresa incoherencia o coherencia. Aunque estas modificaciones de la teoría de HULL cambian fundamentalmente su estructura, no es cierto que sean suficientes. El principal problema sigue siendo saber si “las respuestas transformacionales” son meras copias de transformaciones exteriores observables de los objetos o si el propio sujeto transforma los objetos actuando sobre ellos. El punto principal de nuestra teoría consiste en que el conocimiento resulta de

*interacciones* entre el sujeto y el objeto que son *más ricas* que lo que los solos objetos pueden proporcionar. Por otra parte, teorías de aprendizaje como la de HULL reducen el conocimiento a “copias funcionales” directas que no enriquecen la realidad. El problema que hemos de solucionar para explicar el desarrollo cognitivo es el de la invención y no el de la simple copia. Y ni la generalización estímulo-respuesta ni la introducción de las respuestas transformacionales pueden explicar la novedad ni la invención. En contraposición los conceptos de asimilación y de acomodación, y los de estructuras operatorias (que son creadas y no sólo descubiertas a partir de las actividades del sujeto) se orientan hacia esta construcción inventiva que caracteriza cualquier pensamiento vivo.

Para cerrar esta introducción teórica al problema de aprendizaje y desarrollo, quisiéramos señalar lo extraño que resulta el hecho de que tantos psicólogos americanos y soviéticos, ciudadanos de grandes naciones que intentan cambiar el mundo, hayan propuesto teorías del aprendizaje que reducen el conocimiento a una copia pasiva de la realidad exterior (HULL, PAVLOV, etc.), mientras que el pensamiento humano siempre transforma y trasciende la realidad. Sectores notables de las matemáticas no tienen ningún equivalente en la realidad física (por ejemplo, los que implican la hipótesis del continuum), y todas las técnicas matemáticas desembocan en combinaciones nuevas que enriquecen la realidad. Para presentar una noción adecuada del aprendizaje, hay primero que explicar cómo procede el sujeto para construir e inventar, no simplemente cómo repite y copia.

14. Hace unos años el Centro Internacional de Epistemología Genética investigó sobre dos problemas:

a. En qué condiciones pueden aprenderse las estructuras lógicas y si tales condiciones son idénticas a las requeridas para el aprendizaje de secuencias empíricas.

b. E, incluso en este último caso (secuencias probabilísticas o arbitrarias), si el aprendizaje implica una lógica parecida, por ejemplo, a la lógica de las coordinaciones de acción, cuya existencia ya se puede observar durante la organización de los esquemas senso-motores.

Acerca del primer problema, estudios como los de GRECO, MORF y SMEDSLUND (1959) han demostrado que para aprender a construir y dominar una estructura lógica, el sujeto ha de empezar a partir de otra estructura lógica más elemental que diferenciará y complementará. En otras palabras, el aprendizaje no es más que un sector del desarrollo cognitivo que es facilitado o acelerado por la experiencia. En contraposición, el aprendizaje bajo refuerzo externo (por ejemplo, permitiéndole al sujeto observar los resultados de la deducción que habría tenido que hacer o informándole verbalmente) provoca muy poco cambio en el pensamiento lógico, o bien, un cambio momentáneo llamativo pero sin verdadera comprensión.

SMEDSLUND, por ejemplo, descubrió que era fácil enseñar a los niños la conservación del peso con trozos de arcilla cuya forma se modificaba y cuyo peso constante podía leer el niño en una balanza, porque en este caso, la simple repetición de dichas observaciones facilita la generalización. Los mismos procedimientos de refuerzo mediante la observación no bastan del todo para engendrar la adquisición de la transitividad en las equivalencias de peso:  $A = C$  si  $A = B$  y si  $B = C$ . En otras palabras, la estructura lógica de conservación (y SMEDSLUND ha comprobado la correlación entre transitividad y conservación operatoria) no se adquiere de la misma manera que el contenido físico de dicha observación.

MORF observó el mismo fenómeno en el estudio de la cuantificación de la inclusión:  $A < B$  si  $B = A + A'$ . La tendencia espontánea del niño es comparar la parte  $A$  con su complementaria  $A'$ , incluso cuando se le llama la atención sobre las partes del total  $B$ , y  $B$  ya no se conserva como un todo.

En contraposición, el entrenamiento previo sobre las intersecciones de clases facilita el aprendizaje de la inclusión. Es verdad que el psicólogo holandés KOHNSTAMM (1956) ha tratado de mostrar que era posible enseñar a sujetos jóvenes el predominio cuantitativo del todo sobre la parte ( $B > A$ ) por métodos puramente didácticos y verbales. En consecuencia, se considera como optimistas a los psicólogos de la educación que piensan que mediante métodos educativos es posible enseñar cualquier cosa a cualquier edad, y como pesimistas a los psicólogos de la escuela de Ginebra que afirman que sólo un desarrollo espontáneo y adecuado hace posible la comprensión en cualquier circunstancia. Sin embargo, las comprobaciones que están llevando a cabo LAURENDEAU y PINARD en Montreal acerca de la experiencia de KOHNSTAMM demuestran que las cosas no son tan sencillas como parecen (niños con entrenamiento verbal cometen muchísimos errores sobre las relaciones entre  $A$  y  $A'$ ). Es fácil entender que los profesores de una escuela tradicional llamarán optimista a cualquier persona que cree en sus métodos, pero, en nuestra opinión, el verdadero optimismo consistirá en creer en las capacidades de invención del niño. También hay que recordar que cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que habría podido descubrir solo, se le impide a este niño inventarlo, y en consecuencia, entenderlo completamente. Es evidente que eso no significa que el profesor no tenga que diseñar situaciones experimentales para facilitar la invención del niño.

Para volver al segundo problema que hemos mencionado, MATALON y APOSTEL han mostrado que cualquier aprendizaje, incluso el aprendizaje empírico, implica lógica. Eso es verdad en el sentido de una organización de la acción del sujeto en oposición a la percepción inmediata del dato exterior; además, APOSTEL ha empezado a analizar el álgebra del proceso de aprendizaje y sus operaciones básicas necesarias

15. Prosiguiendo las investigaciones del Centro Internacional de Epistemología Genética, INHELDER en Ginebra con sus colegas BOVET y SINCLAIR (1967), y luego LAURENDEAU (1966) en Montreal con sus compañeros FOURNIER-CHONINARD y CARBONNEAU han llevado a cabo experiencias más detalladas. El objetivo de sus investigaciones era aislar los distintos factores que puedan facilitar una adquisición operatoria, y establecer las posibles relaciones entre los factores implicados en las construcciones “naturales” de los mismos conceptos (por ejemplo, la conservación a lo largo del desarrollo espontáneo).

Tomemos el ejemplo de una de las experiencias de INHELDER, BOVET y SINCLAIR (con FOT) que se realiza mostrándole al niño recipientes transparentes que contienen la misma cantidad de líquido. En vez de verter normalmente, estos recipientes vacían por el fondo, por grifos que vierten en tarros de cristal de varias formas, que vacían a su vez en otros recipientes de otros niveles. La altura y la anchura de los tarros sucesivos cambia a cada nivel, pero los recipientes de la base del dispositivo son los mismos que los de arriba. Esta disposición debería llevar al niño a realizar comparaciones a la vez dimensionales y cuantitativas y, en su caso, a entender la razón de la igualdad de las cantidades en el punto de partida y en el final.

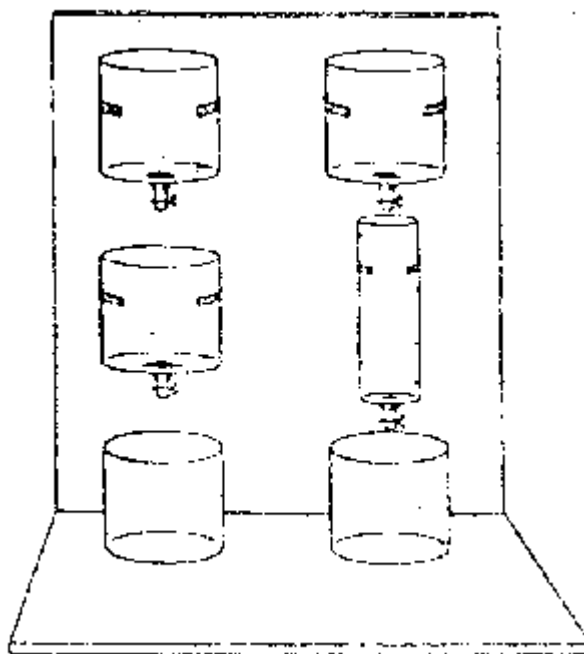


Figura 1: Aparato experimental para aprender el concepto de conservación de la cantidad.

Esta experiencia demostró que los resultados cambian de modo muy significativo según los niveles cognitivos iniciales de los niños, que fueron clasificados de acuerdo con sus esquemas de asimilación. Ningún niño que partiera de un estadio pre-operatorio consiguió entender las operaciones lógicas subyacentes a los conceptos elementales de la conservación de cantidades físicas. La mayor parte (87,5 %) ni siquiera mostró un progreso real del tipo que fuere, mientras que una minoría (12,5%) progresó hacia un nivel intermedio caracterizado por fluctuaciones frecuentes en las que alternativamente se afirmaba o se negaba la conservación. Esta incertidumbre es imputable al hecho de que la coordinación de las centraciones, o de los estadios aislados sucesivos o de sus variaciones, eran aún parciales y transitorios. Evidentemente, una cosa es observar que en un sistema cerrado de transformaciones físicas, nada se crea ni se destruye, y otra distinta deducir de ello un principio de conservación. La situación es diferente con niños que ya se hallaban inicialmente en este nivel intermedio. En tal caso, sólo el 23% no consiguieron la

conservación basada en una estructura operatoria sencilla. Es cierto que aproximadamente en la mitad de los casos (38,5 %), este resultado sólo implicaba la extensión de una estructuración ya iniciada en el momento del pretest, mientras que para la otra mitad, la construcción progresiva del principio de conservación era fácil de observar durante la experiencia. Posteriormente, su razonamiento adquirió una verdadera estabilidad (no hubo regresiones en el primero y en el segundo postest). Además, fueron capaces de generalizar la conservación, extendiendo el concepto hasta incluir las transformaciones de una bola de arcilla en un contexto que, aparentemente, apenas se parecía a la situación de aprendizaje precedente. Sin embargo, comparando los argumentos de conservación dados por sujetos que la habían adquirido mediante el procedimiento “espontáneo” mucho más lento, se observó que no coincidían exactamente. Estos habían construido una estructura que no utilizaba todas las posibilidades de la movilidad operatoria, que implica en su forma completa una reversibilidad general. En realidad, la mayoría de sus argumentos eran de identidad y compensación, que habían sido desarrolladas en la situación experimental, y muy pocos eran de reversibilidad basada en la supresión de la acción.

Por otra parte, el progreso en la situación experimental fue más general y completo en el caso de los niños que se hallaban inicialmente en un nivel operatorio elemental (caracterizado por la adquisición de la conservación de la cantidad durante la experiencia) pero que no habían adquirido todavía el concepto más completo de conservación de peso que en el desarrollo espontáneo aparece generalmente 2 ó 3 años después. En tal caso el progreso es auténtico cuando la situación experimental no limita al niño a una observación pasiva sino que implica una serie de ejercicios operatorios (por ejemplo, estableciendo una igualdad de peso para objetos de tamaños distintos e independientemente de su posición en la balanza y principalmente, comparando los pesos de grupos de objetos distintos y estableciendo su equivalencia o no equivalencia). Una vez sometidos a este tipo de secuencia de entrenamiento, el 86% de los sujetos consiguieron la conservación (en tres sesiones). Entre ellos, un 64% fueron capaces de utilizar las propiedades transitivas de orden o igualdad de peso, y utilizando argumentos basados en la reversibilidad total, mostraron darse cuenta de que dichas propiedades eran lógicamente evidentes. Estos tipos de adquisición, pues, se diferencian claramente de la solución pragmática dada por los niños que, en un nivel pre-operatorio, sólo fueron sometidos a evidencia empírica (como en la experiencia de SMEDSLUND).

Lo que demuestra, esencialmente, esta experiencia es que el aprendizaje está subordinado a los niveles de desarrollo del sujeto. Si éste se halla cerca del nivel operatorio, es decir, si es capaz de entender las relaciones cuantitativas, las comparaciones que hace durante la experiencia bastan para conducirle a la compensación y la conservación. Pero cuanto más lejos está de la capacidad de cuantificación operatoria, es menos probable que utilice la secuencia de aprendizaje para llegar al concepto de conservación.

Una experiencia llevada a cabo por LAURENDAU consiste en intentar provocar una descentración y una equilibración progresivas, y en comparar los resultados así conseguidos con los conseguidos por el condicionamiento operante del tipo SKINNER con refuerzo externo. Se pide a un grupo de sujetos que prevean el nivel que un líquido alcanzará al trasvasarlo de un recipiente a otro de forma distinta. A continuación, se les enseña a los sujetos el nivel alcanzado cuando se vierte efectivamente el líquido para que puedan ver si su predicción era correcta. Después, se les pregunta a los sujetos acerca de la conservación y, cuando la niegan se les pide que añadan la cantidad necesaria para igualar los niveles. Esto se repite con recipientes de formas cada vez más distintas, hasta que uno sea muy ancho y bajo, y el otros muy alto y fino, de manera que resulte evidente que niveles iguales no dan lugar a cantidades iguales de líquido. En esta tercera fase de la experiencia se utilizan 12 recipientes progresivamente más altos y finos, siendo iguales los medianos (6 y 7); éstos los llena el sujeto con cantidades de líquido que le parecen iguales. Se trasvasan a continuación a los recipientes 5 y 8 respectivamente; luego, se repite la operación y se trasvasan 6 y 7 a 4 y 9, etc. Se puede observar una mejora definitiva en la actuación una semana y 3 meses más tarde.

Se pide a sujetos de un segundo grupo que hagan la misma predicción, pero luego sólo se les hacen preguntas (unas 20 en conjunto) acerca de la conservación; las respuestas correctas son recompensadas de modo adecuado. En realidad, el niño es muy rápidamente capaz de no dar sino respuestas correctas y puede hacerlo aún 2 ó 3 días después, pero los postests muestran que su aprendizaje es mucho más limitado y menos estable.

En resumen, el aprendizaje parece depender de los mecanismos de desarrollo y estabilizarse sólo en la medida en que utiliza ciertos aspectos de dichos mecanismos, los instrumentos de cuantificación mismos, desarrollados a lo largo del desarrollo espontáneo.

## V. LOS ASPECTOS OPERATORIOS Y FIGURATIVOS DE LAS FUNCIONES COGNOSCITIVAS

16. Los estudios descritos en la Sección III son sólo los relativos al desarrollo de la inteligencia, y los aspectos del aprendizaje considerados en la Sección IV sólo están relacionados con dichos estadios.

Si queremos conseguir una representación completa del desarrollo mental, no podemos considerar sólo el aspecto operatorio de las funciones cognitivas, sino también su aspecto figurativo. Llamaremos operatorias a las actividades del sujeto que intentan transformar la realidad; (a) la gama de todas las acciones (salvo aquellas cuyo propósito es de mera acomodación, como la imitación o el dibujo), y (b) las propias operaciones. Así es que “operatorio” es un término de sentido más amplio que “operacional”, que sólo está relacionado con los operadores. En contraposición, llamaremos “figurativas” a las actividades que sólo tratan de representar la realidad tal como aparece sin intentar transformarla: (a) la percepción (b) la imitación en un sentido amplio (imitación gráfica o dibujo inclusive), y (c) las representaciones gráficas en las imágenes mentales.

Antes de hablar de estos aspectos figurativos y de sus relaciones con los aspectos operatorios del conocimiento, tenemos que analizar brevemente sus relaciones con la función semiótica (llamada generalmente función simbólica). Considerando las funciones semióticas, PIERCE inició una distinción entre “índices” (percepciones), “íconos” (imágenes), y símbolos, en los que incluye el lenguaje. Preferimos la terminología de SAUSSURE, que se utiliza más en lingüística y que se caracteriza psicológicamente del modo siguiente:

a. Los *índices* son significantes que no se distinguen de sus significados puesto que son parte de ellos o un resultado causal; por ejemplo, oír una voz es para un niño un índice de la presencia de alguien.

b. Los *símbolos* son significantes diferenciados de sus significados, pero que conservan alguna semejanza con ellos - por ejemplo, representar en un juego simbólico pan por una piedra blanca y verduras por hierba.

c. Los *signos* son significantes también diferenciados de sus significados, pero son convencionales y, en consecuencia, más o menos “arbitrarios”: el signo es siempre social, mientras que el símbolo puede tener un origen meramente individual como en los juegos simbólicos o los sueños.

En consecuencia, llamaremos función semiótica (o función simbólica, pero semiótica tiene un sentido más amplio) a la capacidad, adquirida por el niño en el transcurso del segundo año, de representar un objeto ausente o un acontecimiento que no está percibido, mediante símbolos o signos, es decir, mediante significantes diferenciados de sus significados. Así es que la función semiótica incluye además del lenguaje, los juegos simbólicos, las imágenes mentales y gráficas (dibujos) y la imitación diferida (que se da en la ausencia de su modelo), que aparecen casi al mismo tiempo (salvo para el dibujo, que aparece un poco más tarde), mientras que los índices (incluso las “señales” implicadas en el condicionamiento) ya desempeñan un papel durante las primeras semanas. La transición de los índices a los símbolos y a los signos—en otras palabras, el comienzo de la diferenciación que caracteriza la función semiótica—está claramente relacionada con el progreso de la imitación, que es, en el nivel sensoriomotor, una especie de representación mediante acciones efectivas. A medida que la imitación se diferencia e interioriza en imágenes, también se convierte en la fuente de los símbolos y en el instrumento de intercambio comunicativo que hace posible la adquisición del lenguaje.

Así definida, la función semiótica incluye parcialmente las actividades figurativas del conocimiento, que a su vez incluyen parcialmente la función semiótica. Si existe, pues, una intersección entre sus ámbitos respectivos, en cambio no hay ni equivalencia ni inclusión. En efecto, la percepción es una actividad figurativa, pero no pertenece a la función semiótica, puesto que sólo utiliza índices y no significantes representativos. El lenguaje pertenece a la función semiótica, pero sólo es parcialmente figurativo (sobre todo cuando el niño es pequeño, o incluso menos según aumenta su edad, particularmente con el comienzo de las operaciones formales). En contraposición, la imitación, las imágenes mentales y el dibujo son tanto figurativos como semióticos.

17. La discusión de la percepción va a ser aquí breve. Dentro de muy poco, se publicará la excelente traducción de *Los mecanismos perceptivos* (1961), del autor, realizada por SEAGRIM. Sin embargo, conviene notar aquí que, durante nuestro estudio del desarrollo de la percepción en el niño, fuimos llevados a hacer una distinción entre “los efectos de campo” (entendiéndose campo en el sentido de centración motriz visual, y no en el sentido de la teoría de Gestalt), y las actividades perceptivas de exploración tales como las

actividades visuales y los modos de relacionar y situar visualmente en referencia (en lo relativo a la posición o la dirección).

Los efectos de campo disminuyen cuantitativamente con la edad (tal es el caso para las ilusiones óptico-geométricas primarias como las de MÜLLER-LYER) pero conservan sus características cualitativas. En consecuencia, su evolución con la edad no da lugar a una sucesión de estadios. Por ejemplo, basándose en el concepto de centración visual (estudiado con el VINH-BANG en los movimientos oculares) hemos podido establecer un modelo probabilístico de “encuentros” y “emparejamientos” (por medio de centraciones sucesivas) que proporcionan una ley general para las ilusiones primarias planas y que se puede utilizar para calcular el punto máximo teórico, positivo y negativo de cada una. Dichos puntos se han averiguado experimentalmente y son los mismos en todas las edades aunque el valor cuantitativo de la ilusión disminuye.

En contraposición, las actividades perceptivas se modifican con la edad y, en términos generales, se pueden distinguir estadios aproximativos. Por ejemplo, si se expone a un mismo sujeto a 20 ó 30 presentaciones de la de MÜLLER-LYER o la de ilusión del rombo (subestimación de la diagonal principal), se observa un efecto de aprendizaje que va aumentando con la edad después de los 7 años. NOELTING y GONHEIM pudieron demostrar que no aparecía antes de los 7 años. Puesto que dicho aprendizaje perceptivo (dependiente de autorregulaciones o equilibraciones espontáneas) no es reforzado - dado que el sujeto no conoce el error de su estimación-, es el resultado de actividades perceptivas que se vuelven más eficaces con la edad.

Además, estudiando el procedimiento por el que los niños estiman perceptivamente la horizontalidad de una línea (por ejemplo en un triángulo volcado), hemos encontrado (con DADSETAN) una mejora real hacia los 9 ó 10 años, lo que está en correlación directa con las operaciones espaciales correspondientes. Aquí, como en todos los casos donde pudimos estudiar las relaciones entre percepción e inteligencia, la inteligencia es la que dirige los movimientos –lo hace, naturalmente, no experimentando con los mecanismos perceptivos, sino indicando lo que hay que mirar y qué índices resultan útiles para hacer una buena estimación perceptiva.

18. Hemos estudiado extensamente las imágenes mentales con INHELDER (1966) y muchos colegas tomando particularmente en consideración sus relaciones con la inteligencia (por ejemplo pidiéndoles a los sujetos que imaginaran el resultado de verter un líquido en un recipiente distinto en una experiencia de conservación antes de que hubieran visto el resultado efectivo). Nuestra primera conclusión es que la imagen no proviene de la percepción (sólo aparece sobre 1 ½ años junto con la función semiótica) y que obedece a leyes totalmente distintas. Es probablemente el resultado de una interiorización de la imitación. Esta hipótesis parece comprobarse en el ámbito de los juegos simbólicos en sus fases iniciales (juegos de ficción o de imaginación que muestran todas las transiciones entre los símbolos imitativos por ademanes y acciones, y la imitación interiorizada o imágenes).

Además si distinguimos entre imágenes reproductivas (imaginar un objeto o un acontecimiento conocido pero no percibido en aquel momento) e imágenes anticipatorias (imaginar el resultado de una nueva combinación) nuestros resultados han puesto de manifiesto lo siguiente:

a. Antes de los 7 años, sólo se pueden encontrar imágenes reproductivas siendo todas bastante estáticas. Por ejemplo los sujetos experimentan una dificultad sistemática para imaginar las posiciones intermedias entre la posición vertical inicial de un bastón cayéndose y su posición horizontal final.

b. Después de los 7 u 8 años aparecen imágenes anticipatorias pero no son aplicadas sólo a combinaciones nuevas. También parecen necesarias para representar cualquier transformación aunque ésta sea conocida como si tales representaciones siempre supusieran una nueva anticipación.

Pero esta investigación ha demostrado sobre todo la interdependencia estricta entre la evolución de las imágenes mentales y la evolución de las operaciones. Las imágenes anticipatorias sólo son posibles cuando existen las operaciones correspondientes. En nuestra experiencia sobre la conservación de los líquidos los sujetos más jóvenes pasan por un estadio de “pseudo-conservación” en el que imaginan que el nivel de un líquido sería el mismo en un recipiente estrecho que en otro ancho (y sólo cuando ven que el nivel es distinto niegan la conservación). Cerca del 23% de los sujetos saben que el nivel subirá pero este acontecimiento está contenido en una imagen reproductiva (basada en la experiencia) y concluyen que no habrá conservación (cuando se les pide que viertan la misma cantidad en los dos recipientes vierten hasta alcanzar los mismos niveles).

En resumen si las imágenes mentales pueden facilitar a veces las operaciones no constituyen su origen. Al contrario, las imágenes mentales son generalmente controladas por las operaciones que aparecen progresivamente (y se puede seguir su construcción paso a paso).

19. El estudio de las imágenes mentales nos llevó a investigar sobre el desarrollo de la memoria. La memoria presenta dos aspectos muy distintos. Por una parte es cognitiva (implica un conocimiento del pasado) y a este respecto utiliza los esquemas de inteligencia como lo veremos a continuación en un ejemplo. Por otra parte las imágenes no son un conocimiento abstracto y tienen una relación particular y concreta con los objetos o los acontecimientos. A tal respecto, símbolos como las imágenes mentales y más concretamente las imágenes de la memoria. Son necesarios para su funcionamiento. Las imágenes mismas pueden ser esquematizadas pero en un sentido totalmente distinto puesto que las imágenes en sí mismas aunque esquemáticas no son esquemas. Utilizaremos pues el término *schemata* para designarlas. Un *schema* es una imagen simplificada (por ejemplo el mapa de una ciudad) mientras que un esquema representa lo que se puede repetir y generalizar en una acción (por ejemplo el esquema es lo que es común en las acciones de empujar un objeto con un bastón o cualquier otro instrumento).

El resultado más importante de nuestra investigación ha sido en este contexto demostrar no la generalidad sino la posibilidad de que el progreso de la memoria sea influido por las mejoras en los esquemas operatorios de la inteligencia. Enseñamos por ejemplo (con SINCLAIR y otros) a niños de 3 a 8 años una serie de 10 varitas de madera de varias dimensiones (de 9 a 16 cm.) presentadas según sus longitudes y pedimos simplemente a los sujetos que miraran dicha serie. Se les pidió, una semana, y luego un mes, después que dibujaran la serie de memoria.

El primer resultado interesante es que después de una semana los niños más jóvenes no recuerdan la sucesión de elementos bien ordenados si no que vuelven a construirla asimilándola a los esquemas correspondientes a sus niveles operatorios: (a) algunos elementos iguales (b) cortos y largos (c) grupos cortos medianos y largos (d) una sucesión correcta pero demasiado corta y (e) una seriación completa. El segundo resultado notable es que después de 6 meses sin ninguna otra presentación) la memoria había mejorado en un 75% de los casos. Los que se hallaban en el nivel (a) progresaron hasta (b). Muchos del nivel (b) pasaron a (c) o incluso a (d). Los de (c) pasaron al (d) o (e) etc. Naturalmente los resultados no son tan espectaculares en otras experiencias y cuando menos esquematizable es el modelo (en el sentido no de asimilarlo a un esquema sino de hacerlo esquemático) menos progreso hay. La existencia de tales factores demuestra que la estructura de la memoria parece ser parcialmente dependiente de la estructura de las operaciones.

## **VI. LOS FACTORES CLASICOS DE DESARROLLO**

20. Hemos visto que existen leyes de desarrollo y que el desarrollo sigue un orden de sucesión de tal manera que cada uno de sus estadios es necesario para la construcción del siguiente. Pero queda aún por explicar este hecho fundamental. Los tres factores clásicos del desarrollo son la maduración, la experiencia del físico y la acción del medio social. Estos dos últimos no pueden explicar el carácter secuencial del desarrollo y el primero sólo no basta dado que el desarrollo de la inteligencia no comporta un factor hereditario de programación como los subyacentes a los instintos. Debemos por tanto añadir un cuarto factor (que es en realidad necesario a la coordinación de los tres primeros): la equilibración o autorregulación (*auto régulation*).

Está claro que la maduración debe contribuir al desarrollo de la inteligencia aunque sabemos muy poca cosa acerca de las relaciones entre las operaciones intelectuales y el cerebro. La característica secuencial de los estadios en particular es una indicación importante de su naturaleza parcialmente biológica y habla en favor del papel constante del genotipo y de la epigénesis. Pero eso no significa que podamos suponer la existencia de un programa hereditario subyacente al desarrollo de la inteligencia humana: no hay "ideas innatas" (pese a lo sostenido por LORENZ sobre la naturaleza a priori del pensamiento humano). Incluso la lógica no es innata y sólo da lugar a una construcción epigenética progresiva. Los efectos de la maduración, pues consisten esencialmente en abrir nuevas posibilidades de desarrollo, es decir dar paso a estructuras que no podían desarrollarse antes de que se presentaran dichas posibilidades. Pero entre posibilidad y realización tiene que intervenir una serie de otros factores tales como el ejercicio, la experiencia y la interacción social.



Un buen ejemplo de la diferencia que existe entre las posibilidades hereditarias y su realización en una estructura intelectual puede ser proporcionado examinando las estructuras de Boole y las estructuras lógicas descubiertas por McCULLOC y PYTTS (1947) en las conexiones neuronales. En este contexto las neuronas aparecen como operadores que tratan la información según reglas semejantes a las de la lógica de las proposiciones. Pero la lógica de las proposiciones sólo aparece en el nivel de pensamiento que se da hacia los 12 a 15 años de edad. Así es que no existe ninguna relación directa entre la lógica de las neuronas y la del pensamiento. En este caso particular como en muchos otros no se debe concebir el proceso como una maduración progresiva sino como una sucesión de construcciones, cada una de las cuales reproduce parcialmente su inmediata precedente pero a un nivel muy distinto y en un ámbito mucho más amplio. Inicialmente lo único que hace posible la lógica de las neuronas es una actividad nerviosa. Pero dicha actividad hace posible a su vez una organización sensomotora en el nivel de la conducta. Sin embargo esta organización al conservar ciertas estructuras de la actividad nerviosa y siendo en consecuencia parcialmente isomorfa a ella, desemboca primero en una serie de conexiones entre las conductas que es mucho más sencilla que la de la actividad nerviosa misma porque dichas conductas tienen que correlacionar acciones y objetos y ya no se limitan sólo a transmisiones internas. A continuación la organización sensomotora hace posible la constitución del pensamiento y de sus instrumentos simbólicos lo que implica la construcción de una nueva lógica, parcialmente isomorfa a las anteriores pero que se enfrenta con nuevos problemas y así se repite el ciclo. La lógica proposicional que se construye entre los 12 y los 15 años no es pues en modo alguno la consecuencia inmediata de la lógica de las neuronas sino el resultado de una serie de construcciones sucesivas que no están preformadas en la estructura nerviosa hereditaria sino que son posibilitadas por esta estructura inicial. Estamos ahora muy lejos del modelo de maduración continua que lo explicaría todo con mecanismos preformados. A tal modelo puramente endógeno hay que oponer una serie de construcciones efectivas cuyo orden de sucesión no supone una simple predeterminación sino que implica mucho más que eso.

21. Un segundo factor que se invoca tradicionalmente para explicar el desarrollo cognitivo es la *experiencia* adquirida mediante el contacto con el ambiente físico exterior. Dicho factor es esencialmente heterogéneo, y consta por lo menos de tres categorías y sentidos de experiencia, entre los que distinguiremos dos polos opuestos:

a. La primera categoría es el simple ejercicio, que supone, naturalmente, la presencia de objetos sobre los cuales se efectúa la acción, pero que no implica necesariamente la adquisición de un conocimiento a partir de dichos objetos. En realidad, se ha visto que el ejercicio tiene un efecto positivo sobre la consolidación de un reflejo o de un grupo de reflejos complejos tales como la succión, que mejora notablemente gracias a la repetición durante los primeros días de la vida. Esto también es válido para el ejercicio de las operaciones intelectuales que se pueden efectuar sobre los objetos, aunque dichas operaciones no proceden de los mismos. En contraposición, el ejercicio de una actividad perceptiva exploratoria o de una experiencia puede a la vez proporcionar nuevas informaciones exógenas y consolidar la actividad del sujeto. Podemos, pues, hacer una distinción entre dos polos opuestos de actividad en el ejercicio mismo: un polo de acomodación al objeto que es, en consecuencia la única fuente de las adquisiciones basadas en las propiedades del objeto; y un polo de asimilación funcional, es decir, de consolidación mediante una repetición activa. En esta segunda perspectiva, el ejercicio es, sobre todo, un factor de equilibración o autorregulación, o sea, está más relacionado con estructuraciones dependientes de la actividad del sujeto que con un aumento del conocimiento del ambiente externo.

En cuanto a la experiencia propiamente dicha, en el sentido de adquisición de un nuevo conocimiento mediante la manipulación de objetos (y no ya mediante el simple ejercicio), tenemos que distinguir otra vez entre dos polos opuestos, que corresponderán a las categorías (b) y (c).

b. La segunda categoría, a la que llamamos experiencia física, consiste en sacar información de los propios objetos mediante un simple proceso de abstracción. Dicha abstracción se limita a disociar una propiedad recién descubierta de las demás, que no son tenidas en cuenta. Es la experiencia física, pues, la que permite al niño descubrir el peso sin tener en cuenta el color del objeto, etc., o descubrir que el peso de objetos de la misma naturaleza va aumentando con el tamaño, etc.

c. Existe, además de la experiencia física (b) y del simple ejercicio (a), una tercera categoría fundamental que, curiosamente, apenas ha sido mencionada en este contexto. Es la que llamamos la experiencia lógica-matemática. Desempeña un papel importante en todos los niveles del desarrollo cognoscitivo en los que la deducción lógica o el cálculo son todavía imposibles, y aparece también cada vez que el sujeto se enfrenta con problemas en los que ha de descubrir nuevos instrumentos deductivos. Este tipo de experiencia implica también actuar sobre los objetos, dado que no puede haber experiencia sin una acción

en su origen, sea real o imaginada, y que su ausencia significaría que no hay contacto con el mundo exterior. Sin embargo, el conocimiento que procede de ella no está basado en las propiedades físicas de estos objetos sino en las propiedades de las acciones efectuadas sobre ellos, lo que no es exactamente lo mismo. Dicho conocimiento parece proceder de los objetos porque consiste en descubrir, manejándolos, las propiedades que antes de ser introducidas por la acción no pertenecían a dichos objetos. Por ejemplo, si un niño al contar piedras, las dispone por casualidad en fila y hace el descubrimiento asombroso de que cuando las cuenta de derecha a izquierda se encuentra con el mismo número que contándolas de izquierda a derecha o disponiéndolas en círculo etc. ha descubierto experimentalmente que la suma es independiente del orden. Pero ésta es una experiencia lógico-matemática y no física porque ni el orden ni siquiera la suma estaban presentes en las piedras antes de que las colocara de cierta manera (o sea las ordenara) y las uniera en un conjunto. Lo que ha descubierto es una relación nueva para él entre la acción de ordenar y la de reunir (en consecuencia entre las dos operaciones futuras) y no o no sólo una propiedad de las piedras.

Podemos ver pues que el factor de la experiencia adquirida es en realidad complejo y supone siempre dos polos: las adquisiciones procedentes de los objetos y las actividades constructivas del sujeto. Incluso la experiencia física (b) no es nunca pura puesto que siempre supone un mareo lógico-matemático aunque elemental (como en las Gestalts geométricas de la percepción). Eso significa que cualquier acción determinada como "pesar" que desemboca en un conocimiento físico no es nunca independiente de coordinaciones de acción más generales (tales como ordenar o reunir etc.) que son una fuente de conocimiento lógico-matemático.

22. El tercer factor clásico de desarrollo es el de la influencia del ambiente social. Se puede comprobar en seguida su importancia si consideramos el hecho que los estadios mencionados en la Sección III son acelerados o atrasados en el promedio de sus edades cronológicas según el ambiente cultural educativo del niño. Pero el hecho mismo de que los estadios siguen el mismo orden secuencial en cualquier ambiente basta para demostrar que el ambiente social no puede explicarlo todo. Dicho orden de sucesión constante no se puede imputar al ambiente. En realidad tanto las influencias sociales o educativas como la experiencia física están a este respecto en pie de igualdad; sólo pueden afectar al sujeto si éste es capaz de asimilarlas y sólo puede hacer o si ya posee los instrumentos o las estructuras adecuados (o sus formas primitivas). En realidad lo que se le enseña por ejemplo sólo es verdaderamente asimilado cuando da lugar a una reconstrucción activa o incluso a una reinención por parte del niño.

Un ejemplo excelente de esta situación compleja es proporcionado por el difícil problema de las relaciones entre lengua y pensamiento. Muchos autores han sostenido que el lenguaje no sólo es el factor esencial de la constitución de la representación o del pensamiento, lo que plantea un primer problema, sino también el origen de las operaciones lógicas mismas (por ejemplo, clasificación, seriación, operaciones proposicionales) lo que plantea una segunda cuestión.

En cuanto al primer problema es indudable que el lenguaje desempeña un papel muy importante en la interiorización de la acción en la representación y el pensamiento. Pero este factor lingüístico no es el único que está en juego. Hemos de considerar la función semiótica o simbólica como un todo -y el lenguaje no constituye más que una parte de dicho todo. Los otros instrumentos de representación son la imitación diferida, las imágenes mentales (que son una imitación interiorizada y no una simple prolongación de la percepción), los juegos simbólicos (o juegos de ficción) el dibujo (o imitación gráfica) etc. Y es seguramente la imitación en su sentido general la que constituye la transición entre las funciones sensomotoras y las semióticas. Es, también, en el contexto general de la función semiótica donde tiene que ser considerado el lenguaje, por más que su papel sea muy importante. El estudio de los sordomudos por ejemplo, muestra lo lejos que son capaces de llegar los otros instrumentos simbólicos cuando el desarrollo del lenguaje articulado se ve perturbado.

Volviendo al problema de las relaciones entre el lenguaje y operaciones lógicas, siempre hemos sostenido que el origen de las operaciones lógicas es a la vez más profundo y genéticamente más precoz que el lenguaje, es decir que radica en las leyes de las coordinaciones generales de la acción que controlan todas las actividades hasta el lenguaje mismo.

En la coordinación de los esquemas sensomotores ya existe una lógica elemental (ver Sección 1: el grupo de desplazamientos, la conservación de los objetos, etc.). Existe en una formación de inteligencia que no es todavía ni verbal ni simbólica. Pero quedan todavía por establecer más precisamente las relaciones entre el lenguaje y las operaciones lógicas en el nivel del pensamiento interiorizado.

Esto lo hizo recientemente SINCLAIR en una serie de experiencias en los niveles psicológicos y lingüísticos más instructivos. Estudió dos grupos de niños de 5 a 7 años, uno en un estadio netamente pre-operatorio e incapaz de conseguir el concepto de conservación, mientras que el otro poseía todos los

instrumentos que llevan a la conservación. Pudo demostrar a continuación que su lenguaje es, en promedio, notablemente distinto cuando se les pregunta acerca de asuntos distintos a la conservación, por ejemplo, y cuando se les pide que comparen dos objetos o más, tales como un lápiz largo y fino con otro corto y gordo. El grupo pre-operatorio utiliza, principalmente, los términos no-relacionales de una escala: “éste es largo, éste es corto; éste es fino, y éste es gordo”. En contraposición, el grupo operatorio utiliza sobre todo “vectores”: “éste es más pequeño y más gordo”, etc. Resulta que hay una relación clara entre nivel lingüístico y nivel operatorio (y eso también es verdad en otras situaciones). ¿Pero en qué dirección? Para determinarlo, SINCLAIR enseñó a continuación a un grupo de sujetos más jóvenes a utilizar las formas verbales utilizadas por los mayores. Hecho eso, volvió a estudiar sus niveles operatorios y descubrió que sólo el 10% aproximadamente habían mejorado; esta proporción muy pequeña podría incluso representar casos intermedios, o. casos que ya se hallaban muy cerca del umbral operatorio. Podemos notar, pues, que el lenguaje no parece ser el motor de la evolución operatoria, sino más bien un instrumento al servicio de la propia inteligencia (ver SINCLAIR DE ZWART 1967).

Para concluir los parágrafos 20, 21 y 22, parece que los factores tradicionales (maduración, experiencia, ambiente social) no bastan para explicar el desarrollo. Tenemos, pues, que recurrir a un cuarto factor, la equilibración, y ello por dos razones. La primera es que estos tres factores heterogéneos no pueden explicar un desarrollo secuencial si no están en cierta relación de equilibrio mutuo, y que debe, pues, existir un cuarto factor organizador para coordinarlos en un conjunto coherente y no contradictorio. La segunda razón es que cualquier desarrollo biológico, como ya sabemos ahora, es autorregulador, y que los procesos de autorregulación son incluso más habituales en el nivel de conducta y en la elaboración de las funciones cognoscitivas. Debemos pues considerar este factor por separado.

## VII. EQUILIBRACIÓN Y ESTRUCTURAS COGNITIVAS

23. El objetivo principal de una teoría de desarrollo es explicar la elaboración de las estructuras operatorias de conjunto o totalidad integrada (*structure opératoire d'ensemble*) y pensamos que sólo la hipótesis de la equilibración progresiva puede explicarla. Para entenderlo tenemos primero que considerar brevemente las estructuras operatorias mismas.

El concepto de estructura se hizo clásico en psicología cuando fue introducido por la teoría de GESTALT para luchar contra el asociacionismo y sus hábitos de pensamiento atomista. Pero los gestaltistas concibieron sólo un tipo de estructura aplicable a toda la psicología desde la percepción hasta la inteligencia. No distinguieron entre dos características que son en realidad totalmente distintas. La primera es común a todas las estructuras; todas poseen leyes holísticas que proceden del hecho de que forman un sistema y dichas leyes son distintas de las propiedades de los elementos que forman la totalidad. La segunda característica es la composición no-aditiva es decir que el todo es cuantitativamente distinto de la suma de las partes (como en la ilusión perceptiva de OPPEL . Pero en el ámbito de la inteligencia existen estructuras que verifican la primera característica y no la segunda; la sucesión de los enteros por ejemplo tiene como tal propiedades holísticas “grupo” “anillo” etc.) pero la composición dentro de ella es estrictamente aditiva:

$2 + 2 = 4$ , ni más ni menos.

Hemos intentado, pues, definir y analizar las estructuras específicas de la inteligencia y son estructuras que implican operaciones o sea acciones interiorizadas y reversibles tales como suma, unión teórica de un conjunto multiplicación lógica o en otros términos. composición de una multiplicidad de clases o de relaciones “consideradas simultáneamente”. Dichas estructuras se desarrollan muy natural y espontáneamente en el pensamiento del niño: seriar, por ejemplo (es decir, ordenar objetos según sus tamaños crecientes) clasificar, poner en correspondencia uno-a-uno o uno-a-varios establecer una matriz multiplicativa son todas estructuras que aparecen entre los 7 y 11 años en el nivel de lo que llamamos “operaciones concretas” que trata directamente con objetos. Después de los 11 ó 12 años aparecen otras estructuras tales como los procesos combinatorios y de cuaternalidad que describiremos más adelante.

Para estudiar las propiedades de estas estructuras operatorias concretas y establecer sus leyes necesitamos utilizar el lenguaje de la lógica de clases y relaciones pero eso no significa que dejemos el ámbito de la psicología. El que un psicólogo calcule la varianza de una muestra o utilice las fórmulas del análisis factorial no significa que su campo haya pasado a la estadística en vez de la psicología. Para analizar las estructuras tenemos que hacer lo mismo pero puesto que no tratamos con cantidades sólo hemos

de recurrir a instrumentos matemáticos más generales tales como álgebra abstracta o lógica. Pero no son sino instrumentos que nos permitirán alcanzar entidades auténticamente psicológicas tales como las operaciones consideradas como acciones interiorizadas o coordinaciones generales de acciones.

Una estructura de conjunto tal como la clasificación tiene las propiedades siguientes, que caracterizan, simplemente a las operaciones efectivamente presentes en la acción del sujeto.

a. Este puede combinar una clase  $A$  con otra clase  $A'$  para conseguir la clase  $B$ ; en fórmula  $A + A' = B$  (puede entonces seguir realizando  $B + B' = C$ , etc.).

b. Puede disociar  $A$  o  $A'$  de  $B$ . formulado  $B - A' = A$ , lo que constituye la operación inversa. Es necesario notar esta reversibilidad para entender la relación  $A < B$ . y sabemos que hasta los 7 u 8 años el niño no entiende fácilmente la idea que si se le dan 10 margaritas  $A$  y 10 flores distintas  $A'$ , entonces hay más flores  $B$  que margaritas  $A$  porque para poder comparar el conjunto  $B$  a la parte  $A$ , hay que saber combinar las dos operaciones  $A + A' = B$  y  $A = B - A'$ , si no el conjunto  $B$  no se conserva y  $A$  resulta sólo comparado con  $A'$ .

c. Entenderá que  $A - A = 0$  y  $A + 0 = A$ .

d. Por fin podrá asociar  $(A + A') + B' = A + (A' + B) = C$  mientras que  $(A + A) - A = A$  no equivale a  $A + (A - A) = A$ .

Hemos llamado *groupements* a estos agrupamientos elementales<sup>7</sup> (structures de groupoïdes) que son más primitivos que los grupos matemáticos pero que son también estructuras mucho más limitadas y menos elegantes en la medida en que la composición sólo está definida entre elementos contiguos sin propiedades combinatorias generales y muestra una asociatividad restringida<sup>8</sup>.

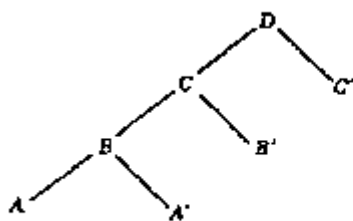


Fig. F7a.

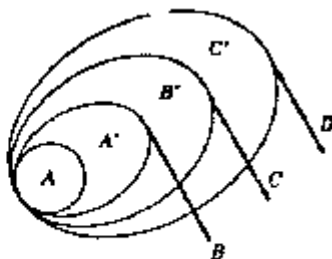


Fig. F7b.

<sup>7</sup> Un agrupamiento puede considerarse como una retícula que se ha hecho reversible. En una retícula, si  $A + A' = B$ , donde  $B$  es una clase superior de  $A$  y  $A'$ ,  $A$  puede obtenerse de nuevo operando sobre  $B$ :  $B ? A' = A$ . Pero el caso más general es aquel en el que  $C$  es una clase superior de  $A$  y  $C'$  por ejemplo, y  $a = D ? C'$ . En otras palabras, la operación de  $A + A'$  sólo puede ser "invertida" entre elementos contiguos tales como  $A$  y  $A'$ , en el sentido en que la tripleta  $A, A', B$ , dos elementos cualesquiera determinan únicamente el tercero (Fig. F/a).

Tal no es el caso para  $A, C', D$ , donde  $A + C = D ? D' ? B' ? A'$ . Consideramos aquí al agrupamiento como un grupo en el que la composición se restringe sólo a elementos contiguos ( $A + C'$ , por ejemplo no está definida sin condiciones particulares) y por las entidades especiales  $A + A = A, A + B = B$ . Así que un agrupamiento sólo está definido como una sucesión de elementos encajados, tal como una clasificación (Fig. F7b). Consiste en (a) una operación directa, (b) una operación inversa, (c) una operación idéntica 0, y (d) identidades particulares:

$$\begin{aligned} A + A^1 &= B \\ B - A^1 &= A \\ A + 0 &= A; & A - A &= 0 \\ A + A &= A; & -A - A &= -A \\ A + B &= B \end{aligned}$$

<sup>8</sup> La asociatividad es restringida por el hecho de que el agrupamiento sólo combina elementos contiguos.

$A + C^1$  no se pueden construir más que operando paso a paso sobre las clases contiguas mas cercanas  $A, A^1, B^1$  hasta  $D$ , incluyendo la primera clase ambas  $A$  y  $C^1$ , así que  $A + C^1 = D - B^1 - A^1$ . De la misma manera,  $A - C^1$  engendra la tautología  $A - C^1 = (D - C^1 - B^1 - A^1) - C^1$ , en la cual  $(D - C^1 - B^1 - A^1) = A$ .

La consecuencia de dichas restricciones es que la asociatividad no se comprueba hasta que los elementos entre paréntesis hayan sido previamente "reducidos":  $(A + A^1) + B^1 = B + B^1 = C$ , pero  $A + (A^1 + B^1)$  no tiene sentido porque  $(A^1 + B^1)$  no está definido en sí. (Para más precisiones acerca de las reglas de reducción, ver PIAGET, 1959). En contraposición, en el grupo de los enteros con la adición, se puede sumar o restar cualquier numero a cualquier otro, porque un entero puede estar totalmente desligado de los que le siguen aunque los "contengan".

Hemos sido criticados a menudo por haber construido sólo estructuras que no tienen ninguna realidad psicológica. Pero tales estructuras existen efectivamente ante todo porque describen simplemente lo que ocurre en una clasificación una seriación, etc., conductas que son bastante contemporáneas. Además pueden ser reconocidas en el nivel psicológico gracias a las características más generales que revelan la existencia de una estructura de conjunto tal como la transitividad (por ejemplo en una seriación  $A < C$  si  $A < B$  y  $B < C$ ) y el logro de los conceptos de conservación (conservación de un conjunto  $B$  cuando el orden de sus partes  $A$  y  $A'$  es modificado, conservación de dimensión, de cantidad, etc.).

24. El problema pues, consiste en entender cómo las estructuras fundamentales de la inteligencia pueden aparecer y evolucionar con las que después derivan de ellas. Dado que son innatas no pueden ser explicadas por la sola maduración. Las estructuras lógicas no son un simple producto de la experiencia física; en la seriación, la clasificación, la correspondencia término-a-término, las actividades del sujeto añaden nuevas relaciones tales como orden y totalidad a los objetos. La experiencia lógica-matemática extrae su información de las propias acciones del sujeto (como lo hemos visto en el párrafo 21) lo que implica una autorregulación de dichas acciones. Podría alegarse que estas estructuras resultan de una transmisión social o educativa. Pero como ya hemos visto (párrafo 22) el niño debe ya entender lo que se le transmite y para conseguir esto son necesarias las estructuras. Además la explicación social sólo desplaza al problema: ¿cómo adquirieron por primera vez los miembros del grupo social dichas estructuras?

Pero en todos los niveles de desarrollo las acciones están coordinadas según modos que ya suponen unas propiedades de orden, inclusión y correspondencia y que también prefiguran tales estructuras (por ejemplo seriación para orden, clasificación para inclusión estructuras multiplicativas para correspondencia). Sin embargo lo que es más importante es que la coordinación de las acciones implica la corrección y la autorregulación; en realidad, sabemos que los mecanismos de regulación caracterizan a todos los niveles de la vida orgánica (lo que es válido tanto para la dotación genética como para la conducta). Pero la regulación es un proceso de retroacción (feedback negativo) que implica un principio de reversibilidad; y la relación entre la regulación (que es la corrección del error con una reversibilidad parcial en la retroacción) y la operación cuya reversibilidad total permite la precorrección de los errores (es decir la regulación “perfecta” en el sentido cibernético) resulta evidente.

Así que parece muy probable que la construcción de las estructuras resulte principalmente de la equilibración definida no como un equilibrio entre fuerzas opuestas sino como una autorregulación; es decir que la equilibración consiste en una serie de reacciones activas del sujeto en respuesta a las perturbaciones exteriores que pueden ser efectivas o anticipadas en varios grados. El equilibrio resulta pues idéntico a la reversibilidad pero cuando se objeta (como lo hace BRUNER, por ejemplo) que el equilibrio se vuelve por consiguiente superfluo porque la reversibilidad basta en sí misma se olvida que no hay que considerar sólo el estado final del equilibrio sino que la equilibración es esencial por ser el proceso de autoregulación que lleva a este estado final y por consiguiente a la reversibilidad que caracteriza las estructuras que hay que explicar.

25. La equilibración tiene un valor explicativo porque se basa en un proceso de probabilidades sucesivas crecientes. Podemos entender eso mejor mediante un ejemplo. ¿Cómo podemos explicar el hecho de que cuando se da ante él forma de una salchicha a una bola de arcilla un niño empiece negando que se conserva la cantidad de arcilla después de tal transformación y acabe afirmando la necesidad lógica de esta conservación? Para explicar eso hemos de definir cuatro estadios cada uno de los *cuales se hace más probable*, no a priori sino en función de la situación presente o de aquella que la precede directamente.

a. Al principio el niño no considera una dimensión, por ejemplo la longitud (digamos 8 de cada 10 veces). Dice entonces que la salchicha contiene más materia porque es más larga. A veces (digamos 2 de cada 10 veces), dice que es más delgada, pero olvidándose de su mayor longitud, concluye que la cantidad de materia ha disminuido. ¿Por qué razona así? Simplemente porque la probabilidad de considerar sólo una dimensión es mayor. Si la probabilidad es de 8 para la longitud y 2 para la anchura, será 16 para la longitud y la anchura, porque son fenómenos independientes mientras no se entiende la compensación.

b. Si la salchicha se alarga cada vez más o si el niño se cansa de repetir el mismo argumento, se hace mayor (aunque al principio no lo era) la probabilidad de que se fije en la otra dimensión, y oscilará entre las dos.

c. Si hay oscilación, la probabilidad de que el sujeto observe una correlación entre las dos variaciones (cuanto más larga es la salchicha, más delgada es) se hace más grande (tercer estadio). Pero en cuanto aparece esta impresión de que existe una solidaridad entre las variables, su razonamiento ha adquirido una nueva propiedad: ya que no se basa únicamente en configuraciones sino empieza a tener en cuenta las transformaciones: la salchicha no es simplemente “larga”; puede “alargarse”, etc.

d. En cuanto el pensamiento del sujeto tiene en cuenta dichas transformaciones, se hace más probable el estadio siguiente en el cual entiende (alterna o simultáneamente) que una transformación puede ser invertida, o que dos transformaciones simultáneas en longitud y anchura se compensan, a causa de la solidaridad que ha entrevisto (ver estadio (c)).

Como podemos ver, la equilibración progresiva tiene un valor explicativo efectivo. El estadio (a) (que han encontrado todos los que comprobaron nuestra investigación) no es un punto de equilibrio dado que el niño sólo ha notado una dimensión: en tal caso la suma algebraica de los componentes virtuales de trabajo (para citar el principio de D'ALEMBERT sobre los sistemas físicos) no es cero, dado que uno de ellos, que consiste en tener en cuenta la otra dimensión, no ha sido todavía entendido y lo será tarde o temprano. La transición de un estadio a otro, pues, consiste en una equilibración en el sentido más clásico del término. Pero puesto que estos desplazamientos del sistema son actividades del sujeto, y dado que cada una de dichas actividades consiste en corregir aquella que la precede directamente, la equilibración se vuelve una sucesión de autorregulaciones cuyos procesos retroactivos desembocan al final en la reversibilidad operatoria. Ésta entonces sobrepasa la simple probabilidad para alcanzar la necesidad lógica.

Lo que acabamos de decir acerca de un ejemplo de conservación operatoria se podría repetir acerca de la construcción de cada estructura operatoria. La seriación  $A < B < C$  por ejemplo, cuando se hace operatoria, es el resultado de una coordinación de las relaciones  $< y >$  (teniendo cada nuevo elemento  $E$  en la serie ordenada la propiedad de ser tanto  $< D, C, B, A$  como  $> F, G, H \dots$ ), y esta coordinación es, de nuevo, el resultado de un proceso de equilibración de las probabilidades sucesivas crecientes del tipo que ya hemos descrito. Del mismo modo, para las inclusiones de clases,  $A < B$  si  $B = A + A'$  y  $A > 0$  se consigue mediante una equilibración del mismo tipo.

No es exagerado, pues, decir que la equilibración es el factor fundamental del desarrollo, y que es incluso necesario para la coordinación de los otros tres factores.

## VIII . LOS ASPECTOS LÓGICO - MATEMÁTICOS DE LAS ESTRUCTURAS

26. Las estructuras operatorias “concretas” que acabamos de mencionar presuponen todas, la construcción de ciertas cantidades: extensión de las clases para la clasificación (lo que explica la dificultad de cuantificación de la inclusión de clases, tamaño de las diferencias para la seriación, conservaciones cuantitativas, etc. Pero incluso antes de que estas estructuras cuantitativas estén construidas, se pueden observar en los niveles pre-operatorios unas estructuras parciales y cualitativas que son muy interesantes porque constituyen la primera mitad, por decirlo así, de la lógica de las operaciones reversibles. Éstas son las funciones orientadas (funciones de sentido único que no tienen inversas, lo que supondría una reversibilidad) y las identidades cualitativas (ver el párrafo 10).

27. Recordemos que las funciones son “trazados” en el sentido matemático que no tienen inversos porque, como lo hemos visto, están psicológicamente relacionados con los esquemas de acción que persiguen un fin. Supongamos, por ejemplo, que tenemos un trozo de cuerda  $b$ , cuya parte  $a$  se halla en ángulo recto respecto a la otra parte  $a'$  y puede deslizarse en un dedo cuando se le ata un peso a  $a'$  y  $a$  está sujeta por un resorte. Todos los niños entre los 4 y los 7 años entienden que tirando de  $b$ ,  $a$  se vuelve más corto y  $a'$  más largo. Pero no posee todavía la noción de conservación de la longitud de  $b$  entero ( $b = a + a'$ ), y lo que realizan no es una operación cuantificada, sino una simple ecuación cualitativa u ordinal (más largo = más lejos).

Con la identidad pasa lo mismo: todos los niños (o casi todos) convienen, como ya hemos visto, que cuando se transforma una bolita de arcilla en una salchicha, es el “mismo” trozo de arcilla aunque no se conserve la cantidad. Estas identidades se adquieren pronto y el esquema de objetos permanentes, que hemos citado en el párrafo 2, es una de ellas. En un libro reciente, BRUNER considera que están en el origen de las conservaciones cuantitativas. Esto es verdad en cierto sentido (constituyen una condición necesaria pero no suficiente), pero sigue habiendo una diferencia esencial: las cualidades (en las que se basa la identidad cualitativa) pueden establecerse perceptivamente, mientras que la cantidad implica una prolongada elaboración estructural cuya complejidad acabamos de señalar, (párrafos 23 y 26).

De hecho las funciones y la identidad cualitativa no son sino la mitad de una lógica de las operaciones reversibles y cuantitativas sin llegar a ser suficientemente poderosa para explicarla.

27. Esta cuantificación de las operaciones concretas, en oposición a la naturaleza cualitativa de las funciones preoperatorias y de las identidades, se manifiesta en particular por la construcción, hacia los 7 u 8 años, de operaciones relacionadas con el número y la medida, que son parcialmente isomorfas una o otra pero cuyo contenido es muy distinto. La construcción de los números cardinales no se puede explicar, como pensaban RUSSELL y WHITEHEAD, sólo por la correspondencia término-a-término entre clases equivalentes, porque la correspondencia que utilizaron, por abstracción de las cualidades (por contraste con la correspondencia cualificada entre objetos individuales con las mismas propiedades), introdujo implícitamente unidad y, por consiguiente, número, lo que hizo su razonamiento circular. En realidad, cuando tratamos con conjuntos determinados, los números cardinales no se pueden disociar de los números ordinales y están sujetos a las tres condiciones siguientes.

a) Abstracción de las cualidades que hace equivalente todos los objetos individuales, así que  $1 = 1 = 1$ .

b) La intervención del orden:  $1 \rightarrow 1 \rightarrow 1 \dots$ , que es necesario para distinguir entre los objetos -si no,  $1 + 1$  resultaría cierto.

c) Una conclusión de (1) en  $(1 + 1)$ , luego de  $(1 + 1)$  en  $(1 + 1 + 1)$ , etcétera.

Los enteros, pues, resultan de una síntesis del orden (seriación) y de la inclusión o conjuntos encajados (clasificación), lo que se hace necesario por la abstracción de las cualidades. De ahí que los enteros son constituidos a partir de elementos meramente lógicos (seriación y clasificación), pero reorganizados en una nueva síntesis que tiene en cuenta su cuantificación por un procedimiento reiterativo:  $1 + 1 = 2$ , etc.

Del mismo modo, la medida en un continuum (por ejemplo, una línea, una superficie) implica: (a) su división en segmentos, de los cuales se escoge uno como unidad y se considera como equivalente a los demás por congruencia  $a = a = a \dots$ , (b) su desplazamiento según un orden determinado,  $a \rightarrow a \rightarrow a$ , etc, para que sea congruente con los demás, y (c) la disposición de las unidades en sus composiciones aditivas, es decir,  $a$  en  $(a + a)$  y  $(a + a)$  en  $(a + a + a)$ . Esta síntesis de partición con segmentos encajados y orden en los desplazamientos de la unidad es, pues, isomorfa a la síntesis de orden e inclusión que caracteriza al número, así que resulta posible aplicar el número a la medida.

Está claro, pues, que recurriendo sólo a la síntesis de los agrupamientos elementales de las relaciones de inclusión o de orden, el sujeto consigue una cuantificación métrica o numérica cuya potencia sobrepasa con mucho a la cuantificación elemental (relaciones de la parte al todo) de la extensión de clases o de seriación que se basa en diferencias simplemente evaluadas por “más” o “menos”.

28. Tras las estructuras operatorias concretas señaladas en el párrafo 23, se construyen entre los 11 y los 15 años dos nuevas estructuras que hacen posible la manipulación de operaciones proporcionales tales como implicaciones ( $p > q$ ), etc. Estas dos estructuras son las operaciones de cuaternidad y combinatorias. En este estadio, la actividad combinatoria consiste en clasificar todas las clasificaciones posibles (del mismo modo que las permutaciones consisten en una seriación de seriaciones),  $aa, ab, ac, bc, bb, cc$ , etc., lo que no constituye una operación totalmente nueva sino un operación sobre otras operaciones. De la misma manera el grupo de las cuatro transformaciones INCR<sup>9</sup> resulta de la conexión en un todo de las inversiones  $N$  y de las reciprocidades  $R$  (así que aparecen a la vez la inversa de la recíproca,  $NR = C$  y la operación idéntica  $I = NCR$ ). Pero la inversión ya existe en los agrupamientos de clases bajo forma de  $A - A = O$ . y la reciprocidad existe bajo forma de  $A = B$  luego  $B = A$  en los agrupamientos de relaciones. Resulta otra vez que el grupo de cuaternidad INCR es una estructura operatoria basada en operaciones anteriores. Como las operaciones proporcionales  $p > q$ , etc. que implican a la vez una actividad combinatoria y como el grupo INCR, se presentan bajo una forma nueva pero en su contenido tratan con conexiones entre clases, relaciones o números, etc., y son, por consiguiente, otra vez operaciones sobre operaciones.

Generalmente, las operaciones del tercer período de desarrollo (ver párrafo 10 período *c*) para las edades de 11 a 12 años) se originan en las operaciones concretas (período *b II* entre los 7 y 11 años) y las enriquecen, del mismo modo que el origen de las operaciones concretas radica en los esquemas sensomotores (período *a* hasta los 2 años aproximadamente) que también resultan considerablemente modificados y enriquecidos. Así que la característica consecutiva de los estadios (que hemos subrayado suficientemente en el párrafo 10) corresponde, desde el punto de vista de la construcción de estructuras, a un mecanismo que hemos ahora de analizar, porque es demasiado importante, en nuestra opinión, para llamarlo simplemente proceso de equilibración sucesiva o progresiva. Todavía nos queda por entender cómo

---

<sup>9</sup> Nota 9 al final del texto

aparecen las estructuras que aportan novedad, y éste es un problema bien conocido en el desarrollo de las estructuras matemáticas.

29. Hemos visto (parágrafo 21 c) que antes del nivel en el que se construyen las operaciones lógico-matemáticas, llegándose así a un sistema deductivo podemos hablar de experiencias lógico-matemáticas que sacan información de las propiedades de las acciones sobre los objetos, y no de los objetos mismos, lo que constituye otro asunto distinto. Tenemos pues, en contraposición con la abstracción propiamente dicha, un nuevo tipo de abstracción que llamaremos abstracción reflexiva y que es la clave de nuestro problema. Para abstraer una propiedad de una acción o de una operación, no basta con disociarla de aquellas que no serán tenidas en cuenta (por ejemplo, una disociación entre la “forma” que ha de ser considerada y el “contenido” que se descuidará); la propiedad o la forma que se considerará tiene además que ser trasladada a otra parte, es decir, a un plano distinto de operación o de cesión. En el caso de la abstracción reflexiva, cuando el sujeto extrae una propiedad o una forma de acciones o de operaciones en un plano  $P_1$ , tiene que trasladarla a continuación a un plano superior  $P_2$ , lo que resulta ser una reflexión en un sentido cuasi-físico (como en la reflexión de un rayo de luz). Pero para que dicha forma o propiedad sea asimilada en este nuevo plano  $P_2$ , tiene que ser reconstruida en este nuevo plano y sometida a un nuevo proceso de pensamiento que ahora significará “reflexión” en un sentido cognitivo. Tenemos pues que entender “abstracción” en ambos sentidos de la palabra.

Pero si hace falta un nuevo procedimiento cognitivo en el plano  $P_2$  para asimilar las propiedades o las formas abstraídas del plano  $P_1$ , esto significa que nuevas operaciones o acciones en el plano  $P_2$  se añadirán a las del plano  $P_1$  del cual fue sacada la información requerida. En consecuencia, la abstracción reflexiva es necesariamente constructiva y enriquece con elementos nuevos las estructuras sacadas del plano  $P_1$ , lo que equivale a decir que construye nuevas estructuras. Esto explica por qué las operaciones concretas basadas en los esquemas son más ricas de lo que eran y por qué se comprueba lo mismo acerca de las operaciones proposicionales o formales, que se basan también en operaciones concretas. Siendo operaciones sobre operaciones, añaden nuevos modos de composición (combinatorios, etc.).

Pero la abstracción reflexiva es el proceso constructivo general de las matemáticas: sirvió, por ejemplo, para desarrollar el álgebra a partir de la aritmética como una serie de operaciones sobre operaciones. CANTOR construyó la aritmética transfinita de la misma manera; puso en correspondencia término-a-término la serie 2, 4, 6, 8,... Esto engendra un nuevo número ( $N_0$ ) que expresa la “potencia (un número) del no-numerable”, pero que no es un elemento de ninguna de las dos series. La teoría de función construye “morfismos” y “categorías”, etc., en el mismo modo, y eso se comprueba también en la teoría de BOURBAKI con las “estructuras madres” y sus derivadas.

Resulta pues, notable el hecho de que el proceso de construcción de las estructuras que observamos en los estadios sucesivos del desarrollo en los niños y en los mecanismos de equilibración mediante autorregulación (que engendra esta autorregulación por medio de una retroacción de nivel superior, lo cual es una operación reversible), coincide con el proceso constructivo constante utilizado por las matemáticas en su desarrollo indefinidamente productivo. Esto constituye una solución al problema del desarrollo que no se limita a un proceso empírico de descubrimiento de una realidad exterior “preestablecida”, pero tampoco a un proceso de preformación o de predeterminación (a priori), que también significaría que todo ya está establecido desde el principio. Pensamos que la verdad se encuentra entre estos dos extremos, es decir, en un constructivismo que expresa el modo por el que nuevas estructuras están siendo elaboradas constantemente.

## ***IX. CONCLUSIÓN: DE LA PSICOLOGÍA A LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA***

30. La teoría que hemos enunciado es obligatoriamente interdisciplinaria e implica, además de elementos psicológicos, componentes pertenecientes a la biología, la sociología, la lingüística, la lógica, y la epistemología. Las relaciones con la biología son evidentes dado que el desarrollo de las funciones cognoscitivas es parte de la epigénesis que lleva de los primeros estadios embriológicos al estado adulto. De la biología, retendremos los tres puntos siguientes:

a. No puede haber ninguna transformación del organismo o de la conducta sin factores organizadores endógenos, porque el fenotipo, aunque sea construido en interacción con el ambiente, es la “respuesta” del genoma (o una respuesta de la dotación genética de la población entera, siendo el genoma individual una muestra representativa de la dotación genética) a las “presiones” ambientales.



b. A la inversa, no hay ninguna transformación epigenética o fenotípica independiente de la interacción con las influencias ambientales.

c. Dichas interacciones implican procesos continuos de equilibración o de autorregulación, de los que el equilibrio entre asimilación y acomodación es un ejemplo precoz. Esto también aparece en las autorregulaciones sensomotoras representativas y preoperatorias e incluso en las propias operaciones dado que son autorregulaciones anticipatorias y correcciones de error que no dependen del feedback a partir de un error que ya ha ocurrido.

Las relaciones con la sociología son también evidentes por sí mismas porque aunque el origen de las estructuras cognitivas estriba en las coordinaciones generales de la acción son también tan interindividuales o sociales como individuales dado que la coordinación de las acciones de los individuos obedece a las mismas leyes que la coordinación intra-individual. Esto no es válido para los procesos sociales que implican represión o autoridad que llevan a un sociocentrismo muy parecido al egocentrismo pero es válido en situaciones de cooperación que son en realidad “cooperaciones”. Uno de los procesos cognoscitivos fundamentales es el de la descentración en relación con la ilusión subjetiva (ver el parágrafo 8) y este proceso tiene dimensiones tanto sociales o interindividuales como racionales.

Las relaciones con la lingüística no tendrían mucho sentido si los lingüistas siguieran defendiendo opiniones como la de BLOOMFIELD, con su antimentalismo ingenuo. Pero podemos adoptar, para utilizar las palabras de G. A. MILLER, una posición de “conductivismo subjetivo”, y en la propia lingüística, el trabajo contemporáneo de CHOMSKY y su grupo acerca de la gramática transformacional no está muy alejado de nuestras perspectivas operatorias y de nuestro constructivismo psicogenético. Pero CHOMSKY cree en la base hereditaria de sus estructuras lingüísticas, mientras que será probablemente posible demostrar que las condiciones necesarias y suficientes para la construcción de las unidades básicas en las que se basan las estructuras lingüísticas son satisfechas por el desarrollo de los esquemas sensomotores, problema sobre el que investiga ahora SINCLAIR.

Las relaciones con la lógica son más complejas, la lógica simbólica moderna es una “lógica sin sujeto”. La lógica del sujeto es indudablemente pobre y las estructuras de agrupamientos en particular son algebraicamente muy poco interesantes, salvo por el hecho de que las estructuras elementales relacionadas parezcan suscitar verdaderamente el interés de los matemáticos. Pero hemos de señalar que estudiando la lógica del sujeto pudimos establecer las leyes del grupo de las cuatro transformaciones proposicionales INCR en 1949, es decir incluso antes que los propios lógicos empezasen a estudiar el asunto. Por otra parte, el trabajo actual sobre los límites de formalización, iniciados con la prueba de GÖDEL, orientarán, más o menos necesariamente, a la lógica hacia una especie de constructivismo, y a tal respecto presenta cierto interés hacer el paralelo con la construcción psicogenética. En términos generales, la lógica es un sistema axiomático, y en nuestro contexto, tenemos que preguntar: ¿una axiomatización de qué? Es cierto que no es una axiomatización de los procesos de pensamiento consciente del sujeto, porque son inconscientes e incompletos. Pero detrás del pensamiento consciente se hallan las estructuras operatorias “naturales”, y es obvio que, aunque pueda superarlas indefinidamente (porque la productividad de la axiomática no tiene ningún límite formal) se vuelven la base de la axiomatización mediante un proceso de “abstracción reflexiva”.

31. Por fin, queda el gran problema de las relaciones entre la teoría del desarrollo de las funciones cognoscitivas y la epistemología. Si se adopta un actitud más bien estática que psicogenética y se estudia, por ejemplo, la inteligencia de un adulto o de sujetos considerados en un solo nivel, es fácil distinguir entre los problemas psicológicos (cómo funciona la inteligencia o cuáles son sus realizaciones) y los problemas epistemológicos (cuáles son las relaciones entre el sujeto y los objetos, y si el conocimiento de aquél alcanza o no éstos). Pero desde un punto de vista psicogenético, la situación es totalmente distinta porque se trata entonces de la formación o del desarrollo del conocimiento, y es esencial tener en cuenta los papeles de los objetos o de las acciones del sujeto, cuestiones que necesariamente plantean todos los problemas epistemológicos. En realidad, los que atribuyen la formación del conocimiento a la sola experiencia física, y los que introducen las acciones del sujeto en el sentido de una organización necesaria, se orientarán hacia epistemologías distintas. Distinguir, como ya hemos hecho (parágrafo 21), entre dos tipos de experiencia – una física con abstracción que se inicia a partir de los objetos, y la otra lógico-matemática con abstracción reflexiva- consiste en hacer un análisis psicológico, pero cuyas consecuencias epistemológicas sean claras.

Hay autores que no son capaces de apreciar las interconexiones entre psicología genética y epistemología entre otras posibles, y que creen que su propia epistemología es evidente. Por ejemplo, cuando BRUNER intenta explicar las conservaciones mediante las identidades y la simbolización basada en el

lenguaje y las imágenes, creyéndose capaz de evitar las operaciones y toda la epistemología está tomando en realidad el punto de vista de la epistemología empírica. Simultáneamente, invoca una operación de indentidad sin señalar que ésta implica a otras. Dando a las conservaciones una construcción compleja y no sólo una actividad perceptiva, nos alejamos del *facto* del empirismo hacia un constructivismo, que es otra epistemología; además, ésta está mucho más próxima a las tendencias biológicas actuales que subrayan la necesidad de autorregulaciones constructivas.

Si volvemos ahora al aspecto epistemológico, descubrimos que sus tendencias también son notablemente distintas, según que adopte un punto de vista estático o histórico y genético como en su tendencia interna natural. Cuando la epistemología sólo se pregunta qué es el conocimiento en general, se cree capaz de hacer abstracciones sin recurrir a la psicología, porque, en realidad, cuando el conocimiento se ha alcanzado, el sujeto desaparece de escena. Pero en realidad, esto es una gran ilusión, ya que toda epistemología, incluso cuando trata de reducir las actividades del sujeto a un mínimo, implica recurrir a interpretaciones psicológicas. Por ejemplo, el empirismo lógico intenta reducir el conocimiento físico a estadios perceptivos y el conocimiento lógico-matemático a leyes de un lenguaje ideal (con su sintaxis, su semántica y su pragmática pero sin referencia a acciones de transformación). Ahora bien, éstas son dos hipótesis muy contrarias, en primer lugar, porque la experiencia física se basa en acciones y no sólo en percepciones, y porque siempre supone un marco lógico-matemático derivado de la coordinación general de las acciones (¡ De tal modo que el operacionalismo de BRIDGMAN tiene que ser completado por el de PIAGET!). En segundo lugar, el conocimiento lógico-matemático no es tautológico sino que constituye una organización estructural procedente de la abstracción reflexiva de la coordinación general entre nuestras acciones y nuestras operaciones.

Pero lo que es más importante es que la epistemología no puede tener un punto de vista estático, porque todo el conocimiento científico evoluciona continuamente, incluso las matemáticas y la propia lógica (cuyo aspecto constructivista resultó evidente desde que los teoremas de GÖDEL mostraron que una teoría podía ser autosuficiente (completa) de ahí, la necesidad de seguir construyendo otras más “fuertes”; ¡de lo que resultan, al final, los inevitables límites de formalización!). como dijo NATORP en 1910: “... la ciencia evoluciona de modo continuo. La progresión, el método, lo es todo... y por consiguiente, el hecho de la ciencia no se puede entender sino como un hacer. Sólo el hacer es el hecho. Cualquier ser (u objeto) que la ciencia intenta fijar ha de volver a disolverse en el curso del devenir. Es en la extremidad más alejada de este devenir, y sólo allí, donde uno tiene derecho a decir: está (hecho). Así que lo que puede y debe ser buscado es ‘la ley de este proceso’ ” (p. 15).

32. Estas declaraciones incontestables equivalen a exponer el principio de nuestra “epistemología genética”, según el cual, para resolver el problema de saber qué es el conocimiento (o sus varias formas), cabe formularlo en los términos siguientes. ¿Cómo se desarrolla el conocimiento? ¿Mediante qué procesos pasa uno de un conocimiento juzgado a la postre insuficiente, a un conocimiento considerado como mejor (desde un punto de vista científico)? Esto es lo que los que propusieron el método histórico-crítico han entendido bien (ver entre otros los trabajos KOYRÉ y KUHN). Estos críticos, para entender la naturaleza epistemológica de una noción o de una estructura, empiezan estudiando en primer lugar cómo fueron formados ellos mismos.

Desde un punto de vista más dinámico que estático, es imposible mantener las barreras tradicionales entre la epistemología y la psicogénesis de las funciones cognoscitivas. Si la epistemología se define como un estudio de la formación de un conocimiento válido, presupone cuestiones de validez, que son dependientes de la lógica o de ciencias determinadas, pero también cuestiones de hecho, ya que el problema no es sólo formal sino igualmente real: ¿cómo, en realidad, es posible la ciencia? De hecho, toda epistemología se ve pues obligada a recurrir a presupuestos psicológicos, y para PLATÓN (reminiscencia) o HUSSERL (intuición, intenciones, significaciones, etc.). ¡el único problema es saber si es mejor contentarse con una psicología especulativa o si es más útil recurrir a un psicología verificable!

Ésta es la razón –llevando todos nuestros esfuerzos a conclusiones epistemológicas (lo que era además su objetivo inicial)- por la que hemos fundado un Centro Internacional de Espistemología Genética, de modo que psicólogos, lógicos, cibernetas, epistemólogos, lingüistas, matemáticos, físicos, etc., puedan colaborar allí según los problemas que se traten. Dicho centro, que ya ha publicado 22 volúmenes (y otros más están en prensa) tuvo desde su origen el objetivo de estudiar cierto número de problemas epistemológicos tratando de analizar experimentalmente los datos psicológicos necesarios para otros aspectos del problema.

De este modo, hemos estudiado las interrelaciones de las estructuras lógicas desde el punto de vista de su génesis psicológica y de su genealogía formal (con GRIZE, PAPERT APOSTEL. etc.), lo que nos

permitió encontrar cierta convergencia entre los dos métodos. Hemos examinado el problema que el gran lógico QUINE llama irónicamente el “dogma” del empirismo lógico, es decir, la distinción absoluta entre lo analítico y lo sintético: después de declarar que todos esos autores, que estuvieron estudiando el asunto, han recurrido a datos “reales” (basados en hechos), los hemos puesto bajo control experimental y hemos declarado que existían numerosos intermediarios entre estos dos tipos de relaciones falsamente consideradas como irreductibles.

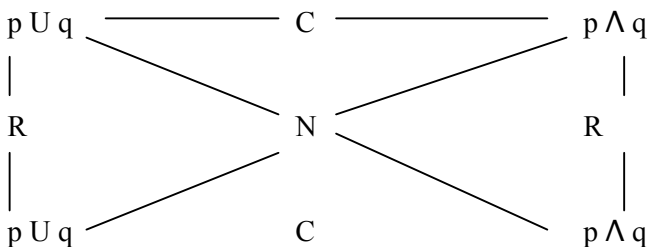
Hemos estudiado también los problemas del desarrollo de las nociones de número, espacio, tiempo, velocidad, función, identidad, etc., y hemos podido introducir en todas estas cuestiones nuevos datos psicogenéticos, disociando completamente las conclusiones epistemológicas que se alejan tanto de las conclusiones a priori como de las empíricas, y proponiendo un constructivismo sistemático. Respecto al empirismo, hemos analizado sobre todo las condiciones para una interpretación adecuada de la experiencia, y hemos añadido a este resultado lo que un matemático-filósofo ha resumido en los términos siguientes: “¡El estudio empírico de la experiencia refuta el empirismo!”.

Hemos visto anteriormente varios de nuestros estudios sobre el papel del aprendizaje.

En una palabra, nos parece que la teoría psicológica del desarrollo de las funciones cognitivas establece una relación directa, e incluso bastante profunda, entre las nociones biológicas de las interacciones entre los factores endógenos y el ambiente, y las nociones epistemológicas de la interacción necesaria entre el sujeto y los objetos. La síntesis de las nociones de estructura y de la génesis que determinan el estudio psicogenético encuentra su justificación en las ideas biológicas de autorregulación y de organización, y desemboca en un constructivismo epistemológico, que parece coincidir con todo el trabajo científico contemporáneo; en particular con aquel que trata de la concordancia entre la construcción lógico-matemática y la experiencia física.

Nota 9) El grupo INRC es una serie de operaciones que se efectúan sobre las operaciones o los elementos de otra estructura algebraica que tiene una operación involutiva ( una operación que es su propia inversa:  $N^2=I$ ). Un ejemplo de de una operación involutiva es la ley de dualidad (de MORGAN) del álgebra de BOOLE =

$\overline{p \cup q} = \overline{p} \wedge \overline{q}$ , lo que podemos escribir  $N(p \cup q) = p \wedge q$  (N para negativo). Si lo definimos C (correlativa) como siendo la regla que actúa sobre el signo y las variables, cambiando p en  $\overline{p}$  y a la inversa, conseguiremos el mismo resultado utilizando C y R seguidas, sobre, digamos,  $p \cup q$  que utilizando N. El diagrama siguiente muestra las relaciones entre N, R y C calculando sobre  $(p \cup q)$ :



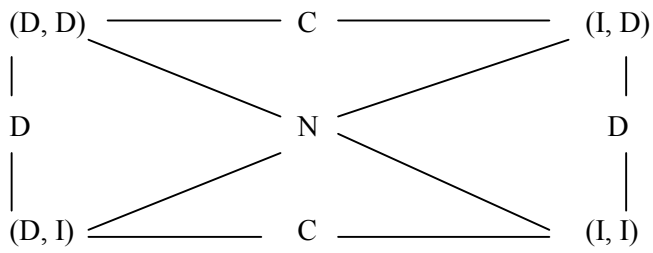
La identidad I puede definirse ahora como la regla que cambia cualquier fórmula en sí misma, y las propiedades siguientes pueden comprobarse fácilmente utilizando la figura en todas las direcciones.

- a)  $RC = N$ .  $RN = C$ .  $CN = R$  y todos los pares conmutativos -  $RC = CR$ , etc.
- b)  $C^2 = R^2 = N^2 = I$  (todas las transformaciones son involutivas, es decir, cada elemento tiene un inverso)
- c)  $RNC = I$ .

A partir de esto, podemos demostrar que la serie (I, N,R,C) forma, junto con la operación de composición (en el sentido corriente de efectuar una transformación sobre el resultado de otra), un grupo no-cíclico de cuatro elementos (conocido como el grupo de las cuatro transformaciones de KLEIN).

El grupo INRC puede también definirse sobre sistemas físicos que tienen la estructura adecuada (es decir una transformación involutiva que se pueda “descomponer” en otras dos transformaciones involutivas). En una de sus experiencias sobre los sistemas dobles de referencia, PIAGET utiliza un caracol que puede caminar de izquierda a derecha, y a la inversa, por una pequeña plancha que puede a su vez, moverse en ambos sentidos por una mesa. Podemos definir C como la regla que invierte la marcha del caracol:

$C(I, I) = (D, I)$  por ejemplo, donde  $(D, I)$  significa el caracol (primera coordenada) se mueve hacia la derecha y la plancha se mueve hacia la izquierda). Luego, podemos definir  $D$  como la regla que invierte la segunda coordenada por ejemplo  $D(I, I) = (I, R)$  (lo que invierte el movimiento de la plancha). El diagrama tiene la misma estructura que el anterior, y  $N$  ( $N$  invierte ambos movimientos) es el producto de  $D$  y  $C$ .



(nota del traductor al inglés)