

24: 12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

UN ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA EDUCACION PRIMARIA, DESDE UNA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVISTA.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Q U I M I C O
P R E S E N T A

ANA ISABEL LEON TRUEBA

MEXICO, D. F.

1986



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION.	I
CAPITULO I.	
MARCO TEORICO: LA EPISTEMOLOGIA Y PSICOLOGIA GENETICA.	1
a) El papel del sujeto en la adquisición del conocimiento.	3
b) El papel de la acción en la adquisición del conocimiento.	17
c) Etapas del desarrollo cognoscitivo	21
d) Las explicaciones causales	40
e) El concepto de aprendizaje en la teoría Piagetiana.	51
f) La aproximación experimental en niños y adolescentes.	57
CAPITULO II.	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	74
a) Algunos aspectos relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales en la educación primaria.	74
b) Delimitación del problema.	86
c) Hipótesis directrices	102
CAPITULO III.	
METODOLOGIA	107
a) Descripción de la población de estudio	107
b) Descripción de la aproximación experimental	108
c) Observaciones metodológicas sobre el análisis de resultados.	

CAPITULO IV.

ANALISIS DE RESULTADOS 123

a) Primer nivel de análisis. 123

b) Segundo nivel de análisis. 129

- Análisis psicogenético 130

- Tercer grado 134

- Cuarto grado 153

- Quinto grado 171

- Sexto grado 181

CAPITULO V.

CONCLUSIONES 218

BIBLIOGRAFIA 231

INTRODUCCION

Este trabajo responde no sólo a la necesidad de cubrir un requisito para obtener una licenciatura, sino fundamentalmente a una búsqueda de respuestas a inquietudes que surgieron poco a poco, y a veces precipitadamente, a lo largo de mi trabajo en el campo educativo.

Es de todos conocido la deficiente formación que adquieren los estudiantes en los diferentes niveles de escolaridad.- Nuestro sistema educativo enfrenta graves problemas, algunos datos estadísticos pueden dar muestra de esta situación, por ejemplo en el diagnóstico: "Fortaleza y debilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México" presentado por el Dr. Jorge Carpizo a la comunidad universitaria se señala:

- De los alumnos que presentaron el examen de selección para ingresar al nivel bachillerato de la UNAM, en el decenio 1976-1985 (aproximadamente 72,728 alumnos por año), sólo el 7.6% obtuvieron 6 ó más de calificación.
- De los 127,910 alumnos que ingresaron en los estudios de licenciatura en el lapso de 1977 a 1980, sólo el 44.2% de los alumnos que provenían del bachillerato de la UNAM, el 31.9% de los admitidos por concurso de selección y el 19.8% de los que cursaron el bachillerato en preparatorias populares, habían cubierto en 1985 todos los créditos.
- De los 540,013 alumnos que ingresaron en los estudios profesionales en el lapso comprendido entre 1959-1983 sólo el 48.5% concluyeron los créditos especificados y el 27.7% se titularon.
- Alrededor del 90% de la población de posgrado no termina sus estudios.

Es indudable que las causas de éstos y otros problemas educativos son de muy diversa índole (económicas, políticas, sociales, culturales) y que por lo tanto es necesaria una con ju nc ió n de esfuerzos de todas las personas e instituciones relacionadas con el proceso educativo para conocer y transformar esta realidad.

Los problemas comienzan desde la educación elemental, si nos referimos a la enseñanza de las ciencias podemos afirmar que la escuela en el nivel primario, secundario e inclusive en el bachillerato, no proporciona a los alumnos la for ma ció n adecuada, necesaria para poder cursar satisfactoriamente una carrera científica. Por ejemplo los que ingresan a la facultad de química, en su mayoría no han desarrollado su capacidad de abstracción y de pensamiento lógico (Ver Tesis de Castro Acuña, 1978) sus conductas de experimentación son poco evolucionadas y su creatividad está inhibida. Todo esto, aunado a los problemas de transmisión de conocimiento dentro de la propia facultad, dificulta la formación profesional de los estudiantes.

¿Por dónde empezar? ¿bastará con intentar mejorar los procesos educativos en licenciatura o tal vez iniciar en el nivel medio o medio superior? ¿o quizá en educación elemental? Decidí realizar este trabajo de investigación en la es cu ela primaria por las siguientes razones:

- Considero que la formación que se da en el nivel elemental posibilita u obstaculiza a la que se pretende dar en los niveles subsecuentes.
- Es entre los 7 y los 12 años que los niños construyan las nociones físicas elementales y su interés por el mundo que le rodea es sorprendente.
- Las conductas espontáneas de investigación no han sido inhibidas totalmente y pueden crearse las condiciones que favorezcan su desarrollo.
- La educación primaria llega a la mayor parte de la población.

Las experiencias que los niños tienen en sus primeros años de escolaridad juegan un papel determinante en su desarrollo posterior. No pensemos que en este nivel inicial la tarea de la enseñanza científica es sencilla y la dejemos de lado. La participación de los científicos en investigación de los problemas relacionados con esta enseñanza es indispensable, hasta la fecha ha sido muy reducida sobre todo en el nivel elemental. Espero que el presente trabajo muestre un poco de la complejidad del problema y la necesidad de esta participación.

El deseo de contribuir a la formación de individuos críticos, creativos, capaces de asombrarse y admirar los pequeños y grandes acontecimientos que ocurren a su alrededor, de esforzarse por entender más allá de lo que el sentido común establece y de sentir la emoción, la profunda pasión que se experimenta al conocer, comprender y transformar nuestra realidad física o social, forma parte de la mística que guía el trabajo de muchos maestros y pedagogos libertarios y de algunas investigaciones educativas, incluyendo el presente trabajo.

La escuela primaria, la que cotidianamente viven los alumnos y maestros, la que impone normas y regula comportamientos pero a la vez abre pequeños espacios que permiten la reflexión, esta escuela es resultado de un proceso histórico en el que intervienen múltiples factores económicos, políticos y socioculturales.

Esta escuela no es estática, vive un proceso de transformación permanente, unas veces lento y otras acelerado. Proceso que es independiente de las voluntades individuales pero a la vez es resultado de las acciones de los sujetos que en él intervienen.

Esta escuela de la cual en algún momento todos hemos formado parte, nos es casi totalmente desconocida. Sin embargo,

nos sentimos con derecho a modificarla, desde arriba, por decreto. Nuestro fracaso ha sido más o menos espectacular.

La enseñanza de las ciencias no está exenta de esta pretensión. Desde los años sesenta se inició un movimiento de reforma a nivel internacional, que intentaba modificar esta enseñanza mediante renovaciones curriculares. Uno de sus objetivos fundamentales fue la formación de un "espíritu científico" en los educandos. Este deseo no ha cristalizado y la formación científica que adquieren los alumnos después de cursar la educación primaria y secundaria es bastante deficiente. La mayoría de ellos ve a la ciencia como un conjunto de verdades que deben memorizar, como algo ajeno, impenetrable, fuera de su alcance y reservado sólo a los científicos, que son los dueños de todo este saber.

Durante esta reforma se elaboraron cientos de "modelos de enseñanza" en diferentes países, fundamentados en diversas posiciones psicológicas y epistemológicas. La corriente predominante planteaba la enseñanza de las ciencias "por descubrimiento" pretendiendo que el niño y el adolescente: observe, experimente, trabaje en equipo, plantee problemas, de explicaciones, registre sus observaciones, elabore modelos elementales, acepte y corrija sus errores, es decir, "que sea él quien descubra y aplique el conocimiento en vez de que actúe como receptor pasivo; que progrese en el dominio de los procedimientos y que no se limite a la memorización de datos"*.

* SEP Libro para el maestro. Primer grado, México 1980
p. 26-27

Grandes los deseos y pobres los resultados. ¿Cómo exigir al niño que utilice los "procedimientos básicos de la ciencia" si desconocemos cuáles son los instrumentos intelectuales que se ponen en juego frente a una situación de experimentación y cuáles de ellos posee o puede adquirir el niño en los diferentes momentos de su desarrollo? ¿Cómo pedir que adquiriera los conceptos científicos que han construido los hombres de ciencia durante tantos años sin tomar en cuenta la concepción que tiene el niño de su mundo físico, su posible evolución y las dificultades inherentes a esta construcción? ¿Cómo pedir al maestro que implemente el "modelo de enseñanza" que le proponemos y forme individuos críticos, capaces de investigar y transformar su realidad si desconocemos cuál debe ser el papel del maestro y que intervenciones y situaciones didácticas favorecen el desarrollo de un espíritu científico y ayudan al niño a avanzar en la adquisición de conocimientos?

Sabemos poco acerca de cómo se transmiten y adquieren los conocimientos y métodos de la ciencia. La necesidad de investigaciones pedagógicas en este terreno es evidente.

Por otra parte, los avances logrados por la epistemología y la psicología hacen posible que el problema de la enseñanza científica se aborde desde una nueva perspectiva. Los trabajos de Piaget y sus colaboradores presentan una concepción, fundamentada empíricamente, de los procesos de construcción de conocimientos científicos y describen la evolución de las capacidades operatorias del sujeto desde el nacimiento hasta la adolescencia. Si bien de éste conjunto de conocimientos no pueden extraerse principios traducibles directamente en procesos de enseñanza, si permite reformular el problema sobre bases más sólidas y orientar la investigación pedagógica. Como dice Cesar Coll: "En definitiva, sólo

admitir que la psicología genética no puede ser aplicada sin más a la educación, podemos legítimamente insistir sobre la importancia que presentan para la Pedagogía algunos de sus descubrimientos. Pero estos descubrimientos deben ser repensados, reelaborados en el marco de la escuela, puesto que la singularidad de las situaciones y de las técnicas experimentales utilizadas, así como la naturaleza de los objetivos teóricos perseguidos, no autorizan una transposición directa*".

Se realizó este trabajo de tesis, desde una perspectiva piagetiana, con el objetivo de investigar sobre algunos problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias y en particular sobre las posibilidades que brinda la experimentación libre de los niños para el desarrollo de sus conductas experimentales y de sus niveles de elaboración nocional en conceptos físicos y químicos.

En él expongo algunos de los principios fundamentales de la epistemología y psicología genética (Capítulo I) que son la base teórica que permitió el diseño de la investigación y el análisis de los datos obtenidos; expongo brevemente algunos aspectos relacionados con la enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación primaria, delimitando el problema a estudiar (Capítulo II); describo la metodología utilizada y la forma en que se analizaron los datos (Capítulo III), para después pasar a analizar para cada uno de los grados escolares estudiados (de tercero a sexto grado) la aproximación experimental puesta en juego y el nivel nocional con el que los niños abordan los fenómenos relacionados

* Coll, Cesar, 1978 p. 14.

con las mezclas de sustancias, en situaciones de experimentación libre, así como la evolución de ambos aspectos a lo largo de las sesiones de trabajo (Capítulo IV). Finalmente en el último capítulo se señalan las conclusiones del trabajo.

Espero que esta tesis sea útil, en alguna medida, a las personas comprometidas con la transformación de la enseñanza de las ciencias en nuestro país.

MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACION.

Detrás de toda teoría del aprendizaje y por supuesto de cualquier reforma educativa, existe una concepción sobre la naturaleza del conocimiento y cómo éste se adquiere. Las diferentes posiciones que existen al respecto hacen, a su vez, suposiciones psicológicas al atribuir un mayor o menor papel al sujeto en el acto de conocimiento. De aquí la necesidad de hacer explícito el marco epistemológico y psicológico en el que se sustenta este trabajo.

EPISTEMOLOGIA Y PSICOLOGIA GENETICAS

Jean Piaget (1) es el principal representante y creador de la epistemología y de la psicología genéticas.

El y su equipo de colaboradores centraron su interés en el problema de los mecanismos de producción de conocimientos. Piaget replantea las preguntas fundamentales de toda teoría epistemológica: ¿qué es lo que conocemos? ¿cómo es que lo conocemos?, a través de una pregunta aún más básica: ¿cómo pasa un sujeto de un estado de menor conocimiento a un estado de mayor conocimiento? (2). Esta nueva pregunta permite, por una parte, buscar nuevos caminos para responder las dos preguntas anteriores y por otra, dirigir la atención no sólo hacia los resultados logrados en los procesos de adquisición de conocimientos, sino hacia los procesos mismos.

(1) Jean Piaget nació en Neuchatel, Suiza, el 9 de agosto de 1896. Biólogo, obtuvo su doctorado en ciencias naturales en la Universidad de Neuchatel en 1918. Estudio psicología en Zurich y en París y trabajó con Binet en su laboratorio. Realizó investigaciones en psicología experimental y colaboró

Un sujeto con un nivel de conocimiento determinado es incapaz, a los ojos de un observador externo, de resolver ciertos problemas o de responder a ciertas preguntas. Al cabo de algún tiempo, el sujeto es capaz de resolver aquello que antes no podía. ¿Cuáles son los mecanismos que este sujeto pone en juego, y que le permiten pasar del "no poder" al "poder hacer"? Esta es una de las cuestiones básicas que Piaget plantea.

Piaget y su equipo han dedicado más de 30 años a investigaciones experimentales con niños y adolescentes, los resultados de estos trabajos les han permitido construir una teoría psicológica y una teoría epistemológica, que sin lugar a dudas, han revolucionado estas dos ramas del saber humano.

con Claparède en el Instituto J.J. Rousseau. Fué director del Bureau Internacional d'Education y presidente de la Sociedad Suiza de Psicología. Fué catedrático en diversas universidades europeas como las de Neuchatel, Ginebra, Lousana y La Sorbona, perteneció a más de 20 sociedades científicas europeas y norteamericanas. Recibió el título Honoris Causa de más de 15 universidades de mayor renombre. Publicó su primera obra a los 15 años (sobre los moluscos de Neuchatel) y desde 1920 a 1980, año de su muerte, todos los años escribió y publicó algún libro y artículos. Su obra suma más de 300 obras publicadas.

(Información obtenida de: " El desarrollo de la inteligencia según la psicología de J. Piaget ". Nuñez Fernández M.S., tesina. Facultad de Psicología. U.N.A.M.)

- (2) Piaget no define " estado de mayor conocimiento" o "estado de menor conocimiento", toma estas expresiones del contexto social y las acepta como son aceptadas por una comunidad social dada, en un momento determinado.

En muchas ocasiones se les ha acusado de logicismo, porque utilizan la lógica para describir las estructuras cognitivas del Sujeto, de psicologismo porque se apoyan en los estudios experimentales de la psicología genética para sustentar su teoría epistemológica y de Biologismo porque consideran las conductas cognitivas como dependiente de un organismo dotado de estructuras. Sin embargo, ninguno de sus críticos ha dado argumentos sólidos que permitan invalidar los puntos centrales de su teoría y en particular la afirmación: "Desde los niveles mas elementales del desarrollo, el conocimiento no es jamás copia pasiva de la realidad externa, pálido reflejo de la transmisión social, sino creación continua, asimilación transformadora".

Veamos ahora los puntos fundamentales de estas teorías que tienen relación con esta investigación.

a) PAPEL DEL SUJETO EN LA ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO.

La mayoría de las posiciones epistemológicas están de acuerdo, en que la interacción entre el sujeto y el objeto es fundamental para la producción de conocimiento. Los problemas comienzan cuando se trata de explicar cuál es el mecanismo de esta interacción. Las corrientes empiristas atribuyen el papel predominante al objeto, sostienen que la génesis del conocimiento está en la experiencia directa sobre los objetos; el sujeto es un agente pasivo y receptor que registra los estímulos provenientes del mundo exterior y puede realizar una lectura inmediata de las propiedades ya estructuradas en los objetos. Por ejemplo, Gibson expresa con relación a unos científicos que estudiaban una determinada enzima:

"Los científicos que observaron esta compleja estructura estuvieron realmente realizando una labor de construcción intelectual que implica algo más que la percepción, pero la estructura estaba ahí, esperando ser descubierta, no era puramente imaginaria". (3).

Gibson postula que el mundo tiene una estructura que aprendemos a detectar a través de sus rasgos críticos: "Doy por sentado que existe una estructura en el mundo y en los estímulos y que es la estructura del estímulo (...) la que proporciona la información sobre el mundo. La existencia de esta estructura en el mundo es evidente para los científicos físicos (...) que la descubren"⁽³⁾

Las corrientes empíricas no se interesan por los mecanismos inherentes a la construcción del conocimiento. Por ejemplo para Skinner, uno de los principales representantes del conductismo clásico, los términos mentales pueden ser reducidos a descripciones de conductas, de sus antecedentes y de sus consecuencias. Considera que lo importante es estudiar las respuestas de los sujetos a estímulos dados y buscar la explicación en la historia del refuerzo. Skinner desea que sólo se hable de hechos observables. Cuando dentro de esta corriente se intenta explicar los mecanismos del desarrollo cognoscitivo, se recurre a un mecanismo asociativo que permite ir acumulando las diferentes adquisiciones. El papel que en este proceso tiene el sujeto, se reduce a responder a los estímulos exteriores, en otras palabras, el asociacionismo concibe la interacción sujeto-objeto bajo la forma unilateral Estímulo → respuesta, negando la intervención de la actividad estructurante del sujeto.

Los resultados de las investigaciones psicogenéticas que por más de 30 años realizaron Piaget y colaboradores,

custionan profundamente estos principios empiristas.

La tesis que sostiene que la génesis del conocimiento es tá en la lectura directa de la experiencia ha sido duramen te criticada. Piaget, Jonckheere y Mandelbrot analizaron la lectura de la experiencia en diferentes niveles de complejí dad y de evolución genética. Demostraron que no se encuenen tran comprobaciones puras sino siempre de inferencias por parte del sujeto. Infinidad de experiencias muestran que el conocimiento nunca es una copia de la realidad. La lectura de la experiencia es todo un proceso que implica una interac ción entre el sujeto y el objeto. En esta interacción, el su jeto llega a conocer las propiedades del objeto, gracias a la adquisición de relaciones o estructuraciones creadas a partir de sus acciones.

El análisis psicogenético permite afirmar que no existe un "observable puro". Muestra que el postulado empirista que sostiene que las nociones se obtienen de la percepción, por simples procesos de abstracción y generalización, sin que exista una estructuración constructiva, es incorrecto: lo que un sujeto llama "un hecho" rebasa el dato perceptible e implica una conceptualización y necesariamente una interpre tación.

Los instrumentos que el sujeto utiliza en el registro de la experiencia, no sólo son los órganos que intervienen, sino también las estructuras mentales que el sujeto ha cons truido. Dependiendo de sus estructuras, el sujeto puede mo dificar los datos o inventarlos. Lo que es " un dato " para un adulto puede estar muy lejos de serlo para un niño. El su jeto sólo puede observar aquello que los instrumentos inte lectuales que posee le permiten asimilar. Así, el niño elabo ra su concepción del mundo, con sus "leyes" propias, en la

mayoría de los casos totalmente distintas a las aceptadas científicamente.

Por otra parte, el concepto de asociación utilizado por las corrientes empiristas es substituido por el concepto de asimilación en la psicología genética.

El asociacionismo niega la intervención de las actividades del sujeto en el proceso de producción de conocimiento.

Explica el desarrollo cognoscitivo mediante relaciones impuestas por el exterior entre los elementos vinculados, como son las conexiones, asociaciones o condicionamientos. De esta manera cualquier adquisición se concibe como una respuesta a los estímulos provenientes del mundo.

La psicología genética sostiene que: "toda relación nueva está integrada en un esquematismo o en una estructura anterior: entonces hay que considerar la actividad organizadora del sujeto tan importante como las relaciones inherentes a los estímulos exteriores, porque el sujeto no se hace sensible a éstos, sino en la medida en que son asimilables a las estructuras ya construídas que se modificarán y enriquecerán en función de las nuevas asimilaciones" (4). Existen múltiples datos experimentales que no pueden explicarse mediante el mecanismo de asociación. Veamos un ejemplo (5):

Se mostró a unos africanos las siguientes escenas sobre una hoja de papel:

(4) Piaget J. e Inhelder, B. 1969 pag. 17

(5) Ejemplo citado por Herb Koplowitz en: Coll Cesar, 1983 pag. 29

Situación a): La figura de un cazador situada en el ángulo inferior izquierdo y la figura de un antílope en el ángulo superior derecho. El cazador apuntaba su escopeta hacia el ángulo superior izquierdo en el cual no había ninguna figura.

Situación b): La misma situación anterior pero en el ángulo superior izquierdo se colocaba la figura de un rinoceronte, resultando que el cazador apuntaba su escopeta a éste último animal.

Se presentó la situación (a) a la mitad de los sujetos y la situación (b) a la otra mitad. Después de la presentación se les entregaron las figuras y se les pidió que las colocaran sobre el papel como las habían visto. Los sujetos a los que se había mostrado la situación (b) colocaron las figuras correctamente: El cazador abajo a la izquierda apuntando su escopeta al rinoceronte colocado arriba a la izquierda y el antílope arriba a la derecha.

Los sujetos que habían visto la situación (a) colocaron correctamente las figuras: cazador abajo a la izquierda y antílope arriba a la derecha. Pero el cazador apuntaba su escopeta hacia el antílope y no hacia el ángulo superior izquierdo.

Este ejemplo nos muestra que los errores no son debidos al azar. Es evidente que los sujetos al reconstruir la escena utilizaron los conocimientos que ya poseían; las escopetas son objetos que apuntan a un blanco, los animales son un blanco de disparo. Ellos no realizaron un registro pasivo de la escena original. Se puede explicar la reacción de los sujetos fácilmente en términos de asimilación, refiriéndonos a las estructuras de conocimientos que los sujetos poseen, pero difícilmente podemos explicarla en términos de asociación.

Seleccioné este ejemplo porque muestra claramente la inoperancia del concepto de asociación, sin necesidad de recurrir a una explicación más detallada de las estructuras cognoscitivas del sujeto, que por otra parte, haré más adelante. Sin embargo, quisiera hacer notar que no bastarían las páginas de esta tesis, para describir las experiencias obtenidas en los estudios psicogenéticos, que muestran cómo el sujeto al interactuar con la realidad la transforma al asimilárla a sus estructuras mentales.

En las corrientes racionalistas es el sujeto quien tiene predominio en el proceso de conocimiento: se deja a un lado el objeto, centrando la atención en el sujeto y sus produc tos mentales. Este último posee estructuras predeterminadas (lógicas y matemáticas) que le permiten aproximarse a la realidad al imponerlas a la percepción y a la experiencia. De esta manera, el objeto de conocimiento es un producto del sujeto.

La epistemología genética pertenece al racionalismo pero difiere de él al establecer que las estructuras cognosciti-vas no están predeterminadas sino que son construídas por el sujeto. Una de las hipótesis fundamentales del construictivis mo psicogenético establece: "Ningún conocimiento humano, salvo las formas hereditarias mas elementales, está preformado, ni en las estructuras constituidas del sujeto, ni en las de los objetos" (6). "Toda estructura tiene una génesis, ningu-na es innata, supone una construcción que remontada paso a paso nos conduce a estructuras anteriores y finalmente al problema biológico". (7)

(6) Piaget, J. 1967.

(7) Inbelder, B., Bovet, M. y Sinclair, H. 1975 pag.26

Para Piaget, la psicogénesis es incomprensible mientras no nos remontemos a sus raíces orgánicas. El desarrollo cognoscitivo es un proceso espontáneo que se inicia al nacer y concluye en la edad adulta. Es comparable al crecimiento orgánico pues ambos evolucionan hacia una forma final de equilibrio. Existe, sin embargo, una diferencia esencial el crecimiento orgánico finaliza con un equilibrio estático, mientras que el crecimiento mental tiende a un equilibrio dinámico, que es más estable cuanto más móvil*. El final de este crecimiento no señala el inicio de la decadencia, como en el caso del crecimiento orgánico, sino que permite un progreso intelectual continuo.

Los factores biológicos que operan, de una u otra manera, en el desarrollo cognoscitivo son:

1) Estructuras físicas hereditarias.- Cada especie viviente está dotada de ciertas estructuras físicas que permiten y limitan su rendimiento intelectual. En la especie humana el crecimiento mental depende de la maduración de los sistemas nervioso y endócrino, que finaliza a los 16 años de edad aproximadamente.

2) Reacciones Conductuales automáticas (reflejos).
Los organismos responden automáticamente a ciertos estímulos exteriores, con una conducta determinada. Todos los miembros de la especie poseen ese reflejo.

En el caso de la especie humana sólo el recién nacido depende en alto grado de estos reflejos. Las investigaciones de Piaget muestran que después de los primeros días de vida, el bebé ha transformado estos reflejos en estructuras cognoscitivas que ya no son heredadas. Esta transformación es producto de la interacción de factores biológicos y empíricos.

(*) Nos referimos a "estabilidad móvil" en virtud de que la estructura cognoscitiva alcanzada permite que el sujeto reaccione más activamente a las perturbaciones externas lo cual reestablece el equilibrio.

- 3) Organización.- Es la tendencia que tienen todos los organismos a sistematizar y organizar sus procesos en sistemas coherentes, que pueden ser físicos o psicológicos.
- 4) Adaptación.- Es la tendencia que tienen los organismos de adaptarse al medio. Esta adaptación se realiza en función de dos procesos complementarios: la asimilación y la acomodación.

La asimilación es el proceso mediante el cual el organismo trata un acontecimiento ambiental en función de sus estructuras y la acomodación es el proceso, a través del cual, el organismo modifica sus estructuras en función de un acontecimiento ambiental. Estos procesos están presentes simultáneamente en cualquier acto.

Para Piaget, existe una interacción continua entre el individuo y su medio y la construcción de las estructuras cognitivas. La inteligencia es un caso concreto de adaptación biológica, que implica los procesos de asimilación y acomodación: el sujeto incorpora o asimila la realidad a sus estructuras mentales, pero a la vez, modifica o acomoda estas estructuras para enfrentar los obstáculos que le presenta la realidad. Como resultado de las tendencias de organización y adaptación se crean continuamente estructuras cognitivas nuevas a partir de las ya existentes. El sujeto desde su nacimiento hasta la edad adulta, atraviesa por una serie de etapas caracterizadas, cada una, por distintas estructuras psicológicas.

Las primeras manifestaciones de la inteligencia consisten en incorporar elementos nuevos a las estructuras hereditarias (reflejos). Esta actividad asimiladora se reproduce y generaliza; la acomodación conduce a reconocimientos

sensomotores, los esquemas se coordinan entre sí y se integran construyendo conductas nuevas, que no estaban inscritas en las estructuras orgánicas heredadas. Es así como el sujeto inicia, mediante un proceso interno en el que intervienen los mecanismos de asimilación y acomodación, la construcción de su mundo cognoscitivo.

Como se puede concluir de lo expresado en los párrafos anteriores, los conceptos de estructura y de génesis juegan un papel fundamental en el marco teórico piagetiano. Veamos entonces como se definen estos términos dentro de esta teoría.

Piaget define el concepto de estructura de manera muy amplia, : " Un sistema que presenta leyes o propiedades de totalidad, en tanto que sistema. Estas leyes de totalidad son por consiguiente diferentes de las leyes o propiedades de los elementos mismos del sistema ...estos sistemas que constituyen estructuras son sistemas parciales en comparación con el organismo o el espíritu" (8)

Con respecto al concepto de génesis, Piaget lo define no sólo como el paso de una estructura a otra, sino como "una forma de transformación que parte de un estado A y desemboca en un estado B, siendo B mas estable que A" (8). Rechaza cualquier definición que parta de comienzos absolutos, pues el estado inicial tiene en sí mismo una estructura. La relación entre la estructura y la génesis, dentro la teoría piagetiana, es una relación dialéctica.

Se basa fundamentalmente en las siguientes tesis:

- 1) Toda génesis parte de una estructura y desemboca en

una estructura. La génesis de cualquier estructura puede trazarse a partir de estructuras más elementales que no son en sí mismas comienzos absolutos sino que provienen de una génesis anterior de estructuras más elementales y así sucesivamente.

- 2) Toda estructura tiene una génesis. Las estructuras no son innatas, se construyen poco a poco. Todas estas construcciones se remontan paso a paso hasta remitirnos el problema biológico.

Podemos decir que génesis y estructura son indisociables: Si existe una estructura en el estado inicial y otra en el estado final, entre ambas existe necesariamente un proceso de construcción, es decir una génesis. Jamás encontraremos la una sin la otra.

Se hace necesario explicar ahora, cuales son los factores que hacen posible la transformación de una estructura más elemental en otra más estable. Generalmente las teorías del desarrollo en psicología de la inteligencia han invocado tres factores:

- a) Maduración
- b) Experiencia
- c) Transmisión social.

Si bien los 3 factores son necesarios para explicar este desarrollo, Piaget sostiene que no son suficientes. Veamos:

- a) Maduración. Este factor juega un papel importante pues como se dijo anteriormente, la maduración de los sistemas endócrino y nervioso concluye hasta los 16 años aproximadamente. Sin embargo, no basta para explicar el desarrollo mental. Investigaciones rea

lizada en diversos medios muestran que las estructuras cognoscitivas características de determinada etapa de desarrollo, aparecen en niños con diferentes edades promedio, en las diferentes sociedades. Por ejemplo las nociones de conversación aparecen aproximadamente en las mismas edades en niños de Teherán, de Ginebra o de París pero se observa un retraso considerable en niños del campo en Irán.

- b) La experiencia física.- Este factor tiene una importancia fundamental, sin embargo, tampoco explica por sí solo el desarrollo cognoscitivo.

Existen ciertos conceptos cuya construcción es difícil explicar con base sólo en este factor. Por ejemplo el niño construye primero la conservación de la materia antes que la de peso o la de volumen. Si damos a un niño una bola de plastilina y después de pedirle que le dé forma de salchicha, le preguntamos si tiene la misma cantidad de materia, si tiene el mismo peso y si tiene el mismo volumen, el niño entre los 7 - 8 años de edad aproximadamente responde que hay la misma cantidad de materia, entre los 9-10 años aproximadamente, que el peso también se conserva y entre los 11 - 12 años aproximadamente que el volumen se conserva. (9)

Mediante la experiencia física el niño puede obtener información sobre la conservación de peso (puede pesar la plastilina en forma de bola y de salchicha) o sobre la conservación de volumen (puede sumergir la plastilina en agua y observar el desplazamiento del líquido); Pero no hay experiencia física que de información respecto de la cantidad de substancia. ¿Que es una cantidad de substancia cuyo peso y volumen varía?..

La conservación de la materia es una necesidad lógica, la necesidad de que algo debe conservarse aunque ninguna experiencia nos lleve a tal noción.

c) Transmisión social.- Este factor, como los anteriores, es necesario pero no suficiente. El sujeto solo puede asimilar una información si posee las estructuras cog noscitivas que le permite asimilarla. Todos sabemos que es inútil enseñar matemáticas avanzadas a un niño de 5 años, jamás ~~las~~ asimilaría.

Los tres factores antes mencionados tienen su papel en el desarrollo cognoscitivo, sin embargo, no son suficientes para explicarlo.

Piaget introduce un nuevo factor que llama equilibración. Considera que el sujeto es activo en el proceso de producción de conocimiento, que posee un sistema de regulación que le permite reaccionar y compensar las perturbaciones producidas entre la asimilación de nuevos acontecimientos ambientales y sus estructuras mentales. Cuando las propiedades de un objeto o un evento presentan obstáculos para ser asimiladas a las estructuras ya construidas por el sujeto, éste se ve enfrentado a perturbaciones que rompen el equilibrio antes existente. Para compensar dichas perturbaciones y reestablecer el equilibrio, son necesarios mecanismos de autorregulación que permiten al sujeto transformar sus estructuras cog noscitivas de forma que la nueva experiencia pueda ser integrada. De esta manera, el desarrollo cognoscitivo se concibe como una sucesión de estados de equilibrio, que tienen cierta probabilidad secuencial. Cada nivel es determinado como el más probable cuando se ha logrado el anterior. Esto implica la intervención de mecanismos de desequilibrio en cada nivel y de reequilibración en los nuevos niveles que se van alcanzando.

Piaget toma el concepto de equilibrio de la física y lo lleva al terreno psicológico. Trataré de precisar, aunque

superficialmente, cómo se utiliza este concepto en la teoría piagetiana.

En la psicología de la inteligencia, la noción de equilibrio que se necesita, es la de un equilibrio móvil, dinámico, caracterizado por transformaciones en sentido contrario, pero que se compensan de forma estable. El sistema puede ser modificado por perturbaciones externas y el equilibrio se reestablece cuando estas perturbaciones son compensadas por acciones del sujeto. El equilibrio es esencialmente activo: "una estructura estará equilibrada en la medida en que el individuo sea lo suficientemente activo como para oponer a todas las perturbaciones compensaciones...estas últimas acabarán, por otra parte, siendo anticipadas por el pensamiento"(10)

Definido el equilibrio como una compensación activa nos lleva necesariamente a la reversibilidad, que es cuando una transformación en una dirección se compensa con una transformación en la dirección contraria.

Retomemos nuevamente el ejemplo sobre la conservación de la materia (pag.13: Transformación de una bola de plastilina en salchicha), que puede servir para mostrar como el sujeto pasa de un equilibrio inestable a un estado de equilibrio cada vez más estable.

La noción de conservación de la materia es una estructura cuya reversibilidad se traduce en la conservación, que en sí misma expresa las compensaciones que intervienen. En la construcción de esta estructura, el niño pasa por cuatro niveles:

- 1) El niño piensa sólo en una dimensión: la longitud o el espesor.

(10) Piaget, 1967 pag. 217.

"Hay más plastilina aquí porque es más largo"

"Hay menos porque es más delgada"

El niño se atiene a una u otra dimensión, pero nunca a ambas. Las cree independientes.

2) El niño invierte su juicio y razona sobre la dimensión contraria a la que utilizó en el primer nivel. Si en un principio había expresado: "es más grande porque es más largo". Ahora dirá: "¡Ah no; hay menos porque es demasiado delgado".

3) El niño razona sobre las dos dimensiones a la vez.

Después de oscilar entre ambas:

"No sé, es más porque es más largo...no, es más delgado, entonces es que hay un poco menos..."

Descubre la relación que existe entre ellas. Se da cuenta que en la medida que la bola se alarga, se hace más delgada. Desde ese momento el niño razona sobre transformaciones; descubre que las dos variaciones son en sentido inverso una de la otra y establece una compensación.

4) La estructura cristaliza, el niño establece un sistema reversible: Es la misma cantidad de plastilina, no se le quita ni se le añade nada, se transforma en dos dimensiones, pero en sentido inverso una de la otra, lo que la bola gana en longitud lo pierde en espesor. "Hay más en cuanto ancha, pero menos en cuanto delgada" " cuando se acorta se engruesa".

Como se puede observar, en el nivel 4, el niño comprende la compensación y ésta define el equilibrio. La estructura cristalizada se impone con carácter de necesidad y marca así su perfeccionamiento.

Hasta aquí hemos visto el rol fundamental que la teoría piagetiana otorga a las estructuras cognoscitivas del sujeto y a su construcción. Sin embargo, es indispensable aclarar que no se trata de un proceso lineal, en el cual el sujeto construye sus estructuras para luego aplicarlas a la interpretación del mundo. Se trata de un proceso complejo, de carácter dialéctico, en el cual la acción del sujeto sobre la realidad tiene también un papel preponderante.

b) PAPEL DE LA ACCION EN LA CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO.

Un principio fundamental de la epistemología genética, sostiene que la acción es constitutiva de todo conocimiento. Esto parece contradecir lo dicho en el apartado anterior, es decir, que la psicología genética ha demostrado que la génesis del conocimiento no está en la acción directa sobre los objetos; que el sujeto no "lee" la realidad por un simple acto de copia, sino que esta lectura es producto de una asimilación a sus estructuras mentales.

Surge entonces la pregunta ¿cómo es entonces que la acción genera conocimiento?.

Conocer un objeto o un evento no es observarlo y hacer una copia de él, para conocerlo es necesario actuar sobre él, transformarlo y comprender los mecanismos de esa transformación. El sujeto sólo conoce lo que su acción le permite conocer, al coordinar sus acciones va dando sentido al objeto. Por ejemplo, un recién nacido en la medida que coordina las acciones que le permiten sostener un objeto y mirarlo, es decir, que puede llevar a su campo visual un objeto que su mano sostiene, podrá atribuir a ese objeto las cualidades de

Mirable y agarrable. Sólo a través de la coordinación de los esquemas de acción se puede dar unidad a los objetos. De esta manera, el conocimiento es considerado como una relación de interdependencia entre el sujeto cognoscente y el objeto de conocimiento. El sujeto al asimilar el objeto a sus estructuras cognoscitivas lo modifica pero a su vez, el objeto exige modificaciones de estas estructuras en virtud de sus características; éstas actúan como un obstáculo para la asimilación completa.

En esta interacción se van construyendo tanto el objeto de conocimiento como el sujeto cognoscente.

El objeto se conoce por aproximaciones sucesivas a través de las acciones del sujeto, cada vez nos acercamos más a él, pero jamás lo conoceremos completamente. La objetividad no se alcanza como si fuera un dato inmediato, requiere de un esfuerzo continuo de elaboración intelectual por parte del sujeto.

El pensamiento en un inicio es deformante porque se basa en consideraciones aisladas, conforme el sujeto aumenta su actividad el conocimiento se vuelve más objetivo. El progreso en el desarrollo del pensamiento "consistirá en coordinar progresivamente puntos de vista diferentes, relaciones antes inconexas, en multiplicar las puestas en relación, en una palabra, en integrar sistemas parciales en estructuras de conjunto".

Piaget considera que la acción genera dos tipos de conocimientos:

- 1) Conocimiento físico.- El sujeto actúa sobre los objetos y obtiene, por abstracción empírica, algún conocimiento de ellos. Por ejemplo al colocar un objeto so-

bre la balanza se puede conocer su peso, al estirarlo sobre su elasticidad.

- 2) Conocimiento lógico-matemático.- Es el conocimiento que se obtiene, no de los objetos mismos, sino de las acciones o coordinación de acciones que el sujeto lleva a cabo sobre ellos. Estas acciones dan a los objetos características que no poseen por sí solos, por ejemplo, los coloca en fila, los junta o separa, etc. Es mediante la abstracción (abstracción reflexiva) que el sujeto hace de sus acciones o coordinaciones de acciones, que descubre las relaciones introducidas por sus propias acciones en los objetos, por ejemplo: ordenar, agrupar, contar, medir, clasificar etc.

La coordinación de las acciones antes de los 7-8 años requiere material concreto; posteriormente el niño puede representarse interiormente esa acción, sin necesidad de realizarla. Estas acciones interiorizadas y que además son reversibles, las llama Piaget operaciones. Por ejemplo agrupar cosas en una clase u ordenarlas en una serie son operaciones.

Una operación jamás está aislada, siempre estará vinculada a otras operaciones formando parte de una estructura total. Por ejemplo una clase no existe aislada, lo que existe es la estructura total de clasificación.

Ahora bien, la abstracción reflexiva no solo se aplica a las acciones sobre los objetos sino también y fundamentalmente a las operaciones. De esta manera la coordinación de acciones puede efectuarse por sí misma, en la forma de deducción y de construcción de estructuras abstractas. Conforme se avanza en el desarrollo cognoscitivo, la abstracción re

flexiva se libera de toda comprobación de hechos y la abs
tracción empírica aumenta en precisión y eficacia, pero pro
gresivamente se subordina a la primera "en la medida en que
recibe de ésta instrumentos de registro o de elaboración" (11)
Por lo tanto, es mediante las acciones y operaciones del su
jeto que se constituye un marco lógico-matemático que permi
te interpretar la realidad.

(11) Piaget J, y García R. 1982, página 198.

C) ETAPAS DEL DESARROLLO COGNOSCITIVO

Se ha definido el desarrollo cognoscitivo como una sucesión de niveles de equilibrio. El paso de un nivel al siguiente se realiza mediante los mecanismos de asimilación y acomodación e implica, necesariamente, una equilibración. Estos mecanismos son comunes a todos los niveles por lo que se les llama "funciones invariantes". Por otra parte, cada nivel está caracterizado por ciertas estructuras que varían de un nivel a otro. Estas estructuras o formas sucesivas de equilibrio son las formas de organización de la actividad mental del sujeto en cada nivel.

Las nuevas estructuras que se construyen en cada nivel son las que lo diferencian del anterior, sin embargo, lo esencial de las estructuras del nivel inferior, subsisten en los siguientes en forma de subestructuras. Estas serán las bases sobre las que se construirán las nuevas estructuras. Es así, como el desarrollo cognoscitivo aparece como "una sucesión de grandes construcciones, cada una de las cuales prolonga la precedente, reconstruyéndola, ante todo, en un nuevo plano para sobrepasarla luego cada vez más". (12)

Esta integración de estructuras permite dividir el desarrollo mental en cuatro grandes periodos o estadios:

- 1) Periodo sensomotor
- 2) Periodo preoperatorio o del pensamiento representacional
- 3) Periodo operatorio concreto
- 4) Periodo operatorio formal

(12) Piaget, J. 1969 pag. 151.

De esta manera, "la construcción de los esquemas senso motores prolonga y sobrepasa la de las estructuras orgánicas durante la embriogénesis. Luego, la construcción de las relaciones semióticas del pensamiento y de las conexiones interindividuales interioriza esos esquemas de acción, reconstruyéndolos en ese nuevo plano de la representación; y los rebasa hasta constituir el conjunto de las operaciones concretas y de cooperación. Finalmente, desde el nivel de once-doce años, el pensamiento formal naciente reestructura las operaciones concretas, subordinándolas a nuevas estructuras, cuyo despliegue se prolongará durante la adolescencia y toda la vida posterior (con otras muchas transformaciones todavía)". (13)

Quisiera señalar que los límites de cada periodo y de las edades cronológicas correspondientes, son sólo aproximados y están sujetos a amplias variaciones individuales, influenciadas probablemente por el medio físico y social, por factores fisiológicos, etc.

Piaget y su equipo de colaboradores dedicaron muchos años a investigar el aspecto estructural del pensamiento. Lograron describir las estructuras de éste, utilizando la lógica algebraica y las estructuras de Bourbaki. No se pretende aquí resumir los resultados de estas investigaciones sino únicamente presentar brevemente las características fundamentales de los cuatro periodos. Se pondrá un énfasis especial en el período de las operaciones concretas, debido a que la mayoría de los niños que cursa la educación primaria y, por lo tanto, los niños que participaron en esta investigación, se encuentran en este periodo de su desarrollo.

1) Periodo Sensomotor (0 - 2 años)

Este periodo comprende desde el nacimiento hasta los dos años de vida aproximadamente. Se caracteriza por un desarrollo mental extraordinario, aunque a primera vista no lo parezca. El niño conquista mediante las percepciones y los movimientos todo el mundo práctico que lo rodea.

Si al inicio de este periodo, el recién nacido centra todo en su propio cuerpo, sin poder diferenciar entre su yo y el mundo exterior, al final de éste puede situarse como un elemento entre otros y oponer a ese universo exterior una vida interior, localizada en su propio cuerpo. Este proceso puede caracterizarse por la construcción de las grandes categorías de la acción, que son: los esquemas del objeto permanente, del espacio, del tiempo y de la causalidad. A través de ellos el sujeto estructura su universo, por restringido que éste sea.

Veamos cada una de estas categorías:

- a) El objeto permanente. El universo del recién nacido es un universo sin objetos, consiste en "cuadros" móviles que aparecen y desaparecen. Cuando un objeto sale del campo perceptivo del niño, para éste deja de existir. Es hasta el segundo año de vida, que el niño comienza a dotar de cierta permanencia a los objetos. En una experiencia realizada por Piaget (14), se observa que hasta el final de su primer año, el niño no busca los objetos que acaban de salir de su campo perceptivo. La con-

(14) Esta experiencia se describe ampliamente en el libro: la construcción de lo real en el niño de Piaget.

servación del objeto es función de su localización. El niño necesita descentrar el espacio de su actividad propia y desligarse del objeto como tal, comprendiéndose él mismo como un objeto en el espacio, para poder construir el esquema del objeto permanente.

- b) El espacio. La evolución del esquema del espacio es solidaria con la del objeto permanente. Para el recién nacido hay tantos espacios como campos sensoriales: espacio bucal, visual, etc.; todos centrados en su propio cuerpo. El niño coordina progresivamente estos espacios entre sí y al finalizar este periodo ha logrado construir un espacio general, que comprende a todos los demás y que caracteriza las relaciones entre los objetos y los contiene, incluido su propio cuerpo.

La elaboración del esquema de espacio se debe a la coordinación de los movimientos, el niño construye el "grupo práctico de los desplazamientos" cuya significación psicológica es:

"-un desplazamiento AB y un desplazamiento BC pueden coordinarse en uno solo AC, que forma aún parte del sistema.

-todo desplazamiento AB puede ser invertido BA...

-la composición del desplazamiento AB y de su inverso BA da el desplazamiento nulo AA.

-los desplazamientos son asociativos, es decir, que en la serie ABCD se tiene $AB+BD=AC+CD...$ " (15)

- c) El tiempo. La evolución del esquema del tiempo es solidaria con la organización del espacio. En el grupo práctico de los desplazamientos, estos se efectúan de modo progresivo y uno tras otro.
- d) La causalidad. La causalidad inicial es mágico-fenomenista : fenomenista porque cualquier cosa puede producir cualquier otra; Mágica porque se centra en la acción del sujeto sin considerar los contactos espaciales. Conforme el niño estructura su universo práctico las causas reconocidas por el sujeto dejan de situarse en la acción propia y se localizan en los objetos. Además las relaciones causa efecto entre dos objetos o sus acciones suponen un contacto físico y espacial.

Como se puede observar en todos los terrenos, el niño, mediante la construcción de su inteligencia sensorio-motriz, surge de un egocentrismo inconsciente y radical y se sitúa en un universo exterior.

2) Período preoperatorio (2-7 años)

El niño antes de los dos años de edad no presenta una conducta que implique la evocación de un objeto ausente. Esto se debe a que este tipo de conductas requieren del empleo de significantes diferenciados. Si bien, el niño desde antes de los dos años utiliza significaciones, pues toda asimilación sensomotora consiste en conferir significaciones, éstas están indiferenciadas de sus significados. Se trata, más bien de indicios que de signos o símbolos, pues constituyen una parte, un antecedente temporal o un resultado causal de su significado. Es ésta la razón

que explica porque no hay representación y por consiguiente pensamiento en el periodo sensomotor.

Cuando el niño es capaz de representar algo, un significado cualquiera: objeto, evento, esquema conceptual, etc., por medio de un significante diferenciado, que sólo sirve para esa representación (función semiótica), surgen una serie de conductas que pueden referirse, tanto a elementos presentes en ese momento como a los ausentes. Es así como aparecen, casi simultáneamente la imitación diferida, el juego simbólico, el dibujo, la imagen mental y el lenguaje. Todas estas conductas hacen posible el pensamiento, abriendo un campo de aplicación ilimitado, en oposición a las limitaciones propias de la acción sensom o t o r a. Tomemos como ejemplo el lenguaje:

Con la aparición del lenguaje el niño, además de realizar las acciones materiales que ya ejecutaba, es capaz de reconstruir, mediante el relato, sus acciones pasadas y de anticipar, a través de la representación verbal, sus acciones futuras. Las consecuencias fundamentales de estos hechos para el desarrollo mental, son las siguientes:

- Se inicia la socialización de la acción, a través del intercambio y comunicación continuos, entre los individuos.
- Aparece el pensamiento propiamente dicho mediante la interiorización de la palabra. Esta se sustenta en el lenguaje interior y en el sistema de signos.
- Se interioriza la acción como tal, que siendo pura-

mente perceptiva y motriz, se reconstruye en el plano de las imágenes y de las experiencias mentales.

En función de estas modificaciones generales de la acción, se produce una transformación de la inteligencia: de sensoriomotriz o práctica a representativa. Sin embargo esto requiere de un proceso, el sujeto no se adapta inmediatamente a las nuevas realidades que descubre, en un principio, el pensamiento naciente se caracteriza por una asimilación egocéntrica carente de objetividad, progresivamente el pensamiento se adapta al de los demás y a la realidad. Este proceso no está exento de obstáculos, el sujeto necesita entre seis y siete años para interiorizar todos los esquemas de acción construídos en el periodo sensomotor. Esto nos muestra que un logro en la acción no implica, sin más, una representación adecuada. (16) Para que el sujeto pueda rebasar el nivel de la acción y sentar las bases para la posterior construcción de las operaciones es necesario:

-Que reconstruya en el plano de la representación todo lo que había adquirido en el de la acción.

-Que pase del estado inicial donde todo está centrado en su cuerpo y en su actividad, a un estado de descentración, en el que éstos se sitúan en el

(16) Un niño de 4-5 años que es capaz de recorrer sólo un trayecto de 10 minutos de su casa a la escuela, no puede representar ese trayecto mediante un conjunto de objetos tridimensionales. Sus recuerdos son en cierto modo motores. (Piaget 1969 pág. 97).

conjunto de objetos y actos en el universo. (17)

-Que esta descentración se realice no sólo sobre el universo físico, sino sobre un universo interindividual o social.

3) Periodo Operatorio Concreto (7-8 a 11-12 años)

Durante este periodo aparecen formas de organización nuevas que culminan las construcciones esbozadas en el periodo anterior. El sujeto construye las operaciones concretas, es decir, aquellas operaciones que afectan directamente a los objetos, en oposición a que se aplican a hipótesis enunciadas verbalmente (que corresponden al periodo siguiente). Para estudiar la construcción de estas operaciones, Piaget utiliza las nociones de conservación, como indicios psicológicos, que le permiten conocer el perfeccionamiento de una estructura operatoria. Véamos porqué:

Como se expresó anteriormente, las operaciones son acciones interiorizadas, reversibles, coordinadas en sistemas de conjunto y comunes a todos los individuos de un mismo nivel mental. Las transformaciones

(17) Esta descentración es mucho más difícil que la correspondiente en el periodo sensoriomotor pues el universo del sujeto es mucho más extenso y complejo.

reversibles (18) son necesariamente relativas a un invariante, de otro modo no habría retorno. Por ejemplo, en la transformación de la bola de plastilina en salchicha, que ya hemos analizado, el invariante es la noción de conservación de la materia (ver p.13,15,16). Cuando un niño posee la noción de conservación podemos inferir que ha perfeccionado su estructura operatoria.

Piaget dedica gran parte de sus investigaciones al estudio de la psicogénesis de los invariantes en diferentes campos nocionales: conservaciones espaciales, cinemáticas, físicas, numéricas, etc. Presentaré aquí, en forma resumida y sólo a título de ejemplo, la psicogénesis de las nociones físicas elementales de conservación (substancia, peso y volumen).

C U A D R O (19)

Estadios	Subestadios	Noción de substancia	Noción de peso	Noción de volumen
I Hasta 7/8 años en promedio	Ausencia de toda conservación Característica: fiarse siempre de la apariencia perceptiva e intuitiva sin sustituirla por una composición por seccionamientos o desplazamientos. Cuando un sólido se deforma, se disuelve o se dilata, la substancia, el peso y el volumen parecen variar simultáneamente.			
II 8/9 años en promedio	A	reacciones intermedias: conservación -no conservación de la materia	Peso acción	Peso y volumen intuitivo y se disocian de la cantidad constante de materia

(18) La reversibilidad de las operaciones puede ser por inversión ($A-A=0$) o por reciprocidad (A corresponde a B y reciprocamente).

(19) Cuadro tomado de: Nuñez, M.S. 1980

Estadios	Subestadios	Noción de sustancia	Noción de peso	Noción de volumen
	B	Conserva- ción de la materia. Necesidad lógica de entrada		
III 9/10 años en promedio	A		Reacciones intermedias: conservación no conserva- ción del peso	
	B		Conserva- ción del pe- so. Necesi- dad lógica de entrada	Reacciones intermedias: conservación no conserva- ción del vo- lumen. Indisocia- ción peso-vo- lumen
IV 11/12 años en promedio	A			
	B			Conservación del volumen. Disociación peso-volumen

Como se puede observar existe un orden de sucesión en la adquisición de estas nociones. Se adquiere primero la conservación de la sustancia, luego la de peso y por último la de volumen.

Durante el periodo preoperatorio hay una ausencia total de nociones de conservación y por lo tanto, de operaciones. El pensamiento de los niños en este nivel, posee características que lo diferencian del pensamiento operatorio concreto:

- Frente a situaciones estáticas se centra en los estados o en las configuraciones y no en la transformación.
- Frente a transformaciones, las asimila a las propias acciones del sujeto y no a operaciones reversibles.
- Si bien, tiene ya la tendencia a construir sistemas de conjunto, los instrumentos que posee para construirlos (regulaciones perceptibles o representativas) no permiten que la reversibilidad sea completa.

Ejemplifiquemos cada uno de los casos:

La primacía de las situaciones estáticas se puede observar fácilmente en el hecho siguiente:

"Cuando después de trasvasar una cierta cantidad de líquido a un recipiente más alargado que el inicial, el niño de 4 a 6 años cree que el líquido aumentó porque la forma del recipiente es diferente, simplemente se apoya en la forma perceptiva estática, en vez de enfrentar la situación en función de una transformación reversible, que mantendría invariable la cantidad en cuestión". (20)

La asimilación de la transformación a la acción propia del sujeto puede observarse cuando se pide a un niño, entre 4 y 6 años, que prevea los movimientos o las posiciones de equilibrio, de un vagón que se desliza sobre un riel (que puede tener diferentes inclinaciones), al ser jalado con un contrapeso suspendido por un cable unido al vagón. Los niños explican el fenómeno mediante el conjunto de acciones que pueden ejercer sobre el dispositivo:

"Bac (6 años) empuja el vagón para que baje:
¿Desciende? "No, sube ". ¿Se puede hacer otra cosa?
"Empujarlo con el dedo." ¿Y para hacerlo subir?
"Manejar en el tren". ¿Y con los pesos? (carga el contrapeso) "Puse algo". ¿Y por qué sube? "No se",
"Porque está pesado" ¿Y para hacerlo bajar? "No se, empujarlo" (21.)

Los niños no establecen diferencias entre sus propias acciones y los procesos físicos observados. Asimilan las relaciones objetivas a una causalidad centrada en su propia acción.

Veamos ahora las características principales del pensamiento operatorio concreto:

-Se subordina los estados y configuraciones a las transformaciones: Cada estado se concibe como el resultado de una transformación.

(21) Inhelder, B y Piaget, J. 1972 pág. 156. Las preguntas son del adulto que lleva a cabo la experiencia. Lo que está entre comillas son los diálogos del niño.

-Las transformaciones, ahora reversibles, se asimilan a operaciones que son el punto de culminación de las acciones interiorizadas del nivel preoperatorio.

-El pensamiento extiende lo real hacia lo virtual.

Retomando los ejemplos citados anteriormente: En el caso del trasvasamiento de líquidos, el niño centrará su explicación en la transformación, explicándola con base en sus características de identidad y de reversibilidad por inversión o por reciprocidad:

"es la misma agua" "No se ha quitado ni añadido nada" (identidad)

"puede volvérsela (de B a A), como estaba antes" (reversibilidad por inversión)

"está más alta, pero el vaso es más estrecho, lo que da igual" (compensación o reversibilidad por reciprocidad de las relaciones)

En cuanto al ejemplo que se refiere al vagón que se desliza sobre un riel, es interesante analizar los progresos principales realizados por los niños, en este nivel de su desarrollo. Veamos lo que expresa un niño de 10 años 8 meses:

"Para hacerlo subir, hay que colocar un peso más pesado aquí" (en el contrapeso). ¿Que otra cosa puede hacerse? "Descargar el pequeño vagón". ¿Y para que el vagón se quede en su lugar? (coloca 4 unidades en el vagón y 4 en el contrapeso) "es el mismo peso.

No, no anda." ¿Se puede hacer algo con la vía? "Tal vez bajarla: el vagón avanzará más fácilmente porque la línea es menos alta". ¿Si se alza la vía y se agregan pesos? "Se quedará igual porque es más difícil que suba" (pesa el pequeño vagón y comprueba que vale cuatro unidades) "entonces si se coloca el vagón vacío y cuatro pesos aquí" (en el contrapeso), ¿Se quedará en equilibrio? "No subirá" (comprende entonces que el equilibrio depende de la inclinación). ¿Y, si se sube la vía? "Es más difícil que suba". ¿Por qué? "Porque el vagón se vuelve más pesado".

Como se puede observar el niño comprende que el equilibrio no es el resultado de una simple igualdad de pesos y también el papel que juega la inclinación.

La inclinación y el peso se componen en forma de trabajo: un peso grande que se lleva a poca altura es equivalente a un peso chico que se lleva a una altura mayor o como el niño expresa cuando aumenta la inclinación del riel: "el peso se vuelve más pesado". El niño llega a establecer una correspondencia cualitativa entre el peso y la inclinación. Esta le hace accesible la noción de trabajo (en forma cualitativa). El niño toma en cuenta los tres factores que intervienen: la inclinación, el peso del vagón y el contrapeso. Sin embargo, los compara sucesivamente de dos en dos sin tomar en cuenta, en ese momento, el tercero, es decir, no puede variar un factor manteniendo constantes los demás. Esto se debe fundamentalmente a que el niño no posee la estructura mental que le permite hacer las combinaciones de n en n elementos.

Las operaciones concretas tienen dos características importantes:

- a) Consisten en estructuraciones directas de los datos actuales: clasificaciones, seriaciones, establecimiento de equivalencias y correspondencias, etc. Esto permite la organización del contenido, mediante un conjunto de relaciones.
- 2) El pensamiento concreto no puede generalizarse de inmediato a todos los contenidos, sino que procede de dominio por dominio con un desfase, que en algunos casos, es de varios años. Por ejemplo las nociones de conservación de la substancia, peso y volumen se construyen a los 7-8, 9-10 y 11-12 años respectivamente.

De esta manera, el pensamiento concreto está ligado a lo real y sólo alcanza un conjunto de transformaciones virtuales, por lo que constituye una extensión limitada de lo real.

Sin embargo, durante este periodo, "se asiste al desarrollo de un gran proceso de conjunto que puede caracterizarse como un paso de la centración subjetiva en todos los ámbitos a una descentración cognoscitiva, social y moral a la vez". "La inteligencia representativa... desemboca en una descentración fundada en las coordinaciones generales de la acción y que permite constituir los sistemas operatorios de transformaciones y los invariantes o conservaciones que liberan la representación de lo real de sus apariencias figurativas engañosas". (22)

4) PERIODO OPERATORIO FORMAL (11-12a14-15 años)

Durante este estadio se opera una inversión en el pensamiento del sujeto. Si en el periodo anterior, el niño aplicaba sus operaciones mentales a lo real, actual, iniciando una proyección hacia lo posible, el preadolescente subordina lo real a lo posible. Concibe los hechos sólo como un sector dentro del universo de transformaciones posibles: aquél de las realizaciones efectivas, que sólo admite como hechos después de una verificación que involucra a todas las hipótesis.

El sujeto del periodo operatorio concreto piensa sobre cada problema que se le presenta, aisladamente, problema por problema. No es capaz de unir las soluciones mediante teorías generales que le permitan resaltar principios. El razonamiento del niño de este nivel, está indisolublemente unido a los contenidos, aplica sus operaciones únicamente sobre comprobaciones que él considera verdaderas y no sobre hipótesis, es decir, las operaciones concretas se refieren sólo a la realidad en sí misma, a objetos que el niño pueda manipular y someter a experiencias efectivas.

A partir de los 11 o 12 años el pensamiento comienza a rebasar el plano de la manipulación concreta y se adentra en el plano de las ideas sin apoyarse en la percepción o en la experiencia. El adolescente se libera de lo concreto y se orienta hacia lo inactual; es capaz de obtener conclusiones a partir únicamente de hipótesis, y no sólo de la observación real. El sujeto además de ejecutar con el pensamiento acciones posibles sobre los objetos, como en el periodo anterior, es capaz de pensar sobre estas operaciones independientemente de los objetos, substituyéndolos por simples proposiciones. De esta manera las operaciones formales son las ope-

raciones concretas aplicadas a hipótesis o proposiciones, es decir, son su traducción abstracta. Esto amplía las posibilidades operatorias, se crean operaciones como la disyunción, la implicación, la exclusión que se superponen a las agrupaciones de clases y relaciones del periodo operatorio concreto. Esta subordinación se debe fundamentalmente, a que el pensamiento formal parte de hipótesis y se separa de los objetos, liberando las relaciones y clasificaciones de sus vínculos concretos. Esta generalización de las operaciones de clasificación y de relaciones desemboca en una combinatoria, que refuerza los poderes del pensamiento al permitir combinar entre sí, objetos o factores e incluso ideas o proposiciones. "Únicamente una combinatoria proporciona el conjunto de los posibles y, en el terreno experimental, la búsqueda de las nuevas combinaciones constituye precisamente lo que caracteriza a las hipótesis". (23)

Retomemos el ejemplo del vagón que se desliza sobre un riel y que hemos analizado con niños del periodo preoperatorio y operatorio concreto, (ver pág. 32 y 33):

(23) Inhelder, B. y Piaget, J. 1972 pag. 216.

Veamos lo que expresa al respecto, un joven de 14 años 3 meses:

"Si el riel es vertical, habrá que poner bastantes unidades aquí (en el contrapeso) para que sea igual" (al peso del vagón: encuentra 4 unidades) . "De cada lado corresponden los dos pesos". Para la mitad tiene que haber dos veces menos peso". ¿La mitad de qué? "De la inclinación: 45 grados" (experiencia: encuentra $2\frac{1}{2}$). "¡No! ¡Se trata del roce! Es posible, pero desempeña una pequeña función". (Encuentra que $p=2$ corresponde a 33 grados) "33 grados corresponde a más o menos $\frac{2}{3}$ ". Mire aquí (el adulto señala la altura) . "¡Ah! ¡La altura! Lo que importa no es el ángulo sino la altura" (prueba con las alturas $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{4}$). "Es necesario que el peso que arrastra el vagón (peso del contrapeso), sea igual a la altura: si por ejemplo se tiene una altura de 2 hace falta 2 contra 4, si se tiene 1 entonces 1 contra 4" (1 y 2 de altura corresponde a $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$).

Como podemos observar, los sujetos no intentan elaborar un inventario de todos los casos reales (inventario por cierto inagotable). Se orientan hacia los casos probatorios pues intentan abarcar todos los casos posibles; así, seleccionan los casos extremos e intermedios. De entrada coordinan los tres factores en una sola relación y buscan el establecimiento de un esquema cualitativo de proporcionalidad que les hace accesible la ley (en forma cualitativa).

Estos progresos del pensamiento se pueden explicar por la aparición del pensamiento formal que permite al sujeto considerar todos los casos posibles y deducir de ellos los reales. Como expresara Piaget: "El pensamiento formal es esencialmente hipotético-deductivo: la deducción ya no se refiere de modo directo a las realidades percibidas, sino

a enunciados hipotéticos, es decir, a proposiciones que formulan las hipótesis o plantean los datos a título de simples datos, independientemente de su carácter actual: la deducción consiste entonces en vincular entre sí esas presuposiciones extrayendo sus consecuencias necesarias incluso cuando su verdad experimental no vaya más allá de lo posible. Esta inversión de sentido entre lo posible y lo real... es la que caracteriza al pensamiento formal: en vez de introducir sin más un comienzo de necesidad en lo real, como sucede en el caso de las inferencias concretas, ese pensamiento formal efectúa desde el comienzo la síntesis entre lo posible y lo necesario, y deduce con rigor las conclusiones a partir de premisas cuya verdad sólo se admite en primer lugar como hipotética y de este modo opera en el dominio de lo posible antes de reunirse con lo real". (24)

D) LAS EXPLICACIONES CAUSALES

Hemos visto la importancia que, dentro de la teoría piagetiana, tiene la acción como generadora de conocimiento. A partir de ella, mediante los procesos de abstracción simple ó física y de abstracción reflexiva, el sujeto construye dos tipos de conocimiento: Conocimiento físico y conocimiento lógico-matemático. (25)

Una acción que es fuente de una relación causal (por ejemplo arrojar un objeto) es comparable a una acción que es fuente de una relación operatoria (por ejemplo ordenar objetos y contarlos) la diferencia radica en que la primera engloba propiedades tomadas del objeto y la segunda no extrae nada de los objetos y se limita a imponerles una estructura que surge de la misma acción. Las acciones y sus coordinaciones tienen entonces un carácter dual: causal y operatorio.

De esta manera, el conocimiento lógico-matemático asimila lo real a las estructuras operatorias del sujeto, consiste fundamentalmente en coordinar las acciones y las operaciones entre sí; así, no expresa lo real sino las acciones operatorias ejercidas por el sujeto sobre la realidad, reteniendo únicamente el aspecto de composición general y no un contenido cualitativo.

Por su parte, en el conocimiento físico, no solo intervienen las coordinaciones de acciones y operaciones, sino también los aspectos cualitativos particulares de los diversos tipos de acción.

Explicar un fenómeno físico implica la utilización de las estructuras operatorias del sujeto, -ya hemos visto que no

(25) Las dos clases de conocimiento se establecen simultáneamente.

hay observables puros, que el sujeto siempre recurre a inferencias en la lectura de la experiencia- pero a ésto hay que añadir, las respuestas de los objetos, pues hablar de causalidad, necesariamente presupone la existencia de objetos, que actúan unos sobre otros independientemente de nosotros y que pueden resistirse o ceder al tratamiento operatorio del sujeto.

Como expresa Piaget, "el problema reside en comprender como el desarrollo del pensamiento físico llega a disociar, hasta un cierto grado, esos elementos subjetivos y objetivos inherentes a las acciones especializadas (a partir de la acción sensomotriz) para construir, en la medida de lo posible, una realidad independiente del yo". (26)

Los estudios psicogenéticos de las explicaciones causales muestran una convergencia progresiva entre el desarrollo de las estructuras operatorias y el de la causalidad. Si bien las operaciones dependen del sujeto y la causalidad de los objetos, las modificaciones que la acción del sujeto introduce en los objetos, sólo pueden concebirse por analogía con las acciones u operaciones del sujeto. De esta manera, la causalidad agrega a las acciones del sujeto, otras acciones análogas prestadas a los objetos, por lo que las transformaciones del objeto se vuelven operaciones al ser englobadas en la composición de las operaciones propias del sujeto. La causalidad aparece así, como un sistema de operaciones atribuido a los objetos, situado en lo real, que sirve para expresar lo que producen esos objetos cuando actúan unos sobre otros, comportándose como operadores.

La necesidad de que exista esta relación entre causalidad y operaciones es expresada claramente por Piaget (27):

(26) Piaget, J. 1979 pags.222-223

(27) Piaget, J. y García,R. 1973 pag.15

"Explicar un efecto por un conjunto de condiciones consideradas como causales equivale a mostrar, por un lado, cuales son las transformaciones que lo han producido y, por el otro, como la novedad del resultado corresponde a ciertas transmisiones a partir de los estados iniciales: este doble aspecto de producción y de conservación caracteriza tanto las transformaciones operatorias como las causales y, en ambos casos, se reconoce por el hecho de que la construcción en juego aparece como necesaria. De manera general y desde el punto de vista de su interpretación genética, las operaciones equivalen a transformar lo real y corresponden, así, a lo que el sujeto puede hacer de los objetos en sus manipulaciones deductivas o deductibles (es decir, primeramente materiales, pero suceptiblés de una depuración formal progresiva), en tanto que la causalidad expresa lo que hacen los objetos al actuar los unos sobre los otros y sobre el sujeto: sería inconcebible, por lo tanto, que no existiera una relación íntima entre estas dos formas de acción; de no ser así, las construcciones lógico-matemáticas del sujeto no encontrarían jamás lo real mientras que éste modificaría a aquella sin saberlo".

Si damos por sentado que existe una relación íntima entre las operaciones y la causalidad, el problema ahora es conocer de que tipo de relación se trata. Existen tres formas posibles:

1.- Las operaciones lógico-matemáticas se desarrollan de forma autónoma mediante la abstracción reflexiva, a partir de las coordinaciones generales de las acciones.

En ésta construcción endógena, las estructuras operatorias elaboradas en cada nivel se atribuirían a los objetos. La causalidad resultaría así, como una réplica o serie de réplicas de las estructuras operatorias. Este es un modelo apriorístico, si bien genético y evolutivo, pone el acento principalmente en el sujeto.

2.- La causalidad precede a las estructuras operatorias. El desarrollo de estas estructuras es un reflejo interiorizado y luego formalizado, de nociones causales impuestas por lo real al sujeto. El sujeto utiliza los objetos para después modificarlos con base en los efectos o aciertos físicos. De esta manera, el desarrollo operatorio surge de la necesidad de comprender un problema causal que se trata de explicar para eliminar contradicciones reales o aparentes.

3.- El desarrollo de las estructuras operatorias y el de la causalidad se favorecen mutuamente. En cada nivel interaccionan entre sí, sin que pueda hablarse de la primacía de uno sobre el otro.

Los resultados de las investigaciones psicogenéticas de las explicaciones causales, parecen mostrar que la tercera forma de relación, es la que caracteriza dichos desarrollos. En estos estudios se encontró una gran convergencia entre los estadios de formación de las estructuras operatorias y los de las explicaciones causales. Se encontró además, que ambos desarrollos tienen un origen común que es la acción sensoriomotriz. Esta acción es causal, tanto en su mecanismo psico-fi

siológico como en sus resultados sobre los objetos (desplazán-
 dolos, uniéndolos, etc.). Sin embargo, no es exclusivamente
 causal pues al generalizarse y unirse a otras acciones, contri-
 buye a la elaboración de una coordinación general de éstas
 que es la semilla de las futuras operaciones.

Ahora bien, entre más elemental es una operación menos di-
 sociada está de su contenido, éste pertenece al objeto y así
 indirectamente a la causalidad. Por ejemplo, las operaciones
 concretas se realizan sobre los objetos, son dependientes de
 su contenido, por eso los desfasajes entre la construcción
 de algunas nociones (p.e.: conservación de substancia, peso
 y volumen.), estas resistencias del contenido no deben se-
 pararse de los factores de causalidad.

Esta indisociación relativa inicial de las operaciones y
 la causalidad, se va superando conforme se avanza en el desarro-
 llo hasta lograr una diferenciación completa en el estadio
 del pensamiento formal.

Con lo expresado hasta aquí, se puede decir que las opera-
 ciones no pueden construirse sin la colaboración de la causa-
 lidad.

Por otra parte explicar el desarrollo de la causalidad
 sin la contribución de las operaciones, implica considerar
 las relaciones causales como directamente observables en la
 experiencia inmediata de los objetos o de las acciones, pero
 sin recurrir a ninguna estructuración. Ya se han dado ante-
 riormente algunos elementos, que dejan ver, como la lectura de
 la experiencia es el producto de asimilaciones a las estructu-
 ras cognoscitivas del sujeto. Quisiera señalar además que
 Hume demostró que ateniéndose al método de simple lectura em-
 pírica, no se llega a la causalidad, sino únicamente a suce-
 siones regulares o leyes (28).

(28) Citado en: Piaget, J. y García, R. 1973 pag. 22

Se puede concluir entonces que no hay primacia de las operaciones sobre la causalidad, ni la inversa, sino que existe una relación íntima entre ambos desarrollos. Así, el sujeto comprende los fenómenos al atribuir a los objetos acciones y luego operaciones isomorfas a las suyas. Esto no quiere decir, que dichas operaciones se construyan independientemente de la causalidad.

Piaget distingue entre la legalidad y la causalidad. Basa esta distinción, principalmente, en los siguientes puntos:

- a) La legalidad depende de la verificación, se refiere a relaciones repetibles que se obtienen por constatación de hechos, se encuentra por lo tanto en el dominio de los observables.

La causalidad rebasa los observables, consiste en un sistema de transformaciones no observable directamente, pero que da cuenta de las propiedades observables y de sus variaciones.

- b) Las leyes solo expresan relaciones generales, la causalidad involucra relaciones necesarias. Por ejemplo, para una función: $y=f(x)$ en la cual las variaciones de "y" dependen objetivamente de "x", esta dependencia es un hecho que se comprueba, pero no comporta en sí mismo ninguna necesidad, mientras no se acompañe de un principio causal. (29)

- c) Las leyes pueden ser afirmaciones aisladas, pero su explicación causal requiere de varias relaciones coordinadas dentro de un sistema y solo ese sistema es fuente de necesidad. Por ejemplo. Cuando se enfrenta al sujeto a un dispositivo circular con poleas despla

zables, a lo largo de la circunferencia y se colocan pesos, de dos en dos a $0 - 0^\circ$ (paralelos), luego a $90 - 90^\circ$ (opuestos) y después a $30 - 30^\circ$ y $60 - 60^\circ$, tirando por pares de un elástico retenido por un gancho en el centro (30). El sujeto, antes de comprender la razón, descubre que la resultante de los mismos pesos es inferior cuando están separados 30° ó 60° que cuando están próximos ($0 - 0^\circ$). Esta ley se comprueba como un hecho general, pero solo se hace necesaria cuando está incluida en un sistema que coordine las intensidades y las direcciones e implique la consecuencia de que dos fuerzas iguales y opuestas se anulan.

- d) La legalidad solo involucra operaciones aplicadas a los objetos, la causalidad exige una atribución de las operaciones a los objetos. La legalidad requiere que el sujeto utilice sus estructuras cognoscitivas, desde la lectura de la experiencia hasta la generalización inductiva de los datos: el sujeto clasifica, establece relaciones, cuantifica, etc. Si bien, el sujeto considera que este cuadro lógico-matemático forma parte de los objetos, en realidad, este cuadro es el producto de una interacción entre los objetos y las estructuras operatorias del sujeto, por lo que únicamente lo está "aplicando" a lo real.
- Para hablar de causalidad, es necesario un paso más: buscar bajo esos observables las conexiones causales que los relacionan, comprender como los objetos actúan unos sobre otros, cómo esas interacciones logran una necesidad intrínseca. De esta manera, si confiere a los objetos la propiedad de ser centros de acción y no solo datos describibles, es decir, tienen la propiedad de ser operadores. Conforme se construye el modelo deductivo, "las transformaciones que comporta y

(30) Ejemplo tomado de Piaget, J. y García, R. 1973

las que relacionan entre sí a las operaciones, hasta entonces simplemente aplicadas a los objetos, no tienen significación sino en la hipótesis de que dichos objetos "existen", y por consiguiente las transformaciones invocadas expresan de una manera más o menos adecuada sus acciones reales" (31). Hay que señalar además, que este modelo deductivo no es un ensamblamiento de leyes y de sus contenidos sino una composición de las operaciones aplicadas. Esta se realiza mediante procedimientos generales de coordinación y transformación operatoria.

Veamos ahora, en términos generales, la evolución de las explicaciones causales en el sujeto.

Piaget sostiene, como ya se ha señalado, que ésta evolución sigue las etapas del desarrollo operatorio (32). Como éste, en su inicio se caracteriza por una asimilación egocéntrica de lo real a las acciones del sujeto y más tarde por una asimilación descentrada a sus operaciones. Esta evolución está dirigida fundamentalmente por dos procesos; uno de desobjetivización y el otro de reemplazo de la apariencia empírica por el descubrimiento de modificaciones más profundas no perceptibles pero deducidas operatoriamente.

Esta evolución puede dividirse en cuatro períodos principales, sin tomar en cuenta el período sensoriomotor. Este ya fue analizado incluyendo la parte correspondiente a la causalidad, en el inciso C.

(31) Piaget, J. y García, R. 1973 pag. 166

(32) Ver inciso C.

- Nivel I (2 a 4-5 años)

Recordemos que en el periodo sensoriomotriz, la causalidad inicialmente esta ligada a la acción propia para posteriormente, mediante un proceso de descentración progresiva, situarse en los objetos. El niño es entonces capaz (a nivel de la acción) de deducción causal y no solo de percibir la causalidad.

En el periodo preoperatorio, que corresponde a este nivel y al siguiente, con la aparición de la función semiótica, el problema se sitúa en el plano de la conceptualización y no solo de la acción. Los niños, ya pueden imaginar las causas y no solo producirlas por el movimiento. Sin embargo, esta causalidad imaginada y verbal, es asimilada a los esquemas de acción del sujeto. La representación que los niños se hacen del mundo revela el egocentrismo en grado máximo característico de este nivel y que se expresa, en lo relacionado con la causalidad, mediante el animismo y el artificialismo infantil (33). Veamos un ejemplo:

Los niños piensan que la luna y el sol los siguen. Debido a su egocentrismo creen que entre el movimiento de los astros y el suyo propio, hay participación dinámica o comunidad de intenciones. Atribuyen a estos astros voluntad y deseo de seguirlos. Un niño expresa (34):

(33) Los niños consideran que los objetos están animados de intenciones, de fuerza, etc. (animismo) o los revisten de poderes emanados de la voluntad adulta (artificialismo)

(34) Piaget, J. 1933 pag. 189.

¿Qué hace el sol cuando te paseas? "Se mueve" ¿cómo? "va conmigo". ¿por qué? "para iluminar, para que veamos claro. ¿cómo va contigo? "porque yo lo miro". ¿Qué lo hace avanzar cuando va contigo? "el viento" ¿Sabe el viento donde vas? "Sí"....

Como se puede observar, si bien los objetos son considerados como causas independientes de la acción propia, son revestidos de cualidades que emanan del sujeto o de sus actividades.

- Nivel II (4-5 a 7-8 años)

En este nivel la causalidad se sistematiza y se delega a los objetos. El animismo y el artificialismo mezclados comienzan a disminuir pero aún subsisten, sobre todo en las nociones dinámicas. Veamos un ejemplo. Un niño expresa con relación a la formación de las nubes (35):

¿De donde vienen las nubes? "del humo". ¿Qué humo? el humo de las chimeneas, de los hornos y también del polvo. ¿cómo forma las nubes este humo? "se pinta en el cielo. Bebe el aire y después que está pintado se va al cielo". ¿el humo de las nubes viene solamente de las chimeneas? Sí, también cuando hay alguien que enciende lumbre en los bosques....¿sienten las nubes el calor y el frío? "Sí porque son las nubes las que traen el frío y después el calor".

Como se puede observar, las explicaciones de los niños comportan una causalidad ligada a la acción propia pero atribuida a los objetos.

Por otra parte existe una indiferenciación entre los aspectos causales y operatorios del pensamiento. Aun no existen operaciones por lo que la causalidad es esencialmente irreversible, dando lugar a intuiciones directas deforman

tes, recuerdese el ejemplo del trasvasamiento de líquidos.

- Nivel III (7-8 a 11-12 años)

Con la aparición de las operaciones concretas, la precausalidad representativa se transforma en una causalidad racional por asimilación, no a las acciones propias en su orientación egocéntrica, sino a las operaciones. Sin embargo, las tendencias animistas y artificialistas subsisten en estado residual sobre todo en nociones más difíciles de estructurar como por ejemplo las de calor ó las de campo electromagnético. Los progresos en la organización y coordinación de las operaciones permiten explicar los progresos en la causalidad. El sujeto no solo es capaz de hacer múltiples "aplicaciones" de sus operaciones a los objetos, sino que puede realizar ciertas "atribuciones". Veamos un ejemplo: Cuando se enfrenta el sujeto al fenómeno de disolución del azúcar, a partir de los 7-8 años, el niño considera que el agua separa los granos de azúcar, que éstos subsisten en ella, bajo una forma invisible y su reunión equivale aditivamente al todo inicial. Sin embargo, los niños no pueden aplicar este modelo para los cuerpos que no se disuelven o para los cambios de estado de la materia.

Esto puede explicarse por la naturaleza misma de los fenómenos: En el primer caso el hecho de que el trozo de azúcar se separe de modo visible en pequeños trozos y luego éstos en granos cada vez más pequeños, permite al sujeto suponer que el agua los separa y utilizar una composición operatoria de forma aditiva, haciendo una "atribución" precoz. En el segundo caso, el sujeto no puede utilizar esta misma composición operatoria y por lo tanto realizar la "atribución" porque el fenómeno le presenta una dificultad: se trata de hacer esta atribución a micro-objetos no perceptibles.

Esta resistencia de las propiedades físicas a la estructuración operatoria retrasa su formación, pero reciprocamente, si la causalidad no puede rebasar ciertos límites se debe a que las operaciones no pueden promover a ésta mas allá de ese nivel. Ahora bien, tarde o temprano las contradicciones son percibidas y el sujeto procura suprimirlas. Esta superación progresiva de las contradicciones, constituye el motor de las nuevas coordinaciones: suprimir contradicciones es construir nuevas estructuras operatorias.

De esta manera, existe un apoyo mutuo entre las composiciones operatorias y la causalidad. Las operaciones proporcionan una forma deductible a la causalidad y la experiencia física activa el trabajo de construcción de las operaciones.

- Nivel IV (11-12 años en adelante)

En este nivel, la construcción de las operaciones formales posibilita la culminación de las formas de causalidad, en una deducción verdadera que surge de la coordinación de las acciones. Las operaciones se disocian de los contenidos y pueden funcionar formalmente y ser "atribuidas" a los objetos. El pensamiento del sujeto comienza a adquirir las características del pensamiento científico. En particular la construcción del pensamiento combinatorio permite razonar sobre la realidad, no considerando sus aspectos concretos y limitados sino en función de todas las combinaciones posibles. Esto refuerza los poderes deductivos de la inteligencia.

E) EL CONCEPTO DE APRENDIZAJE EN LA TEORIA PIAGETIANA.

Piaget hace una distinción entre el desarrollo en general y el aprendizaje. La opinión más generalmente aceptada, ve el

desarrollo como una suma discreta de experiencias de aprendizaje. Piaget considera que ésta concepción deforma la situación real, piensa que el desarrollo es su proceso espontáneo que debemos situar en un contexto general, biológico y psicológico y que además atañe a la totalidad de las estructuras cognoscitivas. Sitúa el aprendizaje en el caso opuesto, como resultado de situaciones provocadas (por el experimentador o por el maestro) con relación a un punto didáctico o a una situación externa, por lo que es un proceso limitado. De esta manera, el desarrollo es el proceso esencial y cada instancia de aprendizaje es función de este desarrollo.

Ahora bien, las teorías del aprendizaje que se basan en el esquema estímulo-respuesta han sido incapaces de explicar el aprendizaje de conocimientos. Estas teorías consideran que el sujeto puede aprender todo lo que se le enseñe, en cualquier momento, siempre que se le presente de forma adecuada.

Veamos una investigación interesante, realizada por Smedslund (30), donde se pretendía aclarar las nociones de conservación y transitividad, mediante un aprendizaje basado en el esquema estímulo-respuesta. Smedslund partió de la hipótesis de que existía una correlación entre la conservación y la transitividad. Realizó un estudio estadístico sobre las relaciones entre las respuestas espontáneas a las preguntas sobre conservación y las respuestas espontáneas a las preguntas sobre transitividad y encontró una correlación significativa. Seleccionó la noción de conservación de peso pues permite fácilmente un refuerzo exterior (pesar los objetos en la balanza). Estudió por una parte su conservación y por otra su transitividad (de igualdades o desigualdades).

Smedslund tuvo éxito en cuanto a la conservación, los niños entre 5 y 6 años adquirieron ésta noción, sin embargo, no logró enseñarles la transitividad. Los niños se resistían a esta noción. Se obtuvo aprendizaje con respecto a un conocimiento físico, fruto de una abstracción simple, pero no hubo aprendizaje respecto de la construcción de una estructura operatoria, ésta no es resultado de una experiencia física, se logra únicamente mediante una equilibración interior, no es suficiente el refuerzo externo de ver la balanza para construir la estructura lógica de transitividad.

Resultados como los obtenidos en esta investigación, no pueden explicarse con teorías basadas en el esquema estímulo-respuesta, éstas consideran al sujeto desprovisto de esquemas de referencia, de pensamiento, de imágenes y representaciones propias, que le hacen conocer la realidad de cierta manera. Es evidente lo improcedente de esta posición, los resultados muestran la imposibilidad de despreciar la actividad estructurante del sujeto y su nivel de desarrollo cognoscitivo.

Una investigación realizada por Inhelder y colaboradores, (37) proporciona una gran riqueza de resultados, por lo que trataré de resumir los que me han parecido importantes.

El objetivo principal de su trabajo consistió en captar los mecanismos formadores de estructuras que aseguran el paso de un nivel cognoscitivo al siguiente.

Partieron de la hipótesis de que, "bajo ciertas condiciones, sería posible una aceleración del desarrollo cognoscitivo; esta aceleración sería un índice significativo de que nosotros, habríamos alcanzado los mecanismos responsables del desarrollo." (38)

(37) Inhelder, B. et al. 1975 pag.47.

(38) Ibid. pag.47

Para la construcción de las experiencias de aprendizaje definieron, a partir de la teoría genética, los siguientes principios generales:

- 1) Una situación de aprendizaje es tanto más fructífera cuanto más activo es el sujeto. (ser activo no se reduce a una manipulación. Se puede hablar de actividad mental sin manipulación, lo mismo que puede haber pasividad manipulando).
- 2) El progreso del conocimiento se manifiesta por el hecho de que toda nueva estructura integra, coordinándolos, los esquemas anteriores. Una información se leccionada por el niño en un momento dado de su desarrollo, aunque errónea en relación con la solución final del problema, parece pertenecer a una etapa necesaria para llegar posteriormente a dicha solución. Por lo tanto, se descartan los métodos que tienden a encubrir los datos perturbadores o a invalidar juicios espontáneos que tienen significado desde el punto de vista del niño.
- 3) Existen etapas necesarias (preconiciones) vinculadas a la estructuración de los sistemas de conjunto. El fundamento de este principio establece que ciertas vías principales conducen a la elaboración de conocimientos. Esto no implica que se considere sólo un camino exclusivo.

Los resultados en relación con el aprendizaje, muestran que se obtuvieron tres clases de efectos:

- 1) Efecto nulo.- No se observa ni perturbación ni progreso en cuanto a las adquisiciones deseadas. Esto se presenta cuando el niño es demasiado joven y no hay, para él, un vínculo entre las zonas de asimila

ción relativas al factor introducido y la reacción es
perada.

- 2) Efecto positivo de aceleración.- Esto es en relación al desarrollo espontáneo. Se presenta cuando el fac
tor introducido constituye de entrada un instrumento de asimilación.
- 3) Efecto negativo momentaneo.- Fuente de conflictos que pueden ser superados rapida o lentamente. El factor introducido constituye una perturbación y necesita una acomodación compensadora entre planos heteroge
neos en un principio, de donde resulta el fracaso si la regulación es imposible todavía, o una superación del conflicto si es accesible al sujeto una construc
ción nueva.

De lo anterior se concluye:

- ° En condiciones experimentales idénticas, los mismos factores introducidos por la experiencia, no producen los mismos efectos en sujetos de niveles de desa
rrollo diferentes.
- ° Las modificaciones a las estructuras cognoscitivas que se obtuvieron consisten, cuando se producen, en acele
raciones de desarrollo o en conflictos al principio perturbadores y después formadores de nuevas adquisi
ciones, pero conforme siempre con las líneas de desa
rrollo.

Es evidente que el desarrollo no puede reducirse a experiencias de aprendizaje y que para lograr un aprendizaje es indispensable considerar el desarrollo cognoscitivo del suje
to.

Si bien, esta investigación es rica en resultados nos plantea nuevos problemas, como son:

- 1) Establecer si las adquisiciones así obtenidas son estables ó se desvanecen al cabo de cierto tiempo.
- 2) Establecer si las aceleraciones aparentes o reales e incluso las estables, no van acompañadas de desviaciones cuando no se han obtenido mediante la utilización de factores del desarrollo espontaneo.
- 3) Comprobar si las adquisiciones obtenidas independientemente del desarrollo, pueden servir de punto de partida para construcciones nuevas pero espontaneas o si el alumno recibe alguna enseñanza del profesor, ya no aprende mas sin éste.

E) LA APROXIMACION EXPERIMENTAL EN NIÑOS Y ADOLESCENTES

Como ya se expresó anteriormente, los adolescentes pueden efectuar razonamientos formales, es decir, hipotéticos-deductivos, mientras que los niños únicamente pueden razonar en el nivel concreto. Este hecho nos permite explicar, de cierta manera, las diferencias que se observan entre la aproximación experimental utilizada por un adolescente y aquélla que emplea un niño.

Los niños, ante una situación experimental, comienzan por una serie de manipulaciones que no responden a ningún conjunto de hipótesis. Si bien, pueden coordinar los resultados que provocan con sus acciones, no son capaces de tomar en cuenta todos los factores posibles y disociarlos sistemáticamente. Esto no permite que desarrollen una conducta de verificación adecuada.

Los adolescentes ante el mismo problema, comienzan por construir una serie de hipótesis, que contempla todos los factores posibles, para después probar cada hipótesis y elegir la más adecuada.

Es evidente la profunda transformación en la actitud experimental del adolescente. Sus investigaciones están orientadas a la búsqueda de una explicación y al establecimiento de leyes generales; El adolescente reflexiona antes de actuar y su acción responde a un plan. Gracias a la aparición del pensamiento combinatorio, el adolescente puede realizar una verificación sistemática mediante el descubrimiento de un método experimental, que consiste en variar un solo factor a la vez, manteniendo los otros constantes.

Esta información obtenida de los estudios sobre la es-

estructura del pensamiento, si bien nos permite tener un primer acercamiento al problema de la aproximación experimental, deja aún grandes lagunas, en muchos aspectos relacionados con esta problemática.

Se conoce suficientemente la estructura del pensamiento, los estudios realizados por el equipo de Ginebra se han centrado principalmente en este aspecto. Así, se han investigado la génesis de los principales instrumentos cognoscitivos. Sin embargo, no es sino recientemente que se ha abordado el aspecto funcional del pensamiento.

Inhelder ya ha planteado algunas preguntas al respecto: ¿Cómo el niño utiliza los instrumentos intelectuales, las nociones y operaciones mentales en presencia de situaciones experimentales, es decir, de situaciones en donde él mismo tendrá que experimentar y no sólo responder a las preguntas que le plantea un investigador? ¿Cómo actualiza sus estructuras? ¿Qué papel va a jugar cada razonamiento particular en el conjunto del proceso? ¿cuál es exactamente la naturaleza del proceso de razonamiento que liga el pensamiento del niño al del adolescente y cómo se explica su evolución?

Con el objetivo de encontrar respuestas a algunas de estas interrogantes, Inhelder realizó una investigación (39) sobre la génesis de la inducción. Intentaré hacer un breve resumen de ésta.

La autora define la inducción como la organización de una experiencia con el fin de observar las leyes que la rigen y verificar experimentalmente su generalidad. Se plantea el problema de conocer cómo el niño y el adolescente llegan a esta organización de la experiencia, que consiste en interrogar lo real. Parte de la idea de que el estudio de la psicogénesis del razonamiento inductivo, puede realizarse mediante dispositivos que susciten el libre

descubrimiento de leyes y de sus causas. Elige un problema físico determinado y lo concreta en un dispositivo que presenta al niño, con el objetivo de que éste organice sus acciones y descubra la ley física subyacente.

Para la construcción de estos dispositivos tomaron en cuenta los siguientes criterios:

.Cada tipo de experiencia, lejos de sugerir la solución del problema, debe pedir una búsqueda activa.

.Los dispositivos deben incitar a la invención, a la organización de la experiencia, a la lectura de los resultados y a su organización.

.Los dispositivos permitirán encontrar no sólo una solución, sino todos los grados de soluciones posibles: desde el logro práctico y la elaboración de leyes parciales hasta el descubrimiento de una ley general.

.Los dispositivos suscitarán toda una gama de procedimientos de verificación, desde la simple repetición del hecho a la demostración o prueba de la ley.

.Los dispositivos serán a la vez, fáciles de manejar y susceptibles de permitir descubrimientos complejos.

.Deben construirse grupos de dispositivos que permitan la generalización de los descubrimientos parciales por analogía y transferencia.

Se trabajó con más de 1600 niños y adolescentes de las escuelas públicas de Ginebra. Se les presentaron dispositivos que involucran nociones sobre algunos dominios de la física (óptica, hidrostática, mecánica) y de la química.

En el análisis del aspecto funcional Inhelder distingue cuatro dimensiones de la experimentación que presentan características diferentes, en cada uno de los niveles de desarrollo:

- 1) El móvil de la acción.- es la finalidad o el objetivo que adopta el niño o el adolescente a lo largo de sus experiencias sucesivas.
- 2) La táctica.- es el conjunto de pasos destinados a organizar la experiencia.
- 3) La lectura de los resultados.- consiste en elaborar hechos y leyes a partir de los resultados de la acción que el niño o el adolescente ejercen sobre los objetos.
- 4) La verificación.- tiene como función confrontar las previsiones con la lectura de la experiencia.

A partir de estas dimensiones distingue tres etapas de desarrollo:

- a) Etapa de las técnicas imaginativas (4 a 6-7 años).

El proceso de investigación es muy pobre, el niño siente gran placer en actuar sobre el dispositivo y ver lo que sucede, pero no aprende nada de la experiencia.

.El móvil de la acción es una actividad para ver y

obtener el placer de ser causa.

.La táctica es una especie de intervención global en lo real.

.La lectura de la experiencia consiste en reencontrar en la realidad lo que el niño puso en ella. Está dirigida por la asimilación deformativa.

.La verificación es inexistente, el niño no tiene necesidad de confrontar los diferentes resultados obtenidos, explica cada uno por sí mismo.

b) Etapa de las técnicas concretas (7 a 10-11 años)

La investigación en esta etapa es muy fecunda. El niño puede obtener leyes parciales y es capaz de confrontar sus previsiones con la experiencia y aprender de sus fracasos. Puede actuar e intervenir en la experiencia, puede realizar observaciones pero no puede dirigir la investigación.

.El móvil de la acción se orienta hacia el descubrimiento de leyes prácticas. El niño actúa para encontrar una nueva relación, para intervenir eficazmente en el mundo exterior.

.La táctica.- es una intervención discriminatoria y no global de la experiencia. El niño trata de establecer relaciones entre causa y efecto, esto lo orienta a establecer covariaciones.

.La lectura de la experiencia.- se muestra más objetiva. Los niños entre 8 y 10 años están más cerca

de los hechos; más pequeños los deforman y mayores tienden a superarlos.

.La verificación consiste en ver el grado de generalización de las leyes descubiertas. El niño intenta generalizar y reproducir el mismo fenómeno en las mismas condiciones, no se conforma con un solo hecho o una sola relación causal. Sin embargo no puede realizar una variación sistemática de los factores empleados.

c) Etapa de las técnicas científicas (11-12 a 14-15 años)

Las conductas experimentales adquieren un alto grado de perfección. El adolescente dialoga con la experiencia, reflexiona antes de intervenir, no se rinde ante la complejidad experimental. Hace un inventario de todos los factores posibles y los disocia sistemáticamente variándolos uno a uno. Sus procedimientos de demostración y de prueba se apoyan en una combinación exhaustiva de todos los datos experimentales.

.Móvil de la acción.- consiste en buscar una verdad exclusiva y no el dominio del dispositivo, éste se vuelve una ocasión para razonar.

.La táctica se vuelve sistemática, abarca el conjunto de los posibles. El adolescente es capaz de trazar un plan y hacer el inventario de los factores posibles o bien de seleccionar las situaciones cruciales y probantes. Esto le permite encontrar la solución a los problemas rápido y metódicamente.

.La lectura de la experiencia consiste en traducir los hechos en nociones abstractas. Esta lectura tiene en cuenta las fluctuaciones experimentales.

.La verificación no se limita a la lectura global de los hechos sino que procede a una disociación completa de todos los factores en juego. El adolescente descubre el método experimental de la variación sistemática de los factores.

A partir de los resultados obtenidos en su investigación, Inhelder concluye que en líneas generales los procesos psicológicos implicados en la investigación de la realidad presentan una evolución paralela a la génesis de las estructuras cognoscitivas: "El acabamiento del método inductivo es contemporáneo con la formación de las estructuras deductivas del pensamiento formal". "Entre el aspecto funcional que caracteriza al método inductivo y el aspecto estructural de las deducciones formales parece haber apoyo mutuo y solidaridad".

Para Cesar Coll (40) este reduccionismo a las estructuras operatorias es consecuencia del paradigma experimental utilizado por la autora. Considera que las conductas experimentales que se provocaron consisten en una aplicación de los esquemas operatorios

que posee el sujeto a la situación particular. De ésto resulta que el estudio de la inducción es en realidad el estudio de la deducción aplicada a la experiencia.

Por otra parte Coll señala que el grado de complejidad de las experiencias seleccionadas provoca que éstas sólo sean deducibles mediante esquemas operatorios del nivel formal. Piensa que si se utilizan experiencias que fueran accesibles a los niños del nivel concreto y preoperatorio, el cuadro presentado por Inhelder sufriría algunas modificaciones.

El mismo Coll cita otro trabajo de Inhelder (41) relacionado con el estudio de las conductas experimentales o pre-experimentales en niños que aún no han alcanzado el pensamiento formal. Considera que los resultados obtenidos en este trabajo permiten establecer algunos cambios de perspectiva.

Veamos en que consistió este trabajo, y cuáles fueron algunos de sus resultados.

Inhelder señala el objetivo de esta investigación relacionándola con el trabajo que se reseñó anteriormente: "una investigación previa mostró que el niño operacional formal era a menudo capaz de intentar comprobar hipótesis y verificar teorías por medio de una búsqueda deliberada de contraejemplos. Sin embargo, en aquellos experimentos las tareas estaban frecuentemente lejos de las capacidades del niño operacional concreto; además su método experimental fue descrita en términos de deficiencias en comparación con el niño

(41) Karmiloff e Inhelder.1981

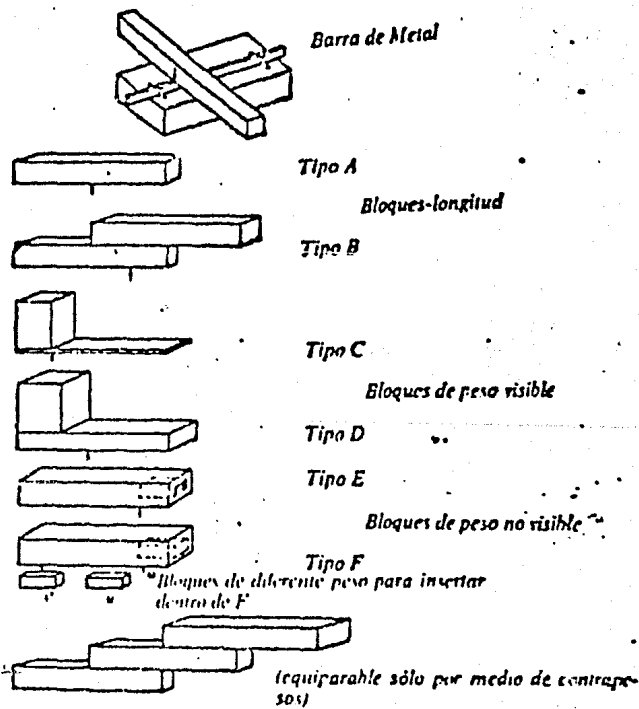
perteneciente al periodo operacional formal. La presente investigación esta dirigida a aclarar los aspectos positivos de la conducta del niño más pequeño usando situaciones más simples y observando más atentamente como emprende su tarea". (42)

Señalan las autoras que su interés se centra en la interacción de las secuencias de acción y en las ideas implícitas o modos de representación cambiantes, que subyacen a las secuencias (Teorías en acción).

El experimento que describen como ejemplo de sus trabajos actuales, si bien no es representativo de éstos, si muestra una panorámica clara de la interacción entre las secuencias de acción y las teorías en acción. Decidí presentar el resumen de esta investigación con mas detalle, porque sólo un análisis más o menos fino de las secuencias de acción, permite mostrar como los niños se aproximan al problema construyendo y modificando sus teorías en acción.

La experiencia consistió, fundamentalmente, en pedir a los sujetos que colocaran en equilibrio, de modo que no cayeran, varios bloques atravesados sobre una barra estrecha. (Ver fig.1). Se les entregaron 7 bloques con diversas variantes. El trabajo se realizó con 67 niños entre 4:6 y 9:5 años de edad, procedentes de un colegio estatal de clase media en Ginebra.

FIGUR I .



Bloques longitud (el centro de gravedad coincide con el geométrico)

TIPO A: peso equitativamente distribuido.

TIPO B: dos bloques idénticos superpuestos y pegados entre sí. El peso está equitativamente distribuido en cada bloque.

Bloques de tipo visible (distribución asimétrica del peso):

TIPO C: bloque pegado una plancha de madera delgada.

TIPO D: igual que C pero la plancha de madera es más grande

Bloques de peso no visible (distribución asimétrica del peso):

TIPO E: Cargado de modo no visible con un trozo de metal dentro de uno de los extremos

TIPO F: tiene una cavidad en un extremo, dentro de la cual se puede insertar pequeños bloques de varios pesos.

Bloque imposible (sólo se equilibra con contrapesos)

A continuación señalaré las secuencias de acción que se observaron. Acompañaré cada una de ellas con algunos de los comentarios que las autoras hacen al respecto:

lera. Secuencia (inicial) :

- ° Coloca el bloque en cualquier punto, lo suelta
- ° Intenta nuevamente con el mismo bloque, lo empuja sobre el punto de contacto, lo suelta.

Mediante esta secuencia los niños descubren que el objeto tiene propiedades independientes de su acción y cambian el objetivo de equilibrar el bloque por la submeta de descubrir las propiedades del objeto para equilibrarlo.

2da. Secuencia.

- ° Exploración detallada de cada bloque ensayando una dimensión y luego otra.
(p.e.: Coloca el bloque a lo largo, luego a lo ancho)
- ° Repiten varias veces con cada bloque.
(aunque tengan éxito en una dimensión continúan explorando las otras).

Los niños oscilan entre seguir el objetivo inicial o la submeta. Vuelven, cada vez más frecuentemente, a la dimensión en la que habían encontrado la solución, pero siguen explorando como si buscaran una solución alternativa. Esto puede interpretarse de dos maneras: 1) los niños comienzan a diferenciar entre sus propias acciones y las propiedades del bloque. ó 2) la búsqueda de soluciones alternativas se debe a "que el niño aún no ha comprendido que una ley física, que sus acciones no pueden modificar, rige la conducta del objeto".

3era. Secuencia

- ° Coloca el bloque más o menos simetricamente sobre el soporte.
- ° Rectifica en la dirección correcta guiado por la sensación de caída del bloque.
- ° Corrige atrás y adelante, cada vez con mas cuidado hasta lograr el equilibrio.

Los niños inician así su primera búsqueda real del punto de equilibrio. Relacionan la simetría espacial con el éxito.

4a. Secuencia.

- ° Coloca el bloque sobre el centro geométrico.
- ° Afloja la sujección ligeramente y observa.
- ° Corrige muy débilmente.
- ° Corrige un poco más.
- ° Vuelve al centro geométrico.
- ° Repite hasta lograr el equilibrio.
- ° Ensay a con todos los bloques.

(Cuanto más tenía el niño que alejar el bloque del centro geométrico, ésto es función del tipo de bloque, más a menudo volvía a él antes de realizar los ajustes posteriores).

Al analizar esta secuencia se observa el germen de una teoría en acción, la de la simetría espacial, preludio de la "teoría del centro geométrico" que se desarrollará más tarde.

5a Secuencia. (se alterna con la anterior).

- ° Coloca el bloque sobre su centro geométrico.
- ° Coloca en el punto correspondiente a un éxito anterior.
- ° Regresa al centro geométrico
- ° Continúa con la secuencia anterior.

Se evidencia el intento de usar toda la información adquirida en las acciones anteriores y la introducción progresiva de un acercamiento coherente, igual para todos los bloques.

6a. Secuencia.

- ° Coloca en el centro geométrico
- ° Corrige levemente alrededor del centro
- ° Abandona todo intento declarando el objeto como imposible de equilibrar (a pesar de haber tenido éxito anteriormente con ese bloque).

Los sujetos que habían tenido éxito debido a que se habían concentrado en el objetivo, tenían serias dificultades para repetir la acción acertada, ahora que se concentraban en los medios.

El niño dirigía su atención sobre el centro geométrico e ignoraba la información propioceptiva que le había sido tan útil anteriormente.

Un hecho sorprendente es que al pedir a estos sujetos que equilibraran los bloques de peso no visible con los ojos cerrados, el éxito fue inmediato, pero si lo intentaban nuevamente con los ojos abiertos, sin titubear colocaban el bloque sobre su centro geométrico sin entender su éxito a ciegas.

Esta secuencia de acción muestra la existencia de una teoría en acción implícita en la conducta del niño: el centro de gravedad coincide necesariamente con el centro geométrico.

7a. Secuencia. (Esta secuencia la realizan los sujetos con bloques de peso visible).

- ° Hace una pausa antes de cada bloque.
- ° Calcula la distribución del peso en cada bloque sope sándolo.
- ° Deduce el punto probable de equilibrio
- ° Coloca el objeto muy próximo a este punto sin hacer ningún intento de equilibrarlo en el centro geométrico.

El sujeto comienza a considerar el peso y no solo la longitud. El niño realiza esta secuencia con bloques de peso visible mientras que con los bloques de peso no visible continúa intentando equilibrarlos colocándolos sobre su centro geométrico. Esto indica que la teoría del centro geométrico no ha sido abandonada cuando una nueva teoría, independiente

mente de ella se desarrolla, con el fin de explicar las excepciones evidentes.

8a. Secuencia (Esta secuencia la realizan los sujetos con bloques de peso no - visible).

- ° Coloca en el centro geométrico
- ° Corrige levemente
- ° Suelta ligeramete
- ° Reajusta con cuidado:
- ° Larga pausa, mira el bloque de peso visible
- ° Pausa
- ° Coloca nuevamente sobre el centro geométrico
- ° Menea la cabeza
- ° Mira nuevamente el bloque de peso visible
- ° Corrige apresurada y continuamente en la dirección correcta hasta conseguir el equilibrio.
- ° Repite con éxito.

Los niños poco a poco empiezan a hacer correcciones con los bloques de peso no-visible y a cuestionar la generalidad de su teoría del centro geométrico. Esto no quiere decir que lleguen a comprender la relación inversa del peso y la distancia sino, simplemente, entienden de manera implícita la importancia de ambos.

Las autoras consideran que son tres los factores que interactúan entre sí, los que permiten explicar de que modo llega el niño a modificar su teoría del centro geométrico. Estos factores son:

- 1) La regularidad siempre en aumento de los contraejemplos. El niño necesita construir primero una teoría para los patrones regulares que ha observado. Una vez que esta teoría está consolidada y generalizada,

el sujeto puede reconocer algún principio unificador para los contraejemplos, que antes rechazó como meras excepciones.

- 2) Los cambios que se producen en la competencia conceptual general del niño.- El niño alrededor de los 7 años construye la noción de conservación de peso y es entonces cuando está en condiciones de reconocer su papel en otras situaciones, y admitir así la regularidad de los contraejemplos.
- 3) La integración de la información propioceptiva inicial dentro de una teoría -en- acción.- Cuando los niños empiezan a considerar el peso como relevante realizan muchas correcciones lejos del centro de gravedad. Esto pone de manifiesto que la corrección no proviene directamente de la información propioceptiva sino de una necesidad conceptualizada de un cambio de posición.

Algunos comentarios y conclusiones que las autoras obtienen de su trabajo son:

- ° Los niños construyen y generalizan teorías (teorías en acción) y progresivamente van reconociendo contraejemplos. "La afirmación de que en el nivel concreto el niño no formula ninguna hipótesis, debe ser reconsiderada a la luz de la fuerte tendencia existente entre nuestros niños a actuar bajo la dirección de una poderosa teoría en acción, que implica algo más que la mera observación de la realidad empírica inmediata".(43).

(43) Inhelder, B. y Karmiloff-Smith. 19 81

- ° La construcción y sobregeneralización de "teorías en acción" son procesos generales y dinámicos que no es tan vinculados a ningún estadio. Esto es indicativo de una constante funcional que está en juego en los progresos del conocimiento.
- ° Los contraejemplos no provocan por sí solos cambios en la conducta del niño. Las respuestas negativas, si bien son una condición necesaria para el progreso no son suficientes, es necesario que contradigan a una teoría en acción ya consolidada.
- ° "A medida que el niño empieza a construir, de modo progresivo, una teoría para interpretar la regularidad de las respuestas positivas a una teoría. Las respuestas negativas siguen siendo respuestas a una acción hasta que la teoría del niño se consolida, tras la cual se convierten poco a poco en respuestas negativas a una teoría, una vez que el niño se hace conciente de su regularidad" (44)
- ° El niño no puede reflexionar sobre las situaciones hipotéticas que pueden confirmar o refutar sus teorías. Por eso éstas permanecen implícitas y no significan que el niño pueda conceptualizar lo que está haciendo y por qué.
- ° La tendencia a explicar los fenómenos por medio de una teoría única, lo más general y lo más simple posible, parece ser una característica natural del proceso creativo, tanto en el niño como en el científico. La cons-

trucción de teorías falsas o la sobregeneralización de teorías limitadas son en realidad procesos productivos" (45). La aplicación generalizada de una teoría conduce a descubrimientos que sirven para crear nuevas y mas amplias teorías.

Los resultados y conclusiones que obtienen Inhelder y Karmiloff abren una perspectiva de investigación diferente, que permite profundizar en el conocimiento del aspecto funcional del pensamiento y en particular en el conocimiento de las estrategias cognoscitivas y de los procesos implicados en la resolución de problemas.

Desde mi punto de vista los trabajos reseñados anteriormente, son los más significativos de las investigaciones, con orientación piagetiana, realizadas sobre los problemas relacionados con las actitudes experimentales. Estos estudios dan los primeros pasos señalando el largo camino que aún queda por recorrer.

(45) Ibid pag.84

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a) Algunos aspectos relacionados con la enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación primaria

La enseñanza de las Ciencias Naturales antes de la década de los sesenta se basaba en la memorización de hechos científicos, de definiciones conceptuales, de clasificaciones taxonómicas, de fórmulas, etc. A partir de 1960 se inicia un movimiento internacional tendiente a reformar la enseñanza científica en todos los niveles de escolaridad. Este movimiento respondía, entre otras cosas, a la preocupación de los gobiernos de países de occidente, principalmente de Estados Unidos, por formar recursos humanos que promovieran el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pues, con el lanzamiento del primer satélite artificial Sputnik I, se hacía evidente el adelanto que en estos terrenos había logrado la U.R.S.S.

Es así como por primera vez, se llama a científicos, educadores y psicólogos para que discutan los problemas relativos a la enseñanza científica y se les brinda un gran apoyo financiero.

Este movimiento se difundió en todo el mundo a través de organizaciones internacionales como la UNESCO y la UNICEF y regionales como la Fundación Ford y la Fundación Rockefeller. Se caracterizó por intentar modificar la enseñanza de las ciencias mediante la aplicación de nuevos planes, programas, libros de textos y otros materiales didácticos. Desde entonces surgieron, en varios países, grupos que se dedicaron a elaborar dichos materiales. Aparecieron

así, gran cantidad de ellos (46) con muy diferentes enfoques (p.e "aprender ciencia haciendo ciencia" "ciencia y sociedad" "ciencia integrada) y apoyados explícita o implícitamente en diversas corrientes psicológicas y epistemológicas. Como ejemplo mencionaré algunos programas que en mayor o menor medida y comprensión, retoman los aportes de la psicología genética y que han tenido mayor difusión internacional, éstos son:

á) Elaborados en los Estados Unidos.

-Elementary Science Study (ESS), desarrollado por el "Educational Development Center" de la Universidad de Massachussets. El objetivo de este programa consiste en despertar y mantener en los alumnos un interés por las ciencias. No da indicaciones para una pre-estructuración de la clase y concede una gran importancia a las situaciones que promueven que los niños exploren objetos concretos y puedan ser guiados por los maestros, pero sin que ésto inhiba su curiosidad y su interés por continuar en la línea de investigación que ellos mismos han trazado.

-Science Curriculum Improvement Study (SCIS) desarrollado por la Universidad de California, Berkeley bajo la dirección de Robert Kapplus. Su objetivo es promover una "alfabetización" científica de los niños desde la escuela primaria. Entendiendo por "alfabetización" la comprensión funcional de algunos conceptos fundamentales de las ciencias y el empleo de procedimientos racionales útiles para la toma de decisiones, sobre la importancia y perti-

(46) Por ejemplo, para 1972, el "informe Maryland" reportaba 96 proyectos de enseñanza de ciencia integrada, para 1978 se evaluaron 130 proyectos sólo como una muestra representativa de los proyectos de ciencia integrada en el mundo. (Información obtenida en: Vera Rosa, 1985).

nencia de las informaciones obtenidas.

Este programa establece una correspondencia entre los grados escolares y los estadios de desarrollo cognitivo de la psicología genética. Intenta operacionalizar algunos de los planteamientos de esta teoría en términos de una estrategia metodológica a seguir por los maestros. Utiliza también aspectos de la teoría del aprendizaje por descubrimiento de Bruner y Hunt.

b) Elaborados en Gran Bretaña.

- "Junior Science". Desarrollado por la Fundación Nuffield. Su objetivo es introducir al niño en el trabajo científico; familiarizarlo en el establecimiento de interrelaciones entre los fenómenos y sobre todo que encuentre un vínculo entre la teoría y la práctica. Pone énfasis en que sean los niños quienes realicen las investigaciones, para formar en ellos un espíritu de investigación y el hábito de aproximarse científicamente a los problemas.

- "Science 5 to 13". Desarrollado por la Fundación Nuffield. Su objetivo es el mismo que el del "Junior Science". Establece una correspondencia entre los niveles de desarrollo cognitivo y las actividades que realizará el niño. Pone énfasis en el sujeto que aprende y en las operaciones mentales que es capaz de efectuar.

- "Combined Science". Desarrollado por la Fundación Nuffield. Su objetivo es el mismo que los dos anteriores pero además pretende ser una introducción a los programas de Física, Química y Biología de los niveles superiores y una iniciación al trabajo de investigador. Esta dirigida a niños de 11 a 13 años.

c) Elaborados en Africa:

-"The African Primary Science Program". Inspirado en el "Elementary Science Study", pone un énfasis especial en la experiencia directa de los niños con su mundo circundante. Relaciona la ciencia con problemas ambientales y pretende que los alumnos tomen conciencia de la responsabilidad social del hombre.

Los programas antes citados han sido aplicados en una amplia escala nacional e internacional. Para esto cuentan con un buen número de maestros especialmente entrenados en sus procedimientos y en su filosofía. Sus materiales han sido comercializados a gran escala.

Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos realizados los resultados, después de más de un cuarto de siglo de haberse iniciado esta reforma, dejan mucho que desear. Los cambios reales en el salón de clases han sido mínimos y la formación científica que adquieren los alumnos sigue siendo muy deficiente.

Considero que una de las causas principales de este fracaso, es el desconocimiento (por parte de las personas responsables de elaborar y aplicar estas reformas) de la realidad concreta que se pretende modificar. Independientemente de los problemas que en sí mismos tengan los planes y programas, la mayoría de ellos no responden a las necesidades de la realidad escolar existente. Se pretende transformar la enseñanza de las ciencias desde arriba, sólo a través de renovaciones curriculares, sin tomar en cuenta que la realidad educativa es muy compleja, que intervienen en ella múltitud de factores que deben considerarse cuando se pretende modificarla. Para conocerla es necesario investigarla, los

trabajos de investigación sobre la enseñanza científica se encuentran, aún hoy, "en pañales".

En nuestro país este movimiento de renovación se expresa, en el nivel de educación primaria, mediante la elaboración de nuevos planes, programas y libros de texto de Ciencias Naturales, que se aplicaron a nivel nacional a partir de 1972. Una nueva reforma educativa se introduce en 1980, bajo una perspectiva de enseñanza integrada se modifican los programas y los libros de texto de los dos primeros grados de escolaridad primaria y se reelabora el correspondiente al tercer grado.

Los resultados no son muy diferentes a los obtenidos en otras partes del mundo, las razones que se pueden invocar para explicar el fracaso de una reforma educativa pueden ser múltiples, me referiré sólo a aquella relacionada con la adquisición de conocimientos y que considero influyó de manera importante en este proceso: la concepción empirista de la ciencia y del aprendizaje que subyace en los programas y libros de texto de la reforma.

Analícemos más de cerca estos documentos. En la introducción del auxiliar didáctico para el profesor se dice:

"Este libro está estructurado más de acuerdo con el proceder de la ciencia que con la información científica, la cual se adquiere de todas maneras, como un producto secundario durante el aprendizaje que llevará al niño al dominio del método". (47)

"En Ciencias Naturales es necesario formar en el niño una actitud crítica que lo lleve a buscar explicaciones de los fenómenos que observa, y a tratar de comprobarlas experimentalmente siempre que sea posible.

En su libro el aprendizaje se lleva principalmente a base de actividades pero es básico que el niño no solamente las haga porque su maestro o su libro se lo piden, sino que se plantee de antemano qué es lo que va a buscar al realizarlas". (48)

Me parece necesario citar un ejemplo de las actividades que deben realizar los alumnos y el conocimiento que se pide obtengan de ellas.

"INVESTIGACION 4:" (49)

"Necesitas un globo, una botella, un recipiente con agua fría y otro con agua caliente. Con la ayuda de tus compañeros de equipo, pon el globo en la boca de la botella". Aparecen a continuación dos fotografías de unos envases de refrescos dentro de un recipiente y con un globo en la boca de la botella. En la primera fotografía el globo cuelga de la botella desinflado mientras que en la segunda el globo aparece derecho y un poco inflado. A continuación se pregunta:

"¿Qué hay dentro de la botella?"

"¿Cómo se ve el globo si pones la botella en agua fría?"

"¿Qué le pasa si pones la botella en agua hirviendo?"

"¿Qué le pasa al aire cuando lo calientas?"

(48) S.E.P. Ciencias Naturales. Libro del maestro 1975 pág. 7.

(49) S.E.P., Ciencias Naturales. Cuarto grado 1975 pág. 32.

Como se puede observar, se pretende que los alumnos adquieran los conocimientos científicos mediante la realización de "investigaciones" puntuales donde se les presentan situaciones de prueba, a partir de las cuales los niños deben elaborar toda una explicación teórica. Esta posición se sustenta en una concepción empirista de la ciencia pues supone que basta con observar los hechos ya que la teoría puede inducirse de ellos. Así, en el ejemplo citado los niños después de observar como el globo se infla cuando colocan la botella en agua caliente, deben inducir que el calor dilata el aire que está dentro de la botella y que éste al expandirse infla el globo. Esto evidentemente no sucede. En una investigación realizada en una escuela primaria (50) se encontró que las explicaciones que los niños daban al fenómeno después de haber realizado la actividad descrita, no tenían ninguna relación con los conceptos que se pretende enseñarles. Así, Oscar de 10 años de edad y Angeles de 9 años expresan:

Maestro: "¿Por qué se infló el globo?"

Oscar: "Por el agua caliente, por el vapor que lo va inflando"

Maestro: "¿Qué vapor?"

Oscar: "El del agua caliente"

Maestro: "¿El vapor del agua caliente que está fuera de la botella?"

Oscar: "Si"

Angeles: "Se calentaba la botella, soltaba como vapor, sudaba, y se inflaba el globo"

Maestro: "¿La botella soltaba vapor?"

Angeles: "Si"

(50) León, A. I. y Solé María 1982.

Como vemos los niños no infieren de los hechos observados la explicación científica que se esperaba. Ellos elaboran sus propias "hipótesis" que dependen de las representaciones o explicaciones, que ya poseen, de los aspectos implicados en el fenómeno. No es posible, que mediante una sola experiencia el niño construya un concepto o comprenda un fenómeno; es necesario todo un proceso de construcción que por otra parte, no lo llevará necesariamente al conocimiento que el programa pone como objetivo. En el ejemplo citado se presentan varios obstáculos para que los niños puedan comprender el fenómeno de dilatación: a) la no existencia de aire en un recipiente "vacío"; b) la indeterminación de la materialidad o no de los gases y c) la imposibilidad de comprender la compresión y descompresión de éstos. Esta posición empirista ha sido criticada desde la perspectiva de la psicología genética. Los estudios psicogenéticos ha demostrado que no existen observables puros, que "un hecho" no es una copia de la realidad, sino que rebasa el dato perceptible e implica una conceptualización y por lo tanto una interpretación. El sujeto sólo puede observar lo que sus estructuras cognoscitivas le permiten asimilar.

Por otra parte, los conocimientos se presentan fuera de contexto, se olvida en qué condiciones se crearon, qué preguntas intentaban responder y qué concepciones prevalecían en esos momentos. Se niega de cierta manera el proceso histórico de construcción del conocimiento científico.

Como dice Giordan: "Desarrollamos nuestras ideas de una manera que nos parece lógica apoyándonos sobre razones que nos parecen evidentes, pero olvidamos que es el fruto de un largo proceso, de una red de abstracciones, que sólo son comprensibles en el marco de una teoría dada que los alumnos

desconocen" (51) (¿Qué sentido tienen las experiencias de Lavoisier si no hablamos de la teoría del flogisto?).

En cuanto a la concepción del aprendizaje que subyace a los planteamientos de esta reforma es evidente su tradición empirista. Se considera al alumno como una tábula rasa en la que se puede imprimir cualquier conocimiento en cualquier momento. Desde esta perspectiva, para que el alumno adquiera los conocimientos científicos sólo es necesario que el maestro despierte su interés y le proporcione la posibilidad de realizar observaciones e "investigaciones" que muestren el concepto que se le quiere transmitir. Ya hemos visto en el marco teórico, como la psicología genética demuestra que los niños tienen su propia concepción del mundo, por lo tanto, poseen una serie de experiencias y representaciones sobre los fenómenos que se pretende enseñarles. Estas concepciones, muchas veces erróneas, son el marco conceptual en base al cual el niño interpretará el fenómeno que se le presenta. Para modificarlas requiere de todo un proceso de construcción cognoscitiva, que evidentemente no se produce por la simple realización de una "investigación" puntual, que por otra parte, es totalmente dirigida por el maestro y el libro de texto.

Esta concepción empirista del aprendizaje, también se refleja en la selección de los contenidos que integran el programa y en su distribución, tanto dentro de un mismo grado como en los diferentes grados escolares.

Para la selección de los contenidos se siguieron básicamente dos criterios: a) la importancia del contenido para las Ciencias Naturales en general o para la disciplina de

(51) Giordan A. 1981 pág. 23.

que se trate en particular (Física, Química, Biología) y b) La importancia del contenido desde el punto de vista social. Para su distribución se partió del supuesto de que la organización del conocimiento va "de lo inmediato a lo mediato, de lo cercano a lo lejano, de lo simple a lo complejo, de lo particular a lo general y de lo concreto a lo abstracto". (52)

De esta manera se ignoró que el niño es un sujeto activo en la construcción del conocimiento, que tanto afectiva como cognoscitivamente, tiene intereses diferentes a los de un adulto y que éstos están relacionados con sus niveles de razonamiento y construcción nocional, así como con sus experiencias personales. Tampoco se consideró que dependiendo del nivel de desarrollo cognoscitivo en el que se encuentre, el alumno podrá o no comprender ciertas temáticas y conceptos o aplicar ciertos procedimientos de aproximación experimental. De aquí resulta que los contenidos y métodos que se pretende enseñar, están totalmente divorciados de la realidad del niño, de sus posibilidades cognoscitivas y de sus necesidades reales.

Esta concepción empirista de la ciencia y del aprendizaje tiene consecuencias dentro del salón de clases. El maestro obligado institucionalmente a enseñar los contenidos y los

(52) SEP Ciencias Naturales. Auxiliar Didáctico para el Tercer Grado. 1972, pág. 10

métodos que se señalan en el programa, se encuentra ante una gran contradicción. Por una parte en el programa se le pide "formar en el niño una actitud crítica que lo lleve a buscar explicaciones de los fenómenos que observa y a tratar de comprobarlas experimentalmente siempre que sea posible" (53), y por otra, se le marcan los conceptos científicos que el niño debe adquirir a través de la realización de cada una de las actividades que se proponen.

Cuando el maestro intenta seguir las indicaciones del programa inevitablemente se enfrenta al siguiente dilema: si permite que los niños expresen sus concepciones e inquietudes sobre los fenómenos que están estudiando, se ve obligado a abandonar la línea que marca el programa para seguir el razonamiento de los niños, aceptando que los alumnos no aprenderán el concepto marcado en éste. Por el contrario, si sigue la línea marcada por el programa, la realidad le muestra que los niños no adquieren los conocimientos a pesar de haber realizado las actividades propuestas. El maestro tiene entonces que dar la información y pedir a los alumnos que la memoricen. Así, un alumno que es capaz de retener la información y contestar las preguntas que se le planteen con un término correcto, se considera que ha adquirido el conocimiento. De esta manera, el maestro no cumple con la solicitud del programa de permitir que los niños encuentren la explicación a los fenómenos que observan, él se los ha dado (independientemente de que la comprendan o no).

Lo anterior puede resultar demasiado esquemático, sin embargo, nos da una idea de los problemas que enfrenta el maes-

(53) SEP Ciencias Naturales, Libro del Maestro, 1975 pg.

tro al intentar aplicar estos programas.

Una investigación diagnóstica(54) realizada en 5 escuelas del Distrito Federal proporciona algunos datos que muestran que la mayoría de los maestros casi no han integrado los lineamientos de los programas, a su práctica cotidiana.

Durante las observaciones de clases de Ciencias Naturales se constató que los maestros dedican poco tiempo a la enseñanza de esta área. Cuando la trabajan rara vez realizan las actividades propuestas, muchas de ellas sólo son leídas o copiadas.

En las clases donde estas actividades se realizaron muchas veces fue el maestro quien las efectuó con ayuda de uno o varios alumnos, el resto del grupo solo observaba. En los pocos casos que los niños tuvieron oportunidad de realizar dichas "investigaciones", su actividad se limitó a algunas manipulaciones y observaciones puntuales. El objetivo era responder a las preguntas planteadas en el libro o por el maestro siguiendo las consignas que se les indicaban. Una vez efectuadas las "investigaciones" y contestadas las preguntas se pasaba a definir o nombrar los conceptos que se supone deberían comprender los alumnos. Durante el desarrollo de la clase el maestro pedía a sus alumnos que repitieran los términos y conceptos dados, que completaran definiciones o que respondieran con el término adecuado las preguntas que se les planteaban.

54) Este diagnóstico fue realizado por investigadores del Departamento de Investigaciones Educativas. Hasta la fecha no se ha terminado de sistematizar los datos obtenidos y solo se han elaborado informes parciales.

Esta información nos deja ver que, a casi 15 años de haber iniciado la renovación a la enseñanza de las Ciencias en la escuela primaria, los resultados logrados dentro del salón de clases son mínimos. Las razones de este fracaso son en su mayoría, desconocidas. Aquí solo hemos analizado un aspecto importante, pero parcial de esta problemática.

Sin embargo, de algo si estoy convencida, las modificaciones ordenadas desde arriba, que no surgen de un conocimiento profundo de la realidad que se pretende transformar, fracasarán siempre. Considero que para lograr un cambio verdadero en la enseñanza científica, es necesario la participación activa y comprometida de maestros, alumnos, autoridades educativas y grupos de investigación interdisciplinarios que, al unir sus esfuerzos conozcan y transformen la realidad educativa existente.

B. Delimitación del problema.

Dentro del movimiento de renovación a la enseñanza de las ciencias, descrito en el apartado anterior, la teoría piagetiana adquirió gran importancia a los ojos de las personas que estaban involucradas en dicho proceso. Por una parte presentaba una respuesta fundamentada a la construcción del conocimiento científico y por otra describía la evolución de las capacidades operatorias del sujeto desde el nacimiento hasta la adolescencia. Es así como surge la idea de utilizar el análisis de la génesis de las nociones básicas del pensamiento (espacio, tiempo, movimiento, velocidad, lógica de clases y de relaciones, etc) y la descripción del pensamiento preoperatorio, concreto y formal, en el campo educativo.

Durante la década de los sesenta se emprende una búsqueda masiva de aplicaciones pedagógicas, muchas de ellas con ésta orientación, en varias regiones del mundo. Estas abarcan varios aspectos relacionados con el proceso de enseñanza aprendizaje, desde la elaboración de currículos hasta los métodos de enseñanza. Como ya se señaló anteriormente, los resultados obtenidos con esta reforma educativa fueron mínimos en comparación con los esfuerzos realizados. Este fracaso desencadenó a partir de los años setenta un proceso de reflexión sobre, entre otras cosas, la aplicación de la teoría genética al campo de los aprendizajes escolares. César Coll en un análisis de las relaciones entre psicología y educación(55) nos presenta una clasificación de las aplicaciones señalando sus logros y limitaciones. A continuación presentaré un breve resumen:

Coll distingue seis categorías de aplicaciones que a su juicio son las más importantes y difundidas, aunque no cubren toda la variedad que existe:

(1) La teoría genética y el establecimiento de los objetivos educativos.

La idea central de este tipo de aplicaciones es la de proponer el desarrollo como objetivo fundamental del aprendizaje escolar (ver concepto de desarrollo en el marco teórico). Considerando que "en cualquier momento de la vida de una persona sus estructuras determinan la amplitud y la naturaleza de los intercambios con el medio, y dado que dichas estructuras se construyen de manera progresiva y ordenada", se propone como objetivo general "que la educación, al menos en los

(55) Cesar Coll, 19 83

niveles iniciales, debe proponerse como meta potenciar y favorecer el desarrollo de las estructuras"(56). De esta manera, los objetivos particulares dependerán del nivel de enseñanza y del aspecto del desarrollo (intelectual, social o moral) al que se dé mayor importancia. Por ejemplo, para la educación primaria el objetivo sería que los alumnos alcanzaran el nivel del pensamiento formal.

Esta perspectiva permite evidenciar la vinculación de los procesos escolares y los procesos de desarrollo, sin embargo, ha sido criticada por no tener en cuenta la naturaleza social del fenómeno educativo. La escuela tiene como función transmitir los conocimientos y los valores que la sociedad considera importantes. La selección de éstos debe discutirse críticamente, pero no deben confundirse los fines de la educación con una réplica del desarrollo, pues se corre el riesgo de identificar el proceso de desarrollo con el de enseñanza-aprendizaje y los métodos de enseñanza con las técnicas de estimulación evolutiva.

Coll considera que la forma correcta de plantear la relación entre los aprendizajes escolares y el desarrollo operatorio es: "¿Cómo llevar a cabo el aprendizaje de unos contenidos específicos cuya elección es en definitiva el resultado de una decisión de orden social, de tal manera que no interfiera negativamente con el proceso de desarrollo operatorio del alumno y que, de ser posible, repercuta favorablemente sobre el mismo?"

(56) Ibid. pág. 26

2) Las pruebas operatorias y la evaluación de las posibilidades intelectuales de los alumnos.

Este tipo de aplicaciones se sustenta en el planteamiento de la teoría genética que sostiene: "la adquisición de un conocimiento implica su asimilación a los esquemas interpretativos previos del sujeto y una eventual modificación de éstos según el grado de novedad de lo aprendido. El conjunto de esquemas de asimilación que posee una persona en un momento determinado de su vida define su competencia intelectual(55)".

De esta manera al tomar en cuenta la capacidad operatoria de los alumnos como un factor importante que influye en el proceso de enseñanza-aprendizaje, surge la necesidad de evaluarla. La información que se obtenga de dicha evaluación "permitiría anticipar qué alumnos van a "seguir" sin dificultad y cuáles no podrán "seguir"; proporcionará informaciones útiles para constituir grupos homogéneos y adecuar los contenidos; ayudará a evaluar la influencia de los aprendizajes escolares sobre el desarrollo operatorio y a analizar el fracaso escolar(57)".

Sin embargo, el uso de las pruebas operatorias como instrumento de diagnóstico psicopedagógico tiene serias dificultades: a) No es posible realizar una estandarización de las pruebas y una tipificación estadística de las conductas pues la edad promedio de aparición de éstas es sólo indicativa y puede variar significativamente (en algunos casos hasta 3 ó 4 años) de una cultura a otra, de un medio social a otro e inclusive de un sujeto a otro; b) La aplicación es individual y requiere de un dominio del método clínico de interrogatorio; c) Se requiere de un conocimiento profundo de la teoría gené-

(57) Ibid. pág. 28

tica para poder interpretar correctamente las conductas del sujeto; d) Debido a los desfases horizontales dos pruebas que teóricamente tienen el mismo grado de dificultad pueden dar lugar a conductas diferentes; e) En la mayoría de los casos, no es fácil precisar la relación entre los conocimientos escolares y las nociones exploradas por la prueba.

De lo expresado resulta que no es factible una aplicación masiva de pruebas operatorias para realizar diagnósticos pedagógicos. Esto no significa que en manos de especialistas no constituyan un instrumento de exploración insustituible.

3) Las nociones operatorias como contenidos del aprendizaje escolar.

Este tipo de aplicaciones se basa en la idea de que lo importante es favorecer en el alumno el progreso operatorio mediante la enseñanza de las nociones básicas del pensamiento. De esta manera los contenidos específicos pasan a un segundo plano y las actividades de aprendizaje se articulan en torno a nociones como: clasificación, seriación, conservación, etc.

La impugnación más importante a estas aplicaciones es la reducción que hacen del aprendizaje escolar al aprendizaje operatorio. Si bien la capacidad operatoria es un requisito para el aprendizaje de determinados contenidos, en ningún caso deben confundirse estos dos aprendizajes.

Eleonor Duckworth lo plantea claramente:

"El problema está en las suposiciones erróneas sobre lo que debe ser el 'quid' de la educación según las cuales todo

conocimiento o toda preparación intelectual consta únicamente de estructuras lógicas y marcos conceptuales. Al contrario de esto, la obra de Piaget sugiere que ésta es la única área de preparación intelectual por la que los educadores no deben preocuparse; dejándoles a su propio ritmo y dándoles oportunidad, los niños desarrollarán los sistemas básicos de referencia con la misma facilidad con la que andan"(58)

Es importante señalar que de las aplicaciones de la teoría genética a la educación ésta es la que menos partidarios tiene actualmente.

4) La teoría genética y la selección y ordenación de los contenidos del aprendizaje escolar.

Estas aplicaciones consisten en analizar los contenidos escolares para determinar su complejidad estructural y precisar las capacidades operatorias necesarias para poder asimilarlas. Así, se pueden seleccionar los contenidos de los programas y ordenarlos de acuerdo con las competencias operatorias relacionadas con ellos.

Estas aplicaciones, son las que han tenido mejores resultados. Actualmente en los programas escolares de muchos países, los contenidos propuestos y sus secuencias han ido adaptándose a las posibilidades cognitivas reales de los alumnos.

Sin embargo, se presentan algunas dificultades: por una

(58) Citada en: Coll Cesar. 1983 pág. 31

parte, los contenidos escolares no pueden analizarse únicamente en términos de los componentes operatorios necesarios para su adquisición, su inclusión o no en un lugar determinado del programa depende también de otros factores por ejemplo los contenidos previos que se necesitan para abordarlos. Por otra parte, las edades medias de los niveles de desarrollo cognitivo son sólo indicativas, las secuencias de contenidos elaborados en base a ellas puede originar desajustes cuando se aplica a alumnos particulares.

Estas dificultades nos dirigen a buscar la solución en la flexibilidad de los programas y en la búsqueda de formas de individualizar la enseñanza. Los resultados positivos de estas aplicaciones no resuelven el problema didáctico, si bien su contribución es importante, aún subsiste el problema de cómo asegurar la adquisición de los contenidos una vez alcanzado el mejor ajuste posible.

5) La teoría genética y la elaboración de una psicopedagogía de los contenidos específicos del aprendizaje escolar.

Estas aplicaciones, retoman las críticas que se habían hecho a las anteriores y sostiene la originalidad del proceso de enseñanza-aprendizaje con respecto al del desarrollo. Por lo tanto, rechazan la transposición pura y simple del campo operatorio al de los objetivos y contenidos escolares. Si bien, las formas del pensamiento tienen un carácter general y universal y juegan un papel decisivo en cualquier actividad intelectual del sujeto (incluido el aprendizaje), los contenidos escolares tienen un alto grado de especificidad y por lo tanto la forma en que los alumnos los construyen aún nos es desconocida.

Estas aplicaciones se han abocado a investigar cuál es el camino que los alumnos siguen en la adquisición de estos conocimientos específicos. De esta manera, los contenidos escolares son objetos de conocimiento y poseen identidad y características propias. Con base en la interpretación de los procesos cognitivos que ofrece la teoría genética, se analiza su proceso de elaboración y los procedimientos que los alumnos utilizan para ello. Esta perspectiva implica una gran tarea de investigación pues los contenidos escolares son muy numerosos y variados. Actualmente ya se han realizado varios trabajos en esta dirección, sus aportaciones nos permitirán conocer cómo se construyen estos conocimientos, ahí radica su valor, sin embargo queda por averiguar cómo se puede ayudar a construirlos.

6) La teoría genética como fuente de inspiración de métodos de enseñanza.

Estas aplicaciones parten de la concepción constructivista del conocimiento que plantea la teoría genética y pretenden elaborar propuestas relativas a la metodología de la enseñanza.

Este constructivismo se refiere tanto al sujeto que conoce como al objeto de conocimiento, ambos son resultado de un proceso de construcción. Estas propuestas se fundamentan teóricamente en la explicación genética del funcionamiento y progreso intelectual (proceso endógeno de equilibración).

Mirar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde esta perspectiva implica entenderlo como un proceso activo de elaboración y no como una recepción pasiva de conocimientos y aceptar

que durante éste se pueden dar asimilaciones defectuosas de los contenidos y que éstas son necesarias para que el proceso continúe con éxito. Implica también tener como eje fundamental la actividad del alumno.

Esta es una "actividad autodirigida, autestructurante; poco importa en último término que consista en manipulaciones observables o en operaciones mentales que escapan al observador; poco importa también que responda total o parcialmente a la iniciativa del alumno o que tenga su origen en la incitación y las propuestas del enseñante. Lo esencial es que se tratá de una actividad cuya organización y planificación corren a cargo del alumno(59)".

Estas aplicaciones, aunque teóricamente fundamentadas, han encontrado serias dificultades en su instrumentación práctica. Las razones de ésto Kuhn las atribuye a "la cuestión que sigue sin resolverse, tanto en la teoría educativa como en la evolutiva, (que) es la naturaleza del proceso mediante el cual los esquemas cognitivos de un individuo establecen contacto o interacción con las estructuras existentes en el entorno externo(60)".

Ciertamente el modelo de equilibración de las estructuras cognoscitivas está planteado en términos generales y hace poca referencia a situaciones concretas. Además en relación al aspecto funcional del pensamiento, si bien las investigaciones realizadas han aportado elementos importantes, aún hay muchas interrogantes que resolver para poder realizar una instrumen-

(59) Ibid. pág. 35

(60) Citado en: Coll Cesar. 1983 pág. 35

tación pedagógica del principio de actividad autoestructurante.

Ahora bien, esta perspectiva resulta interesante porque centra la atención en el proceso mismo de enseñanza-aprendizaje, sin embargo, el criterio de actividad estructurante del sujeto no es suficiente para elaborar propuestas concretas de situaciones didácticas. Coll cita algunas razones:

- La forma de favorecer una actividad en el alumno depende del contenido específico de que se trate. Hay indicios suficientes para afirmar que no existe un sólo camino y que los caminos que son efectivos en determinadas condiciones no lo son en otras.
- En cualquier actividad de aprendizaje existe una interacción entre el alumno y el maestro, por lo que es necesario realizar un análisis de las acciones recíprocas e interconectadas de éstos, que son las que confieren características específicas a cada situación de aprendizaje. Dicho análisis no se puede realizar únicamente a partir del postulado constructivista.

A su vez, E. Duckworth quien ha trabajado sobre la creación de situaciones de aprendizaje que fomenten la actividad libre y espontánea del alumno, como camino para que éste dirija su propio aprendizaje, nos presenta las siguientes interrogantes:

"¿Qué características debe tener una situación pedagógica para ser estimulante?, ¿debe ser pautada o poco pautada?, ¿cuáles son los materiales más adecuados?, ¿qué intenciones del enseñante favorecen la actividad autoestructurante?, ¿cuáles las bloquean?, ¿cómo seguir y evaluar el progreso inducido por estas actividades?, ¿cómo podemos estar seguros de

que una actividad libre y espontanea da lugar a un proceso de construcción de conocimientos ?" (61).

De esta panorámica de las aplicaciones de la teoría genética a la educación, que nos presenta Cesar Coll resulta indispensable concluir que si bien los avances logrados por la teoría piagetiana, permiten plantearse el problema de la enseñanza desde otra perspectiva, no significa que dichos avances sean un conjunto de principios que puedan aplicarse directamente a la escuela. Es necesario que sean repensados y reelaborados en el marco del proceso de enseñanza-aprendizaje que por otra parte, no es un simple campo de aplicación sino un objeto de estudio.

De lo anterior se infiere la necesidad de realizar investigaciones psicopedagógicas dentro del ámbito escolar que permitan orientar las actividades que se realizan en el salón de clases, a partir de la comprensión de los mecanismos de adquisición de conocimientos escolares.

Desde esta perspectiva y en la dirección de las aplicaciones que intentan encontrar los métodos de enseñanza más adecuados, se realiza el trabajo de investigación reseñado en este documento. Su objetivo central es establecer un puente entre la enseñanza científica y el niño, tomando en cuenta los aportes de la teoría genética.

Hasta el momento se han desarrollado varias investigaciones con esta orientación, son los antecedentes más cercanos al presente trabajo. Sin embargo, no es posible exponer, aunque sea brevemente, los resultados de todas ellas, me

limitaré a señalar los principales logros obtenidos en dos de éstas investigaciones, que abordaron el estudio de la aproximación experimental en niños y adolescentes.

En una investigación realizada por Cesar Coll(62) se estudiaron las conductas de exploración espontánea en niños entre los 7 y los 12 años de edad. Se realizaron tres o cuatro sesiones durante las cuales se proporcionaba a los niños materiales que les permitieran trabajar problemas relacionados con la noción de peso.

Las conductas realizadas por los niños se analizaron en función de los siguientes parámetros:

- . número de actividades desarrolladas
- . objetivos perseguidos
- . material utilizado
- . colaboración entre los niños

Los resultados de esta investigación muestran que "las conductas de exploración espontánea responden a objetivos cada vez más estructurados que dan lugar a series de manipulaciones mejor organizadas y más complejas en función de la edad(63)". Por otra parte, se encuentra que no es posible hacer una distinción neta entre investigación y juego. Durante el proceso de exploración ambos aspectos estaban presentes existiendo un ir y venir entre ellos. El valor de esta investigación radica en haber demostrado la riqueza de las conductas de exploración de los niños.

(62) Núñez, M. S. 1982. pág. 89

(63) Ibid.

Otra investigación relevante sobre los procedimientos experimentales de los niños es la realizada por Maria Salud Núñez(64). En este trabajo se otorga un papel fundamental a la actividad estructurante del sujeto en el proceso de adquisición de conocimientos escolares. Se parte de la idea de que una situación de aprendizaje será más exitosa en tanto más activo sea el alumno en ella. De esta manera, para el diseño de las situaciones de experimentación se considera que éstas deberían promover el libre desarrollo de las actividades de los niños y permitir que fueran ellos mismos los que organizaran su experimentación. El trabajo se realizó, con niños ginebrinos de 10 a 13 años y consistió en siete sesiones de experimentación libre, en las cuales se ofrecía a los niños materiales variados y polivalentes, no estructurados, que les permitieran experimentar diferentes problemas de muy diversos campos nocionales.

Las hipótesis que se plantearon para esta investigación son:

- 1) En las situaciones de experimentación libre puede presentarse un aprendizaje espontáneo. Se espera un progreso tanto en el nivel de los procedimientos experimentales como en el nivel de organización del contenido de las experiencias realizadas.
- 2) Se esperan diferencias significativas en función de la población (grupos de edades diferentes) y del plan experimental establecido (grupos con tratamiento experimental específico).

(64) Núñez, M. S. 1979

- 3) Se espera una interdependencia funcional entre la finalidad de las conductas del sujeto, la organización de los contenidos y la organización de las acciones.

Las investigaciones realizadas por los niños se agruparon en cinco grupos en función del contenido nocional implicado. Estos grupos son: La noción de peso; la flotación; la permeabilidad y la resistencia de los materiales; el volumen de líquidos, sólidos y del aire y sus relaciones respectivas; la caída de los cuerpos y el movimiento. Para cada caso se analizó la aproximación experimental utilizada por los niños. Para realizar este análisis se construyó un modelo procedual de las conductas experimentales que caracteriza las diferentes modalidades de organización de las acciones del sujeto, en sus dimensiones temporal y funcional.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- a) "Durante las sesiones de experimentación todos los grupos de sujetos evolucionaron tanto al nivel de la aproximación experimental, en la organización y elaboración de los contenidos nocionales, así como al nivel del razonamiento subyacente a los problemas estudiados (65)".
- b) Se encontraron pequeñas diferencias en la evolución de los diferentes grupos. Estas se relacionan con el interés de los niños en experimentar sobre tal o cual fenómeno y con el nivel nocional del cual partían.

- c) Se encontraron dos vectores de evolución en el proceso de experimentación:
- . Mayor profundidad en la experimentación de un aspecto del fenómeno investigado o de un problema dado. Esta se manifiesta en una mayor frecuencia de procedimientos de experimentación más elaborados.
 - . Extensión de la experimentación a otros aspectos de un problema o a otros contenidos nocionales.
- d) Se encontró una interdependencia funcional entre los objetivos de las conductas de los sujetos, los niveles de organización de los contenidos y las modalidades de aproximación experimental puestas en juego.

La importancia de los resultados de esta investigación es evidente, además de mostrar la riqueza de la aproximación experimental de los niños y su valor para la adquisición de conocimientos nos brinda un "modelo procesal de las conductas experimentales" que permite profundizar en el conocimiento de dichas conductas.

Si bien con los trabajos realizados hasta la fecha, se ha profundizado en el conocimiento de las conductas experimentales de los niños y en su valor para la adquisición de conocimientos, aún quedan muchas interrogantes abiertas. Algunos de ellas que considero importantes son:

- . ¿Cuáles son los instrumentos intelectuales que los niños ponen en juego en una situación de experimentación, cómo los organizan y transforman?
- . ¿En las situaciones de experimentación cómo pasan los alumnos de un nivel de conocimiento a otro?
- . ¿Cuál es el papel del maestro en estas situaciones?
- . ¿Qué tipo de intervenciones del maestro favorecen la

actividad estructurante del alumno? ¿cuáles la bloquean?

- . ¿Qué tipo de información puede ser útil para los niños cuando están experimentando un determinado problema?

Dar respuesta a estas preguntas requiere de numerosas investigaciones que se propongan profundizar en el estudio del proceso de enseñanza-aprendizaje, valorizando las actividades de investigación de los alumnos y reconociéndoles a éstos el papel activo que juegan en el proceso de construcción de conocimientos.

Con la presente investigación, sin aspirar a abordar todos los aspectos del problema, se quiere contribuir a encontrar elementos de respuesta a las interrogantes planteadas. Se pretende continuar en la línea de investigación de los trabajos reseñados anteriormente, con el objetivo de profundizar sobre aquellos aspectos relacionados con las conductas de experimentación de los niños y analizar las posibilidades que las situaciones de experimentación libre brindan para la adquisición de conocimientos escolares, en particular, de contenidos relacionados con fenómenos físicos y químicos. Además se introducirán algunos tipos de intervenciones adultas, con el fin de analizar los efectos que producen en el proceso de experimentación de los niños y se estudiarán los tipos de problemas que éstos abordan con el objetivo de observar si existe una generalidad y comunidad de intereses, entre los niños de un mismo nivel de desarrollo.

C) Hipótesis directrices.

Como el objetivo central de ésta investigación es profundizar en el estudio de la aproximación experimental y de la construcción nocional espontánea de los niños en situaciones de experimentación libre, es importante antes de enunciar las hipótesis directrices explicitar tanto la concepción de conducta experimental de la cual se parte, como las características y condiciones que se considera constituyen una situación de experimentación libre:

Para los fines que se pretenden es necesario adoptar una definición amplia de conducta experimental, que englobe la variedad de conductas, que realizan los niños de diferentes edades. Así, una conducta experimental es toda secuencia de acciones o conductas que tienen como finalidad obtener una información o comprender un objeto, problema o fenómeno sobre el cual se centra la experimentación. Estas conductas incluyen tanto las de exploración como las más elaboradas y sistemáticas propias de un método experimental riguroso.

En cuanto a las situaciones de experimentación, queremos señalar porque se optó por promover las actividades de los niños, en un contexto de experimentación libre. Son cuatro las razones principales de esta elección, tres de ellas se derivan de los planteamientos de la teoría genética y la última se relaciona con los resultados obtenidos en las investigaciones que se han mencionado como antecedentes de este trabajo. Estas razones son:

- a) El desarrollo cognoscitivo se construye mediante la interacción continua entre el sujeto y el objeto. En esta construcción la actividad estructurante del sujeto juega un papel fundamental.

- b) Las actividades experimentales son una confrontación entre las estructuras cognoscitivas del niño y la realidad, por lo tanto implican la actividad estructurante del sujeto y juegan un papel esencial en la adquisición de conocimientos.
- c) "La información seleccionada por el sujeto en un momento dado de su desarrollo, así como la manera en que él organiza su experimentación, son propias de una etapa necesaria que debe ser construida y superada para alcanzar un nivel superior de estructuración y de funcionamiento de sus capacidades(66)".
- d) En la investigación realizada por Núñez, M. S. se demostró que en situaciones de experimentación libre los niños realizan una amplia gama de actividades de exploración e investigación. Estas actividades se orientan en diferentes direcciones, dependiendo del material que se les presente a los niños y de los instrumentos intelectuales que poseen al iniciar la experiencia y construyen durante su experimentación.

Con base en las razones anteriores se consideró fundamental promover un desarrollo libre de las actividades de los niños y permitir que fueran ellos los que organizaran sus experiencias. Esto se concretó provocando la experimentación libre de los niños mediante los siguientes medios:

- 1) La presentación de materiales que permitieran abordar una gran variedad de problemas y fenómenos físicos y químicos. Si bien este material tiene cierta estructura para el adulto que lo selecciona, esto

no implica que sugiera directamente la realización de un cierto tipo de experiencia. Por otra parte, para evitar un problema específico de exploración, se procuró que la mayoría de los materiales fueran de uso común y familiares a los alumnos.

- 2) La consigna que orienta sus actividades: "hacer expe
rimentos"
- 3) La creación de una situación colectiva de experimen-
tación que sea una fuente de estimulación y de coope-
ración entre los niños.
- 4) La intervención de un adulto (experimentador) que so
licite a los niños que expresen verbalmente sus obje-
tivos, acciones, observaciones y explicaciones acer-
ca de lo que han hecho u observado durante su experi-
mentación.
- 5) La elaboración, por parte de los niños, de un reporte
escrito donde expresen lo que han hecho y observado.
- 6) La discusión colectiva que permite el intercambio de
los puntos de vista de los niños y, de alguna manera,
promueve la formulación de las explicaciones que
ellos se dan sobre los fenómenos implicados en su ex
perimentación.

Aclarado lo anterior pasaré a enunciar las hipótesis que guían esta investigación.

Hipótesis general.

Se espera una evolución de la aproximación experimental de los niños y de su nivel de elaboración nocional, en la medida que ellos se involucren en una búsqueda, a través de la experimentación, de respuestas a los problemas que ellos mis
mos se plantean.

Si esta hipótesis se confirma, se buscará conocer más profundamente bajo qué aspectos se presentan estos progresos; de qué manera influyen las intervenciones del adulto en la aproximación experimental y en las conceptualizaciones de los niños acerca de los fenómenos que investigan y qué tipo de conceptos físicos y químicos están implicados en los problemas que abordan los niños en las diferentes edades.

Las hipótesis son las siguientes:

- 1) El material presentado a los niños permitirá que éstos aborden problemas relacionados con fenómenos físicos y químicos.
- 2) Se espera encontrar una relación entre la edad de los niños y su interés por investigar sobre determinados fenómenos.
- 3) Se espera que entre las edades estudiadas los progresos no sean equivalentes, ni en la aproximación experimental ni en la elaboración nocional.
 - En los niños de 8 a 10 años el progreso se espera fundamentalmente en la aproximación experimental. Esta evolución se puede manifestar bajo el aspecto de una mayor variedad y frecuencia de conductas experimentales más elaboradas, que impliquen una extensión de la experimentación al estudio de diversas variables.
En cuanto a la elaboración nocional es posible que no se observen cambios importantes.
 - En niños de 10 a 13 años se esperan progresos importantes tanto en la aproximación experimental como en el nivel de elaboración nocional. Así, se espera observar conductas experimentales más elaboradas, que a su vez permitan profundizar en el conocimiento del problema al disociar los factores en

juego y ponerlos a prueba en situaciones de experimentación que ofrezcan un mejor control de variables.

- La diferencia en los progresos obtenidos por los niños en las diferentes edades, se espera esté relacionada por una parte, con las posibilidades del niño para plantear, cuestionar y organizar las situaciones de experimentación y por otra, con los instrumentos intelectuales que el niño posee y es capaz de construir en un momento dado y que le permiten la elaboración de los nuevos contenidos nocionales. En consecuencia, esta diferencia estaría relacionada con las etapas de desarrollo cognoscitivo en que se encuentran los niños de las diferentes edades estudiadas

- 4) Se espera encontrar diferencias entre los efectos que producen las intervenciones del adulto. Estas diferencias estarían relacionadas con el grado de acercamiento de las intervenciones al nivel de planteamiento experimental y nocional espontáneo de los niños.

Capítulo III.

METODOLOGIA

A) Descripción de la población de estudio.

La población de estudio se constituyó con 34 niños entre los 8 y 13 años de edad, que cursaban del 3° al 6° grado de primaria en dos escuelas del Distrito Federal. Estas estaban ubicadas en las colonias Roma y Buenos Aires. Los niños se seleccionan al azar en cada grado escolar y se distribuyeron en equipos de la siguiente forma:

Grado	Edad	Escuela 1 Col. Roma	Escuela 2 Col. Buenos A.	Equipos formados
3°	8-9	--	8	2
4°	9-10	12	--	2
5°	10-11	--	8	2
6°	11-13	8	--	2

De esta manera, se trabajó con 2 equipos de 4 niños por cada grado, con excepción de los de cuarto grado que estuvieron formados por seis niños en lugar de cuatro, debido a necesidades de organización de la propia escuela.

En términos muy generales, se puede considerar a la población de estudio como perteneciente a una clase socioeconómica de nivel medio-bajo.

B) Descripción de la aproximación experimental.

Para abordar el estudio de las conductas experimentales y de la elaboración nocional y su posible evolución en situaciones de experimentación libre, se realizó el siguiente plan de experimentación y levantamiento de datos:

Se efectuaron 6 sesiones de experimentación libre con cada uno de los equipos: dos equipos por grado que trabajaron simultáneamente. Las sesiones tenían una duración de 90 minutos y un intervalo entre ellas de una semana. El trabajo durante las sesiones se organizó de la siguiente manera:

- 1) Presentación de los materiales que utilizarían los niños durante su experimentación. Se puso a disposición de los niños materiales muy variados y heterogéneos, en su mayoría comunes al medio ambiente de éstos. Como ya se expresó anteriormente, los materiales fueron seleccionados en función de que permitieran a los niños abordar diferentes problemas relacionados con fenómenos físicos y químicos, pero a la vez que no les sugirieran directamente la realización de una experiencia en particular.

Los materiales se colocaban sobre mesabancos alrededor de las mesas donde los niños realizarían sus actividades, de tal manera que estuvieran siempre a su alcance. Por otra parte, no se impuso ninguna limitación en su uso.

Los materiales que se usaron fueron los siguientes:

1.- Temáticas: Luz, electricidad y magnetismo:

vidrios,	pilas redondas 1.5 voltios
espejos planos	pilas cuadradas 9 voltios
papel celofán diversos colores	focos
velas	linternas
lupas	cable eléctricos
imanes	cinta de aislar
clavos	pinzas para cortar cable eléctrico
clips	
chinchetas	fusibles
alfileres	

2.- Temática: Movimiento

Tablas de madera cuadrada de 40 cms por 40 cms	canicas grandes y chicas
Rieles de cortinero	pelotas de esponja de diferentes tamaños.
Placas rectangulares de vidrio de 75 x 10 cms x 0.5 cms.	pelotas de unicel de diversos tamaños
Placas rectangulares de fibra- cel de 75 x 10 cms.	pelotas de ping-pong hilos.
tubos de cartón de diversas longitudes.	cordeles de material y espesor diverso.
carritos	balines
ligas.	

3.- Temática: Química

<u>Material</u>	<u>Substancias:</u>
gradillas	aceite
tubos de ensaye	alcohol
pinzas para tubos	agua normal
termómetros	agua oxigenada
mangueritas de plástico	vinagre
mecheros	almidón
embudos	tierra
vaso de precipitado	arena
probetas graduadas	sal
cobre-objetos	azúcar
algodón	anilina de diferentes colores
papel de servilleta	yodo
magitel	petróleo
frascos diversos	detergente
papel aluminio	permanganato de potasio

4.- Temática: Germinación de semillas

garbanzos	maíz palomero
frijol	maíz cacahuazintle
alpiste	cebada

5.- Temática: Noción de peso.

Báscula graduación 10 grs. hasta 1000 grs.	Balanza de dos brazos iguales.
---	-----------------------------------

6.- Materiales polivalentes y de apoyo a diferentes temáticas.

globos	alambre diferentes espesores
bloques de madera diversos tamaños y formas	botes de metal (latas)
cubos de plástico	cajitas de película de plástico
plastilina	popotes
Durex	ligas
maskin tape	lápices
martillo	gomas
pinzas	sacapuntas
reglas	hojas de papel
tijeras	cubetas de plástico
fósforos	tinajas de plástico.
desarmador	cajas de plástico conteniendo los materiales.

- 2) Trabajo colectivo en los equipos. Se promovieron situaciones de experimentación colectiva ya que se consideró que la colaboración y la confrontación de puntos de vista entre los niños, contribuiría a un avance en el proceso de adquisición de conocimientos. Se optó por formar equipos de cuatro elementos (2 niños y 2 niñas), pues, en términos generales, permiten interacciones muy ricas sin que se presenten demasiados conflictos, que puedan obstaculizar el avance de todos los miembros del equipo. Por otra parte, el aislamiento de un individuo es menos frecuente y la formación de subgrupos es posible sin que se rompa el equilibrio global del grupo.
- Para facilitar la interacción y la estimulación mutua entre los niños de un mismo equipo se les solicitó trabajaran alrededor de una misma mesa.

- 3) Orientación de la actividad de los niños. Para promover y orientar las actividades de los niños se les solicitaba que realizaran "experimentos" con el material que tenían a su disposición. Antes de iniciar la primera sesión se platicó con los niños acerca de lo que significaba, para ellos, realizar un experimento. En general los niños tenían una idea bastante cercana a lo que comunmente se acepta como un experimento.
- 4) Forma de trabajo durante las sesiones. Existieron algunas diferencias en la forma de trabajo según la sesión:

Primera sesión: Se daba la consigna general a los niños y se platicaba con ellos sobre la comprensión de la misma. Se dejaba que los niños experimentaran sus ideas durante una hora. Al cabo de este tiempo se les pedía que escribieran en una hoja de papel lo que habían hecho y observado⁽⁶⁷⁾. Para finalizar la sesión se promovía la discusión entre los niños acerca de las experiencias realizadas y de las observaciones y explicaciones que tenían sobre las mismas.

Segunda, tercera, cuarta y quinta sesiones. Estas sesiones comenzaban con una recapitulación inicial que consistía en recordar los experimentos que habían realizado en la sesión anterior y discutir sobre lo

(67) En todas las sesiones se pedía a los niños que su reporte escrito contuviera los siguientes datos: Número o título del experimento; ¿Qué hicieron?; ¿Qué pasó?; ¿Por qué paso?

que habían observado y las explicaciones que daban a los fenómenos que habían investigado. Después de esta discusión que duraba aproximadamente 15 ó 20 minutos, los niños experimentaban libremente durante una hora. Al cabo de este tiempo se les pedía que elaboraran su reporte escrito. La sesión terminaba con una recapitulación final que consistía en platicar sobre las experiencias realizadas en esa sesión y en intercambiar puntos de vista sobre lo que en ella había sucedido.

Sexta sesión. En esta sesión se dedicaba mayor tiempo a la recapitulación inicial, aproximadamente 40 minutos, pues se trataba de que los niños recordaran los experimentos más importantes de los realizados en todas las sesiones anteriores. Se discutían los principales resultados observados, así como las dudas o preguntas que los niños tenían acerca de las experiencias abordadas.

Se pedía a los niños que escogieran una sola experiencia sobre la que quisieran seguir investigando y que les permitiera aclarar sus dudas más importantes. Los niños experimentaban sobre la experiencia seleccionada durante 20 ó 30 minutos. En esta sesión el material no se colocaba sobre los mesabancos al alcance de los niños sino que se les proporcionaba conforme ellos lo solicitaban.

Una vez realizada la experimentación, se tenía una discusión final en la que se trataba de relacionar los resultados observados en esta última experiencia con las explicaciones que los niños habían expresado en la recapitulación inicial de ésta sesión.

- 5) Intervenciones del adulto. En general las intervenciones del experimentador se limitaron a pedir a los niños que explicitaran sus ideas, acciones y explicaciones sobre los fenómenos que abordaban. Sin embargo, en ocasiones y dependiendo de la situación concreta, el experimentador intervenía para: a) intentar guiar a los niños hacia la comprensión de algunos fenómenos a través de una transferencia de las observaciones que eran capaces de realizar en las situaciones de experimentación concreta; b) hacer notar ciertos aspectos o variables que los niños no habían contemplado y c) proponer una explicación sobre los fenómenos implicados en la experimentación de los niños.

- Levantamiento de datos.

Durante todas las sesiones, dos observadores por cada equipo de niños, levantaron protocolos detallados de las actividades, expresiones verbales, actitudes y reacciones ante las intervenciones del experimentador, de cada uno de los niños:

Por otra parte, las sesiones fueron filmadas en video y se tomaron grabaciones audio de todas las intervenciones verbales entre los niños y de éstos con los adultos.

Con el material recolectado se elaboraron los protocolos finales que integran los registros de video, audio y de observación directa.

C) Observaciones metodológicas sobre el análisis de resultados.

La gran diversidad y riqueza de las experiencias realizadas por los niños durante las sesiones de experimentación, permitirían contemplar los datos obtenidos desde diferentes perspectivas. Sin embargo, esta pretensión rebasaría los objetivos fijados para la presente investigación y requeriría de la realización de numerosos trabajos.

De esta manera el análisis de los resultados se limitará a los siguientes puntos:

- . Un análisis general de los contenidos físicos y químicos implicados en las experiencias realizadas, en función de la edad de los niños.
- . Las conductas experimentales y su evolución durante las sesiones de experimentación.
- . El nivel de elaboración nocional de los contenidos implicados en las experiencias realizadas por los niños y su evolución durante las sesiones de experimentación.
- . Las reacciones de los niños ante las intervenciones del experimentador.

El análisis se realizará a dos niveles: En un primer nivel se revisarán de forma general, los contenidos físicos y químicos implicados en las experiencias realizadas por los niños, durante todas las sesiones de experimentación. Esto permitirá agrupar las experiencias por temáticas generales, seleccionar aquellas sobre las que se efectuará el segundo nivel de análisis y analizar si existe alguna relación entre el tipo de fenómenos abordados por los niños y sus edades respectivas.

En un segundo nivel se abordarán de manera conjunta, para cada temática seleccionada, el análisis de la aproximación experimental, del contenido nocional y de la evolución de ambos aspectos durante las sesiones. También se estudiarán los efectos que sobre dichos aspectos tuvieron las intervenciones del experimentador.

Ahora bien, el estudio de la aproximación experimental de los niños implica analizar los instrumentos intelectuales que el niño pone en juego, cuando organiza por sí mismo el problema sobre el que quiere investigar y la forma de investigarlo. En esta organización existen tres aspectos interdependientes que deben ser distinguidos y que sólo son dissociables para fines de efectuar un análisis más fino de alguno de ellos. Estos son:

- 1) La finalidad de la conducta. Se refiere a los objetivos que los niños se plantean. Estos pueden ser: más o menos previos o abiertos; explícitos o deducibles de las acciones y de las interpretaciones del sujeto. Pueden aparecer desde el principio o en el transcurso de las manipulaciones y están sujetos a modificaciones.
- 2) El nivel de organización de las acciones del sujeto. Depende de los contenidos implicados en la experiencia y de los objetivos que se persiguen. Esta organización de las acciones comporta una dimensión temporal (duración más o menos extensa) y una dimensión funcional (repetitiva, ensayo-error, reconocimiento, medios, fines, etc).
- 3) El nivel de organización del contenido. Depende del nivel nocional del sujeto.

Para analizar los resultados de la investigación cubriendo los aspectos antes mencionados se utilizará el "Modelo procesal de las conductas experimentales" construido por la Dra. María Salud Nuñez Fernández (66).

Este modelo caracteriza mas específicamente los aspectos antes citados y puede aplicarse a diferentes niveles de organización de los problemas y de los contenidos de experimentación.

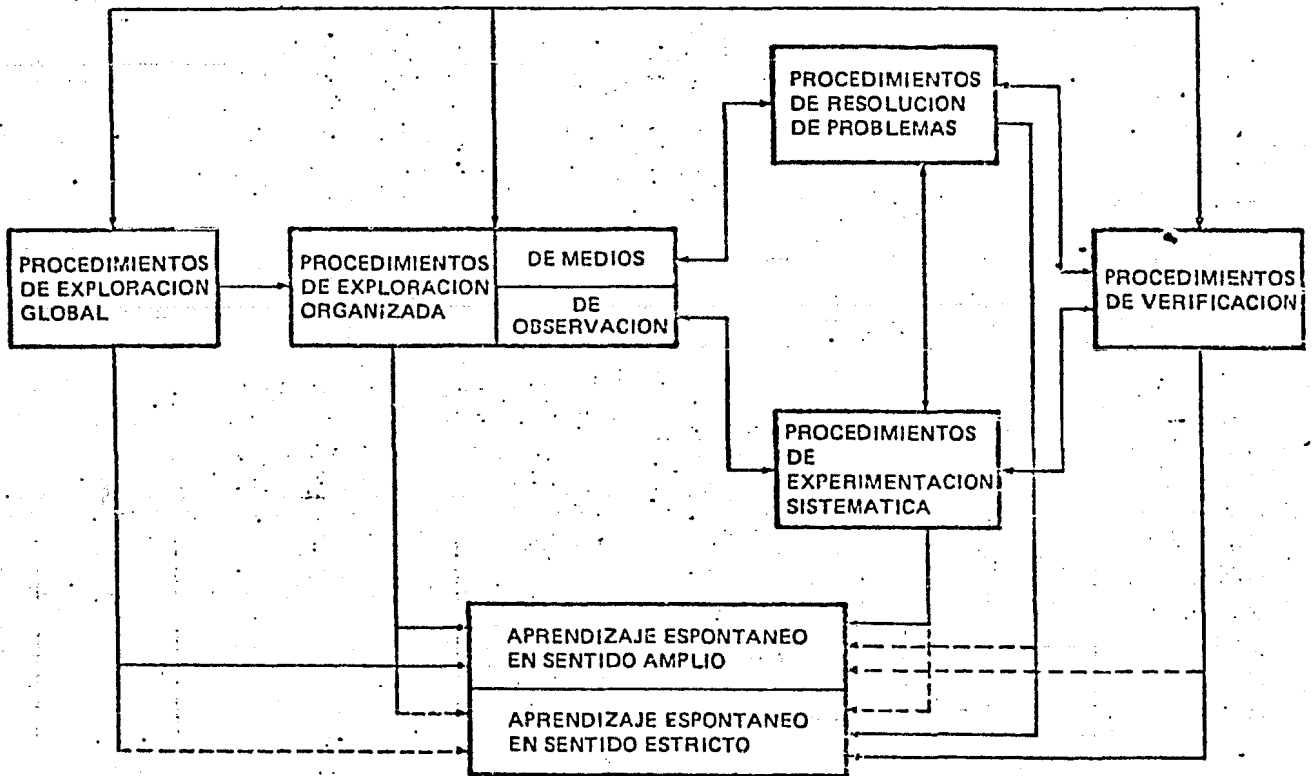
A continuación se presenta una descripción de los procedimientos y conductas experimentales que comprende el modelo y la dinámica de encadenamiento entre ellos:

(68) Nuñez, M.S. 1979

MODELO PROCESAL DE ANALISIS DE LAS CONDUCTAS EXPERIMENTALES (69)

- A) En los procedimientos de exploración global son consideradas las diferentes conductas de exploración, espontáneas, abiertas, impulsivas y rápidas. Estas conductas pueden formar secuencias inestables de acción que se manifiestan durante cortos períodos de tiempo y con poca continuidad entre ellas. Tales conductas son determinadas fundamentalmente por la presencia de los objetos y por sus propiedades más aparentes (o más sobresalientes), así como por las preguntas implícitas o explícitas que el sujeto se plantea, tales como: ¿qué es este objeto? ¿para que sirve?, ¿cómo es?, ¿que puedo hacer con él?, etc. El objeto puede ser considerado así por una sola de sus propiedades, sobre la cual se ejerce una acción precisa y sin que necesariamente haya una continuidad inmediata en la exploración de dicha propiedad. Cuando las conductas de exploración global desembocan en una secuencia de exploración más amplia, constituyen el punto de partida de la secuencia de exploración organizada.
- B) En los procedimientos de exploración organizada (de medios y de observación) se trata fundamentalmente de conductas de exploración, espontáneas, ordenadas y orientadas hacia un objetivo más o menos abierto, que puede ser o no, claramente concebido y representado por el sujeto antes de haber puesto en obra los medios para alcanzarlo. Estas conductas pueden formar secuencias de acciones ordenadas que se manifiestan durante períodos variables de tiempo y con una cierta continuidad entre ellas. Tales conductas son determinadas por una idea del sujeto que no surge necesariamente de sus propiedades más aparentes. Se trata más bien de una

MODELO PROCESAL DE LAS CONDUCTAS EXPERIMENTALES



pregunta que el sujeto pone a prueba para explorar el objeto y sus relaciones con otros objetos, o con otros fenómenos. Estas son conductas de exploración en extensión, pues tienen por objetivo general establecer una dicotomía (presencia/ausencia) de una propiedad, de una relación, o de un fenómeno, observados o descubiertos entre una gama más amplia de objetos. Poseen un carácter abierto, en el sentido de que la exploración organizada de un fenómeno, por la puesta en relación de las propiedades de los objetos, constituye un punto de partida diversificado que puede desembocar:

- en la investigación de medios para alcanzar un objetivo más específico;
- en la búsqueda de una explicación del fenómeno a través de la diferenciación progresiva de los factores en juego;
- en el mismo campo de los procedimientos de exploración organizada, pero a través de una extensión de la exploración de fenómenos a otros objetos o a otras situaciones.

C) En los procedimientos de resolución de problemas, se trata de conductas de investigación planificadas, ordenadas y orientadas hacia un objetivo específico bien diferenciado y hecho explícito en la mayor parte de los casos. Dichas conductas se presentan durante secuencias temporales más o menos grandes y con un alto índice de continuidad entre ellas, hasta la obtención del objetivo perseguido, en la mayor parte de los casos. Estas conductas conservan un carácter abierto, en la medida que los medios descubiertos para alcanzar un objetivo pueden ser transferidos a otras situaciones semejantes o relacionadas con el objetivo perseguido. Por otra parte, una vez conseguido dicho objetivo, este mismo puede

constituir un punto de partida para la investigación o búsqueda de explicación del problema a través de la diferenciación progresiva y la verificación de los factores puestos en juego, que la misma investigación de los medios ha podido esclarecer. Sin embargo, los procedimientos de resolución de problema, dado su carácter de orientación hacia un objetivo restringido y limitado, puede desembocar también en el abandono del problema, una vez encontrada su solución o bien después de haber fracasado en la consecución de la misma.

- D) En los procedimientos de experimentación sistemática se trata de conductas de investigación, espontáneas, ordenadas y orientadas hacia un objetivo claramente delimitado y que puede ser explícitamente formulado. Estas conductas forman secuencias de acciones ordenadas que se manifiestan durante períodos temporales más grandes, con alto índice de continuidad. Estas conductas son determinadas fundamentalmente por una idea del sujeto, planteada bajo la forma de una pregunta que establece relaciones entre los objetos, entre los fenómenos y/o entre ciertas propiedades de los objetos y la producción o presencia de un fenómeno. El objetivo general de dichas conductas sería, pues, la disociación de los diferentes factores que intervienen en un fenómeno. Estas conductas poseen características más amplias de extensión y de continuidad, en la medida que las relaciones establecidas o bien los fenómenos estudiados, comprenden un gran número de factores cuyo grado de intervención es variable. La experimentación sistemática de un fenómeno, por la puesta en relación de las propiedades de los objetos y la disociación de los factores, constituye un punto de partida

diversificado que puede desembocar:

- en la investigación de medios para controlar la intervención de los factores disociados y las condiciones de experimentación;
- en la investigación y búsqueda de explicación del fenómeno, mediante la verificación progresiva del rol correspondiente a cada uno de los factores en juego; o bien
- mantener la investigación en el campo mismo de los procedimientos de experimentación sistemática, extendiendo ésta a otros objetos o situaciones, o, por la extensión misma de la disociación, a otros factores en juego.

E) En los procedimientos de verificación se trata de conductas de investigación planificada, ordenadas, orientadas y dirigidas a la verificación (confirmación) de una respuesta posible a una pregunta planteada por el sujeto. Dicha pregunta puede hacerse explícita por el sujeto bajo la forma de una relación que establece el grado de pertinencia de una propiedad, o de un factor, para producir un fenómeno. Estas conductas se manifiestan durante secuencias de acciones, más o menos grandes, y con un alto índice de continuidad. En los procedimientos de verificación entran todas las conductas de investigación orientada hacia la puesta a prueba de una relación causal más o menos formulada y explicitada por el sujeto, como una respuesta posible a la causa que produce el fenómeno.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

PRIMER NIVEL DE ANALISIS:

Durante las sesiones de experimentación los niños realizaron numerosas experiencias relacionadas con fenómenos físicos y químicos. Estas fueron agrupadas en 12 grandes temáticas en función del contenido nocional mas directamente implicado, en cada uno de los problemas abordados por los niños. Las temáticas son:

- 1.- Luz y fenómenos relacionados.
- 2.- Electricidad y fenómenos relacionados.
- 3.- Color y fenómenos relacionados
- 4.- Magnetismo y fenómenos relacionados.
- 5.- Movimiento y fenómenos relacionados.
- 6.- Mezclas y fenómenos relacionados
- 7.- Combustión
- 8.- Flotación
- 9.- Balanza
- 10.- Báscula
- 11.- Volumen
- 12.- Sonido y fenómenos relacionados.

Para cada sesión el número de experimentos realizados por cada niño fue variable. Estos versaban sobre una sola temática a lo largo de toda la sesión o sobre diferentes temáticas. Por otra parte, el tiempo dedicado a cada experimento varió dependiendo del sujeto, de la temática y del grado escolar.

Para analizar estos aspectos se tabularon los datos de un grupo de niños por cada grado escolar, de la siguiente manera:

TEMATICA GENERAL	NIVEL DE PERMANENCIA *	3er. GRADO	4o. GRADO**	5o. GRADO	6o. GRADO	TOTAL DE EXP.
	a	0	0	0	0	0
1- LUZ Y FENOMENOS RELACIONADOS	b	0	6	2	0	8
	c	0	2	1	0	3
	d	0	0	0	0	0
2- ELECTRICIDAD Y FENOMENOS RELACIONADOS	a	1	0	2	0	3
	b	0	5	3	2	10
	c	0	1	1	0	2
	d	0	0	2	0	2
3- CALOR Y FENOMENOS RELACIONADOS	a	0	0	0	1	1
	b	5	14	2	0	21
	c	3	9	0	0	12
	d	1	1	0	0	2
4- MAGNETISMO Y FENOMENOS RELACIONADOS	a	1	0	0	1	2
	b	0	2	0	0	2
	c	0	2	0	0	2
	d	2	0	0	0	2
5- MOVIMIENTO Y FENOMENOS RELACIONADOS	a	3	0	0	0	3
	b	0	0	0	0	0
	c	2	0	0	0	2
	d	2	0	0	0	2
6- MEZCLAS Y FENOMENOS RELACIONADOS	a	0	0	2	0	2
	b	1	12	4	2	19
	c	5	0	1	0	6
	d	5	1	0	18	24
7- COMBUSTION	a	0	0	0	0	0
	b	0	8	1	1	10
	c	0	0	3	0	3
	d	1	2	6	0	9
8- FLOTACION	a	0	0	0	0	0
	b					

TEMATICA GENERAL	NIVEL DE PERMANENCIA *	3er. GRADO	4o. GRADO**	5o. GRADO	6o. GRADO	TOTAL DE EXP.
8- FLOTACION	a	0	0	0	0	0
	b	0	0	0	1	1
	c	0	0	2	0	2
	b	0	0	0	0	0
9- BALANZA	a	0	0	0	0	0
	b	0	2	0	0	2
	c	4	0	2	1	7
	d	1	0	1	0	2
10- BASCULA	a	0	1	2	0	3
	b	0	2	1	0	3
	c	3	0	0	0	3
	d	1	1	0	0	2
11- VOLUMEN	a	0	0	0	0	0
	b	0	0	1	0	1
	c	0	0	0	0	0
	d	0	0	4	0	4
12-SONIDO Y FENOMENOS RELACIONADOS	a	0	0	0	1	1
	b	0	0	0	0	0
	c	0	0	0	0	0
	d	0	0	0	0	0
TOTAL DE EXPERIMENTOS		41	71	43	28	

*Debido a la diversidad de interacciones entre los niños y entre éstos y el experimentador, aunado a las dificultades de registro, no fue posible medir durante las sesiones el tiempo que cada niño dedicaba a cada experimento.-- Sin embargo, una vez elaborados los protocolos finales, se realizó con base en ellos, una estimación cualitativa y se elaboró la siguiente escala:

NIVEL A .- Los niños realizan una exploración puntual de los materiales, por ejemplo: los toman, los manipulan, los observan y los colocan nuevamente en su lugar. Las secuencias de acciones son rápidas e impulsivas y duran períodos de tiempo muy cortos.

NIVEL B.- Los niños realizan algún experimento puntual, por ejemplo: mojar un algodón en alcohol y prenderle fuego. Las secuencias de acciones son mas o menos ordenadas y se manifiestan durante períodos de tiempo más prolongados que en el nivel a.

NIVEL C.- Los niños realizan una o varias experiencias sobre la misma temática. Las secuencias de acciones son ordenadas con un alto índice de continuidad entre ellas durante, por lo menos, la mitad del tiempo - que dura la sesión.

NIVEL D.- Los niños realizan una o varias experiencias sobre la misma temática. Las secuencias de acciones son ordenadas con un alto índice de continuidad entre ellas, durante toda o casi toda la sesión.

** Para obtener los datos de 4o. grado solo se tomaron en cuenta cuatro de los seis niños de un equipo, - los que asistieron desde la primera sesión. De esta manera, en todos los grupos se partió del mismo número de niños.

Al analizar los datos anteriores se encontró:

- 1.- No hay diferencias significativas en el número de temáticas abordadas por los niños en los diferentes grados: siete en tercero, nueve en cuarto, nueve en quinto y siete en sexto.
- 2.- Las dos temáticas sobre las que más experimentos realizaron los niños en cada grado fueron:

GRADO	1a. TEMATICA	% DE EXP.	2a. TEMATICA	% DE EXP.
3o.	Mezclas	30	Calor	25
4o.	Calor	34	Mezclas	18.
5o.	Combustión	27	Electricidad	16
6o.	Mezclas	83	Electricidad	7

Al analizar estos datos no se observa una relación clara entre el grado escolar y las temáticas investigadas por los niños, es decir, el interés de éstos por una u otra temática no parece depender de su edad. Sin embargo hay ciertas temáticas sobre las que los niños realizaron un mayor número de experiencias : mezclas (51 exp), calor (36 exp.), combustión (21 exp.).

Es importante señalar que sobre el tema de mezclas se realizaron el mayor número de experimentos. Fue abordado por los niños de todos los grados quedando, en todos los casos, dentro de las tres primeras temáticas (ocupa el tercer lugar en quinto grado con un porcentaje de experimentos de 13.5). Esto puede interpretarse de dos maneras: hay un gran interés de los niños por esta temática o bien, el material para trabajarla es más sugerente y novedoso que el resto de los materiales.

- 3.- Hay una diferencia importante entre el número de experimentos realizados y el nivel de permanencia con los que fueron abordados en los diferentes grados escolares :

GRADO	NIVEL DE PERMANENCIA	No. DE EXP.	% DE EXPERIMENTOS
3o.	a	5	12
	b	6	15
	c	17	41
	d	13	32
TOTAL		<u>41</u>	
4o.	a	1	1
	b	51	72
	c	14	20
	d	5	7
TOTAL		<u>71</u>	
5o.	a	6	14
	b	14	33
	c	10	23
	d	13	30
TOTAL		<u>43</u>	
6o.	a	3	11
	b	6	21
	c	1	4
	d	18	64
TOTAL		<u>28</u>	

Como se puede observar los niños de sexto grado realizan un número menor de experimentos (28) pero el 64% de ellos son abordados con un alto nivel de permanencia (d) mientras que los niños de cuarto grado realizan un número mayor de experimentos (71) de los cuales, el 72% son abordados con un nivel de permanencia menor (b). Con relación a los otros dos grados escolares la diferencia entre éstos y el sexto grado es menor pero significativa.

Ahora bien, si se considera como un avance en la forma de investigación de los niños que el número de experimentos sea menor pero que éstos sean abordados con un nivel de permanencia más alto (70), se observa un progreso continuo de cuarto a sexto grado. El tercer grado parece romper con esta progresión pues se sitúa entre el quinto y sexto grado.

Para poder interpretar estos resultados es necesario realizar un análisis profundo de las conductas experimentales, del nivel de elaboración nocional de los contenidos implicados en las experiencias realizadas y de las posibles relaciones entre éstos. Este análisis se realizará a continuación, para una temática determinada, por lo que este problema se retomará en el capítulo V.

SEGUNDO NIVEL DE ANALISIS

Los niños a lo largo de las seis sesiones de experimentación, realizaron un gran número de experiencias sobre diversos fenómenos físicos y químicos. Como ya se ha expresado, éstos fueron agrupados en doce grandes temáticas. Sería motivo de numerosos trabajos analizar para cada una de éstas, la aproximación experimental, el nivel de elaboración nocional de los contenidos implicados en las experiencias realizadas y la evolución de ambos aspectos durante las sesiones. Por ello se ha seleccionado sólo una temática para realizar este análisis. Para su elección se siguieron los siguientes criterios:

- Que los niños de todos los grados hayan experimentado sobre esa temática.
- Que el nivel de atención de los niños sobre ella sea mayor en relación con las otras temáticas.
- Que las experiencias que los niños realizar en relación con esta temática impliquen más de un contenido físico y/o químico.

(70) Los experimentos que se realizan con un nivel de permanencia alto consumen más tiempo que aquellos que se abordan con un nivel menor, por lo tanto, el número de experimentos realizados en una sesión disminuye cuando se realizan con un nivel alto de permanencia y aumenta cuando el nivel es bajo.

Con base en los resultados que arroja el primer nivel de análisis y tomando en cuenta los criterios anteriores, se eligió la temática de mezclas y fenómenos relacionados.

Ahora bien, para realizar el segundo nivel de análisis sobre la temática seleccionada, se presentarán en detalle, para cada uno de los grados escolares, la secuencias de acciones, observaciones, comentarios y discusiones que realizan los niños, de acuerdo con el orden de desarrollo dentro de la sesión, y analizando los procedimientos experimentales puestos en juego y los niveles de elaboración nocional que tienen los niños. El análisis se realizará fundamentalmente sobre un grupo de cada grado dejando el otro grupo como referencia.

Antes de pasar al análisis de cada grado, quisiera presentar los datos aportados por los análisis psicogenéticos realizados por Piaget y sus colaboradores, en aquellos campos nocionales que tienen relación con este trabajo.

Análisis psicogenético

Cuando los niños combinan diferentes sustancias, se enfrentan a los diversos fenómenos que ocurren en las mezclas: Solubilidad o no de sustancias sólidas en los diferentes líquidos que utilizan; miscibilidad o no entre sí de los diferentes líquidos que mezclan; formación de fases y emulsiones entre los líquidos no miscibles; suspensión de pequeñas partículas en los líquidos; relación entre la concentración y la densidad de la mezcla; saturación de la mezcla, etc.

El descubrimiento, delimitación e intento de explicación de estos fenómenos, permite la elaboración conceptual en diversos campos nocionales, dependiendo ésta del nivel en que los niños se planteen el problema.

En el caso de los niños de nuestra muestra (8 a 13 años), las principales nociones involucradas en los diferentes problemas que los niños abordan son las nociones - de miscibilidad, solubilidad, composición interna en los cuerpos, formación de emulsiones, concentración de la mezcla y densidad.

A continuación nos referiremos brevemente a los datos aportados por los análisis -- psicogenéticos en aquellos campos nocionales que ya han sido abordados por Piaget y sus colaboradores.

En relación a la composición interna de los cuerpos al realizar la experiencia de la disolución del azúcar en el agua, se ha encontrado que para los niños entre 4 y 6 - años de edad aproximadamente no hay conservación de la materia: los niños piensan - que el azúcar desaparece y su disolución es atribuida a simples roturas debidas a la cuchara o a la caída del trozo inicial. Entre los 7 y 10 años de edad, existe ya conservación de la materia, el azúcar se divide en granos, cuya suma equivale al trozo- total que tenían inicialmente, estos granos que serían visibles a la lupa, no con-- tienen en sí mismos, elementos más pequeños. Podemos decir que los niños utilizan un modelo semimicroscópico para la explicación del fenómeno. Para los niños de 10 a 15- años aproximadamente, estos pequeños sólidos contienen ultragramos a título de últimos elementos, Los niños están utilizando en este caso, un modelo microscópico.

Sin embargo, el modelo corpuscular que utilizan los niños a partir de los 7 años aproximadamente para explicar la disolución del azúcar, no es utilizado para los cuerpos- que no se disuelven hasta los 11 ó 12 años.

En cuanto a la solubilidad, los niños de 4 y 5 años, piensan en relación a la disolu-- ción del azúcar en agua, que ésta se disuelve porque se rompe con una cuchara o se sacude el vaso. Los niños no atribuyen ninguna acción al disolvente, en este caso agua.

Por otra parte, el azúcar al disolverse desaparece. Hacia los 5 y 7 años, el disolvente empieza a tener una acción, el agua funde el azúcar. En la siguiente -- etapa, 7 a 9 años, los niños explican la disolución con base en modelos corpusculares semimicroscópico con conservación de la materia pero no del peso. Suponen que el azúcar no disuelta está compuesta por pedazos pegados. Durante la disolución, el agua despega los pedazos hasta hacerlos invisibles o líquidos. En los materiales que no se disuelven los pedazos están más fuertemente pegados. Los niños del siguiente nivel tienen la misma representación, pero además de la conservación de la substancia, conservan también el peso. A partir de los 10 años aproximadamente, los niños explican la disolución en base a una visión corpuscular microscópica.

En relación a la no-miscibilidad, los niños pequeños (4-5 años), explican que el aceite queda arriba del agua porque quiere quedarse ahí, o porque es redondo.

En relación a la miscibilidad, en una experiencia donde los niños van a mezclar aceite y vinagre con agua, los niños entre 4 y 5 años, prevén que ambos líquidos se comportarían de la misma manera, cuando constatan que el aceite flota dan una explicación psicomórfica (el aceite quiere quedarse ahí), o lo atribuyen a una cualidad del aceite (es redondo). Cuando observan que el agua se colorea al agregar el vinagre, piensan que solo el color es el que pasa al agua, pero el vinagre no se mezcla. Entre los 5 y 7 años, algunos niños empiezan a hablar de que los líquidos se mezclan, al constatar la flotación del aceite, la explican como los niños del grupo anterior, en base a una cualidad del aceite (es redondo o es pesado). Entre los 7 y los 9 años, la idea de mezcla adquiere un sentido corpuscular y cinemático más elaborado, por ejemplo, el vinagre estaría formado de puntitos que van por todas partes o el vinagre da vueltas en el agua hasta hacerse lugar.

En cuanto a la noción de densidad, ésta se adquiere hasta que los niños han disociado y coordinado las nociones de peso y volumen.

Entre los 7 y los 9 años de edad, los niños tienen una noción simplificada de la densidad, piensan que el peso del objeto depende de su volumen global y de su cantidad aparente de materia. Después aceptan que un cuerpo aunque sea pequeño puede ser pesado, pero no relacionan de manera cuantitativa el peso con la cantidad de materia que posee dicho cuerpo.

Cuando el niño conserva el peso (9-10 años) coordina la cantidad de materia con el peso y basa su explicación de la densidad en el contenido más o menos lleno de materia de los cuerpos. A partir de los 11-12 años, cuando los niños adquieren la conservación de volumen y disocian esta noción y la de peso como dos propiedades distintas de los cuerpos, basan su explicación de la densidad en la relación peso/volumen.

TERCER GRADO.

Contenidos científicos implicados en el fenómeno: Solubilidad, Miscibilidad, Densidad, Formación de emulsiones.

Sesiones: 1a. 2a., 3a., 4a. y 5a.

Niños participantes: Olivia y en ocasiones Erika y Alberto.
Trabajan individualmente y por parejas.

PUNTO DE PARTIDA.

á) Aproximación experimental.

Las niñas inician su experimentación con la idea de ver qué sucede al mezclar diferentes sustancias. En un frasco vierten varios sólidos (anilina azul y café, arena, jabón y cebada), revuelven, observan y comparan sus mezclas. Buscan agua, al no encontrarla entre los materiales, utilizan otros líquidos (alcohol y vinagre). Agregan nuevamente sólidos, luego líquidos y continúan agregando sólidos o líquidos sin orden aparente conforme van encontrando las sustancias.

Durante estas acciones ponen en juego procedimientos de exploración organizada para observar y comparar el aspecto que van tomando sus mezclas. Controlan de forma muy intuitiva la cantidad de sustancias que agregan: "yo le eché poquito", "¡ay! tú te mandaste... le echaste mucho".

Su atención la dirigen durante casi toda la sesión hacia una observación global de la mezcla: "a tí cómo te quedó, mira el mío... se ven como higaditos... mira qué feo huele". En la última parte de la sesión, Erika vuelve a agregar a la mezcla cada una de las sustancias que ya había vertido en su

recipiente, después que añade cada una de ellas, agita y observa atentamente lo que sucede en su mezcla.

De esta manera, Erika descubre cambios particulares que sufren algunas sustancias, por ejemplo que el almidón "no se moja" cuando se sumerge en el aceite.

b) Representación inicial.

Las niñas parten de la idea de que al mezclar diferentes sustancias ocurrirá algún cambio. Tienen la expectativa de que sucederá algo insólito, no hacen previsión alguna de lo que puede pasar ni se plantean algún problema sobre el cual experimentar, sus acciones son para "ver qué pasa". El cambio que las niñas esperan no implica necesariamente una transformación de las sustancias mezcladas, sino que es el resultado de haberlas puesto juntas y agitado. Las sustancias individualmente pueden o no sufrir alteraciones.

Por otra parte, las niñas consideran que si realizan la mezcla en iguales condiciones obtendrán el mismo resultado. Inicialmente la igualdad de condiciones consiste en mezclar las mismas sustancias en proporciones más o menos semejantes. Sin embargo, el control experimental de la cantidad de sustancia que agregan está basado en lo que ellas consideran como poca o mucha cantidad. Así, cuando Olivia refiriéndose a la mezcla de Erika, dice: "a tí te quedó café porque le echas te mucha anilina café", le basta agregar la cantidad de anilina que ella intuitivamente cree necesaria para considerar que las mezclas quedan iguales.

Durante la experimentación de la primera sesión, las niñas realizan observaciones aisladas relacionadas con los siguientes aspectos:

- 130
- Coloración de la mezcla debido a la disolución parcial o total de un colorante (anilina). Las niñas observan la coloración de la mezcla y relacionan la mayor o menor intensidad del color con la mayor o menor cantidad de anilina que han agregado a la mezcla.
 - Concentración y consistencia de la mezcla. Al inicio de la experimentación, las niñas mezclan alternativamente sólidos y líquidos, es probable que observen los cambios en la consistencia de la mezcla al agregar unos y otros. Olivia expresa: "mira, ya se me está poniendo más aguadita".
 - Solubilidad. Las niñas observan que al meter una cuchara con almidón en aceite, el almidón "sale lo mismo, es que no se moja"; no se preocupan por explicar el fenómeno, limitándose a observarlo y reproducirlo.

Sin embargo, durante la mayoría de las secuencias de acciones que se desarrolla en la primera sesión, las niñas realizan una observación global de lo que sucede al mezclar las sustancias. No diferencian los fenómenos que se presentan, la mezcla forma un todo que se modifica conforme van agregando las diferentes sustancias.

EVOLUCION.

En la siguiente sesión (2a. sesión), Olivia quiere hacer una mezcla igual a la que hizo la semana anterior. Para ello vierte en un recipiente todas las sustancias que recuerda había utilizado. Al no obtener el resultado deseado, Olivia trata de recordar qué otra sustancia utilizó en la mezcla anterior que aún no haya agregado y conforme las va recordando las añade a su mezcla.

La niña continúa con la idea de que al mezclar las mismas sustancias obtendrá mezclas con las mismas características, al no obtener el resultado previsto, señala como causa la posible falta de alguna sustancia que agregó la ocasión anterior y que en ese momento no recuerda. No se cuestiona sobre la cantidad que utilizó de cada una de las sustancias. Tampoco establece una relación entre las características específicas de las sustancias que utilizó en su mezcla y los cambios que en ésta se producen, por ejemplo, la mezcla que realizó en la primera sesión tenía espuma en la superficie, debido al jabón que había agregado. La niña no obtiene esta espuma en la mezcla que hace en la segunda sesión (que ya contiene jabón) y lo atribuye a que falta agregar alguna sustancia que no recuerda "ya no me acuerdo qué más le eché, tal vez alpiste". El experimentador pregunta qué produce la espuma y sugiere agregar más jabón, a pesar de esta insinuación y de la experiencia cotidiana que Olivia seguramente ha tenido con el jabón, la niña no relaciona éste con la formación de espuma en su mezcla. Parece subsistir la idea de que es el conjunto de las sustancias mezcladas lo que produce el efecto total independientemente de las propiedades de cada sustancia. Esto tal vez se deba a que la niña sólo toma en cuenta la acción de agregar sustancias (estado inicial) y el aspecto global de la mezcla (estado final) sin fijarse en el proceso, es decir, en los cambios producidos en las sustancias por sus interacciones mutuas.

Conforme avanza la experimentación, las niñas ejercitan diversas acciones para observar aspectos más particulares de la mezcla: sacan un poco de ésta con la cuchara, la observan y la dejan caer sobre el recipiente que la contiene; revuelven la mezcla observándola con atención; enfocan hacia el recipiente que contiene la mezcla una linterna y observan. Estas acciones permiten que las niñas comiencen a establecer

una relación entre las sustancias específicas y aspectos particulares de la mezcla. Así, Olivia descubre que: "todo el aceite está arriba y la tierra (arena) abajo"; que el almidón "no se moja" cuando se sumerge en aceite; que el resistol "se hizo como nata"; que el fondo del recipiente "se ve blanco abajo".

A partir de este momento y durante toda la tercera sesión Olivia (Erika no asistió) dirige su atención hacia:

- 1) La posición de las diferentes sustancias dentro de la mezcla.
- 2) La apariencia que adquieren algunas sustancias al interior de la mezcla.

Abordaremos estos aspectos por separado:

- 1) En relación al primer punto, la niña inicia su experimentación en esta sesión con las siguientes acciones: en una lata vierte anilina amarilla y aceite, varias veces alternativamente, agitando y observando después de agregar cada sustancia. Después agrega otros sólidos (arena, jabón, anilina) y un líquido (alcohol) agita y observa tan pronto como vierte cada sustancia. Observa atentamente su mezcla y expresa: "todavía el aceite queda arriba"; nuevamente agrega sólidos (arena, azúcar) agita, observa su mezcla a través del fondo del recipiente, saca un poco de mezcla con la cuchara, la observa y dice: "la tierra y todo lo demás se queda abajo y el aceite se queda arriba". Olivia vierte en otro recipiente aceite, le añade arena y sin agitar observa "se quedó arriba (el aceite) hay que moverle"; agita la mezcla y observa: "todavía se quedó arriba".

En esta secuencia de acciones se puede observar la necesidad que tiene la niña, de modificar las condicio-

nes en las que se presenta el fenómeno y corroborar si éste se sigue produciendo. Parece subsistir la idea de que el aceite puede bajar y permanecer en el fondo si se ejerce sobre él alguna acción: empujarlo hacia abajo al verter sobre él alguna substancia o por la acción mecánica de agitar la mezcla.

La niña no busca una explicación porque aún no se plantea la posibilidad de que el fenómeno esté determinado por una ley física que sus acciones no pueden modificar. Cuando es sensible a la contradicción que le plantea la experiencia y observa que en todos los casos y a pesar de sus acciones, el aceite permanece en la superficie de la mezcla, elabora su primera hipótesis interpretativa: "todo lo que echas se va para abajo... porque el aceite es grasoso".

La niña confronta experimentalmente su hipótesis al agregar a su mezcla otras substancias que ella considera más o menos grasosas que el aceite y al observar que lugar ocupan en ésta. Así vierte H_2O_2 previendo que va a quedar abajo del aceite por ser menos grasosa, y vinagre previendo que éste "se va a subir porque es de aceite". La respuesta negativa de la experiencia a su previsión de que el vinagre quedaría arriba del aceite, no provoca un cuestionamiento de su hipótesis, sino que la niña ajusta su interpretación a la experiencia modificando la característica que había dado el vinagre de ser o no grasoso; de esta manera su lectura de la experiencia es que el vinagre "se bajó porque no es de aceite".

Sin embargo, esta hipótesis interpretativa no está aún consolidada y coexiste con la idea anterior (el aceite debe bajar y permanecer en el fondo). Las siguientes

secuencias de acciones muestran cómo Olivia tiene la necesidad de seguir actuando sobre su mezcla para "bajar" el aceite pero a la vez intenta obtener información de sus acciones: agrega a un tubo de ensaye con aceite diferentes sustancias (arena, almidón y resistol) sin agitar observa el lugar que ocupan en relación al aceite. Tapa el tubo, lo inclina lentamente, lo coloca boca abajo, horizontal, boca arriba, inclinado, observa atentamente. Olivia se sorprende que en todos los casos el aceite se coloca en la parte superior de la mezcla "¡ay! ¡ay! se quedó arriba el aceite". Una semana después en la recapitulación inicial de la siguiente sesión (4a. sesión), la niña expresa que el aceite "se subía y lo demás se bajaba"; al preguntar el experimentador qué sucedía cuando volteaba el tubito (boca abajo), Olivia sostiene que el aceite "se bajaba" y ya no volvía a subir. Los demás niños están de acuerdo con ella en que el aceite queda arriba porque es grasoso pero cuando se voltea el tubito, "se cae el aceite" (Jesús) y permanece en el fondo.

Esto es una muestra clara de la fragilidad que aún tiene esta "hipótesis" y de su coexistencia con la idea anterior. La niña deforma las observaciones que había realizado la semana anterior (asimilación deformante) para poder integrar las dos explicaciones: el aceite por ser grasoso siempre queda arriba pero si se ejerce alguna acción que lo haga "bajar" permanecerá en el fondo del recipiente.

La experimentación que Olivia realiza en la primera parte de la cuarta sesión está guiada por el objetivo de "bajar" el aceite al fondo del recipiente. La niña pone en juego procedimientos de resolución de problemas para encontrar la manera de lograrlo. Parte de la idea

de que al calentar la mezcla el aceite baja, "el aceite baja para acá (fondo del tubo) y la tierra sube para acá (parte superior del tubo)". Exp. ¿cómo es que va a bajar el aceite? "No sé, pero voy a ver". Esta hipótesis surge de la observación realizada la sesión anterior cuando calentó su mezcla a sugerencia de Alberto y observó el movimiento de las sustancias. En un tubo de ensaye vierte las mismas sustancias que contenía la mezcla que observó la sesión anterior en el tubo que colocaba en diferentes posiciones (H_2O_2 , aceite, arena, resistol y almidón). Coloca un globo en la boca del tubo y lo calienta, la mezcla hierve, se produce un agujero en el globo permitiendo la salida del vapor, Olivia saca el tubo del fuego y lo observa a través de una lupa. Repite la experiencia con un número mayor de sustancias y expresa: "esto (parte superior de la mezcla) se sube y se baja... "el aceite ya se está subiendo... el aceite que está abajo... ¡ay! nomás con la pintura y con hirviendo se queda abajo". La niña solo observa de la experiencia aquello que resulta positivo para su objetivo, así es capaz de observar que el aceite se revuelve con las demás sustancias cuando la mezcla se calienta, pero no es sensible al hecho de que al dejar reposar el tubo el aceite vuelve a subir, a pesar de que observa atentamente la mezcla. La idea de que el aceite tiene que "bajar" al fondo del recipiente -desde mi punto de vista muy relacionada con el esquema de que los cuerpos o sustancias sólidas o líquidas caen- no permite que la niña sea sensible a la experiencia y observe un hecho que para ella resulta contradictorio.

La niña considera haber tenido éxito en su objetivo y lo atribuye a las nuevas condiciones a las que sometió

esta última mezcla y que no había realizado con las anteriores. De esta manera la pintura que agregó y el hecho de que la mezcla hirviera son los factores que causaron el fenómeno. Esta explicación es mágico-fenomenista pues la niña no establece ningún contacto físico y espacial entre las causas y los efectos producidos.

Es interesante señalar como Erika, quien no asistió a la sesión anterior, se plantea el problema al mismo nivel que Olivia. Cuando observa una mezcla de H_2O_2 , vi nagre y aceite expresa: "el acéite no se puede bajar... no se cae para abajo". La niña no experimenta sobre este problema, dirige su atención hacia otros aspectos de las mezclas.

En la recapitulación final de esta sesión y en la inicial de la siguiente, el experimentador promueve que se discuta sobre las causas de que el aceite quede en la superficie de la mezcla. Alberto y Jesús introducen el peso de las sustancias como factor que determina que se coloquen arriba o abajo en la mezcla. Así, el aceite está arriba porque es menos pesado y el resto de las sustancias se van al fondo porque "se juntan todas y se hizo más pesado". Las niñas aceptan esta explicación, por su parte, Olivia no abandona su hipótesis de que las sustancias grasosas se colocan en la parte superior de la mezcla, aparentemente acepta las dos explicaciones pero no las confronta, ni siente la necesidad de experimentar sobre ellas.

En la quinta sesión Olivia sigue trabajando sobre mezclas pero ya no sobre el problema de la colocación del

aceite en éstas. Esto se puede interpretar como que Olivia ha resuelto la contradicción planteada entre la experiencia (el aceite permanece arriba en la mezcla) y su "hipótesis" inicial (el aceite tiene que "bajar" y permanecer en el fondo) mediante:

- a) la elaboración de una hipótesis interpretativa: el aceite queda arriba porque es grasoso y
- b) la asimilación de la realidad a su representación (asimilación deformante). La niña no observa que el aceite vuelve a colocarse en la superficie después de que la mezcla ha reposado cierto tiempo.

2) Por otra parte, paralelamente a las secuencias de acciones descritas en los párrafos anteriores y durante aquellas que ejercita Olivia junto con Erika y Alberto en la última parte de la cuarta sesión y en la quinta sesión, los niños ponen en juego procedimientos de exploración organizada para observar los cambios que ocurren en sus mezclas: vierten diferentes sustancias, agitan y observan después de agregar cada una de ellas. Sacan las sustancias sólidas de la mezcla y las observan, sacan un poco de mezcla con la cuchara, la observan y la dejan caer dentro del recipiente que la contiene; meten y sacan la cuchara de la mezcla; comparan su mezcla con la de sus compañeros, tapan el tubo de ensaye y lo agitan fuertemente, calientan la mezcla.

A través de estas acciones los niños:

- Relacionan el mayor o menor grado de espesura de la mezcla con la mayor o menor cantidad de líquido que vertieron en ella: "está espeso porque casi no le puse agua".
- Observan algunos de los cambios que se efectuaron en las sustancias al mezclarse: el agua se puso turbia,

se formó espuma, se hicieron bombitas, la anilina no se deshizo, el resistol "pega" al almidón, etc.

- Observan el aspecto general de la mezcla, siempre en comparación a las mezclas de sus compañeros o a mezclas que han realizado anteriormente, "te está quedando como el mío", "el de él no está así y le echamos lo mismo".

Los niños se preocupan en observar los diferentes aspectos que adquieren sus mezclas, no sienten la necesidad de buscar explicaciones, sus acciones van encaminadas a provocar y observar cambios, ya sea al agregar sustancias o al efectuar una acción sobre la mezcla (agitar, calentar, etc).

ANALISIS DE LA EVOLUCION.

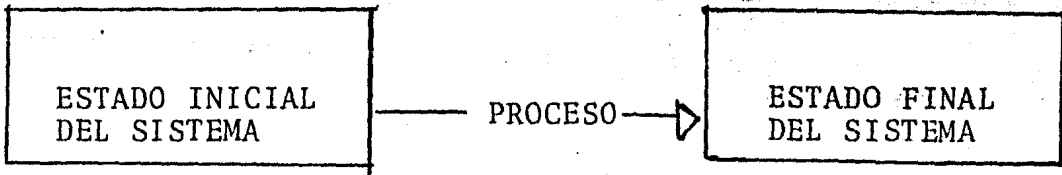
Analicemos ahora la evolución de los niños, tanto desde el punto de vista de la aproximación experimental, como de las representaciones.

a) Representaciones.

Al inicio de la experimentación, los niños se representan la mezcla como un todo, independiente de las sustancias que lo forman y con la propiedad de producir fenómenos poco comunes: explotar, desaparecer frijolitos, producir higaditos, etc.

Conforme las niñas experimentan sus representaciones se van modificando al establecer relaciones entre los fenómenos que observan en sus mezclas y las propiedades de las sustancias que mezclaron.

Para facilitar el análisis de la evolución de dichas representaciones utilizaré el siguiente esquema:



Cualquier substancia posee ciertas propiedades físicas y químicas. Estas pueden modificarse o permanecer invariables cuando la substancia interactúa con otras en una mezcla. Por otra parte, una mezcla forma un sistema que tiene características propias que son resultado de las interacciones de las substancias que la componen.

Lamaré "Estado Inicial" del sistema al conjunto de substancias que serán mezcladas, cada una con sus propiedades respectivas; "Estado Final" al sistema formado por la mezcla de todas las substancias que constituyen el estado inicial y "Proceso" al conjunto de interacciones que se producen entre las substancias y que dan por resultado el estado final del sistema. Las acciones del sujeto sobre el sistema pueden realizarse tanto sobre el estado inicial (por ejemplo: calentar una substancia antes de mezclarla) como sobre el estado final (por ejemplo: agitar la mezcla).

En la evolución de las representaciones de los niños a lo largo de las sesiones de experimentación libre se pueden distinguir tres niveles:

Primer nivel.

En este nivel el objetivo que guía las acciones de los niños es el de producir algún fenómeno insólito al mezclar diferentes substancias, sin importar de qué substancias se trata.

Los niños solo centran su atención en el estado final del sistema. Se representan la mezcla como un todo, independiente de las sustancias que lo forman y con la propiedad de producir fenómenos poco comunes: explotar, desaparecer frijoles, producir higaditos o gusanos, etc.

Esta representación podemos situarla dentro de una causalidad mágico-fenomenista: Fenomenista porque cualquier conjunto de sustancias puede producir cualquier cosa y mágica porque no se establece una relación entre las sustancias que conforman la mezcla con sus interacciones mutuas y los fenómenos producidos. Los niños no establecen ninguna relación entre el estado final y el estado inicial del sistema y mucho menos toman en cuenta el proceso que ocurre entre estos dos estados. De esta manera los fenómenos que ocurren en la mezcla (miscibilidad, solubilidad, formación de emulsiones, formación de diferentes fases, etc.) no son percibidos por los niños y el resultado final obtenido solo es producto de la acción de poner las sustancias juntas.

Segundo nivel.

Conforme los niños experimentan y comienzan a relacionar el aspecto de su mezcla con el conjunto de sustancias que agregaron, se plantean el objetivo de obtener mezclas iguales a las de sus compañeros o a las que realizaron anteriormente. Los niños tienen la "hipótesis" de que al mezclar las mismas sustancias obtendrán mezclas con iguales características. No obtienen el resultado deseado y explican su fracaso señalando que falta de agregar alguna sustancia.

La necesidad de obtener mezclas con características idénticas y la explicación que dan a su fracaso, parece indicar que los niños comienzan a tomar en cuenta, aunque de manera

global, el estado inicial del sistema y no sólo el estado final como sucede en el primer nivel. Si bien en un principio no relacionan aspectos de la mezcla (color, olor, consistencia, formación de espuma, etc.) con determinadas sustancias, sí relacionan la apariencia global de ésta o algunos de sus aspectos particulares con el conjunto de sustancias mezcladas, si falta alguna no se obtiene el mismo resultado.

En el intento por lograr su objetivo los niños elaboran mezclas y las comparan permanentemente entre sí. Esto permite que su observación se dirija más sistemáticamente hacia aspectos particulares de la mezcla y que los niños comiencen a establecer relaciones entre éstos aspectos y sustancias específicas, por ejemplo: el resistol "se hizo como nata". De esta manera, la meta de obtener mezclas iguales va siendo desplazada por el objetivo de observar los cambios que sufren algunas sustancias en la mezcla. Así, cada vez más sistemáticamente los niños establecen una relación entre los cambios que observan en la mezcla y las sustancias involucradas en ellas, sin embargo, los niños no buscan explicaciones de estos cambios, les basta con saber de qué sustancias se trata.

Este establecimiento de relaciones entre el estado final y el estado inicial del sistema, permite que la representación de la mezcla como un todo independiente de las sustancias que la forman comience a modificarse, abriendo posibilidades a un progreso cognitivo. Sin embargo, los niños aún no toman en cuenta el proceso que lleva de un estado a otro, lo que resulta un obstáculo para el avance de sus representaciones.

Tercer nivel.

Este nivel está muy cercano al anterior, los niños sólo toman en cuenta los estados inicial y final del sistema dejan

do a un lado el proceso que lleva de uno a otro.

Sin embargo, este nivel se puede caracterizar por el inicio de una especificación de las propiedades del sistema tanto en el estado inicial como en el final.

Veamos el caso de la colocación del aceite en la mezcla.

Durante la segunda sesión, la experimentación de Olivia ha sido guiada por los objetivos que hemos señalado para el segundo nivel. A partir del momento en que la niña observa la colocación del aceite en la mezcla y fracasa en sus intentos por modificar esta situación y provocar que el aceite baje al fondo del recipiente, tiene que elaborar una hipótesis interpretativa (el aceite se queda arriba porque es grasoso) que le permita resolver la contradicción entre su representación y la experiencia*.

Si analizamos este proceso vemos que Olivia parte de la observación del estado final del sistema y lo describe en términos de la colocación de las sustancias en la mezcla. De esta manera establece una relación entre el estado inicial (cada una de las sustancias que fueron mezcladas) y el estado final (colocación de cada sustancia en la mezcla). Cuando la niña tiene que elaborar una explicación para resolver la contradicción que le plantea la experiencia, la relación que ha establecido entre los dos estados resulta insuficiente y es necesario que se especifiquen más las propiedades del

* Como ya se mencionó anteriormente, esta hipótesis aún no está consolidada y solo funciona para el caso particular en que el aceite al mezclarse queda en la parte superior de la mezcla y no se ejerce acción sobre él para provocar que "baje".

estado inicial. Así la niña atribuye al aceite la propiedad de ser grasoso y convierte esto en la causa de que quede arriba en la mezcla. Este hecho permite, por una parte, que Olivia clasifique las sustancias que forman el estado inicial del sistema de acuerdo con la propiedad de ser o no grasosas. Por otra parte y como consecuencia de lo anterior, permite también preveer la colocación de las sustancias en la mezcla, por ejemplo, la niña piensa que el agua oxigenada no es grasosa y prevee que se colocará abajo mientras que el vinagre es grasoso y se colocará arriba. Al confrontar sus previsiones con la experiencia y observar que ambas sustancias quedan abajo del aceite, la niña modifica su idea con respecto al vinagre ("se bajo porque no es grasoso") y la reafirma con relación al agua oxigenada. De esta manera, el estado inicial no sólo está formado por un conjunto de sustancias sino que éstas tienen propiedades que permiten relacionarlas entre sí y que influyen en los resultados obtenidos en la mezcla.

Este proceso posibilita que las propiedades de los estados inicial y final del sistema se vayan especificando cada vez más.

Ahora bien, los niños de este grado escolar evolucionan rápidamente del primer al segundo nivel y permanecen en este último durante casi toda su experimentación. Sólo en aquellos casos donde se produce una contradicción entre la experiencia y alguna representación de los niños, que los obliga a elaborar una hipótesis interpretativa basada en alguna propiedad específica de las sustancias, los niños evolucionan al tercer nivel. Una vez que los niños resolvieron la contradicción para ese caso particular, retoman los objetivos del segundo nivel y continúan estableciendo relaciones entre los cambios observados en su mezcla y las sustancias que agregan sin buscar explicaciones del por qué del cambio.

B) Aproximación experimental.

Al analizar la aproximación experimental se encontró que los niños ponen en juego diferentes tipos de procedimientos experimentales. Utilizan uno u otro, dependiendo del objetivo que se estén planteando y de las representaciones que tienen de los contenidos implicados en el fenómeno que abordan. En este grado se pudieron distinguir los siguientes:

- Procedimientos de exploración global. Los niños ponen en juego este tipo de procedimientos al inicio de su experimentación, cuando su objetivo es producir algún fenómeno fuera de lo común al mezclar las sustancias.
- Procedimientos de exploración organizada. Los niños se inician en este tipo de procedimientos cuando después de elaborar su mezcla y compararla con la de sus compañeros, se plantean el objetivo de obtener mezclas iguales. Conforme los niños experimentan sus procedimientos evolucionan al diversificar sus acciones para observar más fina y sistemáticamente aspectos particulares de la mezcla y algunos cambios en sustancias específicas. Así, agitan la mezcla y observan después de agregar cada sustancia; sacan mezcla con una cuchara y la dejan caer nuevamente; con una lupa y una linterna observan atentamente; comparan sus mezclas, tapan el tubo de ensaye y lo agitan; calientan la mezcla; etc.
- Procedimientos de resolución de problemas. A partir del momento en que Olivia se enfrenta al hecho de que el aceite permanece en la parte superior de la mezcla, pone en juego este tipo de procedimientos para encontrar los medios de provocar que el aceite baje al fondo del recipiente.

Es muy interesante observar como, dependiendo de que la niña considere haber logrado o no su objetivo, su aproximación experimental desemboca bien en una búsqueda de la explicación del problema o bien en el abandono del mismo. Veamos:

- Cuando la niña después de haber ejercitado una serie de acciones y estrategias para provocar que el aceite "baje" al fondo del recipiente, considera que ha fracasado y elabora la hipótesis de que el aceite es grasoso y por eso permanece arriba, implementa procedimientos de experimentación que tienden a la verificación de los factores en juego, así, agrega vinagre y H_2O_2 para comprobar si quedan arriba o abajo del aceite y corroborar si sus previsiones son correctas.
- Cuando la niña asimila la experiencia a sus representaciones y considera que el aceite permanece en el fondo del recipiente al agregar pintura a la mezcla y hervirla, abandona el problema pues considera haber encontrado la solución.

CONCLUSION PARA EL TERCER GRADO.

De lo expresado en este análisis, se puede concluir que los niños del grupo de tercer grado evolucionaron tanto en el aspecto nocional como en su aproximación experimental.

En lo que se refiere al nivel nocional los niños:

- a) Superaron su representación inicial al empezar a tomar en cuenta el estado inicial del sistema. Así, la idea de la mezcla como un todo independiente de las sustancias que la forman y con la característica de producir fenómenos insólitos fue abandonada.

- b) Relacionaron aspectos particulares de las mezclas con las sustancias específicas que agregaron, estableciendo una relación más sistemática entre el estado inicial y final del sistema y .
- c) Elaboraron para algunos casos particulares, hipótesis interpretativas basadas en propiedades de las sustancias, lo que permitió empezar a especificar las propiedades del estado inicial y final del sistema.

En cuanto a las conductas experimentales los niños evolucionaron de los procedimientos de exploración global, con los que iniciaron su experimentación, a procedimientos de exploración organizada que desembocaron en casos particulares, en procedimientos de resolución de problemas que, aunque de manera puntual, tendieron a una búsqueda de la explicación del problema y a la verificación de uno de los factores en juego.

CUARTO GRADO.

Contenidos científicos implicados en el fenómeno: Solubilidad, Miscibilidad, Densidad, Formación de emulsiones.

Sesiones: 2a., 3a., 4a. y 5a.

Niños participantes: Brenda, Nohemí, Isabel, Juan Carlos, David y José Luis. Trabajan en grupos o por parejas.

PUNTO DE PARTIDA.

a) Aproximación experimental.

En la segunda sesión, Brenda e Isabel, quieren "hacer un color" a partir de anilina café (sólido). Colocan un trozo de anilina dentro de un tubo de ensaye, calientan agua en una lata y cuando consideran que está suficientemente caliente (con un termómetro intentan medir la temperatura del agua) introducen el tubo en la lata, observan y le agregan dos cucharadas de agua, observan y abandonan el experimento expresando, "no nos salió".

Las niñas ponen en juego procedimientos de exploración organizada para lograr un objetivo preciso, al no tener éxito abandonan el problema.

Es de hacer notar que las niñas sin razón aparente, realizan una cuantificación elemental de la temperatura del agua que utilizan para calentar el tubo (intentando primero utilizar el termómetro, para después hacerlo perceptivamente al no saber como funciona) y de la cantidad de agua que vierten en él.

b) Representación inicial.

Las niñas quieren hacer un color, tienen la idea de que el agua adquirirá el color de la anilina y atribuyen al hecho de calentar las sustancias antes de mezclarlas algún efecto sobre el fenómeno. Al no obtener el resultado deseado (la anilina se disuelve muy lentamente y esto no es observado por las niñas), abandonan la experiencia sin intentar buscar alguna explicación.

EVOLUCION.

Durante el tiempo que los niños experimentan sobre aspectos relacionados con las mezclas abordan los siguientes problemas: a) Combustión de mezclas; b) Formación de fases y emulsiones; c) Algunos efectos del calor sobre las mezclas. Se verá cada uno por separado dirigiendo el análisis hacia las representaciones que los niños tienen sobre las mezclas, dejando a un lado aquellas relacionadas con la combustión, el calor y el movimiento.

a) Combustión de mezclas.

En la tercera sesión las niñas expresan claramente lo que desean hacer: ver qué pasa al mezclar alcohol, almidón y aceite y acercarle un cerillo encendido. Realizan las acciones necesarias para lograr su objetivo y al observar que la mezcla se enciende se proponen repetir la experiencia pero agregando otras sustancias. De esta manera, elaboran otra mezcla vertiendo dos sustancias más, le prenden fuego, observan y apagan. Repiten estas acciones dos veces más pero substituyendo las dos sustancias agregadas a la segunda mezcla por otras. En total las mezclas que realizaron fueron:

Mezcla 1: alcohol, almidón y aceite

Mezcla 2: alcohol, almidón, aceite, maíz y agua.

Mezcla 3: alcohol, almidón, aceite, garbanzos, jabón y anilina azul

Mezcla 4: alcohol, almidón, aceite, arena, cebada y tierra.

Es importante señalar que las niñas controlan de cierta manera las cantidades de sustancia que agregan midiendo con una cuchara los sólidos (2 cucharadas de cada sustancia) o poniéndose de acuerdo entre ellas, de la cantidad de líquidos que deben vertir en el recipiente.

Las niñas trabajan coordinadamente, sin embargo, los objetivos que se plantean y la lectura que hacen de la experiencia, parecen indicar que las representaciones que tienen sobre el fenómeno son diferentes. Isabel y Brenda quieren ver "qué va a pasar... si va a explotar o qué". Se representan la mezcla como un todo, independiente de las sustancias que la forman y le atribuyen la propiedad de producir fenómenos extraordinarios. Parece subsistir la idea (como en el nivel uno de tercer grado) de que es el conjunto de las sustancias mezcladas lo que produce el efecto independientemente de las propiedades de cada sustancia. A pesar de haber observado que la mezcla uno se prendió, no prevén lo que sucederá en las siguientes mezclas; ante la insistencia del experimentador para que expresen lo que puede pasar, Brenda dice "me parece que no (encenderá)" e Isabel "¡ay!, quién sabe. . Las niñas consideran que es la mezcla (estado final del sistema) la que tiene la propiedad de producir el fuego, no establecen una relación con las sustancias que la componen (estado inicial) lo que les impide hacer una previsión de lo que sucederá con las otras mezclas.

Por su parte Nohemí piensa que el alcohol y el aceite, por sí mismos, tienen la propiedad de prenderse con el fuego. Esto le permite preveer lo que sucederá con aquellas mezclas que contienen estas sustancias y plantearse el problema a otro nivel: ver qué sucede con otras sustancias.

Nohemí establece una relación entre la mezcla y las sustancias que la forman; la propiedad de la mezcla de producir fuego es resultado de que contenga sustancias que en lo individual poseen esta propiedad.

Sin embargo, la niña no abandona por completo la representación de que es el conjunto de sustancias mezcladas lo que produce el efecto independientemente de las propiedades de cada sustancia. Esto se deja ver en la organización de sus acciones: las mezclas que elaboran siempre contienen alcohol, almidón y aceite, sustancias que formaban la mezcla uno, con la que originalmente tuvo éxito: y en la lectura de la experiencia: Nohemí observa que prendió más la mezcla con mayor número de sustancias. De esta manera el objetivo de ver qué sucede con otras sustancias, no consiste en investigar si las sustancias en lo particular tienen la propiedad de encenderse con el fuego, sino que consiste en ver el efecto que la mezcla como un todo tiene al aumentar el número de sustancias que la componen.

Otro posible indicador de que ambas representaciones coexisten, es la necesidad de la niña de agregar almidón a todas las mezclas, a pesar de no atribuirle la propiedad de ser combustible.

Posiblemente considera que la propiedad de prenderse de la mezcla es resultado de que estas tres sustancias estén presentes en ella, independientemente de las propiedades de cada una.

Como se observa en lo expresado anteriormente, a pesar de que las niñas realizan la misma experiencia se plantean objetivos diferentes. Mientras Isabel y Brenda modifican las condiciones para ver si el fenómeno se produce, Nohemí está segura de que éste se producirá y quiere ver si el fuego es más intenso al aumentar el número de sustancias. En la recapitulación final de la sesión, ante las intervenciones del experimentador y su insistencia de que las niñas expresen qué sustancias creen responsables de la producción del fuego, Brenda señala que el alcohol y el aceite juntos, Isabel que el alcohol pero con otras cosas y Nohemí que el aceite y el alcohol. Las dos primeras niñas lo atribuyen a la mezcla mientras que Nohemí a las sustancias en lo individual.

En la quinta sesión Isabel y Nohemí hacen una mezcla con aceite, almidón y alcohol. Los objetivos de las niñas son diferentes: Isabel quiere ver si con mucho alcohol "prende más" y Nohemí sólo quiere obtener fuego para calentar otra lata que contiene maíz y aceite. Al parecer Isabel ha empezado a relacionar la propiedad de encenderse de la mezcla con el alcohol. La forma de confrontarlo con la experiencia no es probando si el alcohol aislado prende, sino agregando más alcohol a la mezcla y ver si el fuego es más intenso. Esto parece indicar que la hipótesis anterior no ha sido abandonada, la niña tiene la necesidad de mezclar el alcohol con las otras sustancias. Una vez hecha la mezcla con bastante alcohol, Nohemí quita un poco de éste, vertiéndolo en otra lata*. Deciden encender ambas latas y observar cuál "prende

* Esto es posible porque el alcohol queda en la parte superior de la mezcla. Parece que Isabel no se da cuenta de que solo pasa el alcohol, sólo ve que es más alcohol.

más". Las niñas leen la experiencia de forma diferente, para Isabel la lata que produjo un fuego más intenso es la que contenía más alcohol, mientras que para Nohemí la que contenía más substancias. A pesar de que el experimentador señala la contradicción, las niñas quedan conformes y no tienen la necesidad de confrontar sus observaciones.

Resulta interesante ver que para las niñas es suficiente el hecho de colocar las manos sobre las latas encendidas para determinar cuál de los dos fuegos es más intenso. Cada niña asimila la experiencia a sus representaciones por lo que la lectura que realizan de los hechos es diferente. Al no confrontar sus puntos de vista no les causa problema, que su compañera observe lo contrario.

Las niñas no vuelven a trabajar sobre esta problemática ni en lo que resta de la quinta sesión ni en la sexta.

b) Formación de fases y emulsiones.

En la cuarta sesión, Isabel, Brenda y Nohemí, quieren hacer una mezcla con alcohol, agua oxigenada, pegamento y alpiste, para después calentarla y "ver qué pasa", las niñas tienen interés en observar como se consume la mezcla al calentarla. Vierten en un botecito estas substancias y lo agitan, al observar la mezcla dentro del bote, por azar, descubren que se formaron "bolitas" (resistol). Vierten la mezcla a un tubo de ensaye que contiene alcohol y agua oxigenada, cuidando que la "bolita" no pase al tubo, la "bolita" cae dentro del tubo, las niñas intentan sacarla. Recuerdan que falta agregar resistol, lo hacen y se sorprenden de que se formen nuevamente "bolitas": "otra vez, otra vez se hizo". Agitan el tubo y lo calientan.

El fenómeno producido llama la atención de las niñas. Ellas abandonan momentáneamente su objetivo inicial y dirigen su observación hacia él. Las niñas detectan la "bolita" después de un rato de haber elaborado la mezcla, no relacionan inicialmente este hecho con ninguna de las sustancias que mezclaron. Parece ser que su preocupación es conocer qué sustancia conforma la bolita, no se plantean el por qué ésta se forma. En el momento de agregar el resistol y observar como se produce la "bolita" ("el resistol mira" "otra vez se hizo") se dan por satisfechas y retoman el objetivo inicial.

En esta misma sesión, David y Juan Carlos, al mezclar en un tubo de ensaye, vinagre y aceite, descubren que el vinagre queda abajo y el aceite arriba. Después de observar la mezcla con mucha atención, agregan agua oxigenada, vuelven a observar, agitan, observan y calientan la mezcla. Sacan el tubo del fuego, observan y vuelven a colocar el tubo sobre el fuego, repiten estas dos últimas acciones varias veces.

Desde el momento en que los niños mezclan el aceite y el vinagre observan la formación de dos fases. Este hecho atrae su atención, los niños examinan detenidamente su mezcla y centran su observación principalmente, en una de las sustancias: "el vinagre sigue abajo", "pero abajo nada más hay vinagre", "no le pasó nada al vinagre". A pregunta expresa del experimentador los niños relacionan cada una de las fases que observan con cada una de las sustancias que mezclaron. Sin embargo, hacen una lectura incorrecta de la experiencia, ellos ven tres fases: "el vinagre abajo... el aceite arriba y el agua oxigenada arriba del aceite", cuando en realidad solo son dos, pues el vinagre y el agua oxigenada forman una sola fase. Los niños realizan una asimilación deformante, por una parte no observan, a pesar de ver

detenidamente la mezcla, que al agregar el agua oxigenada aumenta la cantidad de líquido en la fase que se encuentra en la parte inferior del tubo y por otra creen ver otra fase en la parte superior, que en realidad no existe. Estos hechos parecen indicar que los niños no consideran la posibilidad de que los líquidos sean miscibles y puedan formar una sola fase, debido probablemente a que no toman en cuenta el proceso que ocurre, es decir, las interacciones que se dan entre las sustancias y sólo dirigen su atención hacia el estado final de la mezcla.

Cuando agitan el tubo y lo colocan sobre el fuego, se produce una emulsión. Los niños observan atentamente su mezcla y dirigen su atención hacia este fenómeno, dejando a un lado el problema de la formación de fases.

Las "hipótesis" que los niños tienen sobre el fenómeno son diferentes. David piensa que las "bolitas" se forman con aceite y agua oxigenada mientras que detrás de las secuencias de acciones que realiza Juan Carlos, parece subsistir la idea de que el número y la cantidad de sustancias mezcladas influye en la producción del fenómeno. Los niños trabajan juntos, las primeras secuencias de acciones están guiadas por el objetivo de "ver si se forman "bolitas" con agua oxigenada y aceite" y las siguientes por el de "ver si se forman bolitas con otras cosas". Así, vierten aceite y agua oxigenada en un tubo de ensaye, lo agitan y observan: "mira ya se hicieron bolitas". Los niños han disociado de entre las sustancias que habían mezclado originalmente aquellas que consideran responsables de la producción de "bolitas" y las mezclan para comprobar si el fenómeno se produce. Podríamos decir que los niños ponen en juego procedimientos que tienden a ser de verificación, pues si bien las secuencias de acciones no tienen un alto índice de con-

tinuidad, ni sus conductas de investigación responden a una planificación, si están orientadas hacia la puesta a prueba de uno de los factores que intervienen en el fenómeno. Una vez que los niños han comprobado la formación de "bolitas" en la mezcla aceite-agua oxigenada, agregan anilina roja y calientan el tubo de ensaye, después colocan un globo en la boca del tubo y dirigen su atención hacia la problemática relacionada con el inflamiento del globo.

En la quinta sesión, Juan Carlos retoma el problema, (David participa pero sólo como colaborador) en un tubo de ensaye vierte agua oxigenada y aceite, controla con mucho cuidado las cantidades que agrega, observa atentamente el tubo, lo inclina en diversas posiciones y señala "se está haciendo una bolita", nuevamente agrega agua oxigenada y aceite, observa atentamente. Después agrega anilinas de diferentes colores observa y calienta el tubo.

El niño ya conoce las sustancias que producen las "bolitas", ahora investiga si las cantidades que se mezclan de dichas sustancias influyen en el fenómeno. Así, controla que las cantidades que mezcla de las dos sustancias sean las mismas. Una vez que se han formado las bolitas agrega un poco más de ambas sustancias. El niño no observa ningún cambio significativo y agrega varias anilinas de diferentes colores. Parece ser que detrás de las secuencias de acciones descritas están presentes dos ideas: a) la cantidad que se mezcle de las sustancias responsables de la producción del fenómeno influye en el efecto producido y b) un número mayor de sustancias mezcladas produce un efecto mayor.

El niño no tiene éxito en sus acciones: no se produce ningún cambio importante en la formación de fases o de la emulsión al agregar los colorantes. Sin embargo, Juan Car-

los no cuestiona sus "hipótesis" dirige su observación hacia el aspecto global de la mezcla "mira como quedó", calienta el tubo de ensaye y centra su atención en el movimiento y evaporación de la mezcla: "empezó a subir y se va yendo el agua".

La presencia de la "hipótesis" (b) antes mencionada se ve más claramente en las secuencias de acciones que se describen en el inciso siguiente.

c) Algunos efectos del calor sobre las mezclas.

En la quinta sesión, después de realizar la última experiencia descrita en el inciso anterior, Juan Carlos elabora otra mezcla con el objetivo de observar el movimiento de las sustancias al calentar la mezcla, en particular el movimiento de un pedazo de algodón que ha introducido en el tubo de ensaye. Las sustancias que el niño utiliza para hacer su mezcla son: anilinas roja y morada, alcohol, aceite, jabón, cebada, agua oxigenada, almidón y algodón. Una vez mezcladas las sustancias en el tubo de ensaye, lo coloca sobre el fuego y observa. Durante la cuarta y quinta sesiones, el niño ha elaborado tres mezclas y las ha calentado para observar diferentes efectos del calor sobre ellas. En resumen estas mezclas son:

Mezcla 1: agua oxigenada, aceite y anilina roja

Mezcla 2: agua oxigenada, aceite, anilinas roja, naranja y morada.

Mezcla 3: agua oxigenada, aceite, anilinas roja y morada, alcohol, jabón, cebada, almidón y algodón.

Como se puede observar, el niño aumenta en cada mezcla el número de sustancias. Esto parece indicar que el niño

atribuye a este factor alguna influencia en el efecto producido, a pesar de que el efecto que el niño observa en cada caso es diferente: mezcla 1: inflamamiento del globo colocado en la boca del tubo; Mezcla 2: movimiento de las sustancias y evaporación de éstas; Mezcla 3: movimiento del algodón.

En la sexta sesión, Juan Carlos escoge como única experiencia a realizar, hacer una mezcla como "el otro día que le echamos de todos los colores y agua oxigenada, aceite y vinagre* y la pusimos a calentar... pero le vamos a poner un globo para que se infle y ver si vuelve a tronar". Así el niño vierte en un tubo de ensaye las sustancias que recuerda había empleado en la mezcla 2, coloca un globo en la boca del tubo y lo calienta hasta que el globo se infla y revienta. De esta manera, el niño utiliza un número mayor de sustancias que en la mezcla 1, para ver se se produce el mismo efecto. Es evidente la necesidad que tiene el niño de mezclar un número mayor de sustancias y volver a producir el fenómeno. Sin embargo, no queda claro cómo el niño evalúa si el efecto producido es mayor o menor en un caso que en otro, parece ser que le basta con observar que el efecto se produce.

Por otra parte, cuando el niño centra su atención en el número de sustancias, no controla la cantidad que utiliza de cada una de ellas. Es posible que el niño no pueda controlar, al mismo tiempo, los dos factores.

* El niño tiene un mal recuerdo, él no utilizó vinagre fueron sus compañeros.

ANALISIS DE LA EVOLUCION.

Analicemos ahora la evolución de los niños tando desde el punto de vista de las representaciones como de la aproximación experimental.

a) Representaciones.

Una característica importante de la forma como los niños de este grado abordan los problemas relacionados con las mezclas, es que dirigen su experimentación a producir diferentes efectos con ellas: fuego, movimiento, inflamamiento de un globo, formación de bolitas*. Solo en el caso de la formación de fases y parcialmente en el de formación de emulsiones, los niños centran su atención en los fenómenos que se presentan en la mezcla en sí misma.

Primer nivel.

En este nivel los niños atribuyen a la mezcla la propiedad de producir diversos efectos cuando se actúa sobre ella (prenderle fuego con un cerillo, calentarla, agitarla). Parece subsistir la idea de que es el conjunto de sustancias mezcladas lo que causa el efecto independientemente de las propiedades de cada sustancia. De esta manera no se esta-

* La formación de emulsiones aunque es un fenómeno que se produce por la interacción de las sustancias en la mezcla, los niños inicialmente lo conciben como un efecto que es producto del conjunto de sustancias mezcladas.

blece ninguna relación entre el efecto producido y alguna o algunas propiedades de las sustancias que conforman la mezcla. Sin embargo para los niños es importante saber qué sustancias mezclaron, pues consideran que para reproducir el fenómeno es necesario utilizar las mismas sustancias. Es en esta medida que los niños establecen la relación entre el estado inicial y el efecto producido.

Por otra parte, los niños tienen la "hipótesis" de que con un mayor número de sustancias mezcladas se obtiene un efecto mayor. Esta "hipótesis cuantitativa" concuerda con la representación descrita en el párrafo anterior, pues los niños no se fijan en las propiedades de las sustancias sino en su número. No importa qué sustancias se mezclen sino cuántas se mezclan. El poder de producir el fenómeno está en el conjunto y éste no tiene relación con las sustancias en lo particular, sino con todas ellas, por el solo hecho de estar juntas.

Segundo nivel.

Conforme los niños experimentan comienzan a relacionar el efecto producido con alguna o algunas sustancias en particular. Así, el alcohol y el aceite son los que originan el fuego, el aceite y el agua oxigenada producen las "bolicitas". De esta manera el estado inicial se va definiendo y ya no solo está formado por un conjunto de sustancias sino que éstas tienen propiedades que influyen en el efecto producido (estado final). Con este establecimiento de relaciones entre el estado inicial y el final, la representación de la mezcla como un todo independiente de las sustancias que la forman comienza a modificarse y se abren posibilidades a un progreso cognitivo.

Es a partir del momento en que los niños atribuyen a alguna substancia en particular la propiedad de producir o de intervenir en el fenómeno que empiezan a tomar en cuenta la cantidad de substancia que mezclan como un factor que influye de alguna manera en éste fenómeno. Así, Isabel piensa que a mayor cantidad de alcohol más intenso es el fuego y Juan Carlos piensa que la cantidad de agua oxigenada y aceite que mezcla influye de alguna manera en la formación de las "bolitas". Los niños organizan su experimentación para investigar sobre estos aspectos.

Ahora bien, los niños de este grado permanecen en el primer nivel durante casi toda su experimentación, solo evolucionan al segundo nivel en casos aislados como son: la formación de la emulsión en la mezcla agua oxigenada - aceite y la experimentación que realiza Isabel sobre la intensidad del fuego producido al agregar más alcohol a la mezcla. Es posible que ésto se deba a que el interés de los niños se centra principalmente en el efecto producido (combustión, movimiento de las substancias con el calor, inflamamiento del globo, evaporación, etc.) y a que en las recapitulaciones, la discusión versa también sobre estos aspectos dejando a un lado la problemática que representa la mezcla en sí misma.

Por otra parte, desde el inicio de su experimentación los niños tienen la necesidad de cuantificar los factores que ellos consideran importantes para el fenómeno que investigan, por ejemplo la temperatura del agua, el número de substancias o la cantidad de éstas que utilizan. Esto podría explicarse por la existencia de una representación global de que la cantidad influye de alguna manera en la producción de los fenómenos y que por lo tanto hay que fijarse en este aspecto.

b) Aproximación experimental.

Al analizar la aproximación experimental a lo largo de las sesiones de trabajo se encontró que, dependiendo del objetivo que guía las acciones de los niños y del nivel de elaboración nocional de los contenidos implicados en el fenómeno que abordan, es el tipo de procedimientos experimentales que los niños utilizan. De esta manera, se distinguieron los siguientes:

- Procedimientos de exploración global.

Los niños ponen en juego este tipo de procedimientos cuando, al inicio de su experimentación, quieren alcanzar un objetivo preciso: colorear el agua con la anilina. Realizan las acciones que consideran necesarias para lograr su propósito y al fracasar en su intento abandonan la experiencia.

- Procedimientos de exploración organizada.

Los niños ejercitan este tipo de procedimientos cuando quieren "ver qué pasa" al realizar alguna acción sobre la mezcla para producir un efecto. Inicialmente los niños pueden tener una idea más o menos clara de lo que va a suceder, como en el caso de la combustión de mezclas, en donde el objetivo que guiaba las acciones de las niñas era ver si "prendía" o no la mezcla. O bien, realizar las acciones sin una idea precisa con el objetivo único de ver lo que sucede, como es el caso de la elaboración de la mezcla, donde observan por primera vez la formación de la emulsión. Conforme los niños experimentan sus procedimientos evolucionan: Hay cierta planeación de sus acciones, un afinamiento de su observación y una diversificación de sus acciones y estrategias ya sea para modificar las condiciones en las que se produce el fenómeno o para producir otros efectos.

- Procedimientos que tienden a la verificación.

Cuando los niños relacionan una o más substancias con la producción del fenómeno y realizan una serie de acciones para "comprobar" si esta relación es "correcta" ponen en juego procedimientos de experimentación que tienden a ser de verificación. Los he llamado así porque, si bien las conductas experimentales y las secuencias de acciones de los niños no tienen todas las características de los procedimientos de verificación, si están orientadas hacia la puesta a prueba de uno de los factores que intervienen o que los niños consideran que intervienen en el fenómeno.

En la experimentación de los niños se observaron tres momentos con estas características:

- a) Durante la investigación de las niñas sobre la combustión de mezclas, Isabel tiene la "hipótesis" de que a mayor cantidad de alcohol mayor intensidad del fuego, la niña hace una mezcla con una cantidad de alcohol mayor a las que había realizado anteriormente, vierte un poco de esta mezcla en otra lata y enciende ambas. Para saber cuál es el fuego más intenso coloca una mano sobre cada lata.
- b) Durante la investigación de los niños sobre formación de emulsiones, después de haber observado la formación de las "bolitas" en la mezcla agua oxigenada, aceite y vinagre, David elabora la "hipótesis" de que es el agua oxigenada y el aceite las substancias responsables del fenómeno. Los niños mezclan ambas substancias para "comprobar" si lo que piensan es correcto.

c) Durante la investigación de los niños sobre algunos efectos del calor sobre las mezclas, Juan Carlos tiene la "hipótesis" de que un número mayor de sustancias produce un efecto mayor. En la sexta sesión intenta "comprobar" si su idea es correcta, elabora una mezcla con un número mayor de sustancias con respecto a la que había realizado la sesión anterior, la somete al mismo tratamiento experimental y observa si se produce el mismo efecto.

Como vemos las secuencias de acciones no son largas, ni tienen un alto índice de continuidad, se trata de secuencias de acciones cortas, casi se puede decir que puntuales. Tampoco responden a un plan predeterminado sino a una idea intuitiva de verificación. Sin embargo, se puede considerar como una puesta a prueba de las "hipótesis" que los niños han elaborado.

Por otra parte, habría que señalar que si bien los niños tienen cierto control sobre las condiciones en las que quieren producir el fenómeno, por ejemplo, número de sustancias que mezclan o cantidad de alcohol que utilizan, no implementan algún mecanismo aceptable para evaluar si el efecto obtenido es menor, igual o mayor que el producido en otras condiciones. Sin embargo, los niños concluyen que lo que piensan es correcto sin que este hecho les preocupe.

CONCLUSIONES PARA EL CUARTO GRADO.

De lo expresado en este análisis se puede concluir que los niños de este grado evolucionaron tanto en el aspecto no cional como en su aproximación experimental.

En lo que se refiere al nivel nocional fue poco el avance logrado. Esto probablemente se deba a que el interés de los niños y la orientación que el experimentador dió a las discusiones en las recapitulaciones de cada sesión se dirigieron hacia los efectos producidos con las mezclas, así, los niños centraron su atención en la evaporación, en por qué se infla el globo o se mueven las sustancias con el calor etc. dejando a un lado los problemas específicos de las mezclas.

En cuanto a la aproximación experimental los niños evolucionaron de los procedimientos de exploración global con los que iniciaron su experimentación, a procedimientos de exploración organizada que desembocaron en casos particulares en procedimientos que tienden a ser de verificación.

QUINTO GRADO.

Contenidos científicos implicados en el fenómeno: Solubilidad, composición interna de los cuerpos.

Sesiones: 2a., 4a. y 5a.

Niños participantes: Mario, Maricela, Angela y Oscar. Trabajan individualmente y por parejas.

PUNTO DE PARTIDA.

a) Aproximación experimental.

Angela, Maricela y Mario inician su experimentación haciendo mezclas de anilina y agua, los niños se plantean diferentes objetivos: Mario quiere a partir de dos colores, "hacer otro color", en un tubo de ensaye vierte agua, anilina café y anilina morada, agita y observa. Maricela quiere "ver cómo se ve" el agua cuando agrega anilina café, vierte agua en un frasco gotero, le añade la anilina, agita el frasco, saca el gotero (contiene mezcla) y lo observa atentamente, repite estas acciones varias veces. Angela quiere "ver cómo se ve un cordel dentro de un frasco que tiene agua y anilina". Vierte agua en un frasco, le agrega anilina azul y mete dentro un cordel. Los niños ponen en juego procedimientos de exploración organizada para alcanzar su objetivo, una vez que han tenido éxito en sus acciones abandonan la experiencia.

b) Representación inicial.

Los niños parten de la idea de que el agua y el cordel adquirirán el color de la anilina. Establecen desde un prin

cipio la relación entre el efecto obtenido en la mezcla (estado final del sistema) y las sustancias mezcladas (estado inicial). Sin embargo, no toman en cuenta el proceso que lleva de un estado a otro. La explicación del fenómeno se reduce a señalar a la anilina como causante de la coloración del agua y del cordel. En cuanto a la obtención de un nuevo color a partir de otros dos, con la información que se tiene no es posible conocer qué representación tienen los niños del fenómeno.

EVOLUCION.

En la cuarta sesión Mario y Oscar realizan varias acciones para observar el alcohol que han vertido en un tubo de ensaye (lo huelen, lo agitan, se mojan los dedos con él, etc.). Deciden calentar el alcohol, una vez caliente le agregan pedacitos de plastilina "para ver qué pasa, para ver si se derrite". Los niños observan atentamente lo que sucede en el tubo, "ya se derritió la plastilina... el azul (color del pedazo de plastilina) se ve más clarito... parece arena". Los niños vierten el alcohol (con algo de plastilina disuelta) en otro tubo de ensaye y observan los restos de plastilina que quedaron en el fondo del primer tubo.

En la recapitulación final Oscar expresa "un cacho un poco grande de plastilina, como del tamaño redondo, y la pusimos a calentar y luego hirvió el alcohol y cuando ya se empezaba a subir el alcohol lo dejamos y la pusimos aquí y se enfrió y vimos que este, que la plastilina se había hecho muy chiquita."

Los niños realizan la experiencia para "ver qué pasa". Inicialmente dirigen su atención hacia las propiedades

físicas del alcohol: lo huelen, lo observan, lo tocan, lo agitan. Sus acciones no están dirigidas por un objetivo específico previamente definido, las ideas sobre que hacer van surgiendo conforme actúan. Así, Mario propone calentar el alcohol y Oscar agregarle pedacitos de plastilina. Los niños no tienen una idea precisa de lo que va a suceder, piensan que puede explotar y que la plastilina se va a derretir sin embargo, están abiertos y atentos a lo que pueda pasar.

Durante su experimentación los niños centran su atención en los cambios que sufren las sustancias mezcladas, por ejemplo, el movimiento del alcohol, el aspecto que adquiere la plastilina y su cambio de color y de tamaño.

En la recapitulación final los niños explican que la plastilina disminuye de tamaño porque se deshace en el alcohol caliente.

En esta misma sesión, Angela después de realizar un experimento sobre la combustión, calienta agua en una lata, no tiene un objetivo bien delimitado, busca qué agregar en el agua cuando esté hirviendo, "para ver qué pasa". Encuentra garbanzos y sal, los vierte en la lata y observa.

Cuando el experimentador pregunta: "¿Dónde está la sal?" Angela expresa: "quien sabe... se ha de haber disuelto... se desaparece". El experimentador pregunta: "¿estará ahí" y Angela responde: "sí ha de estar pero revuelta con el agua". Los niños explican la disolución con base en propiedades macroscópicas de las sustancias, así, la sal y la plastilina tienen la propiedad de "deshacerse" en el agua o en el alcohol.

Es importante señalar que los niños empiezan a centrar su atención en el proceso que ocurre para que el pedazo ori-

ginal de plastilina (estado inicial) disminuya de tamaño (estado final), o para que los granos de sal (estado inicial) estén revueltos en el agua (estado final). En la explicación que los niños dan de este proceso, sólo la plastilina y la sal juegan un papel activo, los disolventes: alcohol y agua son el medio donde se produce el fenómeno.

En la recapitulación final de esta sesión y en la inicial de la siguiente, el experimentador promueve una discusión sobre ambas experiencias estableciendo una comparación entre ellas. A continuación se resumen los diálogos más significativos:

Exp: "¿Y qué pasó con la sal?"

Angela: "Pues ya no estaba la sal"

Exp: "¿Qué habrá pasado con la sal?"

Mario: "Por lo mismo que estaba caliente el agua... se deshizo la sal"

Exp: "¿Estaría la sal en el agua o ya desapareció?"

Oscar: "Estaría en el agua"

Exp: "¿Y cómo pasa? ¿qué les pasa a las cosas cuando se disuelven como la plastilina o la sal?"

Oscar: "Es como si la estuviéramos moviendo, es como cuando hacen agua que le mueven cuando le echan azúcar, le mueven y se disuelve... pero todavía existe el azúcar, nada más está distribuída así en el agua... se disuelve, no se si se llamen células o que... pero se disuelven, todavía existen en el agua pero muy chiquitos... cuando le echamos todavía se ven en el fondo del agua, le empezamos a mover y se desbaratan, no las podemos ver porque se disuelven".

El experimentador les pregunta acerca de la composición de otros materiales, como el papel. Oscar dice que están formados "por cositas muy pequeñas que no podemos ver ni con la lupa de más aumento".

Angela y Maricela no están seguras de que sea cierto lo que dice Oscar, pero tampoco lo contradicen.

Oscar piensa que las moléculas que forman las cosas son como esferas, diferentes según el material y con las mismas propiedades de éste, por ejemplo las moléculas de plástico son más duras que las del papel, porque "el papel lo podemos desgarrar y el plástico no".

La explicación que Oscar da al fenómeno está basada en un modelo corpuscular semimicroscópico de la materia. Parece ser que el niño se representa la disolución como la división de la sustancia en pequeñas partículas y la distribución de éstas en el líquido. Esta división es producto de la acción de mover la mezcla, el niño no atribuye ningún papel activo al líquido. Por su parte, Mario piensa que la causa de que la sal y la plastilina se "deshicieran" es porque los líquidos estaban calientes, es probable que Mario tenga la idea de que con el calor, la sal y la plastilina se "derriten" volviéndose como agua. Esta misma idea de que la sustancia sólida al disolverse se funde, se observa también en la explicación que da Angela al fenómeno sobre el que investiga, durante su experimentación en la quinta sesión:

La niña quiere ver cómo se pone un pedazo de tortilla o de naranja cuando lo pone en un recipiente con agua y anilina. Vierte agua y anilina naranja en un tubo de ensaye, observa, agita, agrega almidón, observa, agita, pone un poco de mezcla sobre la tortilla, vierte la mezcla en una lata, echa dentro el pedazo de tortilla y lo mueve dentro de la mezcla. Durante la experimentación Angela da una explicación muy global del fenómeno, "se puso amarilla por la anilina... está como anaranjada, y la tortilla se pintó. Es en la recapitulación final donde se profundiza un poco más en la explicación del fenómeno. A continuación se reseñan algunos de los diálogos más significativos.

Exp: ¿Por qué será que se puso anaranjada?

Angela: Pues, porque la anilina se disolvió en agua y luego la metí al botecito (la tortilla) y se pintó.

Exp: Pero lo que yo no entiendo es cómo fué que la anilina que estaba disuelta en el agua se pasó a la tortilla.

Angela: La anilina ya parecía como agua y la deje y se mojó la tortilla, por eso.

Exp: ¿Y por qué se pintó la tortilla?

Angela: Porque la anilina ya estaba disuelta en el agua... por que está en la tortilla.

Exp: ¿Y por qué no vemos el polvito?

Angela: Pues porque está disuelto en el agua y la tortilla está mojada.

Angela explica sin utilizar un modelo corpuscular de la materia como la anilina está en la tortilla, para ella, la anilina se disolvió en el agua haciéndose líquida, "parecía como agua", al poner en contacto la tortilla con la mezcla, tanto el agua como la anilina mojan la tortilla, adquiriendo ésta el color de la anilina.

El experimentador recuerda a los niños la explicación que Oscar dió a la disolución del azúcar y de la plastilina y les pregunta que sucede con las pequeñas partículas de anilina cuando se mete la tortilla en la mezcla. A pesar de las insinuaciones del experimentador, ni Oscar ni los otros niños utilizan el modelo corpuscular para explicar la coloración de la tortilla. Si bien el niño acepta que la anilina puede dividirse en partículas muy pequeñas cuando se mezcla con un líquido, tiene dificultades para aplicar este modelo cuando el medio dispersante es un sólido (tortilla).

ANALISIS DE LA EVOLUCION

Analicemos ahora la evolución de los niños tanto desde el punto de vista de las representaciones como de la aproximación experimental.

a) Representaciones

Antes de entrar al análisis de la evolución de las representaciones de los niños, quisiera señalar algunas características generales de la forma en que ellos abordaron los problemas relacionados con las mezclas. A diferencia de los grados anteriores, los niños de este grado no tienen la necesidad de mezclar todas o la mayor parte de las sustancias que tienen a su disposición. La mayoría de las mezclas que realizan son binarias. Esto probablemente se deba a que la representación de la mezcla como un todo, independiente de las sustancias que la forman y con la propiedad de producir fenómenos insólitos, que tienen inicialmente los niños de tercero y cuarto grado, ha sido superada por los niños de quinto grado.

Por otra parte, el número de experimentos que los niños realizaron sobre esta temática fué reducido. Estos permitieron que los niños se plantearán el problema de la disolución pero fué la reflexión y puesta en común de los diferentes puntos de vista durante las recapitulaciones en las diferentes sesiones, lo que propició la evolución en el nivel de representación de los niños.

Ahora bien, en esta evolución se pueden distinguir dos niveles:

Primer nivel

Desde el inicio de su experimentación, los niños establecen una relación entre los efectos producidos en la mezcla y las sustancias que mezclaron, ya sea que prevean el resultado como en el caso de la coloración del agua con la anilina o ya sea que dirijan su atención hacia los cambios que dichas sustancias sufren como en el caso de la plastilina.

Sin embargo, los niños no se plantean el problema de la disolución, su atención la dirigen hacia los estados inicial y final sin tomar en cuenta el proceso que ocurre entre ambos. De esta manera, son las sustancias en sí mismas las que tienen la propiedad de producir el efecto observado sin que las otras sustancias con las que están mezcladas jueguen algún papel en el fenómeno. La anilina tiene la propiedad de colorear el agua y la plastilina de deshacerse con el calor.

Segundo Nivel

Este nivel se caracteriza porque los niños centran su atención en el proceso que ocurre durante la disolución de una sustancia sólida. En las explicaciones que dan los niños parecen subsistir dos representaciones; 1) La sustancia sólida se funde volviéndose como agua y 2) la sustancia sólida se divide en partículas muy pequeñas que se distribuyen en el líquido. Esta división es producto de la acción de agitar la mezcla.

En ambas representaciones el disolvente no desempeña ninguna función, sólo es el medio físico donde las partí

culas se dispersan o donde la sustancia ya fundida se revuelve.

Ahora bien, al inicio de su experimentación los niños sólo dirigen su atención hacia los estados inicial y final, sus representaciones se pueden ubicar en el primer nivel. Cuando después de haber observado la disminución de tamaño de la plastilina, discuten sobre este fenómeno con sus compañeros y con el experimentador y lo relacionan con la disolución de la sal en agua, comienzan a tomar en cuenta el proceso que ocurre en la disolución de ambas sustancias. Esto permite que los niños evolucionen en su nivel de representación (segundo nivel) y elaboren explicaciones sobre las transformaciones que sufren las sustancias al disolver se. Incluso, uno de los niños explica esta transformación con base en un modelo corpuscular de la materia.

b) Aproximación Experimental

Al analizar la aproximación experimental que los niños utilizan a lo largo de las sesiones de trabajo, se encuentra que los niños ponen en juego durante toda su experimentación sobre la temática de mezclas, procedimientos de exploración organizada.

Sin embargo, se observa una diferencia significativa en las acciones que los niños realizan, dependiendo del objetivo que se plantean. Así, si el objetivo es colorear el agua o el cordel con la anilina, los niños realizan unicamente las acciones necesarias para lograr dichos objetivos y su observación se reduce a ver si obtuvieron o no el resultado deseado. Pero si su objetivo es "ver que pasa" con las sustancias que mezclaron, sus acciones y estrategias

se diversifican y su observación se vuelve más detallada y precisa, por ejemplo, los niños observan de diversas maneras el alcohol, lo calientan, le agregan pedazos de plastilina, separan el líquido de los restos de plastilina y observan ambos por separado, observan la disminución de tamaño del pedazo de plastilina, etc.

CONCLUSIONES PARA EL QUINTO GRADO

De lo que se ha expresado en las páginas anteriores, se puede concluir que los niños de quinto grado evolucionaron tanto en su nivel nocional como en su aproximación experimental.

Al final de las sesiones de experimentación los niños no sólo establecen una relación entre el efecto producido en la mezcla (estado final) y las sustancias mezcladas (estado inicial) sino que dirigen su atención hacia el proceso que ocurre entre ambos estados y elaboran explicaciones de cómo ocurre esta transformación. Los niños llegan a utilizar un modelo corpuscular de la materia para explicar el fenómeno de la disolución.

En cuanto a la aproximación experimental el progreso se manifiesta no en los procedimientos en juego, sino en la diversificación de sus acciones y estrategias y en el afinamiento de su observación.

SEXTO GRADO

Contenidos científicos implicados: Solubilidad, Miscibilidad, Densidad.

Sesiones: 1a., 2a., 3a., 4a., y 6a.

Niños participantes: Alberto y Juan Carlos. Trabajan en pareja.

PUNTO DE PARTIDA.

a) Aproximación experimental.

Al inicio de su experimentación, los niños quieren "Ver qué sucede cuando disolvemos ingredientes con ingredientes". En tubos de ensaye cada uno de los niños mezcla diferentes sustancias. Las mezclas que realizaron fueron:

Mezcla 1 (Juan Carlos): Anilina amarilla y roja, almidón, vinagre, alcohol y sal.

Mezcla 2 (Alberto): Vinagre, almidón y alcohol.

Mezcla 3 (Alberto): Anilina amarilla, vinagre, sal, aceite y almidón.

Mezcla 4 (Juan Carlos): Sal, anilina amarilla, almidón, alcohol y aceite.

Los niños agitan y observan sus tubos de ensaye cuando terminan de agregar las sustancias. Vierten en un vaso de precipitados que contiene 20 mililitros de alcohol el contenido de los cuatro tubos y nuevamente agregan sustancias en éste (vinagre, almidón, aceite, y alpiste), agitan la mezcla y la observan después de que agregan cada sustancia, luego la observan con una lupa.

b) Representación inicial.

Los niños parten de la idea de que al mezclar diferentes sustancias se va a producir algún fenómeno, sin embargo, no hacen previsión alguna de lo que puede suceder.

Inicialmente no establecen ninguna relación entre el fenómeno que creen va a ocurrir y las propiedades de las sustancias que quieren mezclar. Esto parece indicar que los niños atribuyen la producción del fenómeno a la mezcla, representándosela como un todo independiente de las sustancias que la forman.

Al inicio de sus acciones los niños no tienen un objetivo preciso, incluso después de haber realizado las mezclas uno y dos Juan Carlos expresa: "¿Para qué lo hacemos?". Es ante las preguntas del experimentador que los niños se ven presionados a explicitar más sus ideas. Así, Alberto hace una primera clasificación de las sustancias que utiliza en comestibles y químicas y explica que en la mezcla 2 puso de los dos tipos de sustancias mientras que en la mezcla 3 utilizó únicamente comestibles. Es interesante observar que Alberto establece una primera relación entre los estados inicial y final y empieza a definir las propiedades del primero, no con base en los efectos obtenidos en la mezcla (estado final) sino previa a la producción del fenómeno y esperando que los efectos que se produzcan en cada mezcla sean diferentes. Este establecimiento de relaciones permite que la representación de la mezcla como un todo independiente de las sustancias que la forman, comience a modificarse. Con base en la clasificación que hace Alberto de las sustancias, caracteriza a las mezclas que elabora, es decir, el hecho de que la mezcla 2 contenga sustancias comestibles y químicas le da propiedades diferentes a las de la mezcla 3 que sólo

contiene sustancias comestibles, pero es la mezcla en su conjunto, la que producirá un efecto diferente. De esta manera, el niño no establece un contacto físico y espacial entre las sustancias mezcladas y el fenómeno producido. Es la mezcla cuyas características están determinadas por las sustancias que la componen, la que tiene una vinculación directa con el efecto.

Si bien Alberto establece una relación entre las sustancias que utiliza (estado inicial) y la mezcla, aún está presente la representación inicial de que es el conjunto de sustancias mezcladas lo que produce el efecto total independientemente de las propiedades de cada sustancia.

Los niños agitan, observan y comparan sus tubos pero no expresan sus observaciones. Después de mezclar las sustancias comestibles y químicas en un vaso de precipitado que contiene alcohol y observarlo, los niños solamente resaltan el olor a alcohol de la mezcla, Alberto expresa: "es que huele más a alcohol que a los otros ingredientes que le echamos... tal vez el alcohol es más fuerte y al revolverlo con los otros ingredientes, como el alcohol es muy fuerte, los otros ingredientes no funcionaron".

Los niños realizan una observación global de la mezcla, no establecen relaciones entre las sustancias que agregan y los cambios que se producen. La única observación en este sentido es el olor a alcohol que tiene la mezcla, para explicar lo que establece la relación entre el efecto producido (olor) y una sustancia en particular (el alcohol) y atribuye a ésta la propiedad de ser más fuerte que el resto de las sustancias. En este caso, la relación que establece el niño parte del efecto observado (estado final) y permite defi-

nir las propiedades del estado inicial al atribuir al alcohol una propiedad determinada y compararlo, con base en ésta, al resto de las sustancias. De esta manera el estado inicial no sólo es un conjunto de sustancias sino que éstas tienen propiedades que permiten compararlas entre sí.

Los niños dirigen su atención hacia los estados inicial y final pero no toman en cuenta el proceso que lleva de un estado a otro.

En la mezcla se presentan fenómenos de solubilidad (por ejemplo, anilina en alcohol), de miscibilidad (por ejemplo, vinagre y alcohol) de no solubilidad (por ejemplo, almidón y alcohol), y de no miscibilidad (por ejemplo, aceite y alcohol), que no son observados por los niños.

EVOLUCION

En el curso de la sesión donde se inicia la experimentación, después de que han observado la mezcla en el vaso de precipitado, deciden calentar un poco de ésta en un tubo de ensaye, Juan Carlos vierte mezcla del vaso de precipitado al tubo y le agregan un poco de aceite. Colocan el tubo de ensaye sobre la flama del mechero, observa, quita el tubo del fuego, observa, agita y agrega sal a la mezcla. A partir de este momento y durante bastante tiempo, los niños ponen y quitan el tubo del fuego observando siempre lo que sucede en el interior de éste. Mediante estas acciones descubren que al calentar la mezcla se revuelven to

das las sustancias y cuando se quita el tubo del fuego y se deja reposar unos momentos, el aceite se separa colocándose en la parte superior de la mezcla mientras que otras sustancias se van al fondo del tubo. También observan la formación de "bolitas brillantes" cuando las sustancias están mezcladas. "Porque cuando quitamos (el tubo del fuego) se vuelve a poner en su lugar y al calentarse empieza el aceite otra vez a revolverse con todos... y luego vemos como brillantitos, pero al enfriarse vuelve el aceite a su lugar... se van subiendo los ingredientes, se están revolviendo con el aceite pero vemos que unos se quedan abajo... que los ingredientes se están quedando abajo y el aceite es lo único que sube... o sea que unos se suben y otros se regresan para abajo, pero unos siempre están abajo y el aceite es el único que sube".

Los niños describen lo que observan, centran su atención en dos tipos de sustancias, aquéllas que se colocan en la parte superior de la mezcla (aceite) y aquéllas que se van al fondo del tubo (almidón, sal y anilinas que no se han disuelto totalmente), no se cuestiona sobre lo que sucedió con el resto de las sustancias (vinagre, alcohol y anilinas disueltas). Cuando el experimentador llama su atención sobre este punto y pregunta qué otras sustancias líquidas habían mezclado, los niños señalan el tubo de ensaye (en dos lugares diferentes) y dicen, "ahí están, aquí está el vinagre y aquí el alcohol". Es evidente que los niños no se plantean la posibilidad de que el vinagre y el alcohol se mezclen y formen una sola fase. Esto les lleva a hacer una lectura incorrecta de la experiencia (asimilación deformante).

En la Recapitulación final discuten sobre varios aspectos que observaron en la mezcla. En cuanto a la formación de bolitas, los niños piensan que son de almidón y aceite, el aceite forma la bolita y el almidón esta dentro de ella.

En relación a la coloración del alcohol, los niños piensan que la anilina está en el fondo del tubo y que sólo transmite su color al alcohol, "el color nada más se lo pasó al alcohol y se quedó el polvito, se quedó abajo". Los niños en ningún momento de la discusión piensan en la posibilidad de que la anilina u otra sustancia se encuentre disuelta en los líquidos.

Al analizar las secuencias de acciones descritas y las explicaciones que los niños dan a los fenómenos, se observa que éstos relacionan más sistemáticamente los cambios que detectan en sus mezclas con las sustancias que mezclaron. Parece ser que la representación de la mezcla como un todo independiente de las sustancias que la forman es abandonada. Los niños señalan las sustancias que consideran están involucradas en cada uno de los cambios que observan. Así, el aceite y el almidón son las sustancias que forman las "bolitas" la anilina se va al fondo del tubo mientras que el aceite queda en la parte superior. Los niños hacen una descripción detallada del estado final de la mezcla, pero cuando centran su atención en el movimiento de las sustancias al calentar el tubo de ensaye, por la misma naturaleza del fenómeno empiezan a tomar en cuenta el proceso que ocurre. Los niños describen el fenómeno con base en un modelo macroscópico, las sustancias "se revuelven" al calentar la mezcla y toman diferentes posiciones en el tubo al enfriarse. Este "revolverse" no implica ninguna transformación física de las sustancias, éstas conservan su aspecto original, sólo consiste en el cambio de las posiciones relativas de las sustancias en el tubo de ensaye. Esta representación lleva a los niños a dirigir su atención hacia aquellas sustancias que visiblemente modifican su posición: Sustancias sólidas no disueltas (sal, almidón y anilina) y el aceite. Las sustancias sólidas disueltas (anilinas) y los líquidos misci

bles no son tomados en cuenta por los niños cuando hacen la descripción de su observación. Sólo cuando el experimentador llama la atención al respecto los niños recuerdan que habían agregado estas sustancias, pero no aceptan que las tres formen una mezcla homogénea, lo que implicaría una transformación física de ellas y la necesidad de utilizar un modelo microscópico para explicar el fenómeno.

En la recapitulación inicial de la siguiente sesión, los niños centran la discusión en la formación de "bolitas", tienen varias hipótesis sobre las sustancias que influyen en este fenómeno. Juan Carlos piensa que son el aceite y el vinagre mientras que Alberto piensa que son el almidón y el aceite. Para confrontar sus hipótesis con la experiencia, proponen "poner el aceite en un frasco y el almidón en otro y revolver parte por parte para ver qué es lo que produjo, si el aceite con almidón no resulta con otra cosa para ver qué es lo que las produce".

Esta proposición nos indica que los niños o bien tienen la hipótesis de que sólo una de las sustancias combinada con el aceite es la causante de formar las bolitas o bien, que en su aproximación experimental al encontrar un caso positivo es suficiente para probar que esa sustancia es la causante del fenómeno y eliminar el resto.

En tubos de ensaye mezclan el aceite con almidón (tubo uno), y con vinagre (tubo dos). Agitan sus tubos y observan que la mezcla almidón-aceite no produce "bolitas", Alberto expresa "estamos viendo que el almidón no ocasiona nada, simplemente se bajó". Al probar con vinagre-aceite y observar la formación de bolitas, dan por resuelta la problemática y se ponen a escribir. Es el experimentador quien sugiere pro-

bar qué sucede con el alcohol, Alberto retoma la proposición: mezcla en otro tubo (tubo tres) alcohol y aceite, y encuentra que también se forman bolitas. Los niños calientan los tubos dos y tres, y observan el movimiento de las sustancias y la formación de emulsiones en ambos.

Durante esta parte de su experimentación los niños seleccionan uno de los fenómenos que observaron en sus mezclas en la sesión anterior, y organizan sus acciones con un objetivo preciso: ver qué sustancias producen las "bolitas". En el planteamiento que los niños hacen del problema (ver que produce el fenómeno) dirigen su atención hacia los estados inicial y final sin tomar en cuenta el proceso (cómo y/o por qué se produce el fenómeno).

Los niños encuentran que las "bolitas" se producen con las mezclas aceite-vinagre y aceite-alcohol y no en la mezcla almidón- aceite. Alberto tenía la "hipótesis" de que el almidón participaba en la producción del fenómeno debido probablemente a que vió, en su mezcla anterior, que las "bolitas" eran de color blanco. El niño confronta su hipótesis con la experiencia y obtiene un resultado negativo. Esto no lo hace abandonar por completo su "hipótesis", el niño elabora una nueva explicación que integra los resultados obtenidos en el fenómeno. De esta manera, Alberto establece y explica cual fue el papel que jugó el almidón:

"con el vinagre que fué lo que se quedó abajo hizo que el almidón se veía con las bolitas blancas, porque el almidón estaba abajo y vemos que el aceite se quedó abajo y el alcohol subió, pero al calentarse lo que brilló era el aceite con el alcohol".

En la elaboración de esta explicación, Alberto modifica

los datos observados durante su experimentación de la primera sesión*. A pesar de haber expresado en las discusiones anteriores a esta experiencia que el aceite quedaba en la parte superior de la mezcla y que cuando ésta se calentaba o se agitaba, el aceite se revolvía con las otras sustancias para luego regresar a su lugar, ahora considera que el alcohol y no el aceite era la sustancia que quedaba en la parte superior de la mezcla.

Alberto confronta su explicación con la experiencia, para ello propone: "sólo dejar que se vuelvan (el alcohol y el aceite que están revueltos) y luego vamos a echar el almidón para ver cómo el almidón se va quedando abajo y luego el aceite con el vinagre, para ver si se hacen bolitas y se ven blancas con el almidón que esta abajo...y el alcohol y el aceite al último porque el alcohol es lo que quedaba arriba es lo que nada más se movía y se hacían puras bolitas". Vierte en un vaso de precipitado el contenido de los tres tubos, observa, agita, observa y deja reposar la mezcla, observa y expresa, "está igual que la otra vez, nada más sin colorantes... nada más necesitamos esperar y ver cómo está como la otra vez, ya sabemos lo que produjo las bolitas, de abajo fué el aceite con el vinagre y lo que produjo al calentarse el brillantito fué el alcohol, porque se calentaba con el aceite".

(*) El alcohol y el vinagre forman una sola fase y dependiendo de las cantidades relativas de estas sustancias, que se hayan agregado, esta mezcla puede resultar más o menos densa que el aceite. En el caso de la mezcla realizada por los niños en la primera sesión era más densa que el aceite y por lo tanto, éste quedaba en la parte superior del tubo.

Alberto diferencia las "holitas" formadas por vinagre-aceite de los brillantitos formados por alcohol-aceite, no relaciona ambos hechos, ni se plantea que puedan tener una causa común. Cuando Alberto mezcla el contenido de los tres tubos, (aceite-almidón; aceite-vinagre; aceite-alcohol), realiza una lectura falsa de la experiencia, él considera que hay tres fases: el vinagre al fondo del tubo, el aceite y finalmente el alcohol. Así, cuando se calienta o se agita el vinagre y el aceite forman las bolitas que se ven blancas por el almidón que también se ha ido al fondo y el alcohol y el aceite se revuelven y forman los brillantitos en la parte superior de la mezcla.

Esta asimilación deformante que hace Alberto probablemente se deba a la representación que tiene del fenómeno; si las sustancias al "revolverse" sólo cambian su posición relativa para después de algunos momentos volver a su lugar, necesariamente deben existir tres fases pues se han vertido tres líquidos en el tubo. Así, en la mezcla aceite-vinagre-alcohol, cada líquido formará una fase. El niño no se plantea la posibilidad de que dos líquidos formen una sola fase por lo que no es sensible a la experiencia y observa tres fases cuando en realidad sólo hay dos.

Los niños no conciben que los fenómenos observados sean resultado de la interacción de las sustancias. Por ejemplo, la precipitación del almidón en la mezcla. Los niños la explican como la característica de éste de quedarse en el fondo del tubo y no como una relación entre ambas sustancias; la formación de las "bolitas" es producto de las mezclas aceite-vinagre y aceite-alcohol, de estas mezclas en su conjunto como un todo, no de la interacción entre las dos sustancias. Los niños no establecen una relación fi

sica y espacial entre las "holitas" y las sustancias que las producen, éstas son resultado de la mezcla por que ella tiene la propiedad de producirlas.

Alberto utilizando un modelo macroscópico describe el papel que juegan cada una de las sustancias que mezcló la sesión anterior. Sin embargo, aún no siente la necesidad de buscar una explicación más general a los fenómenos que ha observado.

Por otra parte con respecto a la formación de fases, los niños no se preocupan por el orden de la colocación de los líquidos en las diferentes mezclas, el hecho de que el aceite este abajo en la mezcla alcohol-aceite y arriba en la mezcla vinagre-aceite les pasa inadvertido.

El experimentador llama la atención de los niños sobre estos hechos y discute con ellos las posibles causas de este fenómeno. A continuación se reseñan los diálogos más significativos.

Exp.: "¿por qué el alcohol esta arriba y el aceite abajo y en la otra (mezcla) el vinagre abajo y el aceite arriba?"

Alberto: "Por qué el vinagre yo creo que es más fuerte... así como más grasa de lo que se pega abajo, de lo que se queda más abajo"

Exp: Propone a los niños palpar ambos líquidos. Los niños lo hacen.

Alberto: "Si, el vinagre es como más agua y se bajó, como si echamos un vaso de agua hasta la mitad y le echamos aceite, el aceite queda arriba y abajo queda el agua"

Exp: Propone que lo haga en un tubo de ensaye. Alberto lo hace y observa que el aceite queda arriba.

Exp: "Fíjense en éste tiene agua y aceite, el agua se queda abajo y el aceite arriba. En éste vinagre y aceite, el vinagre se queda aba

jo y el aceite arriba y en este otro aceite y alcohol. El alcohol se queda arriba y el aceite queda abajo".

Alberto: "Vemos que el alcohol como que tiene más ácidos... por eso es que el aceite se queda abajo".

Exp: Pero el vinagre también tiene bastantes ácidos.

Alberto: Pero como que es más agua. (Comparan la textura del vinagre y del aceite palpándolos).

J.C. : "está como más seco"

Alberto: "es más grasoso el aceite" (observan detenidamente las mezclas y el aceite y el vinagre en sus envases respectivos.)

Alberto: "No es el mismo líquido, el otro ha de tener otras cosas diferentes, tiene otros ingredientes... que produjo que se fuera para abajo y el otro tiene otros ingredientes que al mezclarse se subió... También yo me di cuenta que todo lo que está aquí mezclado es comestible y el alcohol no... y por que el alcohol no es comestible y el aceite sí se queda abajo y lo que no es comestible arriba... y aquí estamos viendo que los dos son comestibles (vinagre-aceite) pero el vinagre como que es más aguado, más como agua y por eso se bajó...y cuando lo tenemos aquí (agua-aceite) es mas aguado el agua y el aceite es más..."

J.C.: "es más espeso"

Alberto: "y por eso se quedó arriba"

Exp.: ¿Pero que es a lo que llaman grasoso?

Alberto: "Resbaloso y además este... más espeso"

Exp.: "lo que no entiendo es... cuando son comestibles porque es espeso, el aceite se queda arriba y el agua y el vinagre abajo porque son aguados, pero cuando no son comestibles y se trata de otros productos que tú les dices químicos ya no funciona esta explicación sino es en función de

que es químico y comestible, entonces el aceite queda abajo. ¿Qué tal si fuera cognac que es comestible pero que contiene alcohol ?"

Alberto: " Tendríamos que hacer la prueba...o con agua oxigenada"

EXP.: "¿Cómo crees que quedaría con agua oxigenada ?"

ALBERTO: " El agua tendría que quedar arriba porque es comestible, porque esa agua es como alcohol"

Como se puede observar, los niños explican el fenómeno en función de algunas propiedades de las sustancias. Apelan a cualidades ya conocidas (el aceite es grasoso), observan y comparan el aspecto físico (textura, consistencia) o retoman la clasificación que inicialmente Alberto había establecido (comestible o químico).

Los niños no tenían una explicación previa del fenómeno sino que la van construyendo conforme se da la discusión entre ellos y con el experimentador. Las propiedades que los niños utilizan no les permiten explicar todos los casos, de tal manera que los niños aplican una u otra dependiendo de la situación particular de que se trate. Así, para el caso de la mezcla alcohol-aceite utilizan la cualidad de ser químico o comestible. Atribuyen a las sustancias no comestibles la propiedad de quedar en la parte superior de la mezcla. Para el caso de dos sustancias comestibles, al no poder aplicar la explicación anterior, apelan a la cualidad de ser aguado o espeso: las sustancias "aguadas" quedan en el fondo del tubo.

Los niños establecen desde el principio la relación entre cada una de las fases que observan en sus mezclas (estado final) y cada una de las sustancias que mezclaron (estado inicial). Cuando se enfrentan al problema de que el aceite ocupa diferentes posiciones dependiendo de la sustancia con la que se mezcle, la relación que han establecido resulta insuficiente para explicar la nueva situación y es necesario que se especifiquen más las propiedades del estado inicial.

Así, los niños apelan a ciertas propiedades de las sustancias y las convierten en causas de que éstas queden en la parte superior o inferior de la mezcla. Esto permite que los niños clasifiquen las sustancias de acuerdo a estas propiedades y puedan preveer y formular "hipótesis", sobre cuál será la posición relativa de determinada sustancia al mezclarse.

Sin embargo, como se puede observar los niños no toman en cuenta el proceso que ocurre lo que impide que basen sus explicaciones en las interacciones de las sustancias.

En la tercera sesión Alberto se propone confrontar su "hipótesis" de que el agua oxigenada al mezclarse con el aceite - queda arriba. Vierte en un tubo de ensaye agua oxigenada y aceite, agita, observa, deja reposar la mezcla y expresa: " Abajo - está el agua oxigenada... no ha de tener muchos ingredientes - químicos... como el alcohol". El experimentador introduce el factor peso como una posible causa del fenómeno. Alberto no lo contradice pero continúa manejando sus "hipótesis". Ante la insistencia del experimentador Alberto considera que es necesario pesarlos. Así, en una balanza de dos brazos los niños comparan las mismas cantidades de vinagre y aceite (controlan con mucho cuidado que el volumen que pesan de ambos líquidos sea el mismo) y encuentran que el vinagre es mas pesado. El experimentador sugiere nuevamente que el peso podría ser la causa del fenómeno que al igual que el vinagre el agua y el agua oxigenada son más pesadas que el aceite y por eso quedan abajo. Alberto no rechaza esta explicación pero tampoco abandona la suya, integra ambas: " pesa más el vinagre igual que el agua oxigenada por eso quedan abajo... pero como no ha de tener muchos productos químicos como el alcohol, por eso se queda abajo". Para probar que su explicación es cierta, el niño se propone "ver si el agua oxigenada queda abajo con el alcohol".

En las secuencias de acciones descritas y en la discusión que el niño sostiene con el experimentador se puede observar como, ante la respuesta negativa de la experiencia a su "hipótesis" (el agua oxigenada queda abajo del aceite) el niño no cuestiona

su explicación de que las sustancias químicas quedan en la parte superior de la mezcla, sino modifica su idea sobre el agua oxigenada ("no ha de tener muchos productos químicos") y tiene la necesidad de compararla con el alcohol pues considera que éste si tiene los productos químicos necesarios para quedar arriba. De tal manera que si el agua oxigenada queda abajo del alcohol el niño comprobaría que su "hipótesis" de lo químico y lo comestible es cierta.

Vierte en un tubo de ensaye agua oxigenada y alcohol observa y expresa: " no se ve cuál es el agua oxigenada... es la que está abajo porque el alcohol es el de las bolitas y ya se está empezando a subir". Parece ser que la lectura de la experiencia que realiza el niño está determinada, además de por su "hipótesis", por la representación de que las sustancias al mezclarse no sufren una transformación física, sino que conserva su estado original. Por lo tanto el niño no se plantea la posibilidad de que los dos líquidos formen una fase homogénea y confunde las burbujas de gas (tal vez oxígeno que suelta el agua oxigenada) con las bolitas que se producen en la mezcla alcohol-aceite.

Para poder distinguir los dos líquidos, los niños proponen colorear el agua oxigenada con anilina. En un tubo de ensaye vierten agua oxigenada y agregan anilina, una vez disuelta ésta añaden el alcohol formándose una sola fase. Los niños observan su mezcla y Alberto expresa: " Se pintaron los dos pero sabemos que el alcohol está arriba, es el que está más pintado... el alcohol es más químico, el agua oxigenada se queda abajo, es más pesada y el alcohol es más químico". El experimentador cuestiona nuevamente la interpretación basada en las cualidades de ser químico o comestible. Esta vez los niños modifican su explicación basándola en las diferencias de peso: "el alcohol no pesa nada... es muy ligero". Incluso llegan a señalar para cada una de las mezclas, de acuerdo con la posición relativa de las sustancias, cuál es la más pesada. Así, expresan que el vinagre, el agua y el agua oxigenada son más pesadas que el aceite, mientras que el alcohol es más ligero que éste.

Parecería que Alberto acepta que el peso es el causante de la colocación de los líquidos en la mezcla, sin embargo, el niño tiene la necesidad de comparar el peso del agua oxigenada y del aceite y corroborar si ésta es la razón de que la primera quede

en la parte inferior de la mezcla. Los niños utilizan la balanza de dos brazos para comparar el peso de cantidades iguales de ambas sustancias. Debido al manejo experimental y a lo inexacto de los instrumentos obtienen que el aceite pesa más que el agua oxigenada. Este resultado provoca que los niños retomen nuevamente las explicaciones basadas en las cualidades de las sustancias de ser "aguado" o "grasoso" para explicar el caso de la mezcla agua oxigenada-aceite.

En la cuarta sesión Alberto compara en la balanza las mismas cantidades de las diferentes sustancias y las ordena con base en el peso relativo encontrado: aceite > agua > agua oxigenada > vinagre > alcohol. El niño obtiene que el aceite es la sustancia más pesada, esto provoca que la explicación basada en el peso relativo sólo funcione para la mezcla alcohol-aceite. Ante esta situación Alberto elabora una nueva explicación que toma en cuenta el factor peso pero retoma las cualidades de ser aguado o grasoso: "pienso que el aceite pesa más que todos pero siempre se queda arriba por la grasa, todo lo que sea grasa siempre se va para arriba". Propone mezclar el alcohol con cada una de las -- sustancias y ver cuál queda abajo, pues con la experimentación hasta el momento realizada, no está seguro cuál es la causa de la colocación del aceite en las diferentes mezclas, "pues de todo esto sacamos que el aceite es más grasoso que los demás, los demás son más aguados y por eso si los revolvemos en el alcohol, sube el alcohol por lo ligero, pero se podría bajar el aceite porque es más pesado que el alcohol, sólo nos podríamos asegurar revolviendo a todos con el alcohol y ver cuáles se bajan y cuáles no". Alberto hace las siguientes mezclas:

alcohol-vinagre; alcohol-agua-oxigenada-anilina; alcohol-aceite y alcohol-agua, las -- agita con fuerza y las deja reposar. Al observar las mezclas se encuentra con el problema de que no puede distinguir los líquidos en todos los casos excepto cuando el alcohol se mezcla con el aceite. El piensa que el alcohol está en la parte superior, pero no lo puede distinguir, "es que todos éstos en que se revolvió son claros y por eso no se nota", opinó que dejándolos reposar un rato, el alcohol se colocará en la -- parte superior.

El experimentador sugiere pintar cada líquido de un color diferente, Alberto retoma --

la proposición, pero prevee que los colores se van mezclar, " eso es lo que yo estaba pensando, pero siento que al echarlo se vuelvan a revolver y se hagan un color fijo". Alberto realiza la experiencia, mezcla anilina, naranja y agua y anilina azul y alcohol, vierte la segunda mezcla en el tubo de ensaye que contiene a la primera, observa y expresa: "Si se mezclan los colores". El experimentador sugiere que también se han mezclados el agua y el alcohol, no sólo los colores y que en el caso del aceite y el agua, no se mezclan. Alberto acepta la explicación y expresa "porque el aceite es más grasoso, lo podemos revolver con el agua y queda el aceite igual, el aceite es grasoso y por eso se separa". Esto parece mostrar que el niño empieza a disociar el fenómeno de no-miscibilidad del aceite en agua basando su explicación en una cualidad del aceite.

Intentaré ahora hacer un breve resumen de los problemas que enfrentan los niños, de las acciones que realizan para investigar sobre ellos y de las explicaciones que elaboran, a partir del momento en que se plantean el problema de la colocación del aceite en las diferentes mezclas.

ACCIONES: Los niños elaboran las siguientes mezclas para investigar qué sustancias forman las "bolitas":

Mezcla 1: Almidón - aceite.

Mezcla 2: Aceite - vinagre.

Mezcla 3: Aceite - alcohol.

PROBLEMA: El experimentador señala que el aceite queda en diferente posición en las mezclas 2 y 3.

EXPLICACION: Los niños basan su explicación en la cualidad de la sustancia de ser químico o comestible. Las sustancias químicas quedan en la parte superior de la mezcla. Para el caso de las sustancias comestibles utilizan la cualidad de ser "aguada" o "grasosa". Las sustancias grasosas quedan en la parte superior. Proponen comprobar su explicación mezclando otra sustancia química con el aceite.

- ACCIONES: Mezclan agua oxigenada y alcohol.
- PROBLEMA: El agua oxigenada queda abajo del aceite lo que contra dice su "hipótesis".
- EXPLICACION: El agua oxigenada tiene menos ingredientes químicos que el alcohol.
El experimentador introduce el factor peso. Alberto no lo rechaza, pero cree necesario pesar las sustancias.
- ACCIONES: Comparan el peso de las mismas cantidades de aceite y - vinagre. El vinagre resulta más pesado.
- PROBLEMA: Ninguno.
- EXPLICACION: Alberto no se convence de que el peso sea la causa del - fenómeno. Propone mezclar alcohol y agua oxigenada para ver si ésta última queda abajo del alcohol. Esto apoyaría su "hipótesis" de que esta sustancia es menos química que el alcohol.
- ACCIONES: Mezcla alcohol y agua oxigenada.
- PROBLEMA: No se distinguen los líquidos por ser incolores y misci bles.
- EXPLICACION: El alcohol está en la parte superior de la mezcla porque es más químico, pero no se distingue porque los dos líquidos son transparentes.
Propone colorear el agua oxigenada.
- ACCIONES: Mezcla agua oxigenada con anilina y luego agrega el alcohol.
- PROBLEMA: Se forma una mezcla homogénea de un solo color.

EXPLICACION: Los dos líquidos se pintaron pero el alcohol está arriba porque es más químico.

El experimentador introduce nuevamente el peso como causa de que el agua oxigenada quede abajo.

ACCIONES: Ninguna

PROBLEMA: Ninguno

EXPLICACION: El experimentador introduce nuevamente el peso como causa de que el agua oxigenada quede abajo. Alberto acepta y señala para cada mezcla la substancia más pesada, de acuerdo con la posición que ocupa en la mezcla.

ACCIONES: Compara en la balanza cantidades iguales de aceite y agua oxigenada.

PROBLEMA: Obtiene que el aceite es más pesado. Esto contradice la explicación basada en el peso relativo de las substancias.

EXPLICACION: El aceite es más grasoso por eso se queda arriba, el agua oxigenada es más ligera.
Propone comparar el peso del alcohol con cada una de las substancias.

ACCIONES: Compara cantidades iguales de alcohol con cada una de las substancias para ver si es el más ligero.

PROBLEMA: Encuentra que el alcohol pesa menos en todos los casos.

EXPLICACION: El alcohol es el más ligero.
Propone mezclar el alcohol con cada una de las substancias para ver si ocupa la parte superior de la mezcla.
El experimentador sugiere comparar el peso de todas las substancias con el aceite.

ACCIONES: Compara el peso de cantidades iguales de aceite y de cada una de las sustancias.

PROBLEMA: Encuentra que el aceite pesa más en todos los casos. - Esto contradice la explicación basada en el peso relativo.

EXPLICACION: El aceite es el más pesado, pero queda arriba porque es grasoso.
Propone nuevamente mezclar el alcohol con cada una de las sustancias.
El experimentador sugiere comparar el peso de las sustancias restantes.

ACCIONES: Compara el peso de las mismas cantidades de las siguientes sustancias:

	SUBSTANCIA MAS PESADA
Agua oxigenada y vinagre	agua oxigenada
Agua oxigenada y agua	agua
Agua oxigenada y aceite	aceite
Vinagre y agua	agua

PROBLEMA Ninguno

EXPLICACION: Ordena las sustancias de acuerdo al peso relativo encontrado: aceite > agua > agua oxigenada > vinagre > alcohol.
Propone nuevamente mezclar el alcohol con cada una de las sustancias.

ACCIONES: Elabora las siguientes mezclas: alcohol-vinagre; alcohol-agua oxigenada; alcohol-agua y alcohol-aceite.

PROBLEMA: Sólo en la mezcla alcohol-aceite se pueden distinguir las dos fases. En el resto de las mezclas los líquidos son incoloros y miscibles.

EXPLICACION: El alcohol está en la parte superior de la mezcla pero no se puede distinguir.
El experimentador sugiere pintar cada líquido con colores diferentes. Alberto prevee que se va a obtener un sólo color.

ACCIONES: Mezcla anilina naranja y agua en un tubo de ensaye y anilina azul y alcohol en otro. Vierte el contenido de un tubo en el otro.

PROBLEMA: Se obtiene una mezcla homogénea.

EXPLICACION: Los colores se mezclan. El experimentador sugiere que no sólo los colores sino también los líquidos se mezclan. En el caso "aceite-agua" no se mezclan. Alberto acepta y expresa que el aceite se separa del agua porque es graso.

Es interesante observar como los niños, principalmente Alberto, van modificando sus explicaciones y organizando sus acciones con base en los resultados que obtienen en su experimentación.

Las explicaciones que los niños ponen en juego son fundamentalmente las siguientes:

- a) Las sustancias "químicas" quedan en la parte superior de la mezcla, las "comestibles" en la inferior.
- b) Las sustancias "grasosas" (o "espesas", lo usan como sinónimo) quedan en la parte superior de la mezcla, las "aguaditas" en la inferior.
- c) La sustancia más pesada se va al fondo mientras que la más ligera queda en la parte superior de la mezcla.

En un inicio, los niños elaboran las explicaciones a y b para los casos específicos de las mezclas que hasta ese momento habían elaborado: aceite-vinagre y alcohol-aceite. Cuando el experimentador y la experiencia muestran casos que contradicen estas explicaciones, Alberto sin abandonarlas elabora una explicación colateral para ese caso particular, por ejemplo: el agua oxigenada quedó abajo del aceite porque tiene menos ingredientes químicos que el alcohol. De esta manera, el niño funciona con varias "hipótesis" y aplica una u otra según sea el caso específico que se le presente. Esta forma de proceder se observa nuevamente cuando el experimentador introduce el peso relativo de las sustancias como causa del fenómeno y el niño obtiene en su experimentación datos que apoyan esta "hipótesis". Así Alberto integra el factor peso a sus "hipótesis" anteriores, por ejemplo, " el aceite es el mas pesado pero queda arriba porque es grasoso".

Conforme se avanza en la experimentación, las explicaciones a y b van siendo abandonadas mientras que la c adquiere mayor fuerza. Esto se ve claramente en la discusión que sostienen Alberto y el experimentador en la quinta sesión. Algunos diálogos significativos son:

EXP: ¿ Por qué el aceite se separa con los otros ingredientes a veces arriba y a veces abajo ?

ALBERTO: Porque hay veces que el aceite es más pesado y a veces es más grasoso.

EXP: Entonces, lo más importante para que quede arriba o abajo, ¿ qué es?

ALBERTO: Con el alcohol ya lo vimos, y a veces el aceite es más pesado que todos, pero a veces pesan igual, el agua y el aceite tenían el mismo peso, pero como es mas grasoso el aceite se queda arriba, y con el alcohol están igual, nada más que por lo grasoso el aceite se tenía que quedar arriba, pero como pesa más el aceite y el alcohol es muy muy ligero, pesó más (el aceite) que el alcohol, por eso se queda arriba (el alcohol).

Como se puede observar el niño utiliza las explicaciones b y c, especificando los casos en que funciona cada una de ellas.

Es importante señalar que los datos que los niños obtienen en su experimentación, en ocasiones apoyan la explicación basada en el peso relativo de las sustancias (p.e.: el alcohol es el más ligero de todos) y en otras ocasiones , por errores experimentales, la contradicen (p.e.: el aceite es el más pesado). Esto obstaculiza el avance en el nivel de representación del fenómeno. Por otra parte, el he-

cho de que los líquidos sean miscibles e incoloros, si bien enfrenta al niño a un nuevo problema y posibilita un progreso cognitivo en ese terreno, de algún modo resulta un obstáculo para el avance en el nivel de explicación del problema específico relativo a la colocación de los líquidos en la mezcla.

En la recapitulación global que se realiza en la sexta sesión se observa un avance en el nivel de explicación del fenómeno, por una parte, Alberto expresa haber desechado la hipótesis basada en la cualidad de ser comestible o químico: "en un frasquito iba midiendo la misma cantidad, la echaba en un frasquito y la misma cantidad de otro ingrediente la echaba en otro frasco y los pesaba, por eso me pude dar cuenta que eran ligeros y pesados y por eso me di cuenta de que lo comestible no tenía nada que ver el que bajara o el que subiera, era por lo pesado..." Por otra parte, la "hipótesis" basada en el peso relativo de las sustancias adquiere mayor fuerza, a tal grado que Alberto hace un mal recuerdo de las observaciones que había realizado en sesiones anteriores. Así, expresa que el aceite resultó el más pesado por lo que quedó abajo en las mezclas agua-aceite y agua oxigenada-aceite. Después de revisar su reporte y convencerse de que no fué así, acepta la sugerencia del experimentador de la posibilidad de un error en la experimentación, al comparar en la balanza el peso de las diferentes sustancias. Los niños se proponen volver a realizar esta comparación. En su experimentación encuentran que los frasquitos donde pusieron las sustancias para pesarlas tienen diferente peso. Igualan el peso de éstos colocando al de menor peso cinta de maskin-tape y comparan en la balanza la misma cantidad de aceite y agua y de agua oxigenada y aceite. Obtienen que ambas sustancias son más pesadas que el aceite y expresan: "...se va abajo lo más pesado... en la otra clase que lo pesamos mal porque no habíamos visto los tubitos (se refiere al peso de los recipientes).!"

Los niños han abandonado las explicaciones "a" y "b" y parecen convencidos de que es el peso relativo de las sustancias la causa del fenómeno. Esto permite que los niños puedan poner en duda los resultados que habían obtenido en las sesiones anteriores y acepten la posibilidad de un error experimental.

Ahora bien, los niños desde el momento que aceptan que el peso de las sustancias puede influir en el fenómeno y se plantean comparar el peso de dos de ellas, consideran necesario comparar cantidades iguales de ambos líquidos. Esto parece indicar que se inicia la construcción nocional de peso específico. Si bien esta comparación esta ligada a una situación concreta y no se generaliza como algo característico de cada sustancia, si sienta las bases para el desarrollo de esta noción.

En cuanto al problema de la miscibilidad de los líquidos es interesante observar cómo se modifica la explicación que los niños dan al fenómeno:

En la quinta sesión los niños discuten al respecto, algunos diálogos importantes son:

Alberto: Yo había pintado el agua pero al mezclarse se pinto todo.

Exp: y entonces tú no podrías sacar una conclusión de esto

Alberto: No, pero yo sé, ya los había pesado y se que el agua es la abajo... porque se olía y porque el alcohol siempre queda arriba y cuando lo olí era el alcohol el que olía arriba pero si no oliera a nada, el agua no huele a nada, pero si estuviera el agua arriba taparía y no dejaría pasar el olor del alcohol y no oliera si el agua estuviera arriba.

Exp: ¿Y que pasaba entonces, se revolvió y después se separaban?

Alberto: Los mezclabamos y volvían a quedar igual

Exp: ¿Y no podría ser que se quedaran todavía mezclados? ¿cómo sabes que se separaban ? ¿lo veías?

Alberto: Si porque ya habíamos hecho pruebas en otros que revolvíamos, como el aceite y el agua si se pueden ver, lo revolvíamos y luego vuelven a quedar en un mismo lugar.

Como vemos el niño está seguro que los líquidos se separan, aunque el no pueda distinguirlo. Hace una generalización abusiva de lo que sucede con la mezcla aceite-agua, sin plantearse la posibilidad de que los líquidos sean miscibles.

En la recapitulación global de la sexta sesión, una semana después los niños abordan nuevamente el problema.

Alberto: Se hacían bolitas, luego ya después de 5 minutos se empezaban a poner todas... el aceite se volvía donde estaba y el vinagre se volvía donde estaba.

Irma : Yo creo que con moverle se revuelve todo y ya se hace todo bolitas y ya cuando deja de moverle se va separando el aceite y el agua.

Alberto: Porque los dos son grasosos y a lo grasoso no se le puede pegar nada y cuando le hecha agua al aceite se quedan bolitas pero no se revuelven.

Exp: Y el agua, el agua oxigenada, el vinagre y el alcohol.

Alberto: Si se mezclan...porque son muy ligeros, son aguaditos y el aceite es muy grasoso,...

Los niños comienzan a tomar en cuenta el proceso que ocurre, y a explicar el fenómeno de miscibilidad en función de las interacciones de las sustancias y de sus cualidades; el aceite es grasoso y no se le puede pegar el agua, las demás sustancias son aguaditas y si se mezclan. Los niños utilizan un modelo macroscópico: el aceite al agitar la mezcla se hace "bolitas" y después de un rato se separa del agua formando una sola fase. Es la primera vez que los niños establecen un contacto físico y espacial entre las sustancias y la "bolita". Creo que esto es posible por que dirigen su atención hacia el proceso y no solamente relacionan el estado final con el inicial.

Es evidente la diferencia en el nivel de explicación del fenómeno de miscibilidad o no de líquidos, que los niños tienen en la quinta y en la sexta sesión. Mientras en la quinta sesión no aceptan la posibilidad de que los líquidos sean miscibles y consideran que en las mezclas alcohol-agua, alcohol- H_2O_2 y alcohol-vinagre se forman dos fases aunque no se distinguen, en la sexta sesión aceptan la miscibilidad y comienzan a explicarla con base en las interacciones de las sustancias.

Resulta curioso observar que sólo después que los niños abandonan las explicaciones "a" y "b" y explican el fenómeno de la colocación de las fases en la mezcla con base en el peso relativo de las sustancias, aceptan la miscibilidad de los líquidos y empiezan a explicarla tomando en cuenta el proceso que ocurre.

Esta relación podría ser casual, sin embargo, me atrevería a decir, aunque no tengo los datos suficientes para afirmarlo, que la resolución del problema de la colocación de los líquidos en la mezcla, desde el punto de vista de

los niños, posibilita que la problemática que presentan las mezclas de dos líquidos miscibles incoloros, sea vista desde una perspectiva diferente. Parece ser que los niños ya no tienen la necesidad de buscar en la experiencia los hechos que reafirmen la explicación que están construyendo, ahora seguros de ella están más abiertos a los otros fenómenos que se presentan en las mezclas.

ANALISIS DE LA EVOLUCION.

Analicemos ahora la evolución de los niños, tanto desde el punto de vista de las representaciones como de la aproximación experimental.

Antes de entrar a éste análisis quisiera señalar que en este grado se estableció una interacción muy interesante y fecunda entre las experiencias que los niños realizaban, los datos que de ellas obtenían y las explicaciones que elaboraban. De tal manera, que a lo largo de las sesiones de experimentación, los niños van enriqueciendo su aproximación experimental y modificando sus "hipótesis". Las características de éstas últimas se aproximan a aquellas que la ciencia ha dado a este término, pues si bien, los niños no tratan de justificar entre todos los posibles el que es más probable, ni elaboran una lista exhaustiva de hipótesis y realizan una verificación sistemática de ellas, si explicitan sus ideas y las confrontan con la experiencia buscando intencionadamente su verificación.

a) Representaciones

En la evolución de las representaciones de los niños

se encontraron cuatro niveles;

PRIMER NIVEL.

En este nivel el objetivo que guía las acciones de los niños es "ver que sucede" cuando combinan diferentes sustancias. No hacen ninguna previsión de lo que puede ocurrir ni lo relacionan con las sustancias que mezclaron. De esta manera, los niños centran su atención en el estado final sin establecer una relación con el estado inicial. Parece subsistir la idea de que es el conjunto de sustancias lo que produce el efecto total independientemente de las propiedades de cada una de ellas.

Un hecho interesante que se observó en este grado y que podría implicar un estado intermedio entre este nivel y el siguiente, es que los niños al verse presionados a explicar sus ideas, establecen una primera relación entre el estado final y el inicial. Esta relación no proviene de los efectos observados en la mezcla y que podrían ser atribuidos a una o más sustancias en particular, sino que los niños apelan a una característica conocida de las sustancias (comestible o química) que les permite clasificarlas. Con base en esta clasificación caracterizan a las mezclas esperando que los efectos que produzca cada tipo de mezcla sean diferentes.

Si bien los niños establecen una relación entre las sustancias que mezclan (estado inicial) y los fenómenos que puede obtenerse en las mezclas (estado final), consideran que éstos son producto del conjunto de sustancias, como un todo independiente de las propiedades de cada una de ellas. Así, la mezcla de sustancias comestibles tiene propiedades diferentes y producirá un fenómeno diferente a

aquella mezcla de sustancias químicas y comestibles, De esta manera, los niños no establecen un contacto físico y espacial entre las sustancias y el fenómeno producido, ni toman en cuenta el proceso que ocurre. El resultado final sólo es fruto de poner las sustancias juntas.

SEGUNDO NIVEL

Las acciones de los niños en este nivel están dirigidas por el objetivo de encontrar que sustancias producen determinados fenómenos. Conforme experimentan relacionan cada vez más sistemáticamente los fenómenos que observan en sus mezclas (estado final) con las sustancias que agregaron (estado inicial). Por ejemplo, el aceite queda en la parte superior de la mezcla, la anilina y la sal se van al fondo del tubo de ensaye, el aceite y el almidón forman "bolitas". Este establecimiento de relaciones entre el estado final y el inicial y la necesidad que tienen los niños de este grado de "verificar" sus explicaciones, posibilitan que la representación de la mezcla como un todo independiente de las sustancias que la forman comience a modificarse. Si bien, el nivel de planteamiento del problema (que sustancias producen el fenómeno) representa un avance pues permite describir los cambios que sufren las diferentes sustancias y por lo tanto, empezar a superar la representación inicial, una vez logrado esto, provoca el abandono de la investigación. Veamos el caso de la formación de emulsiones:

Después de observar que se forman "bolitas" en su mezcla, los niños se proponen investigar que sustancias las producen. Una vez que han encontrado que al combinar el aceite con el alcohol y con el vinagre se forman "bolitas" se dan por satisfechos y no investigan más sobre esta pro

blemática. Los niños no conciben que el fenómeno sea resultado de la interacción de las sustancias pues no dirigen su atención hacia el proceso, es la mezcla de ambas sustancias en su conjunto la que tiene la propiedad de producir las. De esta manera, no establecen una relación física y espacial entre las "bolitas" y las sustancias que las producen.

El hecho de que los niños en este nivel no establezcan una relación física y espacial entre las sustancias y el efecto producido, no les permite avanzar en el nivel del planteamiento del problema y profundizar en el conocimiento de las causas del fenómeno.

TERCER NIVEL

Este nivel se caracteriza por la especificación de las propiedades del sistema, tanto en el estado inicial como en el final.

Cuando en su experimentación los niños se enfrentan a una contradicción entre la experiencia y alguna de sus representaciones, se ven obligados a elaborar una "hipótesis" interpretativa que les permita superar dicha contradicción.

En este nivel los niños para elaborar sus hipótesis apelan a propiedades ya conocidas de las sustancias y las convierten en causas del fenómeno que están investigando. Veamos el caso de la colocación de los líquidos en la mezcla:

A partir del momento en que los niños observan que el aceite queda en la parte superior de la mezcla aceite-vinagre y en la parte inferior de la mezcla aceite-alcohol ela-

boran una "hipótesis" interpretativa que les permita explicar estos hechos. La relación que han establecido entre el estado inicial y el final resulta insuficiente para resolver el problema, no basta con decir de que substancia se trata para entender por qué el aceite queda en diferentes posición en ambas mezclas. Es necesario especificar más las propiedades del estado inicial, es decir, los niños atribuyen a las substancias alguna propiedad (comestible, o química, aguada o espesa, más ó menos pesada, según sea el caso) y la consideran como causa de que éstas queden arriba o abajo en la mezcla. Esta atribución de propiedades permite clasificar las substancias y con base en esta clasificación prever cuál será la colocación de determinada substancia en la mezcla. La confrontación de las previsiones con la experiencia posibilita a los niños desechar aquellas propiedades que resultan inadecuadas para explicar el fenómeno y señalar aquellas que juegan un papel determinante en él. Así, al término de su experimentación, los niños han desechado las propiedades de ser comestible, o químico y aguado o espeso, señalando el peso como factor fundamental para la colocación de las substancias en la mezcla.

En este nivel, la representación inicial ha sido abandonada. Los niños consideran que en cada uno de los fenómenos observados, intervienen una o varias de las substancias que mezclaron. Sin embargo, los niños aún no dirigen su atención hacia el proceso, ni basan sus explicaciones en la interacción de las substancias, lo que resulta un obstáculo para el avance de sus representaciones.

CUARTO NIVEL

En este nivel los niños no sólo establecen relaciones entre el estado inicial y final sino que comienzan a dirigir

su atención hacia el proceso que lleva de un estado a otro.

Analícemos desde esta perspectiva el problema de la miscibilidad o no de los líquidos. Mientras los niños abordan los fenómenos de formación de fases y de emulsiones sólo con base en el establecimiento de relaciones entre éstos y las sustancias que mezclan, no se plantean la posibilidad de que los líquidos se mezclen formando una sola fase. Parece ser que los niños consideran que los líquidos si bien pueden "revolverse", no sufren ninguna transformación física, únicamente cambian su posición en la mezcla a la cual retornarán después de unos minutos. Esta representación es tan fuerte que los niños no son sensibles a la experiencia y en diferentes ocasiones realizan una asimilación deformante.

Por ejemplo:

- En la mezcla aceite-vinagre-alcohol-anilina-sal, señalan dos lugares diferentes en el tubo indicando la colocación del vinagre y del alcohol.
- En las mezclas alcohol-agua, alcohol-agua oxigenada y alcohol-vinagre consideran que los líquidos se "revuelven" y luego se separan formando dos fases.

Cuando los niños dirigen su atención hacia el proceso que ocurre, comienzan a basar sus explicaciones en la interacción de las sustancias. Así al aceite no se le puede pegar nada porque es grasoso, se queda en bolitas pero no se revuelve, el agua y el alcohol son aguaditos y si se resuelven. Este "revolverse" tiene una connotación diferente a la que le daban los niños anteriormente. Ahora implica una transformación física de las sustancias: si son "aguaditas" se les puede pegar otras sustancias, si son "grasosas" se hacen bolitas.

Resulta muy interesante observar cómo los niños que an-

tes explicaban la formación de emulsiones como un producto de la mezcla (aceite-vinagre o aceite-alcohol) en su conjunto, sin vincular este fenómeno con la formación de fases, ahora al dirigir su atención hacia el proceso relacionan ambos fenómenos y, de alguna manera, consideran que se producen porque los líquidos no son miscibles (porque son grasos).

Ahora bien, los niños evolucionan rápidamente del primer al segundo nivel. Permanecen en este último mientras investigan qué sustancias producen las "bolitas" que observaron en su mezcla. A partir del momento en que el experimentador les muestra un hecho para ellos contradictorio (la colocación del aceite en las mezclas aceite-alcohol y aceite-vinagre) y se ven obligados a elaborar una "hipótesis" interpretativa basada en alguna propiedad de las sustancias, evolucionan al tercer nivel. En este permanecen durante casi toda su experimentación: elaboran "hipótesis" basadas en las propiedades de las sustancias para explicar la superposición de los líquidos en la mezcla, las confrontan con la experiencia y con base en los resultados obtenidos las modifican. Los niños evolucionan al cuarto nivel cuando empiezan a tomar en cuenta el proceso que ocurre y basan sus explicaciones en la interacción de las sustancias. Esto sucede en la sexta sesión.

b) APROXIMACION EXPERIMENTAL.

Al analizar la aproximación experimental a lo largo de las sesiones de trabajo se encontró que, dependiendo del objetivo que guía las acciones de los niños, del nivel de planteamiento del problema y del nivel de elaboración nocional de los contenidos implicados en el fenómeno que abordan, es el tipo de procedimientos experimentales que los niños utilizan. De esta manera, se distinguieron los siguientes:

- Procedimientos de exploración organizada. Los niños ponen en juego este tipo de procedimientos, al inicio de su experimentación, para ver qué sucede cuando combinan diferentes sustancias. Así, elaboran sus mezclas, las agitan, las observan atentamente, las comparan, las describen, etc.

- Procedimientos de experimentación sistemática. Los niños ejercitan este tipo de procedimientos a partir del momento en que observan la formación de "bolitas" y se proponen investigar que sustancias son las responsables del fenómeno. Los niños tienen un objetivo claramente delimitado, planifican su experimentación y organizan sus acciones para encontrar respuesta a la pregunta que se han planteado. Son capaces de seleccionar de entre todas las sustancias que utilizaron en la mezcla original, aquellas que consideran responsables del fenómeno y elaborar mezclas binarias con ellas, con el fin de observar en cuáles de éstas se forman las "bolitas". Sin embargo, al encontrar un caso positivo consideran que el problema está resuelto, sin probar con las mezclas restantes (lo hacen sólo a petición del experimentador).

Este tipo de procedimientos también se observan cuando los niños se enfrentan al problema de la colocación del aceite en las mezclas. Así, elaboran "hipótesis", planifican y organizan sus acciones para confrontarlas con la experiencia y las modifican de acuerdo con los datos que ellos obtienen en su experimentación.

- Procedimientos de verificación.

Cuando los niños se enfrentan a una contradicción entre la "hipótesis" que sostienen en un momento determinado y los datos que obtienen de la experiencia, emplean este tipo de procedimientos para corroborar si lo que piensan es "correcto".

Durante la experimentación de los niños se observaron tres momentos con estas características:

- a) Los niños tienen la "hipótesis" de que las sustancias químicas quedan en la parte superior de la mezcla, para confrontarla con la experiencia los niños mezclan agua oxigenada y alcohol. Piensan que la primera sustancia quedará encima del alcohol. Los datos obtenidos en la experiencia muestran que la "hipótesis" es incorrecta.
- b) Para comprobar si el peso influye en el fenómeno de superposición de líquidos, el niño compara con una balanza de dos brazos las mismas cantidades de aceite y vinagre.
- c) Para corroborar si su "hipótesis" de que el agua oxigenada es menos química que el alcohol, el niño mezcla estas dos sustancias suponiendo que el agua oxigenada quedará en la parte inferior de la mezcla.

CONCLUSIONES PARA EL SEXTO GRADO.

De lo expresado en este análisis se puede concluir que los niños de este grado evolucionaron tanto en el aspecto nocional como en su aproximación experimental.

En lo que respecta al nivel nocional los niños:

- a) Superaron rápidamente su representación inicial de que es el conjunto de las sustancias mezcladas lo que produce el efecto total independientemente de las propiedades de cada sustancia.
- b) Establecieron relaciones entre los fenómenos observados (estado final) y las sustancias que mezclaron (estado inicial).
- c) Elaboraron "hipótesis" interpretativas basadas en algunas propiedades de las sustancias para explicar el fenómeno de superposición de líquidos en la mezcla. Confrontaron estas "hipótesis" con la experiencia y con base en los datos obtenidos las modificaron desechando aquéllas que consideraron inadecuadas para explicar dicho fenómeno.
- d) Explicaron el fenómeno de superposición de líquidos con base en el peso relativo de las sustancias aproximándose a la noción de peso específico (los niños para comparar el peso de las diferentes sustancias, en la balanza de dos brazos, utilizaban siempre la misma cantidad de los diferentes líquidos.)

e)Dirigieron su atención hacia el proceso que ocurre en la mezcla, lo que permitió que explicaran los fenómenos de formación de fases y de emulsiones con base en las interacciones de las sustancias, descubriendo la relación que existe entre ambos fenómenos (el aceite no se mezcla con el agua; se separa o forma "bolitas")

Por otra parte, quisiera hacer un comentario sobre la forma en que los niños modifican sus "hipótesis" durante su experimentación.

Los niños elaboran una primera explicación del fenómeno que, por lo general, funciona para casos específicos. Cuando la experiencia les muestra casos que contradicen su "hipótesis" inicial, los niños crean una nueva "hipótesis" sin abandonar la primera y la mantienen todo el tiempo que pueden. Sólo después de realizar varias experiencias e intercambiar sus puntos de vista con sus compañeros y el experimentador, intentan unificar todos los hechos observados en una sola explicación.

En cuanto a las conductas experimentales el avance fué muy significativo, los niños evolucionaron de los procedimientos de exploración organizada con los que iniciaron su experimentación, a procedimientos de experimentación sistemática y de verificación.

CAPITULO V

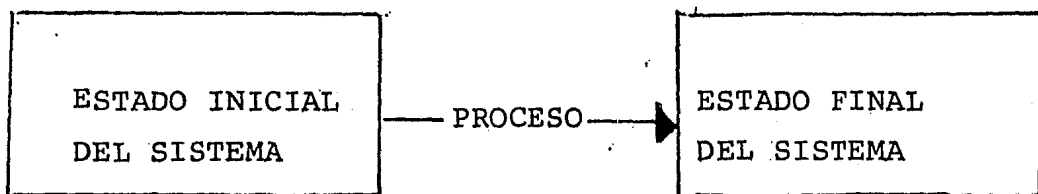
CONCLUSIONES.

De acuerdo con las hipótesis planteadas para este trabajo, las principales conclusiones que pueden extraerse de los resultados obtenidos son:

- a) Se encontró que los niños de todos los grados escolares, evolucionaron en su aproximación experimental y en su nivel de elaboración nocional, a través de la experimentación sobre los problemas que ellos mismos se planteaban. De esta manera, la hipótesis general fue confirmada.
- b) El material presentado a los niños permitió que éstos trabajaran sobre numerosos fenómenos físicos y químicos. Estos se agruparon en 12 grandes temáticas en función del contenido nocional más directamente implicado en cada uno de los problemas abordados por los niños. (ver pag. 123)
- c) No se encontró ninguna relación clara entre el interés de los niños por investigar sobre determinadas temáticas y su edad. Sin embargo, hay ciertas temáticas sobre las que los niños realizaron un número mayor de experiencias: Mezclas, calor y combustión
- d) Al comparar los resultados del análisis de cada uno de los grados, tanto desde el punto de vista de las representaciones como de la aproximación experimental, se encontró:

1) REPRESENTACIONES

El esquema que se utilizó para el análisis de la evolución de las representaciones, ayudó en la interpretación de las secuencias de acciones la lectura de la experiencia, los comentarios y las discusiones de los niños. El esquema es el siguiente:



ESTADO INICIAL: Conjunto de sustancias que serán mezcladas, cada una con sus propiedades respectivas.

ESTADO FINAL: Sistema formado por la mezcla de todas las sustancias que constituyen el estado inicial.

PROCESO: Conjunto de interacciones que se producen entre las sustancias.

Las acciones del sujeto sobre el sistema pueden realizarse tanto sobre el estado inicial (calentar una sustancia antes de mezclarla) como sobre el estado final (agitar la mezcla).

Ahora bien, al comparar los resultados obtenidos en el análisis de cada grado escolar, se pudieron distinguir cuatro niveles en la evolución de las representaciones de los niños:

PRIMER NIVEL

El objetivo que guía las acciones de los niños en este nivel es "ver que sucede" ó producir algún fenómeno insólito, al combinar diferentes sustancias.

Los niños no hacen ninguna previsión de lo que puede ocurrir. Sólo dirigen su atención hacia el estado final sin establecer ninguna relación con el estado inicial. De ésta manera el fenómeno producido no tiene una relación física y espacial con las sustancias mezcladas. Parece subsistir la idea de que es el conjunto de sustancias lo que produce el efecto independientemente de las propiedades de cada una de ellas, es decir, el poder de producir el fenómeno está en el conjunto y éste no tiene relación con las sustancias en lo particular, sino con todas ellas por el sólo hecho de estar juntas. Esta representación podemos situarla dentro de una causalidad mágico-fenomenista: Fenomenista porque cualquier conjunto de sustancias puede producir cualquier cosa y mágica porque no se establece una relación entre las sustancias que conforman la mezcla con sus interacciones y los fenómenos producidos.

SEGUNDO NIVEL

En este nivel los niños comienzan a relacionar los fenómenos que observan en sus mezclas (estado final) con las sustancias que mezclaron (estado inicial). Dirigen su observación, cada vez más sistemáticamente, hacia los cambios que sufren las diferentes sustancias. De esta manera, descubren la formación de fases y la colocación de éstas en la mezcla, la formación de emulsiones, la precipitación de sustancias,

etc. Sin embargo, los niños no buscan explicar estos fenómenos, les basta con saber qué sustancias intervienen en ellos.

El establecimiento de relaciones entre los estados inicial y final, permite que la representación de la mezcla, como un todo independiente de las sustancias que la forman comience a modificarse. Sin embargo, los niños aún no establecen un contacto físico y espacial, entre el fenómeno y las sustancias que intervienen en él, ni dirigen su atención hacia el proceso, lo que resulta un obstáculo para el avance de sus representaciones.

TERCER NIVEL

Cuando los niños se enfrentan a una contradicción entre la experiencia y sus representaciones, elaboran "hipótesis" interpretativas basadas en propiedades ya conocidas de las sustancias y las convierten en causas del fenómeno que están investigando. Esta atribución de propiedades les permite comparar y clasificar las sustancias y con base en esto preveer cuál será la acción de éstas en el fenómeno. Al confrontar sus previsiones con la experiencia y obtener una respuesta negativa a su hipótesis pueden tomar dos caminos: 1) modificar la idea que tienen de la sustancias sin cuestionar su "hipótesis" ó 2) modificar su "hipótesis", desechando las propiedades que resultan inadecuadas para explicar el fenómeno.

Este proceso posibilita que las propiedades del estado inicial y final se especifiquen cada vez más. De esta manera, el estado inicial no sólo está formado por un conjunto de

substancias sino que éstas tienen propiedades que permiten relacionarlas entre sí y que influyen en los resultados obtenidos en la mezcla.

Si bien los niños relacionan los estados inicial y final, y abandonan completamente la representación inicial, aún no dirigen su atención hacia el proceso que ocurre entre ambos estados. Parece subsistir la idea de que son las substancias en sí mismas las que tienen la propiedad de producir el fenómeno sin que las otras substancias con las que están mezcladas jueguen algún papel en éste.

CUARTO NIVEL

En este nivel los niños dirigen su atención hacia el proceso que ocurre en su mezcla y empiezan a basar sus explicaciones en las interacciones de las substancias. Esto permite:

- Que establezcan una relación física y espacial entre los fenómenos que investigan y las substancias que consideran responsables de ellos.
- Que acepten la posibilidad de una transformación física de las substancias.
- Que descubran la relación entre los fenómenos de formación de fases y de emulsiones.

Ahora bien los niños de todos los grados inician su experimentación en el primer nivel, con excepción del quinto donde incian en el segundo y evolucionan, en todos los casos, de manera progresiva. Sin embargo, el progreso de las representaciones de los niños en los diferentes grados no es equivalente. Mientras en los dos grados superiores los niños alcanzan el cuarto nivel, en los dos inferiores permanecen en el segundo, con excepción de un caso particular en tercer grado (problema de la colocación del aceite en la mezcla).

Los niños de quinto y sexto llegan a explicar los fenómenos que observaron en sus mezclas, en función de las interacciones de las sustancias, mientras que los niños más pequeños sólo pueden relacionar dichos fenómenos con las sustancias que intervienen en ellos. De esta manera, mientras los primeros llegan a razonar sobre transformaciones, los segundos sólo centran su atención en los estados inicial y final.

Por otra parte, analizando en particular el nivel de elaboración nocional con el que los niños abordan los fenómenos de solubilidad y miscibilidad de las sustancias y cómo éste evoluciona a lo largo de las sesiones de experimentación en los diferentes grados escolares, se encontró:

a) SOLUBILIDAD.

En cuanto al fenómeno de solubilidad, sólo los niños de quinto grado realizan experiencias e intercambian puntos de vista sobre este problema. Al inicio de su experimentación los niños no se plantean el problema de la disolución, explican la coloración del agua por la anilina y la disminución de tamaño de la plastilina porque estas sustancias tienen en sí mismas la propiedad de producir los efectos observados, -- sin que el agua o el alcohol (disolventes) jueguen un papel

activo en el fenómeno. Así, la anilina tiene la propiedad de "pintar" el agua y la plastilina de "deshacerse" con el calor. Al final de su experimentación explican el fenómeno con base en un modelo corpuscular de la materia. Sin embargo, este modelo sólo lo aplican a la sustancia sólida que se disuelve, el disolvente no juega ninguna función, sólo es el medio físico donde se distribuyen las partículas del sólido.

En tercero y cuarto grado, los niños no dirigen su atención hacia este problema, parece ser que no se plantean la posibilidad de que las sustancias que agregaron en su mezcla se disuelvan. Ellos observan aquellas sustancias sólidas que se van al fondo del tubo de ensaye y las contraponen a aquellas que permanecen en la parte superior, lo que sucede con el líquido que se encuentra entre estas dos situaciones extremas no es observado, de esta manera, las sustancias disueltas o suspendidas pasan desapercibidas. Esto se debe probablemente, a que los niños centran su atención en las situaciones estáticas y no en el proceso.

En sexto grado los niños no investigan sobre este problema, trabajan casi todo el tiempo con líquidos. Esto no permite conocer cuál es su representación al respecto ni cómo ésta podría evolucionar a lo largo de las sesiones de trabajo.

b) MISCIBILIDAD.

En cuanto al fenómeno de miscibilidad, es interesante observar cómo la formación de fases, en particular la colocación del aceite en la mezcla, y la formación de emulsiones llaman la atención de los niños de los diferentes gra-

dos escolares, con excepción de quinto grado pues los niños no elaboran mezclas donde se produzcan estos fenómenos.

Al comparar los niveles de planteamiento del problema y de elaboración nocional con los que los niños abordan estos fenómenos, se observa una evolución progresiva de tercero a sexto grado. Para los niños más pequeños, el problema se centra en la colocación del aceite en la parte superior de la mezcla. En un principio los niños no aceptan que éste permanezca en esa posición a pesar de sus acciones para "bajarlo" al fondo del tubo de ensaye. Parece ser que no comprenden que una ley física independiente a sus acciones determina el fenómeno observado. Conforme experimentan y se dan cuenta que en todos los casos el aceite queda en la parte superior de la mezcla, comienzan a comprender que éste tiene propiedades independientes de las acciones que ejercen sobre él. Es entonces cuando los niños elaboran una "hipótesis" interpretativa basada en una propiedad de la sustancia: el aceite se queda arriba porque es grasoso. Sin embargo, sólo la aplican para un caso particular: cuando no se ejerce una acción sobre el aceite. Para el caso contrario, los niños realizan una asimilación deformante pues consideran que agregando pintura e hirviendo su mezcla, el aceite permanecerá en el fondo del tubo de ensaye. No observan que después de cierto tiempo el aceite vuelve a su posición original.

En cuarto y sexto grado los niños se plantean el problema a otro nivel. Dirigen su atención hacia la formación de emulsiones iniciando su experimentación con el objetivo de conocer que sustancias forman las "bolitas". Una vez resuelto este problema no continúan investigando sobre este fenómeno.

En cuanto a la formación de fases, en cuarto grado los niños se limitan a observar el fenómeno sin plantearse ningún problema a investigar. En sexto los niños realizan una serie de experiencias para encontrar por qué el aceite queda en diferentes posiciones cuando se mezcla con diferentes sustancias. Así los niños elaboran "hipótesis" basadas en las cualidades de las sustancias y las confrontan con la experiencia, llegando al final de su experimentación a explicar el fenómeno con base en el peso relativo de las sustancias, aproximándose al concepto de peso específico.

Para los niños de cuarto grado la formación de fases y de emulsiones son dos fenómenos que no tienen ninguna relación, no conciben que sean resultado de la interacción de las sustancias ni que puedan tener una causa común. Esto se debe probablemente a que no dirigen su atención hacia el proceso que ocurre. En sexto, si bien los niños parten de la misma idea, al final de las sesiones de trabajo, relacionan ambos fenómenos explicándolos, de alguna manera, con base en la no miscibilidad de los líquidos y en la transformación física de las sustancias: el aceite es grasoso y no se le puede pegar nada, con el agua el aceite se hace "bolitas" no se revuelve, cuando se deja de mover, el aceite y el agua se separan.

Esta diferencia en el nivel de elaboración nocional puede deberse a que los niños de sexto grado toman en cuenta el proceso que ocurre razonando sobre las transformaciones mientras que los niños de cuarto sólo centran su atención en los estados inicial y final razonando sobre situaciones estáticas.

2) APROXIMACION EXPERIMENTAL.

Al comparar la aproximación experimental en los diferentes grados escolares, se observó una evolución progresiva de tercero a sexto grado.

Se encontró una relación entre el tipo de procedimientos experimentales que los niños utilizan y: los objetivos que guían sus acciones, el nivel de planteamiento del problema, el nivel de elaboración nocional de los contenidos implicados en los fenómenos que abordan y el grado escolar (edad de los niños).

De esta manera, los niños de todos los grados escolares utilizan procedimientos de exploración organizada cuando quieren ver qué sucede con las sustancias al mezclarlas o al ejercer una acción sobre la mezcla. Sus acciones se diversifican y su observación se vuelve más detallada y precisa cuando dirigen su atención hacia los cambios específicos que sufren determinadas sustancias.

Por otra parte, al enfrentar un problema que los lleva a elaborar una "hipótesis", sus procedimientos evolucionan pero en niveles diferentes según el grado escolar.

En tercer y cuarto grado, los niños ponen en juego procedimientos que "tienden a la verificación." Los he llamado así porque, si bien las secuencias de acciones que realizan los niños no tienen las características de los procedimientos de verificación, si están orientados hacia la puesta a prueba de los factores que intervienen o que los niños consideran que intervienen en el fenómeno.

En sexto grado los niños tienen una mejor anticipación, organización y continuidad en su experimentación, elaboran

"hipótesis" y las confrontan con la experiencia poniendo en juego procedimientos de experimentación sistemática y de verificación.

Esta diferencia en la aproximación experimental de los niños, puede explicarse si se considera que los niños mayores están más próximos a alcanzar el pensamiento formal y por lo tanto pueden disociar y controlar mejor los factores que intervienen en el fenómeno. Sus "hipótesis" tiene características que se aproximan a aquellas que la ciencia da a éste término pues los niños explicitan sus ideas y las confrontan sistemáticamente con la experiencia buscando intencionadamente la verificación.

e) En cuanto a las intervenciones del adulto se encontró que:

- Los niños no tomaban en cuenta las sugerencias, preguntas o explicaciones del experimentador, a pesar de su insistencia, cuando éstas estaban alejadas del nivel nocional en el que los niños se encontraban o de su planteamiento experimental.
- Los niños retomaban las sugerencias o explicaciones del experimentador y respondían a sus preguntas cuando el grado de acercamiento de sus intervenciones al nivel nocional y al planteamiento experimental de los niños era adecuado.

Por otra parte, es interesante señalar que los niños nunca solicitaron al experimentador que les ayudara a entender el fenómeno sobre el que investigaban. Sólo acudían a él para preguntar el nombre de tal o cual substancia o material o para que les ayudara en la manipulación de alguno de los materiales con el que tenían problemas.

Ultimos Comentarios.

Los resultados obtenidos muestran las enormes posibilidades que brinda la experimentación libre de los niños para el desarrollo de sus conductas experimentales y de sus niveles de elaboración nocional en conceptos físicos y químicos. La gran cantidad de experiencias realizadas, la riqueza de conductas observadas, la curiosidad y asombro de los niños ante los fenómenos producidos por ellos mismos con materiales tan simples y comunes y el avance en el nivel de explicación de dichos fenómenos, hacen evidente la necesidad de incorporar este tipo de actividades a la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria. Sin embargo, para poder realizar esta tarea con éxito es necesario investigar directamente en el salón de clases para encontrar la mejor manera de introducir este tipo de actividades. En el problema de la enseñanza de los conceptos implicados en los fenómenos que se presentan al combinar diferentes sustancias (por ejemplo: solubilidad, miscibilidad, formación de fases y emulsiones), la información que se obtuvo en este trabajo permite conocer para los diferentes grados escolares, en que nivel los niños se plantean los problemas, con qué nivel nocional los abordan, cómo organizan su experimentación y cuáles son los principales obstáculos que enfrentan en la construcción de dichos conceptos a lo largo de las sesiones de experimentación. Los resultados muestran que los niños avanzan por sí mismos cuando experimentan libremente, pero ¿se puede apoyar y acelerar este proceso? ¿cómo?

La información obtenida puede ser valiosa para el diseño de situaciones didácticas pero éstas deben ser experimentadas en el contexto escolar. Muchas preguntas saltan a la mente ¿qué características debe tener una situación didáctica para que favorezca el desarrollo de la aproximación experimental? ¿qué tan libre o controlada? ¿deben ser siempre los niños

quienes planteen el problema o puede hacerlo también el maestro? ¿cómo debe hacerlo? ¿qué papel debe jugar la información que proporcionan los libros o el maestro? ¿cuáles son los momentos más favorables para ponerla a disposición del niño? ¿de qué manera? ¿qué tipo de intervenciones del adulto son las más adecuadas? ¿cómo organizar las interacciones de los niños?...

Con este trabajo encontré algunas respuestas, para mí importantes, pero surgieron muchas más preguntas y la convicción de que no es posible ni válido implementar reformas a la enseñanza de las ciencias elaborando "modelos de enseñanza" que creemos idóneos desde un "deber ser", que los especialistas (psicólogos, pedagogos o científicos) crean sin conocer ni compenetrarse con la realidad educativa que quieren transformar.

B I B L I O G R A F I A

Castro Acuña, C. Influencia del desarrollo psicológico del individuo en el aprendizaje de la Química y ciencias afines. Tesis de licenciatura. Facultad de Química, U.N.A.M.. México, 1978.

Coll Cesar. La conducta experimental en el niño. Ed. CEAC, Barcelona, 1978.

Coll Cesar. Las aportaciones de la psicología a la educación: el caso de la teoría genética y los aprendizajes escolares. En: Psicología genética y aprendizajes escolares. Ed. Siglo XXI. España, 1983.

Duckworth Eleanor. Tener ideas maravillosas. En: Psicología genética y aprendizajes escolares. Ed. Siglo XXI. España, 1983

García Rolando. El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias. En: Educación No. 42. México, octubre -diciembre 1982.

Giordan André. Observación-experimentación: ¿pero cómo aprenden los alumnos ?. En: Infancia y aprendizaje No. 13. España, julio 1981.

Inhelder Barbel. Les attitudes expérimentales de l'enfant et de l'adolescent. En: Bulletin de Psychologie. Vol. 7 No. 5, París 1954.

Inhelder, B. y Piaget, J.. De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Ed. Paidós. Buenos Aires, 1972. (original 1955).

Inhelder, B., Bovet, M. y Sinclair, H.. Aprendizaje y estructuras del conocimiento. Ed. Morata. Madrid, 1975

Karmiloff-Smith, A. e Inhelder, B.. Si quieres avanzar, haste con una teoría. En: Infancia y aprendizaje No. 13. Ed. Pablo del Río. Madrid, 1981. (original 1975).

Koplowitz Herb. La epistemología constructivista de Piaget. Exploración y comparación con varias alternativas teóricas. En: Coll Cesar. Psicología y Educación. Ed. Oikos-tau. Barcelona, 1982.

León, A.I. y Solé, M.. ¿ Enseñamos realmente a investigar la naturaleza ?. En: Educación No. 42. México, octubre-diciembre 1982.

Nuñez ,M.S.. El desarrollo de la inteligencia según la psicología de Jean Piaget. Tesis de licenciatura, Facultad de Psicología. UNAM. México, julio 1973.

Nuñez,M.S.. Bases para el desarrollo de una didáctica de la enseñanza de las ciencias fincadas en un estudio de los procesos experimentales en niños de 10 a 13 años. En: Perfiles Educativos No. 6, Centro de Investigaciones y Servicios Educativos, UNAM. México, octubre 1979

Nuñez, M.S.. Psicogénesis de las nociones físicas en el niño y el aprendizaje escolar. En: Memorias de la semana de Jean Piaget. Universidad Pedagógica Nacional. México, 1980

Nuñez,M.S.. Desarrollo cognitivo del niño y enseñanza de las ciencias naturales. En: Educación No. 42, México, octubre-diciembre 1982.

Piaget Jean. La representación del mundo en el niño. Ed. Morata (Espasa-Calpe). Madrid, 1933

Piaget Jean. Development and learning. En: Journal of Research Science Teaching, Vol. No. 2 ISSUE No.3. Estados Unidos, 1964

Piaget Jean. La construcción de lo real en el niño. Ed. Proteo. Buenos Aires, 1965 (original 1937).

Piaget Jean. Seis estudios de psicología. Ed. Seix Barral. Barcelona, 1967.

Piaget, J. e Inherdel, B.. Psicología del niño. Ed. Morata. Madrid, 1969.

Piaget, J. e Inhelder, B.. El desarrollo de las cantidades en el niño. Ed. Nova Terra, Barcelona 1971 (original 1941).

Piaget, J. y García, R.. Las explicaciones causales. Ed. Barral. Barcelona, 1973 (original 1971).

Piaget, J. y Chatillon, J.P.. Solubilité, miscibilité et flottaison. En: Archives de Psychologie Vol. XLIII No. 169. Ginebra 1975.

Piaget Jean. Introducción a la epistemología genética. El pensamiento físico. Ed. Paidós. Buenos Aires, 1972 (original 1955)

S.E.P. . Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el tercer grado. México, 1972.

S.E.P. Ciencias Naturales. Libro para el maestro. México, 1974

S.E.P. Ciencias Naturales. Libro para el maestro. México, 1975

S.E.P. Ciencias Naturales. Cuarto grado. México, 1975.