

obtiene sustituyendo las negaciones por afirmaciones y reciprocamente, así como las conjunciones por disyunciones y reciprocamente." (Piaget, 1977, 273)

Nótese que, según se definió páginas atrás, la FND se obtiene de la tabla anterior uniendo por disyunciones las conjunciones que resultan verdaderas. Así, la FND de la Conjunción es $(p \cdot q)$; la FND del NO Condicional es $(p \cdot \bar{q})$; la FND de la Equivalencia es $(p \cdot q) \vee (\bar{p} \cdot \bar{q})$; la FND del Condicional es $(p \cdot q) \vee (\bar{p} \cdot \bar{q}) \vee (\bar{p} \cdot q)$; etc.. Por su parte, la FNC se obtiene uniendo por disyunción los valores de verdad invertidos de p y q cuando la operación es falsa, y uniendo estas disyunciones por conjunciones, así, la FNC de la Conjunción es $(\bar{p} \vee q) \cdot (p \vee \bar{q}) \cdot (p \vee q)$; la FNC del No Condicional es $(\bar{p} \vee \bar{q}) \cdot (p \vee \bar{q}) \cdot (p \vee q)$; la FNC de la Equivalencia es $(\bar{p} \vee q) \cdot (p \vee \bar{q})$; la FNC del Condicional es $(\bar{p} \vee q)$; etc.

Las 16 operaciones proposicionales constituyen un reticulado. Para dos proposiciones cualesquiera existe un supremum y un infimum que forman parte de las 16 operaciones. Por ejemplo, el supremum de $(p \cdot q)$ (Conjunción) y $(p \cdot \bar{q})$ (NO Condicional) es $(p \cdot q) \vee (p \cdot \bar{q})$, sea la Afirmación de p ó $p [q]$; el infimum es la negación completa; el supremum de $(p \cdot q)$ (Conjunción) y $(p \vee q)$ (Disyunción) es $(p \cdot q) \vee (p \cdot \bar{q}) \vee (\bar{p} \cdot q)$, sea $(p \vee q)$; el infimum es $(p \cdot q)$.

Aplicando pues la Regla de la dualidad a cualquier operación, obtenemos su inversa: $(p \cdot q)$ (FND de la Conjunción) se transforma en $(\bar{p} \vee \bar{q})$ (FNC de la Imcompatibilidad); $(p \cdot \bar{q})$ (FND del No condicional $(\bar{p} \supset q)$) se transforma en $(\bar{p} \vee q)$ (FNC del

Condicionales $p \supset q$); etc. La inversa es una de las tres maneras en que puede transformarse una operación interproposicional.

"Definición.- La inversa de una operación (por ejemplo $p \vee q$) es la complementaria en relación a la afirmación completa $(p * q)$." (Piaget, ob.cit., 297)

Verifíquese en la tabla, para los ejemplos anotados, que la operación inversa tiene justamente los valores de verdad invertidos: la operación y su inversa juntas constituyen la Afirmación completa.

"Definición.- La recíproca de una operación (tal como $p \vee q$) es la misma operación, pero efectuada sobre las proposiciones con signos invertidos: $(\bar{p} \vee \bar{q})$ en el caso de $(p \vee q)$.

Designamos esta transformación con el nombre de "reciprocidad: porque, puestas en forma de condicionales, dos operaciones recíprocas una de la otra constituyen condicionales entre proposiciones permutadas.

Así, $p \vee q \leftrightarrow \bar{p} \supset q$ y $\bar{p} \vee q \leftrightarrow q \supset \bar{p}$ " (ob. cit., 298)

"Definición.- Llamaremos "correlativa" de una operación, la operación que se obtiene sustituyendo, en la forma normal correspondiente, los (\vee) por los (\cdot) y recíprocamente, pero sin cambiar los signos.

La correlativa de $(p \cdot q) \vee (p \cdot \bar{q}) \vee (\bar{p} \cdot q)$ será pues: $(p \vee q) \cdot (p \vee \bar{q}) \cdot (\bar{p} \vee q)$ lo que corresponde pues

a (p . q)." (ob. cit., 298)

Piaget simboliza las tres transformaciones recién definidas con letras mayúsculas, así, N corresponde a la inversión, R a la recíproca y C a la correlativa. A éstas tres transformaciones agrega una más, la transformación idéntica (I), tal que aplicada a cualquier operación interproposicional la deja sin cambios.

Aplicando las definiciones enunciadas tenemos, por ejemplo, para la operación (p . q) (Conjunción)

$$I(p . q) = p . q$$

$$N(p . q) = (\bar{p} \vee \bar{q}) \text{ (Incompatibilidad)}$$

$$R(p . q) = (\bar{p} . \bar{q}) \text{ (Negación conjunta)}$$

$$C(p . q) = (p \vee q) \text{ (Disyunción)}$$

para $p \supset q$ (Condicional)

$$I(p \supset q) = (p \supset q)$$

$$N(p \supset q) = (p . \bar{q}) \text{ (NO condicional)}$$

$$\begin{aligned} \text{veáse que } N[(p . q) \vee (\bar{p} . q) \vee (\bar{p} . \bar{q})] &= \\ &= (\bar{p} \vee \bar{q}) \cdot (p \vee \bar{q}) \cdot (p \vee q) \end{aligned}$$

$$R(p \supset q) = (q \supset p) \text{ (Condicional inverso)}$$

$$\begin{aligned} R[(p . q) \vee (\bar{p} . q) \vee (\bar{p} . \bar{q})] &= \\ &= (\bar{p} . \bar{q}) \vee (p . \bar{q}) \vee (p . q) \end{aligned}$$

$$C(p \supset q) = (\bar{p} . q) \text{ (No condicional inverso)}$$

$$\begin{aligned} C[(p . q) \vee (\bar{p} . q) \vee (\bar{p} . \bar{q})] &= \\ &= (p \vee q) \cdot (\bar{p} \vee q) \cdot (\bar{p} \vee \bar{q}) \end{aligned}$$

En general, la aplicación de cualquiera de las transformaciones INRC a una operación interproposicional de las

16 operaciones binarias da como resultado una operación interproposicional del sistema de las 16 operaciones binarias. Más aún, la aplicación de una transformación sobre otra transformación da como resultado una transformación del conjunto de las cuatro transformaciones INRC. Siguiendo con la Conjunción como ejemplo:

$RN(p \cdot q) = (p \vee q)$, que es la Correlativa de la Conjunción

$$R(\bar{p} \vee \bar{q}) = (p \vee q)$$

$CN(p \cdot q) = (\bar{p} \cdot \bar{q})$, que es la Recíproca de la Conjunción

$RC(p \cdot q) = (\bar{p} \vee \bar{q})$, que es la Inversa (N) de la Conjunción

Además $RN = NR = C$; $CN = NC = R$; etc.

El conjunto de las cuatro transformaciones INRC constituye un grupo, en palabras de Piaget:

"Teorema.- El conjunto de las cuatro transformaciones I, N, R y C constituye un grupo conmutativo en relación a su composición.

Es posible obtener, en efecto, la siguiente tabla

	I	N	R	C
I	I	N	R	C
N	N	I	C	R
R	R	C	I	N
C	C	R	N	I

Esta tabla permite asegurar que:

- 1) La composición de dos elementos del conjunto es siempre un elemento del conjunto.
- 2) La composición es asociativa

- 3) Cada elemento tiene un inverso (que es él mismo)
- 4) Existe un elemento neutro (que es I)
- 5) La composición es conmutativa." (Piaget, ob. cit., 317)

Piaget plantea que estas transformaciones son las que posibilitan el razonamiento, por cuanto las 16 operaciones binarias, por sí mismas, constituyen juicios pero no razonamientos o sucesiones inferenciales. "Los razonamientos de estos sujetos corresponden sin más a las transformaciones que relacionan estas operaciones entre sí; estas transformaciones corresponden entonces al cálculo mismo inherente a esta álgebra. En una palabra, el razonamiento no es sino el cálculo que las operaciones proposicionales implican y, si éste cálculo sigue estando vinculado con el lenguaje corriente en el pensamiento de los sujetos, puede expresárselo simbólicamente gracias al álgebra de la lógica de las proposiciones ." (Inhelder y Piaget, 1985,257).

Lo anterior no implica por supuesto que al razonar el sujeto invoque las 16 operaciones binarias y el grupo de transformaciones INRC, el sujeto se vale del lenguaje natural y no actúa con la precisión de un lógico ni conoce las sistematizaciones, simbologías ni el cálculo con que éstos últimos han formalizado. El sujeto no tiene conciencia de la estructura de grupo-reticulado en la forma en que la lógica la simboliza, pero si tiene conciencia del sistema en tanto establece conexiones entre las diversas operaciones y al enfrentar problemas se plantea hipótesis y busca, más o menos sistemáticamente, conexiones de proposiciones que las validen o

rechacen. Por ejemplo, ante una observación (p . q) sabe que puede formar parte de otras operaciones (Disyunción, Equivalencia, Condicional, etc.) y busca otras conexiones para verificar su hipótesis. (ob. cit., 256)

Ejemplo de la Operación en el Nivel Cognoscitivo, de la Estructura de Grupo-Reticulado

Al igual que hicimos para el caso de los agrupamientos, pasamos a dar un correlato empírico del funcionamiento de la estructura de grupo-reticulado, en el pensamiento del adolescente del estadio de las operaciones formales. Ejemplificaremos con la resolución de dos problemas que enfatizan dos logros fundamentales del pensamiento formal: la integración de inversión por negación y reciprocidad, y la combinatoria.

El Equilibrio de la Prensa Hidráulica

El dispositivo consiste de dos vasos comunicantes A y B. El primero de ellos está provisto de un pistón que puede cargarse con diferentes pesos, con lo cual se ejerce presión sobre el líquido (acción). El líquido con que se llenan los vasos puede ser de tres densidades diferentes: agua, alcohol o glicerina, que ejerce distintas reacciones a la acción ejercida por el peso. Con este dispositivo se pretende estudiar el paso de las simples correspondencias entre pesos y desplazamiento del líquido a la "explicación que exprese la transmisión completa de la fuerza en función del peso y en razón inversa de la densidad."

Sólo los niños en el estadio de operaciones formales logran explicar los descensos y ascensos del pistón y el líquido del tubo B. Los niños de pensamiento concreto, alrededor de los 9

años, creen que con líquidos más pesados el pistón bajará más porque agregan ambos pesos; entre los 9 y 11 años se encuentran intuiciones de la noción de resistencia sin clara comprensión del problema. Según Piaget, esto obedece a que con las operaciones concretas, por no tener integrada la inversión por negación y por reciprocidad en un sólo sistema (recuérdese que en los agrupamientos de clases opera la inversión por negación, en tanto en los de relaciones opera la inversión por reciprocidad), no se puede comprender el esquema de la acción y la reacción. "La comprensión de la igualdad entre la acción y la reacción supone la intervención, en el pensamiento, de un grupo de transformaciones lógicas en sentido estricto, y un grupo en el que no sólo entren en juego las operaciones inversas sino también las recíprocas: si las primeras aseguran la anulación (quitar un peso, por lo tanto, disminuir la presión), las segundas son necesarias para traducir las transformaciones iguales pero orientadas en sentido contrario; por lo tanto las simetrías no anulan un efecto por supresión, sino que lo hacen por compensación (la resistencia compensa la presión). Sin embargo semejante grupo implica por sí mismo las operaciones formales, es decir, el "conjunto de las partes" en oposición con las agrupaciones elementales." (ob. cit., 134)

Para la comprensión del equilibrio de la prensa hidráulica se requiere concebir que hay una operación directa (o idéntica), que consiste en poner uno u otro peso en el pistón; una operación inversa (N), que consiste en disminuir o eliminar el peso sobre el pistón; una operación recíproca (R), que es la reacción del

líquido al peso del pistón, según su cantidad y densidad; y una operación correlativa (C), que es la negación de R o disminución de la reacción por disminución del volumen de líquido o por disminución de su densidad. En términos simbólicos:

$$I = (p \vee q)$$

$$N = (\bar{p} \cdot \bar{q})$$

$$R = (\bar{p} \vee \bar{q})$$

$$C = (p \cdot q) \text{ (ob. cit., 130-141)}$$

Combinaciones de Cuerpos Químicos Incoloros o Coloreados

"Se le presentan al niño cuatro frascos semejantes que contienen líquidos incoloros, inodoros, idénticos a la percepción. Los numeraremos: 1 = ácido sulfúrico diluido; 2 = agua; 3 = agua oxigenada; 4 = tiosulfato. Se le muestra además una botella con un cuentagotas, que llamaremos *g* y que contiene ioduro de potasio. Se sabe que el agua oxigenada oxida al ioduro de potasio en medio ácido. La mezcla 1 + 3 + *g* dará pues un color amarillo. El agua (2) es neutra y su adición no cambia el color. En cambio el tiosulfato (4) decolora la mezcla (1 + 3 + *g*). El experimentador presenta dos vasos al sujeto: uno contiene (1 + 3), el otro contiene (2). Frente al niño vierte algunas gotas *g* en cada uno de los dos vasos y hace notar las diferentes reacciones. Entonces simplemente se le pide al niño que produzca de nuevo el color amarillo utilizando a voluntad los frascos 1, 2, 3, 4 y *g*." (ob. cit., 98)

Sólo los niños con operaciones formales se abocan a la combinación sistemática de todos los elementos. Los niños del estadio de las operaciones concretas, en el subestadio de

preparación se limitan a combinar g con cada uno de los frascos. Los niños entre 9 y 11 años muestran inicios de combinatoria: además de g combinan los frascos entre sí pero no lo hacen sistemáticamente, de donde no agotan todas las combinaciones posibles. Veamos uno de los ejemplos ofrecidos por Inhelder y Piaget

"Cha (13 años): "Hay que probar con todas las botellas. Vamos a tomar la de la punta (de 1 a 4 con g). No funciona. Tal vez hay que mezclar (prueba 1 x 2 x g, luego 1 x 3 x g). Da amarillo : los líquidos 1 y 3 al mezclarse y al agregar g dan el color. Pero ¿hay otras soluciones? Vamos a probar (1 x 4 x g); 2 x 3 x g; 2 x 4 x g; (sumadas a las dos combinaciones anteriores, éstas dan las seis combinaciones de dos en dos realizadas de acuerdo con un método - comentario de los autores-). No funciona. Sólo funciona con (1 x 3 x g). Sí. ¿Y entonces qué pasa con (2) y (4)? - interviene el experimentador-. 2 y 4 y g al juntarse no dan el color. Son negativas. Quizá se podría agregar (4) en (1 x 3 x g) para ver si 2 tiene la misma influencia (prueba). El líquido 4 anula al conjunto. Hay que ver si 2 tiene la misma influencia (prueba). No, por lo tanto 2 y 4 no son semejantes, ya que, sobre 1 x 3 el 4 actúa y el 2 no actúa. ¿Qué hay en 2 y en 4? -vuelve a interrogar el experimentador-. En 4 seguramente agua. No, lo contrario, en 2 seguro que hay agua ya que no actúa sobre los líquidos, los vuelve más claros. ¿Y si se dijese que 4 es agua? - interviene el experimentador-. Si este líquido 4 es agua, cuando se lo pone con (1 x 3) no perdería del todo que se formase el amarillo. No es agua; es algo que perjudica." (ob. cit., 104)

y concluyen los autores

"En general, la lección de esta experiencia reside pues en la estrecha correlación existente entre la construcción o la estructura de conjunto de las operaciones combinatorias, por una parte, y las de las operaciones formales o interproposicionales, por la otra: al mismo tiempo que el sujeto combina los elementos o factores dados en el contexto experimental, combina los enunciados proposicionales que expresan los resultados de estas combinaciones de hechos y por ello construye el sistema de las operaciones binarias de conjunciones, disyunciones, exclusiones, etcétera." (ob. cit., 108)

Para terminar este correlato entre la conducta cognitiva y la

estructura de Grupo-Reticulado, valga agregar que la presencia de las operaciones formales se manifiesta no sólo por el empleo de las 16 operaciones binarias en tanto sistema, sino, además, por una serie de esquemas que suponen esas operaciones. "Estos esquemas operatorios consisten en nociones u operaciones espaciales (matemáticas y no exclusivamente lógicas) cuya necesidad el sujeto puede experimentar para la solución de algunos problemas y que logra entonces elaborar de modo espontáneo (o simplemente logra comprender, vale decir, reelaborar, en el caso en que la enseñanza escolar se refiera a estas nociones) mientras que hasta entonces era incapaz de hacerlo." (ob. cit., 260). Se trata de nociones que intervienen en la resolución de problemas con contenidos diversos, que incluso en apariencia no guardan relación entre sí. Estos esquemas son:

-Las operaciones combinatorias. Ya se ha señalado que la combinatoria marca una diferencia esencial entre el pensamiento formal y el concreto y que es base para la construcción de las operaciones interproposicionales.

-Las proporciones. Una proporción es la equivalencia de las relaciones existentes entre dos expresiones a y b y las relaciones dadas entre otras dos expresiones c y d: $a/b = c/d$; por tanto se requiere de la operación con la estructura de grupo-reticulado para su comprensión.

Una proposición (a) es a su recíproca (b) como la negación de ésta (c) es a la negación de la primera (d):

$a/Ra = Ca/Na$, véase en la tabla de las relaciones entre las transformaciones INRC que la Recíproca de la Correlativa es justamente la Negación de I.

- La coordinación de dos sistemas de referencia y la relatividad de los movimientos o las velocidades. Uno de los ejemplos puestos por Inhelder y Piaget es el de un caracol que se desplaza de derecha a izquierda y viceversa sobre una tabla que también se puede desplazar en ambos sentidos.

"Los sujetos que pertenecen al nivel de las operaciones concretas comprenden muy bien que el caracol puede desplazarse de izquierda a derecha, y luego volver de derecha a izquierda mediante una operación inversa que anula la anterior. Asimismo, comprenden que si el caracol se mantiene quieto, un movimiento de izquierda a derecha del tablón lo conducirá al mismo punto (en relación con referencias exteriores) que si hubiera caminado solo y que el movimiento inverso lo volverá a llevar al punto de partida. Pero hay que esperar el nivel de las operaciones formales para que aparezcan las previsiones correspondientes a estas dos clases de movimientos simultáneos, ya que en este caso se trata de coordinar entre sí dos sistemas de referencia, uno móvil y el otro inmóvil. Por ejemplo, una de las dificultades consiste en comprender que un movimiento de izquierda a derecha del caracol pueda ser compensado con un desplazamiento de derecha a izquierda del tablón; en este caso el caracol se queda entonces en su lugar (en relación con el sistema de referencia inmóvil) sin haber realizado desplazamiento inverso alguno. ...

En realidad, en estos problemas la dificultad consiste en distinguir y componer dos clases de transformaciones: 1) la anulación (por ejemplo cuando el caracol se mueve de B hacia A después de haber ido de A hacia B), y 2) la compensación (por ejemplo cuando el caracol se mueve de A hacia B mientras que se desplaza al tablón de B hacia A). Se trata pues de la coordinación de dos sistemas que suponen cada uno una operación directa y una inversa, pero uno de los sistemas se encuentra respecto del otro en una relación de compensación o simetría.

Ahora bien, se percibe de inmediato que esta coordinación es realizada precisamente por el grupo INRC, puesto que N es la inversa de I y C la de R, mientras que R representa respecto de I una relación de simetría o compensación (reciprocidad). El problema consiste pues en distinguir la inversión N de la reciprocidad R al mismo tiempo que

coordinarlas, y por ello su solución no puede encontrarse sino en el nivel formal gracias a la intervención de un esquema basado en el grupo INRC." (ob. cit., 267 s)

-La noción de equilibrio mecánico. Se trata de una noción de la cual el ejemplo de la prensa hidráulica es una aplicación. Implica en lo fundamental la coordinación de los dos tipos de reversibilidad: negación y reciprocidad.

-La noción de probabilidad. Piaget le da un papel primordial a lo posible respecto de lo real en el pensamiento formal; en este sentido lo real es lo efectivamente observado o verificado respecto de lo posible. Mientras el pensamiento concreto limita lo posible a una extensión de lo real, (ya vimos que ante dos clasificaciones $A = A1 + A2$ y $B = B1 + B2$ sólo logra componer aditivamente cuatro posibilidades: $A1B1, A1B2, A2B1, A2B2$), el pensamiento formal recurre a las composiciones combinatorias y extrae 16 combinaciones. Son precisamente la combinatoria y el papel de lo posible lo que fundamenta la noción de probabilidad: sólo los niños con pensamiento formal logran coordinar los casos favorables respecto de todos los posibles. El niño de pensamiento concreto, aunque concibe la relación casos favorables-casos posibles, no accede al cálculo de estos últimos.

-La noción de correlación. Según Piaget la noción de correlación surge de la consideración de las cuatro asociaciones, resultado de multiplicar 2 proposiciones con valores verdaderos o falsos: $p \cdot q, p \cdot \bar{q}, \bar{p} \cdot q, \bar{p} \cdot \bar{q}$. Dos de estas asociaciones ($p \cdot q$), ($\bar{p} \cdot \bar{q}$) (La

equivalencia) representan una correlación positiva perfecta. Las asociaciones $(p \cdot \bar{q})$, $(\bar{p} \cdot q)$ (Exclusión recíproca) representan una correlación negativa perfecta. Por su parte la ocurrencia de las cuatro asociaciones representa una correlación nula. Cuando los sujetos deben evaluar una correlación, sin conocimiento de fórmulas matemáticas, recurren a una estimación de este tipo, apoyándose en la probabilidad (que ya vimos se asienta en la combinatoria). Y apoyándose también en la distinción entre $p \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$ vs. $p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q$, (lo que supone la operación con las 16 operaciones proposicionales).

-Las compensaciones multiplicativas. Esto tiene que ver con la resolución de problemas como la flexibilidad de un conjunto de varillas de distintos metales, tipos de corte o sección, grosor, y longitud, en los cuales el niño, mediante el control de las variables (permaneciendo todo igual), debe descubrir la relación entre los distintos factores que contribuyen a la flexibilidad. La compensación multiplicativa tiene que ver, por ejemplo, con la comprensión de que una varilla de metal duro, delgada y larga, puede tener una flexibilidad equivalente a otra varilla de metal blando, gruesa y corta.

Este esquema también interviene en la conservación de volumen, que típicamente sólo se domina con el pensamiento formal, aun cuando el niño con pensamiento concreto puede dominar la conservación de materia y de peso. En la conservación de volumen el sujeto comprende que al alargar o

acortar un objeto el volumen del mismo no cambia, por cuanto lo que gana en una dimensión lo pierde en otra y viceversa. Se trata de una noción cualitativa que inicialmente no implica cálculos numéricos, pero que descansa sobre una proporción del tipo $a_1/a_2 = b_2 \times c_2 / b_1 \times c_1$, donde, por ejemplo, $a_1 \times b_1 \times c_1$ es el área de una figura geométrica y $a_2 \times b_2 \times c_2$ es el área de otra figura geométrica, con distintas dimensiones en sus lados pero con área equivalente a la primera. (ob,cit., 275)

-Las formas de conservación que van más allá de la experiencia. Se trata de nociones de conservación que, a diferencia de la conservación de peso o volumen, el sujeto no puede comprobar empíricamente pero que, no obstante, el sujeto deduce. Piaget pone el ejemplo de la noción de inercia: "El razonamiento de los sujetos resulta entonces muy simple, pero por ello tanto más significativo: puesto que toda disminución de la velocidad (enunciada por p) implica la intervención de factores observables (enunciados por q r s ...) Llegan a formular la hipótesis de que al suprimir todos estos factores (o sea q . r . s ...) se suprimiría al mismo tiempo toda disminución de velocidad, lo cual equivaldría entonces a la conservación del movimiento (m) con su velocidad (...):

Si $p \supset (q \vee r \vee s \dots)$ entonces $\bar{q} \cdot \bar{r} \cdot \bar{s} \dots \supset \bar{p}$ de donde $\bar{p} \supset m$

Se ve cómo este razonamiento recurre simultáneamente a la negación o inversión (N) y a la contraposición que es una

forma de reciprocidad (R)." (ob. cit. 276 s)

Terminamos el capítulo señalando las principales características y diferencias de los pensamientos concreto y formal. Recurrimos para esta exposición a Inhelder y Piaget, (1985).

El logro más importante del pensamiento concreto es la reversibilidad, inherente por definición a las operaciones y que posibilita la liberación respecto de la percepción y la intuición dominantes en el estadio anterior. Esta reversibilidad permite superar la oposición entre situaciones estáticas y transformaciones y es condición sine qua non de las operaciones que le permiten clasificar, establecer correspondencias y equivalencias, que, en suma, permiten al niño describir y organizar la realidad. Estos logros adolecen sin embargo de tres importantes limitaciones: 1) Por referirse a contenidos particulares, lo posible se reduce a una "simple prolongación virtual de las acciones u operaciones aplicadas a este contenido dado (por ejemplo, cuando después de seriar algunos objetos, el sujeto sabe que podría continuar con otros objetos, y lo sabe en virtud del mismo esquema anticipatorio de seriación que le permitió efectuar su seriación real). 2) Se refieren a contenidos particulares y proceden dominio por dominio. Lo construido en un dominio no se generaliza a otro, de donde surgen notables desfases. " 3) El equilibrio alcanzado al interior de los diferentes dominios y operaciones no existe entre ellos, en particular la coordinación de la inversión por negación y por reciprocidad.

A diferencia del pensamiento concreto, con el pensamiento formal lo real se subordina a lo posible, en el sentido de que lo real es lo efectivamente verificado de un conjunto mucho más amplio de posibilidades hipotéticas, posibilidades que es posible determinar gracias a la combinatoria y que se verifican en la realidad gracias a la lógica proposicional; el pensamiento formal es hipotético-deductivo. Piaget insiste en que las propiedades más generales del pensamiento formal son la combinatoria y, más general aún, "la subordinación de lo real a lo posible."

El pensamiento formal se rige ya no por la lógica de clases y relaciones sino por la lógica proposicional, lo que supone no sólo mayor número de posibilidades operatorias sino además un poder de razonamiento mucho mayor (la posibilidad de operar con el condicional por ejemplo). Con el manejo de la lógica proposicional el sujeto se libera de los contenidos y es capaz de operar con las proposiciones, vale decir, con abstracciones. Al respecto Piaget enfatiza que, aunque el fenómeno más visible es la traducción de las operaciones a palabras, no se trata de una mera sintaxis, y lo esencial de la lógica proposicional es ser "una lógica de todas las combinaciones posibles del pensamiento, ya surjan estas a propósito de problemas experimentales o a propósito de cuestiones puramente verbales".

Respecto de la integración de la inversión por negación y reciprocidad, es un hecho que se afirma con la postulación misma del grupo de las cuatro transformaciones (INRC), y se constata en la operación del esquema de "la noción de equilibrio mecánico."

ANTECEDENTES

Desarrollo Cognoscitivo y Demandas Cognoscitivas de Cursos de Nivel Secundario y Universitario

Con lo expuesto hasta aquí parece evidente que los estudiantes con pensamiento concreto estarán en inferioridad de condiciones respecto de los estudiantes con pensamiento formal, para hacer frente a los cursos de nivel universitario. Resultaría ocioso proceder a demostrar en detalle que en los cursos de Ciencias Básicas que deben aprobar los estudiantes en el primer año (en el Instituto Tecnológico: Matemática, Física, Química, Biología), en la cobertura de distintos tópicos tendrán que operar con combinatoria, proporciones, coordinación de dos sistemas de referencia, equilibrio mecánico, probabilidades, correlación, compensaciones multiplicativas, formas de conservación más allá de la experiencia (todos esquemas operatorios formales referidos en el capítulo anterior).

Los conceptos con que operan las ciencias y la matemática son abstractos, el estudiante no los puede percibir con sus sentidos (por ejemplo: átomo, electrón, molécula, trabajo, electricidad, homeóstasis, etc.). Mas aún, las universidades suelen tener entre sus objetivos explícitos formar estudiantes que no sean repetidores de fórmulas y recetas, sino profesionales capaces de enfrentar situaciones nuevas, analizar y resolver problemas; en suma, capaces de formular hipótesis y someterlas a verificación, lo que implica entre otras muchas, la capacidad para controlar variables y por supuesto el manejo de la lógica proposicional en general. Como se ha visto, en la teoría de Piaget, dicha lógica

no es asequible a sujetos que no hayan alcanzado el estadio de las operaciones formales.

Como correlato a la exposición general que hemos hecho, referimos que Padilla, Okey y Dillashakw (1983), reportan una correlación de .73 entre una prueba colectiva piagetiana y una prueba para medir la habilidad para manejar el método científico, con estudiantes de secundaria media y superior.

Lawson y Renner (1975), practicaron un análisis de los principales conceptos enseñados en los cursos de Química, Biología y Física en una escuela secundaria estadounidense, los clasificaron como concretos o formales. La mayoría de los conceptos enseñados en las tres disciplinas científicas fueron categorizados como formales.

Howe y Durr (1982) afirman que muchos conceptos o problemas del curriculum de ciencias en la secundaria requieren uno o más aspectos de pensamiento formal y que hay discrepancia entre estas demandas de partes significativas del curriculum y los procesos de pensamiento lógico que manejan los estudiantes. Los autores encuentran diferencias significativas en la prueba de rendimiento referida a distintos aspectos del concepto de mole, según nivel de desarrollo cognoscitivo (44% de varianza explicada).

Herron (1975) hace una lista de competencias (actividades, razonamientos) esperados de los estudiantes de un curso de Química General de nivel universitario, diferenciando entre aquellas que probablemente podría hacer un estudiante con pensamiento concreto y aquello que probablemente no podría hacer, aunque la lista no pretende ser exhaustiva, vale destacar que la

mitad de las competencias señaladas probablemente no podrían ser resueltas por estudiantes con pensamiento concreto.

Nivel de Desarrollo Cognoscitivo de Estudiantes de Nivel Secundario y Universitario

En contraposición a los resultados reportados por Piaget, en el sentido de que los sujetos que estudió alcanzarían la equilibración del pensamiento formal alrededor de los 15 años; la literatura informa de bajos porcentajes de sujetos clasificados como formales, entre la población de estudiantes de educación secundaria y universitaria.

Lawson y Renner (1975), al analizar una muestra de 134 estudiantes de secundaria de un colegio del Medio-Oeste estadounidense, clasificaron el 13.4% como concretos, el 28.4% como post-concretos, y el 58.2% entre los subestadios III-A y III-B; sólo el 4.48% de los estudiantes fueron clasificados en el subestadio III-B.

Shayer, Adey y Wylam (1981) hacen referencia a estudios realizados entre 1974 y 1976 en Gran Bretaña con 12000 jóvenes de primaria y secundaria. Señalan los autores que parece que sólo alrededor del 30% de los jóvenes alcanzan el estadio de las operaciones formales tempranas antes de los 16 años y que las normas poblacionales dejan de crecer después de la edad a la cual cesa el acelerado crecimiento de los adolescentes.

Howe y Durr (1982) de una muestra de 71 estudiantes del New York Chemistry Syllabus reportan 5.6% de estudiantes con pensamiento preconcreto, 15.5% concreto, 19.7% transicional, 28.2% formal temprano, 31% formal.

Lawson (1978) en una muestra de 513 estudiantes de secundaria clasificó al 35.3% de los estudiantes como concretos, el 49.5% como transicionales, y el 15.2% como formales.

Méndez, Chaves y Escalante (1983), hicieron una evaluación del desarrollo cognoscitivo en estudiantes de secundaria del Area Metropolitana de San José, con edades de 12, 13, 15 y 16 años.

Con los sujetos de 12 y 13 años (354 en total) encontraron que en un alto porcentaje respondieron satisfactoriamente a las pruebas de nivel concreto, no así a las de nivel formal. Respecto de éstas últimas mostraron comprensión de los problemas planteados pero no pudieron resolverlos.

Con los sujetos de 15 y 16 años (265 en total) los resultados tampoco fueron halagadores: sólo el 19% alcanza el nivel de pensamiento formal, lo que revela un estancamiento entre los 13 y los 16 años y un retraso importante respecto de los sujetos con que trabajó Piaget.

Las autoras destacan, como problema por ser investigado, el estancamiento que se presenta entre los 13 y los 16 años, toda vez que son estudiantes de secundaria, con los que se supone se harían esfuerzos conscientes encaminados a favorecer el desarrollo de su capacidad de razonamiento.

Cafolla (1988) en una muestra de 23 estudiantes, de un curso de programación en Basic de nivel universitario, clasificó el 60.9% de los estudiantes como de pensamiento concreto y el 39.1% como de pensamiento formal.

Niaz (1985) con una muestra de 709 estudiantes de primer año de la Universidad de Oriente (Venezuela), clasificó el 84.1% como

concreto, el 12.4% como post-concreto (transicionales), y el 3.5% restante como formal.

Niaz (1987) aplicó la prueba de Lawson, modificada al efecto, a una muestra de 95 estudiantes de primer año de la Universidad de Oriente (Venezuela). Clasificó el 46.3% de los sujetos como concretos, el 46.3% como post-concretos, el 7.4% como formales.

Lawson (1983) en una muestra de 96 estudiantes de tercer año (la mayoría) de la Universidad Estatal de Arizona, matriculados en un curso de biología para profesores de escuela elemental, clasificó el 13.75% de los estudiantes como concretos; el 57.5% como transicionales; y el 28.75% como formales.

Correlación entre Desarrollo Cognoscitivo y Rendimiento Académico

Lawson y Renner (1975) correlacionaron los resultados de pruebas de desarrollo cognoscitivo con los resultados obtenidos por los estudiantes en las pruebas de los cursos de Química, Biología y Física. Estas consistieron de aproximadamente 30 ítemes de multiescogencia, 15 referidos a conceptos concretos y 15 a conceptos formales. Encontraron que los sujetos ubicados en el subestadio II-A no demostraron comprensión ni de los conceptos concretos ni de los formales. Los sujetos ubicados sobre el nivel II-A y hasta el II-B demostraron comprensión del 30% de los conceptos concretos y poca o ninguna comprensión de los conceptos formales. Es hasta la categoría de post-concreto que los sujetos muestran comprensión de conceptos formales. Los sujetos ubicados entre los subestadios III-A y III-B demostraron comprensión tanto de los conceptos concretos como de los

formales. En síntesis, a mayor nivel cognoscitivo mayor número de respuestas correctas a cuestiones referidas a conceptos formales.

Cantu y Herron (1978) encontraron rendimientos significativamente diferentes entre estudiantes de High School con pensamiento concreto y estudiantes con pensamiento formal, en la evaluación de su comprensión de 6 conceptos (3 con demandas de pensamiento concreto y 3 con demandas de pensamiento formal). En ambos tipos de concepto los estudiantes con pensamiento formal tuvieron un mejor desempeño. Confirmaron además que los estudiantes con pensamiento concreto se desempeñan mejor en conceptos que demandan nivel concreto que en conceptos que demandan nivel formal. En la discusión de los resultados anotan: "Dos hechos parecen obvios; primero, mucho de lo que enseñamos en ciencia parece requerir razonamiento operatorio-formal; segundo, muchos estudiantes que se enrolan en ciencia no usan pensamiento operatorio-formal."

Lawson (1982) reportó correlaciones entre su test de razonamiento formal, las tareas de doblamiento de varillas y de la balanza, y aprovechamiento en lectura, lenguaje de las artes, matemática, estudios sociales y ciencia, medido con el Test de Desarrollo Educativo de Iowa, para una muestra de 72 estudiantes de noveno año (15 años de edad). Todas las correlaciones fueron positivas y significativas ($p < .01$) y tuvieron un rango de .42 a 0.88. Como hecho importante todas las correlaciones del test de razonamiento con aprovechamiento en matemática y ciencia fueron virtualmente idénticas ($X = .61$), que las correlaciones con las otras áreas ($X = .62$), lo cual sugiere que el razonamiento formal

esta relacionado tanto con aprovechamiento en lectura, lenguaje de las artes y estudios sociales, como con matemáticas y ciencias." (Lawson, 1985, 590).

Herron (1975), aplicó pruebas piagetianas a un grupo de 17 estudiantes de primer año universitario y correlacionó estos resultados con la calificación obtenida en un curso de química; la correlación fue de .80. Adicionalmente, para un grupo de 33 estudiantes correlacionó los resultados en pruebas piagetianas con los resultados de un examen de ubicación en química; la correlación fue de .70.

Cafolla (1988) en una muestra de estudiantes de un curso de programación en Basic a nivel de college, encontró diferencias significativas en la calificación final del curso según nivel de desarrollo cognitivo ($r = .59$).

Niaz (1985) aplicó una prueba colectiva para medir desarrollo cognoscitivo y correlacionó estos resultados con las calificaciones obtenidas por los estudiantes en Química I, Matemática I, Biología I, Laboratorio de Biología, Español y composición, Inglés I, y Ciencias sociales I. La muestra consistió de 709 estudiantes de primer año de la Universidad de Oriente (Venezuela). Véase en el Cuadro N. 2 la tabla de correlaciones reportada por Niaz.

Cuadro N. 2

Coefficientes de Correlación entre la Prueba Colectiva y Varios Cursos Universitarios, Encontrados por Niaz (1985)

Curso	n	Prueba colectiva
Química I	566	.40
Matemática I	477	.32
Biología I	513	.31
Lab. Biología	244	.36
Esp. y Comp.	461	.35
Inglés I	217	.30
Cienc. Soc. I	497	.18

p < .01

Destacamos que todas las correlaciones son significativas (p < .01). Las correlaciones son mayores con Química, Laboratorio de Biología, y Español y Composición; y sensiblemente menor con Ciencias Sociales I.

Niaz (1987) encontró correlaciones significativas entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los cursos de Química I, Matemática I y Biología I, y los resultados de la prueba colectiva de Lawson, el espacio de memoria de trabajo y la independencia de campo. Las correlaciones entre nivel cognoscitivo y calificaciones en los cursos fueron las más altas: 0.48, .42 y .32 para Química, Matemática y Biología, respectivamente.

Variables que Afectan la Correlación
Desarrollo Cognoscitivo-Rendimiento Académico

Los estudios revisados hasta aquí coinciden en señalar que un alto porcentaje de estudiantes de educación secundaria y universitaria no operan a nivel formal. También coinciden en que

se encuentran correlaciones significativas entre desarrollo cognoscitivo y rendimiento académico. Los datos que ofrecen, sin embargo, no son uniformes. Por ejemplo, mientras Cafolla (1988) reporta 39.1% de estudiantes con pensamiento formal, Niaz (1985) reporta un 3.5% en ese estadio. Mientras Herron (1975) reporta una correlación de .80 entre desarrollo cognoscitivo y rendimiento en cursos de Química, Niaz (1985) reporta una correlación de .40.

Esta falta de uniformidad puede obedecer a múltiples causas. Algunas parecen obvias, como el tipo de población sobre el que se trabaja, o el instrumento que se emplea para medir desarrollo cognoscitivo. Otras se pueden inferir de los estudios revisados hasta aquí. Por ejemplo, los estudios de Lawson y Renner (1975) y Cantu y Herron (1978) indican que las correlaciones se ven afectadas por el tipo de conceptos que se enseñan, vale decir, las demandas cognoscitivas que se ponen sobre los estudiantes.

Pasamos a reseñar dos estudios que se ocupan de variables que afectan la correlación entre desarrollo cognoscitivo y rendimiento académico.

Lawson (1983) plantea la hipótesis, y la "comprueba", de que diferentes factores cognoscitivos (nivel de desarrollo según Piaget, tamaño del espacio de memoria, independencia de campo, conocimiento previo sobre la materia, y creencias previas), correlacionarían con el rendimiento según lo que se exija que los estudiantes ejecuten. Si lo que se pide es que los estudiantes aprendan hechos y conceptos específicos de una disciplina, entonces el mejor predictor será el conocimiento previo sobre la

disciplina. Si lo que se pide es que los estudiantes piensen más allá de los hechos y conceptos específicos y ejecuten transformaciones operacionales para encontrar la solución a problemas planteados, entonces el nivel de desarrollo cognoscitivo será un mejor predictor. Si la evaluación del aprendizaje requiere que los sujetos procesen simultáneamente un gran número de hechos y conceptos específicos, entonces la capacidad de memoria de trabajo será un mejor predictor. Si la evaluación requiere que el estudiante separe la información relevante de la irrelevante, entonces la independencia de campo será un buen predictor. Si la materia por aprender contradice de algún modo las creencias de los estudiantes, entonces las creencias previas harán más difícil el aprendizaje.

En particular, Lawson encontró que la evaluación del conocimiento a través de 10 ítems de escogencia múltiple tiene como mejores predictores el conocimiento previo y la disposición de aceptar los nuevos conceptos; la evaluación por un ítem que requiere transformaciones matemáticas y proporciones tiene como mejor predictor el nivel de desarrollo cognoscitivo; la evaluación por un ítem tipo ensayo tiene como mejor predictor la capacidad de memoria de trabajo. Parece que este tipo de cuestiones requieren el procesamiento simultáneo de piezas de información lo cual se hace más difícil para estudiantes con capacidad de memoria de trabajo reducida. La independencia de campo resultó un predictor consistente para los tres tipos de evaluación.

Los resultados obtenidos por Lawson no sólo confirman la existencia de correlación significativa entre nivel de desarrollo

cognoscitivo y rendimiento académico, sino que, además, señalan la necesidad de poner atención al tipo de evaluación utilizada como medida de rendimiento.

Niaz (1987) hace una especie de réplica del estudio de Lawson (1983). Sin embargo, a diferencia de Lawson, no emplea un tópico especialmente diseñado para ser enseñado y medido a los propósitos de la investigación, sino que utiliza como medida de rendimiento académico los resultados obtenidos por los estudiantes en los cursos de Química I, Matemática I y Biología I. Además, no incluye las creencias previas del sujeto como predictor, e incluye otra prueba: el Test de Raven.

El autor encontró correlaciones significativas entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los cursos de Química I, Matemática I y Biología I, y los resultados de la prueba colectiva de Lawson, el espacio de memoria de trabajo y la independencia de campo. Las correlaciones entre nivel cognoscitivo y calificaciones en los cursos fueron las más altas: 0.48, .42 y .32 para Química, Matemática y Biología, respectivamente.

Bender y Milakofsky (1982) plantean que los hallazgos inconsistentes en los intentos de explicar varianza del desempeño en cursos pueden deberse en parte a las amplias variaciones en las muestras de estudiantes que se toman y/o a las evaluaciones usadas para medir el desempeño en los cursos. Para controlar estas posibles fuentes de contaminación en los resultados, trabajaron con dos grupos de estudiantes de cursos de química de primer año universitario (Universidad Estatal de Pennsylvania): 64 estudiantes matriculados en un curso introductorio/remedial de

Química y 161 estudiantes matriculados en un curso de Principios de Química. La ubicación en uno u otro curso dependió de un examen de ubicación que practica esa universidad. El grupo introductorio fue evaluado con cuestiones que en un 70% cubrían tópicos descriptivos y en un 30% problemas de cómputo o cálculo matemático; el grupo de principios tuvo la proporción inversa de uno y otro tópicos. La parte de laboratorio de los cursos también tuvo evaluaciones diferentes, con mayores demandas de cálculo y transformaciones para el segundo de los grupos.

Las calificaciones en el curso correlacionaron significativamente con los resultados de la prueba colectiva de desarrollo cognoscitivo para el grupo avanzado, no así para el grupo de menor nivel. La correlación sin embargo es baja (.15 para la parte teórica y .19 para la parte de laboratorio). El hecho de que las correlaciones sean significativas para el grupo 2 pero no para el grupo 1 coincide con los hallazgos de Lawson 1983.

Otro aspecto del estudio de Bender y Milakofsky que merece ser destacado es que ellos comparan subáreas del test de desarrollo cognoscitivo con el rendimiento en Química, y encuentran que de las 5 áreas que lo componen las referidas a clasificación y a razonamiento proporcional son las que hacen la mayor contribución; las áreas de relaciones e imágenes aparecen suficientemente desarrolladas en ambos grupos muestrales y no hacen diferencia entre ellos. Estos hallazgos parecen importantes en tanto en estudios de este tipo se pueden hacer análisis más finos que la correlación de los resultados de pruebas de

desarrollo cognoscitivo en forma global, realizando distinciones según los esquemas operatorios a que hacen referencia.

Los autores plantean que la discrepancia de los resultados obtenidos en esta investigación, en cuanto a la magnitud de la correlación, respecto de los obtenidos en otros (por ejemplo Herron, 1975) puede deberse a los diferentes instrumentos utilizados para medir el desarrollo cognoscitivo.

Correlación Desarrollo Cognoscitivo-Prueba de Admisión

Bender y Milakofsky (1982) correlacionaron los resultados de la prueba de desarrollo cognoscitivo con los resultados de la Prueba de Admisión aplicada en la universidad (SAT), tanto con su parte matemática como con su parte verbal. Encontraron correlaciones significativas: .55 con la Parte Matemática y .24 con la Parte Verbal. Los autores no ofrecen correlaciones parciales de estas variables con el desempeño en los cursos que permitan estimar sus contribuciones relativas. No obstante, adelantan que los resultados de la prueba de desarrollo cognoscitivo es lo suficientemente independiente de la Prueba de Admisión como para merecer posterior investigación; e indican que la correlación entre estas dos pruebas habla a favor de la validez de la Prueba de Admisión como predictor. A nuestro entender, harían falta análisis orientados a determinar la contribución e independencia de una y otra prueba en la explicación de la varianza del rendimiento académico.

En síntesis, de la revisión bibliográfica recién referida se pueden sacar algunas conclusiones:

1. Los cursos de nivel universitario, al menos en algunos de los tópicos que cubren, demandan pensamiento formal de parte de los estudiantes.
2. Un alto porcentaje (superior a 50) de estudiantes de primer año universitario no han alcanzado el nivel de pensamiento formal, según lo define Piaget
3. El nivel de desarrollo cognoscitivo está correlacionado con el desempeño de los estudiantes en los cursos de nivel universitario.
4. La relación entre nivel de desarrollo cognoscitivo y el desempeño en los cursos parece depender de:
 - 4.1. El tipo de exigencias que se plantean a los estudiantes como medida de su aprovechamiento
 - 4.2. La homogeneidad o heterogeneidad de las muestras sobre las que se realizan los estudios
 - 4.3. Los instrumentos utilizados para medir el nivel de desarrollo cognitivo
5. No está suficientemente establecida la relación entre desarrollo cognoscitivo y resultados en pruebas de admisión a las universidades. Estudios en este sentido podrían ser un índice de validez convergente para ambos tipos de prueba. Además es necesario dilucidar, en caso de que se encuentren correlaciones significativas, sus contribuciones relativas (parcializadas) a la explicación del rendimiento académico.
6. En la exploración de la relación entre desarrollo cognoscitivo y rendimiento académico parece de utilidad

explorar no sólo la relación rendimiento vs. desarrollo cognoscitivo como un todo sino, además, la relación rendimiento versus esquemas operatorios específicos.

METODOLOGIA

Población y Muestra

En 1990 se matricularon 926 estudiantes nuevos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Los estudiantes nuevos llevan en el primer año cursos de ciencias básicas en las áreas de Matemática, Física, Química, Biología, Ciencias Sociales, Comunicación e Inglés. De los cursos de ciencias básicas todos los estudiantes, excepto los provenientes de otras universidades a los que se les haya reconocido, llevan como asignatura común Comunicación I y Matemática (dos carreras tienen, sin embargo, cursos específicos de Matemática). En este estudio se definió como población a los estudiantes de nuevo ingreso que matricularon Comunicación I en el primer semestre de 1990. Esto implica que se toman estudiantes matriculados en los planes de bachillerato y diplomado, dejando de lado estudiantes nuevos que ingresan a los planes de licenciatura y maestría.

En 1990 en el Instituto Tecnológico se implantó una modalidad de matrícula en la que los estudiantes se asignaron por bloques, de modo que, en términos generales, los alumnos de una carrera son compañeros en los distintos cursos que llevan. Así, los estudiantes del grupo X de Comunicación I tenderán a ser todos de una misma carrera, (se anota como tendencia porque la situación no es absolutamente pura, hay mezclas).

Por la situación apuntada, la escogencia de la muestra se hizo por bloques de carrera. En efecto, en carreras que matriculan 50 o 60 estudiantes de nuevo ingreso el proceso de matrícula

definió 2 bloques, por lo que los estudiantes de esa carrera estarán, en su mayoría, matriculados en dos de los grupos de Comunicación. En estos casos se escogió al azar uno de esos dos grupos de comunicación; cuando había tres grupos para una carrera se escogieron dos al azar. Sin embargo, en carreras de baja matrícula, en las que el número de estudiantes matriculados no llena el cupo de un grupo de Comunicación I, el proceso de matrícula juntó a esos estudiantes con los de otra carrera de baja matrícula o con el remanente de una carrera de matrícula alta; en estos casos la escogencia de los bloques no se hizo al azar sino procurando una representatividad adecuada de las distintas carreras. Se llegó finalmente a un muestreo por conglomerados con una mezcla de muestreo estratificado y de muestreo por conveniencia.

La muestra comprendió 16 grupos de Comunicación I, de un total de 30 grupos existentes, para un total de 372 estudiantes de nuevo ingreso.

El cuadro N. 3 presenta la composición de la población de estudiantes nuevos matriculados en 1990, según carrera, y la composición de la muestra según carreras.

CUADRO N. 3

ESTUDIANTES NUEVOS MATRICULADOS EN I SEMESTRE DE 1990,
SEGUN CARRERA. COMPOSICION DE LA MUESTRA, SEGUN CARRERA

	MATRICULA	MUESTRA	% MUESTREADO
Admon. Emp. Diurna	111	69	62.16
Admon. Emp. Nocturna	84	29	34.52
Admon. Emp. San José	74	16	21.62
Computación	51	19	37.25
Construcción	59	23	38.98
Dibujo en Arq. e Ing. D. *	23	16	69.57
Dibujo en Arq. e Ing. N. *	36	1	.03
Diseño Industrial	47	16	34.04
Electrónica	88	34	38.64
Forestal	53	28	52.83
Metalurgia	37	17	45.95
Mantenimiento Industrial	58	23	39.66
Bloque Agrícolas Cartago	21	15	71.43
Bloque Agrícolas San Carlos	50	20	40.00
Producción Industrial	80	37	46.25
Supervisión de Produc. *	32	9	28.12

* carreras de diplomado

Instrumento

Para la medición del nivel de desarrollo cognoscitivo se empleo la Prueba Colectiva de Lawson (Lawson, 1978, véase la prueba en el Anexo 1), adaptada y validada en Costa Rica por Cordero y Ruiz (1981) y Cordero, Ruiz y Esquivel (1983) (véase la prueba en el Anexo 2).

La prueba de Lawson consiste de ítemes que requieren de: 1) el aislamiento y control de variables (4 ítemes), 2) razonamiento combinatorio (2 ítemes), 3) razonamiento probabilístico (3 ítemes) y 4) razonamiento proporcional (4 ítemes) (todos esquemas referidos al final del capítulo trasanterior). Incluye además un ítem relacionado con la conservación de peso y otro con la conservación de volumen, ambos indicadores de pensamiento concreto avanzado y de pensamiento formal temprano (etapa de transición).

Cada ítem contempla una demostración en la que se usa algún material y/o aparato. La demostración sirve como vehículo para proponer una pregunta o solicitar una predicción; la respuesta del sujeto es registrada por este en un folleto que ofrece una lista de posibles respuestas: debe marcar su respuesta y explicar por qué la escogió. Se puntúan solamente las respuestas correctas acompañadas de una explicación adecuada para su escogencia.

La prueba fue aplicada originalmente por Lawson a una muestra de 513 jóvenes de octavo, noveno y décimo año en San Francisco, California, con promedios de edad de 14.1, 15.2 y 16.5 años respectivamente. Del conjunto de sujetos de esta aplicación se extrajeron al azar 72, a los cuales se les aplicaron 4 pruebas de

tipo piagetiano: Conservación de Peso, Desplazamiento de Volumen, Doblamiento de Varillas y Balanza de Brazo.

Lawson calculó un índice de validez convergente correlacionando los resultados en la prueba colectiva con las pruebas de la Balanza y de Doblamiento de Varillas. La correlación de la prueba colectiva con la consideración conjunta de las otras dos pruebas fue de .76 ($p < .001$). El coeficiente de contingencia, entre la clasificación de los sujetos en las categorías de concreto, transicional, y formal, con base en las pruebas piagetianas y la prueba colectiva arrojó un valor de .84.

Adicionalmente, para verificar validez de constructo, Lawson aplicó un análisis de componentes principales al conjunto de las cuatro pruebas de tipo piagetiano y a los resultados de la prueba colectiva, por esquemas. Encontró tres factores, al primero lo denominó "razonamiento formal", al segundo "razonamiento formal temprano" y al tercero "razonamiento concreto". Concluye que la prueba colectiva tiene validez factorial. La confiabilidad calculada con la fórmula de Kuder-Richardson fue de .78 .

Con base en lo que teóricamente se espera que midan los ítemes incluidos en la prueba colectiva, la relación entre los resultados de las pruebas piagetianas y la prueba colectiva, los resultados del análisis factorial, y lo referido por investigaciones previas respecto de lo que probablemente miden los ítemes de la prueba colectiva, Lawson clasificó como concretos a los sujetos con puntajes entre 0 y 5 en la prueba colectiva, como transicionales a los que obtuvieron puntajes entre 6 y 11, y como formales a los que obtuvieron puntajes entre 12 y 15.

La prueba de Lawson fue adaptada para su aplicación en Costa Rica (Cordero y Ruiz, 1981). La prueba adaptada se aplicó a una muestra al azar de 100 estudiantes de décimo año de tres colegios del Area Metropolitana y de un colegio rural. Se aplicó además a una muestra de estudiantes de primer año universitario del Ciclo Básico de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional. Posteriormente, de las muestras referidas se extrajeron aleatoriamente 40 estudiantes de décimo año y 40 de primer año universitario. A éstos, con propósitos de validación de la prueba colectiva se les aplicó la prueba de los botones eléctricos (equivalente a la de combinaciones químicas) y la del péndulo (control de variables). La correlación de la prueba de Lawson adaptada con la de combinatoria fue de .71 y con la de control de variables fue de .87. Los autores concluyen que la prueba es válida (Cordero, Ruiz y Esquivel, 1983).

Variabes y Medidas

Las siguientes son las variables que se consideraron en este estudio

1. Nivel de desarrollo cognoscitivo, según los resultados de la prueba de Lawson
2. Puntaje obtenido por los estudiantes en cada uno de los esquemas a que apunta la prueba de Lawson, a saber: aislamiento y control de variables, razonamiento combinatorio, razonamiento probabilístico, razonamiento proporcional, conservación de peso, conservación de volumen.
3. Como medida de rendimiento académico se tomaron las

calificaciones obtenidas por los estudiantes en los cursos matriculados durante el primer semestre de 1990, siempre que los cursos tuvieran valor en términos de créditos. Se trabajó tanto con las calificaciones obtenidas en cada uno de los cursos, como con los promedios ponderados (según valor en créditos) de las asignaturas básicas, de las de carrera, y con un promedio ponderado general (todas las asignaturas cursadas).

4. Puntaje de Admisión como un todo, promedio de IV Ciclo, puntaje en la Parte Verbal, puntaje en la Parte Matemática.

5. Carrera en que están admitidos los estudiantes.

En 1990 el Instituto Tecnológico ofrece las siguientes carreras, en las modalidades de bachillerato y diplomado, a estudiantes de nuevo ingreso: Administración de Empresas, Computación, Construcción, Dibujo de Arquitectura e Ingeniería, Diseño Industrial, Electrónica, Forestal, Metalurgia, Mantenimiento Industrial, Producción Industrial, Supervisión de Producción, Administración Agropecuaria, Agronomía, Ingeniería Agrícola. En el presente estudio, sin embargo, no se manejan exactamente estas carreras; se introducen algunas distinciones, a la vez que se agrupan algunas carreras.

En Administración de Empresas, que engloba el 29.05% de los estudiantes de nuevo ingreso matriculados en el Instituto, se hacen tres distinciones: Administración de Empresas Diurna (AED), que se dicta en la Sede de Cartago; Administración de Empresas Nocturna (AEN), que se dicta también en Cartago; Administración de Empresas San José (AESJ), que se dicta con horario nocturno en el Centro Académico de San José.

Se introducen estas distinciones porque, aunque es una sola carrera, los estudiantes que se matriculan en una u otra modalidad tienen características diferentes. Los estudiantes de AED son, en general, estudiantes de tiempo completo; los estudiantes de AEN son, en general, estudiantes de mayor edad que los de AED y suelen trabajar; los estudiantes de AESJ son estudiantes que también, en general, trabajan. Esto hace que no se pueda hablar de los estudiantes de Administración de Empresas como un grupo homogéneo.

Los estudiantes de Dibujo de Arquitectura e Ingeniería diurna y nocturna también tienen características diferentes. Sin embargo, para no sobrerrepresentarlos, porque son grupos pequeños, se escogió, al azar, el grupo diurno.

Los estudiantes de Agronomía, Administración Agropecuaria e Ingeniería Agrícola se matriculan, los tres primeros semestres, en un bloque común y luego se inclinan por una u otra carrera. Aquí no se puede hacer distinción por carrera sino hasta el cuarto semestre; sin embargo si cabe hacer distinción por sede: un grupo cursa los tres primeros semestres en la Sede de Santa Clara en San Carlos, y el otro en la Sede Central, Cartago.

Para efectos de este estudio se manejan como "carreras" las siguientes.

Administración de Empresas Diurna

Administración de Empresas Nocturna Cartago

Administración de Empresas Nocturna San José

Computación

Construcción

Dibujo de Arquitectura e Ingeniería Diurna (*)

Diseño Industrial
Electrónica
Forestal
Metalurgia
Mantenimiento Industrial
Bloque Agropecuarias Cartago
Bloque Agropecuarias San Carlos
Producción Industrial
Supervisión de Producción (*)

(*) Señala carreras que ofrecen nivel de diplomado. Las restantes ofrecen el bachillerato.

Procedimiento

La Prueba Colectiva fue aplicada por dos psicólogos entrenados al efecto, entre la segunda y la sexta semana del semestre académico. La aplicación se realizó durante una de las lecciones del curso de Comunicación I.

Los datos referidos a la Prueba de Admisión y a las calificaciones de los estudiantes en los cursos que matricularon se tomaron de los archivos que al efecto tienen el Departamento de Admisión y Registro y el Departamento de Cómputo del ITCTR.

Los datos se procesaron con el SPSS/PC + (Statistical Package for the Social Sciences for Personal Computer), V.3.0.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en función de cada uno de los objetivos planteados en este estudio, en el orden en que fueron formulados. Para las pruebas estadísticas se ha escogido $p < .05$ como nivel de significancia aceptable.

Desarrollo Cognoscitivo de los Estudiantes

Resultados de la Prueba de Lawson

En el cuadro N. 4 se presenta la distribución de frecuencias de los puntajes obtenidos por los estudiantes en la Prueba de Lawson.

CUADRO N. 4

Tabla de Frecuencias de los Puntajes Obtenidos
por los Estudiantes en la Prueba de Lawson

Puntaje	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Rel. Acum.
1	1	.3	.3
2	3	.8	1.1
3	15	4.0	5.1
4	19	5.1	10.2
5	28	7.5	17.7
6	33	8.9	26.6
7	34	9.1	35.8
8	43	11.6	47.3
9	41	11.0	58.3
10	36	9.7	68.0
11	27	7.3	75.3
12	34	9.1	84.4
13	21	5.6	90.1
14	20	5.4	95.4
15	5	1.3	96.8
16	12	3.2	100.0
	372	100.0	

Promedio = 8.876 Desv. Est. = 3.360

Moda = 8.0