

CONFECCION, VALIDACION Y APLICACION DE UNA PRUEBA DE HABILIDADES DEL PROCESO CIENTIFICO EN ESTUDIANTES DE EDUCACION SECUNDARIA EN COSTA RICA.

*Juan Ml. Esquivel Alfaro
Virginia Sánchez Molina
Liliana Quesada Yannarella*

INTRODUCCION

El presente estudio tiene un doble propósito. Primero describir el proceso de confección y validación de una prueba de habilidades del proceso científico, y segundo ofrecer los resultados obtenidos de su aplicación en una muestra de estudiantes de séptimo, décimo y undécimo año de enseñanza secundaria en Costa Rica.

REVISION DE LITERATURA

Desde que se desarrolló el currículum de las ciencias en los años sesenta, los educadores en ciencias han enfatizado la importancia de dominar la serie de habilidades que los científicos utilizan en su trabajo. Esta serie de habilidades fueron definidas por "Science A Process Approach" (SAPA) como un "grupo de habilidades transferibles ampliamente, apropiadas a muchas disciplinas científicas y que reflejan el verdadero comportamiento de los científicos" (Padilla, Cronin y Twiest, p.2, 1985).

Las habilidades fueron divididas por SAPA en dos tipos: básicas e integradas. Las habilidades básicas sirven de fundamento para el aprendizaje de habilidades integradas más complejas. De acuerdo con SAPA las habilidades básicas del proceso científico son: observación, clasificación, comunicación, medición, uso de las relaciones espacio/tiempo, uso de los números, inferencia y predicción; y las habilidades integradas del proceso científico son: control de variables, interpretación de datos, formulación de hipótesis, definición operacional y experimentación.

Algunos instrumentos han sido desarrollados para medir estas habilidades (básicas e integradas). Tannenbaum (1968), McLeod et al. (1975), Wall-

ce (1974) y Ludeman (1975) desarrollaron pruebas que intentan medir las habilidades como fueron definidas por el currículum "SAPA". Riley (1972) desarrolló una prueba de habilidades de indagación científica (TSIS) para medir cinco procesos como fueron definidos por "Science Curriculum Improvement Study (SCIS)". Dillshaw y Okey (1980) han hecho un intento para medir procesos integrados. Issacs (1984) reportó un trabajo sobre la aplicación de una prueba de habilidades básicas a estudiantes de escuela primaria en Jamaica. Ella intentó medir habilidades tales como resolución de problemas, recolección de datos y formulación de juicios. En la literatura disponible revisada no había reportes sobre el desarrollo de instrumentos para medir habilidades del proceso científico en español.

En Costa Rica, durante los últimos ocho años, el CEMEC (Centro para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias) y las Universidades estatales han hecho importantes esfuerzos por introducir el aprendizaje de las habilidades del proceso científico en la Educación Secundaria; esto es en los últimos tres años de la Educación General Básica (7º, 8º y 9º año) en los que las ciencias son enseñadas como Ciencia General y en el primer nivel de la Educación Diversificada (10º año), en la asignatura de Química. En este sentido, la medición de habilidades del proceso científico en estudiantes de secundaria fue un objetivo de dos proyectos de investigación: el Diagnóstico Evaluativo de la Enseñanza de las Ciencias Generales y el Diagnóstico Evaluativo de la Enseñanza de la Química. El primero fue llevado a cabo por el IIMEC (Instituto de Investigación para el Mejoramiento de la Educación Costarricense) de la Universidad de Costa Rica y el segundo por el IIMEC y el Departamento de Química de la Universidad Nacional.

En la confección de la prueba de medición de las habilidades del proceso científico, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. Debe medir las siguientes habilidades del proceso científico: observación, clasificación, medición, comunicación, interpretación de gráficos, predicción, inferencia, control y manipulación de variables, interpretación de datos, formulación de hipótesis, definición operacional y planeamiento de investigaciones.
Se hizo énfasis en las últimas cinco habilidades del proceso (habilidades integradas).
2. No debe estar sesgada hacia un tema particular.
3. Debe poder ser administrada a un grupo del tamaño de una clase regular.
4. El vocabulario debe estar a nivel de sexto año de la Educación General Básica.
5. Debe tener un formato de escogencia múltiple con cuatro opciones, porque mejora la objetividad, facilita la administración y calificación.
6. La prueba debe ser resuelta en un máximo de 35 minutos.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido para la confección de la prueba se basó en el estudio de Dillashaw y Okey (1980). Muchos de los ítemes usados en su prueba "The test of integrated process skills" (TIPS) fueron traducidos, adaptados y usados en la primera versión de la prueba. También los ítemes de la prueba Procesos científicos "ERIE" (Wallace, 1974) fueron usados como modelos para desarrollar ítemes para esta prueba.

Se escribieron objetivos para cada una de las doce habilidades seleccionadas del proceso científico. Estos objetivos guiaron la última fase de planeamiento y conducción del proyecto y fueron evaluados por un grupo de cinco educadores de ciencias, quienes los ratificaron como representaciones válidas de las habilidades propuestas.

Se escribió un objetivo para cada una de las primeras siete habilidades básicas del proceso científico. Se escribieron dos objetivos para las siguientes habilidades integradas: interpretación de datos, control y manipulación de variables, formulación de hipótesis y definición operacional. Finalmente, para el planeamiento de investigaciones se definió un objetivo compuesto por cuatro partes.

Debido a la limitación impuesta por el tiempo de duración de la prueba, se decidió que los prime-

ros siete objetivos (objetivos de habilidades básicas) fueran medidos cada uno por un sólo ítem. Las habilidades integradas (interpretación de datos y definición operacional) fueron medidas cada una por dos ítemes. Los objetivos de las dos habilidades integradas: control y manipulación de variables y formulación de hipótesis, fueron medidas cada una por dos ítemes. Finalmente, el último objetivo correspondiente a la habilidad más compleja del proceso fue medido por dos grupos de cuatro ítemes. Un total de 27 ítemes fueron escritos de acuerdo con las especificaciones señaladas anteriormente. Un orden jerárquico implícito de las habilidades del proceso científico fue usado para decidir el número de ítemes por habilidad.

La prueba de habilidades del proceso científico resultante de la metodología descrita fue sometida a un jurado de diez educadores de ciencias para establecer su validez en cuanto al contenido, la objetividad de la clave de calificación y la claridad de los ítemes. Cada miembro del jurado recibió una copia de los ítemes de la prueba y una lista de los objetivos que los ítemes intentaban medir. A la derecha de cada objetivo aparecía el número o números de los ítemes que intentaba medir ese objetivo, seguido por una columna de "SI" o "NO". Cada miembro del jurado fue instruido para marcar "SI" si juzgaba que el ítem medía el objetivo y "NO" si no lo hacía. Si al menos ocho de los diez jueces consideraban que el ítem medía el objetivo, éste sería aceptado. En este sentido, hubo que reemplazar dos ítemes. Los dos nuevos ítemes siguieron el mismo procedimiento de validación. Los jueces estuvieron de acuerdo con la clave de calificación en un 90% de las veces. Las observaciones hechas por los miembros del jurado produjeron pequeñas modificaciones en la construcción de los ítemes.

La coincidencia del juicio de los expertos se tomó como evidencia de la validez de contenido y objetividad de la calificación.

Una prueba de campo fue realizada en dos grupos de décimo año, tal y como estaban constituidos en su respectivo colegio; 70 estudiantes respondieron la prueba. El propósito de esta aplicación fue determinar el tiempo de la prueba, la claridad de los ítemes y las instrucciones y la obtención de una medida de la confiabilidad de la prueba (KR-20=0,60). Con base en los resultados obtenidos en esta prueba de campo, se modificaron algunos ítemes, cambiando algunas palabras para que fueran más comprensibles para los estudiantes.

La prueba modificada fue aplicada a una muestra de 200 estudiantes de séptimo y décimo año. Esta segunda prueba de campo sirvió para obtener el valor de la confiabilidad (KR-20-073), así como el nivel de dificultad y el índice de discriminación de los ítemes. El nivel de dificultad promedio de los ítemes fue 32,65% y el índice de discriminación promedio fue 0,31 para esta muestra de 200 estudiantes.

La versión final de la prueba fue aplicada a una muestra grande de séptimo y décimo año. Un total de 903 estudiantes la respondieron. La muestra estaba constituida por alumnos de séptimo y décimo año de 43 colegios de enseñanza secundaria de Costa Rica seleccionados al azar. En esta aplicación el nivel de dificultad promedio por ítem para la muestra de séptimo año fue 27,27% y para la muestra de décimo año fue de 41,10%. El índice de discriminación por ítem fue 0,26 y 0,38 para las dos muestras respectivamente.

Finalmente la prueba también fue aplicada a otra muestra de 528 estudiantes de undécimo año, de una muestra diferente seleccionada al azar, constituidas por 43 colegios de enseñanza secundaria distribuidos proporcionalmente, entre las siete regiones educativas del país, que representaban el 21% de las instituciones oficiales.

RESULTADOS

En el cuadro No.1 se presentan para la prueba los promedios y las desviaciones estándar por nivel. El puntaje promedio de la prueba aumenta ligeramente de 7,18 en séptimo año a 11,92 en undécimo año. La desviación estándar también aumenta de 3,00 en séptimo año a 4,20 en décimo año.

CUADRO 1

Medias aritméticas y desviaciones estándar por nivel para la prueba de habilidades del proceso científico

| Nivel | N | \bar{X} | S |
|-------|-----|-----------|------|
| 7 | 502 | 7,18 | 3,00 |
| 10 | 400 | 10,73 | 4,20 |
| 11 | 526 | 11,92 | 4,15 |

Los promedios y desviaciones estándar por modalidad de colegios para los tres niveles se presentan en el cuadro No.2. En décimo y undécimo el promedio en los colegios académicos es mayor que en los técnicos y los nocturnos. Pero en séptimo año los colegios académicos tienen el menor promedio.

CUADRO 2

Medias aritméticas y desviación estándar para la prueba de habilidades del proceso científico por nivel y modalidad de colegio

| Modalidad Nivel | Académico | | | Nocturno | | | Técnico | | |
|--------------------|-----------|-----------|------|----------|-----------|------|---------|-----------|------|
| | N | \bar{X} | S | N | \bar{X} | S | N | \bar{X} | S |
| 7 | 263 | 6,99 | 2,69 | 91 | 7,53 | 3,07 | 147 | 7,31 | 3,45 |
| 10 | 240 | 11,52 | 4,19 | 63 | 9,14 | 3,37 | 97 | 9,80 | 4,25 |
| 11 | 311 | 12,5 | 3,98 | 98 | 9,65 | 4,04 | 119 | 12,2 | 4,09 |

El cuadro No.3 presenta los promedios y desviaciones estándar por nivel y por región educativa.

El rango de promedios va de 6,05 en la Región Central Este a 8,22 en la Región Norte, en séptimo año; de 8,7 en la Región del Pacífico Norte a 12,59 en la Región Central Este, en décimo año y de 9,98 en la Región del Pacífico Sur a 12,79 en la Región Norte, en undécimo año.

En el cuadro No.4 se presentan los promedios y las desviaciones estándar por sexo y nivel. En gene-

ral los hombres muestran mejores logros que las mujeres en la prueba. Las diferencias entre mujeres y hombres aumentan de 0,27 en séptimo año a 1,29 en undécimo.

Se realizaron comparaciones utilizando análisis de varianza por modalidad de colegio, región educativa y sexo para cada nivel.

Se encontraron diferencias significativas por modalidad de colegio para los niveles décimo y undécimo.

CUADRO 3

Media aritméticas y desviaciones estándar de la prueba de habilidades del proceso científico por región educativa y nivel

| Región Nivel | Central | | Oriental | | Occidental | | Pacífico | | Pacífico | | Atlántico | | Norte | |
|-----------------|---------|------|----------|------|------------|------|----------|------|----------|------|-----------|------|-------|------|
| | X | S | X | S | X | S | X | S | X | S | X | S | X | S |
| 7 | 7,29 | 2,90 | 6,05 | 2,53 | 7,67 | 2,88 | 6,20 | 2,99 | 7,83 | 3,56 | 6,46 | 2,67 | 8,22 | 3,03 |
| 10 | 10,91 | 4,16 | 12,59 | 4,28 | 9,39 | 3,39 | 8,77 | 3,36 | 10,10 | 3,37 | 10,17 | 4,61 | 11,69 | 4,63 |
| 11 | 12,44 | 4,08 | 11,19 | 3,34 | 11,87 | 4,45 | 11,78 | 4,45 | 9,98 | 3,16 | 12,14 | 3,16 | 12,79 | 4,35 |

CUADRO 4

Medias aritméticas y desviaciones estándar de la prueba de habilidades del proceso científico por sexo y nivel

| Sexo Nivel | N | Masculino | | | Femenino | | |
|---------------|-----|-----------|------|-----|----------|------|--|
| | | X | S | N | X | S | |
| 7 | 229 | 7,33 | 2,93 | 274 | 7,06 | 3,07 | |
| 10 | 158 | 11,22 | 4,41 | 242 | 10,41 | 4,03 | |
| 11 | 275 | 12,53 | 4,26 | 251 | 11,24 | 3,94 | |

La "F" fue significativa a un nivel α de 0,0001. Después se hicieron pruebas de contraste de medias a posteriori según el procedimiento de Tukey-HSD— y se encontraron diferencias significativas entre:

- Los colegios académicos y las otras dos modalidades de colegios en décimo año.
- Los colegios nocturnos y los académicos y técnicos en undécimo año.

Por región educativa diferencias significativas fueron encontradas en los tres niveles.

La "F" fue significativa a un nivel de alfa de 0,0007. Las comparaciones de medias a posteriori utilizando el procedimiento de Tukey —HSD— dieron las siguientes diferencias entre:

- Las regiones del Pacífico Norte y Sur y la Región Central Este en séptimo año.
- La Región Oriental y las siguientes regiones: Occidental, Pacífico Norte y Atlántico en décimo año.

- Las Regiones Norte y Central y la Región Pacífico Sur en undécimo año.

Se realizó un análisis de varianza por sexo. En el cuadro No.5 pueden observarse las diferencias promedio entre el sexo masculino y femenino, el valor de la razón F y la probabilidad de F. Sólo en undécimo año la diferencia entre los sexos fue significativa.

CUADRO 5

Diferencias promedio entre sexos, razón de "F" y probabilidad de "F"

| Nivel | $X_m - X_f$ | F Razón | F Probabilidad |
|-------|-------------|------------|-------------------|
| 7 | 0,27 | 1,001 | 0,317 |
| 10 | 0,81 | 3,547 | 0,060 |
| 11 | 1,29 | 12,875 | 0,001 |

DISCUSION

Este estudio logra los dos objetivos propuestos, pues permite concluir que se desarrolló una prueba para medir habilidades del proceso científico que parece confiable y con validez de contenido; la prueba fue usada como un instrumento de diagnóstico evaluativo del nivel de habilidades del proceso científico adquirido por los estudiantes de secundaria en Costa Rica.

El resultado de la aplicación de la prueba muestra un patrón general de logro muy bajo. De un total de 27 puntos, el promedio oscila alrededor de 7 puntos en séptimo año, 10 puntos en décimo y 12 puntos en undécimo. Esto significa que los esfuerzos hechos para introducir el aprendizaje de las habilidades del proceso científico en niveles de Educación Secundaria han sido insuficientes. Tal vez sea necesario cambiar la metodología y hacer conciencia en el profesor sobre la necesidad de la enseñanza-aprendizaje de las habilidades del proceso científico, si se pretende formar ciudadanos que realicen investigación, (diseñen o adapten diferentes formas de tecnología) que promuevan el aprovechamiento de nuestros recursos naturales.

El Ministerio de Educación y las Universidades deben aunar esfuerzos para mejorar la formación de los profesores, tanto nuevos como en servicio, en cuanto a la enseñanza de las habilidades del proceso científico.

BIBLIOGRAFIA

Dillashaw, F.G. and Okey, J. (1980). Test of integrated science process skills for secondary science students. *Science Educations*, 64-601-608.

Issacs, P. (1984). *Development of best of process skills for grade 3 elementary school pupils*. Paper presented at NARST Annual Meeting, New Orleans, April 27-30.

Livermore, A.H. (1964). The process approach to the AAAS Commission of Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 2-271-282.

Ludeman, R. (1975). Development of the Science Processes Test (ISPT). *Dissertation Abstracts International*, 36, 203-A. (University Microfilms No.75-14, 783.

McLeod, R.J., Berkheimer, G.D., Fyffe, D.W., & Robinson, R.W. (1975). The development of criterion-validated test items for four integrated science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 12, 415-421.

Padilla, M.J., Cronin, L. and Twiest, M. (1985). *The development and validation of a test of basic process skills*. Paper presented at the NARST Annual Meeting, French Lick, In April 15-18.

Riley, J.W. The development and use of a group process test for selected processes of the Science Curriculum Improvement Study. *Dissertation Abstracts Internacional*, 33, 6 200-6201-A. (University Microfilms No.69-677).

Wallace, C. (1974). Eire Science Process Test. in Víctor J. Mayer. *An published Evaluation instruments in Science education: a hand-book*. Columbus: ERIC Information Analysis Center. The Ohio State University.

Norte

S

3,03

4,63

4,35

ción Pací-

no. En el
encias pro-
no, el valor
en undé-
significa-

"F" y

idad