

**DESARROLLO DE LA
INTELIGENCIA GENERAL,
MEDIDA POR EL TEST PMA
DE THURSTONE,
EN UN CURSO DE QUÍMICA,
COMPARANDO DOS METODOLOGÍAS
DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

**C. Aguirre Pérez
P. Pérez Fernández**

Aguirre Pérez, C. y Pérez Fernández, P. están en el Departamento de Química Física. Universidad de Castilla-La Mancha y Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

RESUMEN

En este artículo se analizan los progresos de la inteligencia general, medida mediante el test de Aptitudes Mentales Primarias de Thurstone, de dos grupos de alumnos universitarios de Magisterio comparando dos metodologías de Enseñanza-Aprendizaje de la Química. En esencia la investigación ha consistido en confrontar, mediante la técnica del grupo de control una metodología participativa frente a otra clásica- expositiva de dos grupos de alumnos. Tras comprobar la homogeneidad estadística de ambos grupos con respecto a una serie de variables. Se han analizado los resultados utilizando como estadígrafo la «t» de Student.

ABSTRACT

This paper deals with the progress of general intelligence measured by Thurstone's Primary Mental Abilities (PMA) test when two different methods in the Teaching-learning of Chemistry are compared. These two methods are: a participatory one versus another classic. After having checked the homogeneity of the two groups of students through their percentage of men and women, mean age, academic background and origin, the results have been statistically analysed and compared through Student's «t» test.

INTRODUCCIÓN

Evaluación de la inteligencia

AUNQUE la inteligencia no sea simplemente la suma de las aptitudes intelectuales, sin embargo, el único medio con que se cuenta para determinarla cuantitativamente es a través de la evaluación de los diversos aspectos operativos de dichas aptitudes.

Conocemos la inteligencia por su aspecto operativo «*por lo que ella permite hacer*», o sea, por sus efectos, denominados «*operaciones mentales*» por los psicólogos. Es por ello que, desde un punto de vista pragmático, puede admitirse la equivalencia entre la inteligencia general y la capacidad intelectual.

Se debe a Thorndike (1911) la teoría de que, la medida de la inteligencia, debe basarse en una evaluación cualitativa y cuantitativa de las operaciones mentales, considerando el número, la perfección o la rapidez con que dichas operaciones son realizadas, correspondiéndose las aptitudes con los diferentes tipos de operaciones.

Los test factoriales

Las teorías factoriales derivaron en la construcción de baterías de tests destinadas especialmente a medir en el individuo la presencia de los factores de la inteligencia.

El psicólogo inglés G. H. Thompson (1948) propuso designar genéricamente «*tests factoriales*» a los que tienen en común la característica de buscar, mediante un reducido número de pruebas, la descripción de la inteligencia por sus factores más significativos. Pero fueron especialmente las teorías de Spearman (1904) y de Thurstone (1936) las de mayor profundidad psicométrica. Thurstone mismo construyó entre otros el **Chicago Tests of Primary Mental Abilities (P.M.A.)** (1939) de aplicación colectiva que suministra un «*perfil factorial*» e **informa sobre los factores V (verbal), R (razonamiento), E (especial), N (numérico) y F (fluidez verbal)**. Este test ha sido construido sobre la base de resultados según la técnica del análisis factorial. Tiene, a pesar de determinadas limitaciones, una gran aplicabilidad para evaluar varios aspectos de la inteligencia en sujetos de diversos niveles de edad y diferentes grados de formación. Nosotros hemos utilizado su adaptación española (1968).

La batería consta de cinco pruebas que detectan aisladamente cinco factores que el autor llamó aptitudes Mentales Primarias y que identificó con los siguientes nombres:

- **Factor V:** se trata de la Comprensión Verbal, es la capacidad para comprender ideas expresadas con palabras.

- **Factor E:** Comprensión Espacial, es la capacidad para concebir objetos en dos o tres dimensiones.
- **Factor R:** Razonamiento, es la capacidad para resolver problemas lógicos, prever y planear.
- **Factor N:** Cálculo Numérico, es la capacidad de manejar números, de resolver rápidamente y con acierto problema simplemente cuantitativos.
- **Factor F:** Fluidez Verbal, es la capacidad para hablar y escribir con facilidad.

La puntuación total del test equivale a una nota global de la inteligencia de un sujeto determinado. Se obtiene aplicando la fórmula siguiente que pondera las diversas puntuaciones obtenidas por el sujeto en cada uno de los factores del test.

$$T = 1,5 V + E + 2 R + N + F$$

Podríamos enumerar las siguientes características del mismo:

- a) Es un test de aptitud, en cuanto hace referencia a las características mentales del sujeto y no a su grado actual de conocimientos o competencias.
- b) Su carácter de test colectivo permite la obtención de datos de muchos sujetos a la vez y en algo menos de una hora de tiempo.
- c) La única limitación a la hora de aplicarlo es la de saber leer y escribir, sumar y el abecedario; por tanto puede considerarse libre de influencias.
- d) Los items y pruebas se presentan de forma oral y escrita, al no haber, pues, ejecuciones mecánicas ni acciones no verbales se puede considerar totalmente como un test verbal, aunque en uno de los factores se incluyen dibujos y grabados que pudieran ser interpretados como un test gráfico.
- e) La contestación a las pruebas también es verbal y se realiza en la correspondiente hoja de respuestas.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y EXPERIMENTACIÓN

El método experimental del grupo-testigo o grupo de control es el más conocido y utilizado en la investigación metodológica de la Enseñanza de las Ciencias. Se trata de conseguir condiciones idénticas, en la medida de lo posible, para dos grupos homogéneos. Sobre uno de los grupos se hace actuar un factor pedagógico determinado, y se aprecia «*en igualdad de condiciones*» la diferencia de los resultados.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Fases:

1. Diseño inicial de la metodología didáctica objeto de la investigación (en este caso una metodología activa y participativa con características divergentes).
2. Elección de la muestra y tratamiento (alumnos de segundo curso de la especialidad de Ciencias de la Escuela Universitaria del Profesorado de EGB de Cuenca): grupos Experimental, A, y de control, B, ($N_A = 41$ alumnos; $N_B = 35$).
3. Control de las características de «*Aptitudes Mentales Primarias*» de ambos grupos a partir del test PMA (PMA_A^1 y PMA_B^1). Información que sirve también para determinar la homogeneidad estadística de las muestras desde el punto de vista psicométrico, referido a dichas aptitudes.
4. Aplicación de la metodología activa de Enseñanza- Aprendizaje de la Química al grupo de experimental y de una metodología clásica al grupo testigo.
5. Elección de las experiencias y del material didáctico para las pruebas experimentales.
6. Pasar por segunda vez al, final del curso, el test PMA (PMA_A^2 y PMA_B^2).
7. Tratamiento estadístico de los resultados obtenidos comparando la diferencia de medias mediante el procedimiento de la «t» de Student.

METODOLOGÍA DIDÁCTICA

Grupo A:

- Metodología experimental de tipo participativo, centrada en la actividad del alumno.
- Actividades generales (centradas generalmente en los niveles superiores de la taxonomía de Bloom).
- Tipo de evaluación: formativa y sumativa.

Grupo B:

- Metodología clásica, centrada en la actividad del profesor, generalmente expositiva.
- Actividades generales (centradas generalmente en los niveles inferiores de la taxonomía de Bloom).
- Evaluación generalmente sumativa.

CRITERIOS ESTADÍSTICOS

En la investigación suele ser normal establecer diferencias entre determinadas variables. En contrastes estadísticos, diferencias entre estadígrafos, planteándose la necesidad de determinar si estas diferencias son reales o si puede ser atribuidas al azar o a fluctuaciones estadísticas.

Puede establecerse, inicialmente que no existe diferencia entre las medias de dos muestras (hipótesis nula) $X_1 = X_2$. Sin embargo generalmente sabemos en la práctica que las medias de dos muestras suelen ser distintas y en realidad lo que se trata es de determinar si esas diferencias no son debidas al azar, osea si son significativas y como consecuencia ésto puede utilizarse para apoyar alguna afirmación.

En caso de aceptarse la hipótesis nula, se afirma que la diferencia de medias no es significativa.

Sin embargo, antes de contrastar una hipótesis, hay que establecer el nivel de probabilidad o significancia respecto del cual se piensa utilizar dicho contraste. En las aplicaciones estadísticas, es usual adoptar el nivel de probabilidad o significación $p = 0,01$ (1%), y más frecuentemente el $p = 0,05$ (5%). En el primer caso al rechazar la hipótesis nula se hace con un riesgo de una posibilidad sobre cien de que la hipótesis sea cierta; en el segundo el riesgo es de 5 posibilidades sobre cien.

Esta posibilidad de error, conocida como «*error de tipo I*» o «*riesgo de 1ª especie*» suele ser la que más preocupa a los investigadores. Sin embargo, debe indicarse que al reducirse excesivamente las posibilidades de cometer un error de tipo I se aumentan simultáneamente las de cometer un «*error de tipo II*» o «*riesgo de 2ª especie*», consistente éste en la posibilidad de aceptar la hipótesis nula cuando es falsa. Por tanto al disminuirse un riesgo se acepta el otro.

En la práctica los investigadores prefieren ser más precavidos con el riesgo I y suele utilizar el nivel $p = 0,05$ (5%). Nosotros utilizamos aquí también ese nivel en la generalidad de los casos.

Sin embargo, viene observándose, sobre todo en el campo de las investigaciones que se ocupan del hombre, una cierta tendencia a justificar, en casos concretos, el uso de un nivel más flexible de significación.

En este sentido Mc Nemar (1962) indica que «*los psicólogos que adoptan y defienden el nivel 0,05 citan a Fisher como autoridad en la materia, pero olvidan decir que todos los trabajos de Fisher pertenecen a la Agricultura o a la Biología, en donde el muestreo se controla mucho mejor que en las ciencias sociales*».

Sin embargo, creemos que decisiones de este tipo deben ser consideradas con un carácter extremadamente selectivo, que requiere del in-

investigador conocimientos amplios y mucha experiencia estadística, para juzgar cuando se justifica una tal alternativa.

Por otro lado, no hemos realizado un estudio de literatura científica referida al problema. Esta circunstancia y el hecho de no haber encontrado en nuestra investigación motivos especiales, nos ha inducido a utilizar generalmente el nivel usual de probabilidad 0,05.

En los cálculos del coeficiente de correlación de Pearson « r », nuestras muestras $N_A = 41$ y $N_B = 35$ están poco alejadas del valor de distribución normal para grandes muestras.

Sin embargo, en el caso de determinaciones de progresos, homogeneidad de muestras, etc. en los que calculamos la « t » de Student, tenemos como grados de libertad máximos en nuestro caso:

$$n_A^A = 2N_A - 2 = 80 \quad n_B^B = 2N_B - 2 = 68$$

siendo:

$$n_B^A = N_A - N_B - 2 = 74$$

se comprueba en la tabla de Fisher y Yates de la « t » de Student que nuestros valores están muy próximos a la zona de distribución normal en la que para $p = 0,05$ $t_c = 1,96 \approx 2$

La prueba de la « t » de Student es la conveniente para determinar contrastes de medias en el caso de pequeñas muestras y datos no correlacionados ($r = 0$) siendo la expresión normal utilizada:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{V_2^1 \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}$$

en la que V_2^1 es la combinación de varianzas de las dos muestras y N_1 , N_2 es el número de sujetos de dichas muestras.

HIPÓTESIS DE TRABAJO, METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Habida cuenta de todo lo anteriormente expresado, nos planteamos investigar como influyen en la inteligencia general o potencial de los sujetos dos metodologías de enseñanza/aprendizaje de la Química en alumnos universitarios (correspondientes al 2º curso de Magisterio). Es decir comparamos una metodología clásica frente a una metodología participativa en la que los alumnos preparan los temas para su exposición en clase –siempre con la ayuda del profesor– y son estimulados para que, en el laboratorio, sean capaces de idear experimentos que satisfagan las cuestiones planteadas en los temas teóricos. Como consecuencia se dispone de dos grupos de alumnos mencionados más arriba con las siguientes características.

CUADRO I.
Homogeneidad de la Muestra
2º Curso de Magisterio (especialidad Ciencias)

	Grupo Experimental	Grupo de Control
Número de Alumnos	18 Varones	16 Varones
	41	35
	23 Mujeres	19 Mujeres
Sexo en porcentaje (%)	43,90% Varones	45,71% Varones
	56,10 Mujeres	54,29% Mujeres
Media de Edad	19,5 Años	20 Años
Niveles de Estudio	BUP y COU	BUP y COU
Procedencia	CUENCA y su provincia	CUENCA y su provincia

Los resultados obtenidos al pasar el test PMA al principio del curso académico a ambos grupos fueron los que se recogen en el cuadro II.

Cuadro II
Progresos en ambos grupos

	Inicial (A)	Inicial (B)	t (5%)	SIG.	H₀
PMA	208.83	193.74	1.95 < 2	NO	SI

Como es puede apreciar en la tabla la diferencia de medias no es significativa por lo que se puede aceptar la hipótesis nula de que ambos grupos son comparables desde el punto de vista de la inteligencia general.

Examinando ahora los resultados obtenidos al final del curso tras volver a pasar el test PMA obtenemos los progresos en ambos grupos respectivamente :

CUADRO III
Progresos en ambos grupos

TEST	INIC. A	FINAL A	t (5%) SIG.	INIC. B.	FINAL B	t (5%) SIG.
PMA	208,83	244,93	12,71 SI	193,74	220,60	13,86 SI

De donde podemos deducir otro cuadro en el que nos expresa las diferencias de progresos a nivel absoluto y relativo entre ambos grupos, dado que la ganancia de puntuación es positivamente significativa tanto en el grupo experimental como en el de control.

CUADRO IV

	GRUPO A		GRUPO B		GRUPO A Y B		<i>t</i> (5%) SIG. SI
	Δ (A)	Δ (A) %	Δ (B)	Δ (B) %	Δ (AB)	Δ (AB) %	
PMA	36,10	17,29	26,86	13,86	9,24	4,77	2,13 SI

Examinando y resumiendo los resultados expresados en el cuadro anterior, se observa que:

- El grupo experimental A, ha obtenido, entre los dos pases del test PMA, el principio y al final de la experimentación, una ganancia significativa de 36,10 puntos en valor absoluto y en porcentaje del 17,29%.
- El grupo de control B ha obtenido también entre ambos pases del test una ganancia también significativa pero inferior de 26,86 puntos absolutos y de un 13,86% en porcentaje.
- Al estudiar la diferencia relativa de progresos entre ambos grupos se observa que el grupo A ha obtenido respecto del B una ganancia significativa de 9,24 puntos en valor absoluto que equivalen a un 4,77% en porcentaje.

Los resultados por factores del test PMA fueron los que se muestran en el cuadro V.

CUADRO V

	PMA ₁ ^A	PMA ₂ ^A	<i>t</i> (5%) SIG.	PMA ₁ ^B	PMA ₂ ^B	<i>t</i> (5%) SIG.
V	33,76	39,07	6,68 SI	32,80	36,11	3,24 SI
E	30,17	37,37	7,69 SI	27,11	36,54	6,97 SI
R	22,78	25,17	4,56 SI	20,74	22,37	2,08 SI
N	28,07	36,54	7,05 SI	26,06	26,14	0,08 NO
F	54,32	61,07	6,75 SI	52,37	58,63	4,97 SI

Como se puede apreciar todos los factores han progresado significativamente (al 95%; $p = 0,05$) en el caso del grupo A, y cuatro (V, E, R y F) en el caso del grupo B, en el que no se han tenido cambios en el factor numérico N, siendo los correspondientes valores de «*t*» siempre superiores en el caso del grupo A al correspondiente factor del grupo B.

CONCLUSIONES

- A) En lo que se refiere a la eficacia del método en el desarrollo de Aptitudes Mentales Primarias, medidas por el test PMA, indicativo a su vez del desarrollo de la Inteligencia Potencial, hemos constatado estadísticamente que se han producido cambios positivos significativos en las puntuaciones del grupo experimental. Asimismo se ha comprobado en el caso del grupo de control, un aumento también significativo en dichas aptitudes mentales, aunque inferior, siendo estadísticamente significativas las diferencias entre ambos grupos.
- B) En los cinco factores que integran el test PMA, se observa para el grupo experimental incrementos significativos en todos ellos. En el caso del grupo de control aparecen incrementos significativos en cuatro de ellos (*V, E, R y F*), aunque inferiores.

BIBLIOGRAFÍA

- MC NEMAR, Q. (1962): «Psychological Statistics.» Wiley, 3º edición, New York.
- SPEARMAN, C. 1904: *General Intelligence objectively determined and measured*. A.J.P., 15, p. 93-201.
- THOMSON, G. H. 1948: «The Factorial Analysis of Human Ability». *University of London Press*. Ltd.
- THORNDIKE, E. L. 1911: *Animal Intelligence*. Ed. McMillan, New York.
- THURSTONE, L. L. 1936: «The isolation of Seven Primary Abilities». *Psychological Review* 34, pág. 273-286.
- THURSTONE, L. L. 1939: «Primary Mental Abilities». Monografía núm. 2. *University of Chicago Press*.
- THURSTONE L. L. y THURSTONE, TH. A. 1968: *PMA Aptitudes Mentales Primarias*. Manual, Ed. T.E.A., S.A. Madrid.