



## &lt;Artículo metodológico&gt;

## Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas $t$ de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico.

María José Rubio Hurtado y Vanesa Berlanga Silvente

Fecha de presentación: 13/03/2012

Fecha de aceptación: 19/04/2012

Fecha de publicación: 04/07/2011

## //Resumen

Las pruebas paramétricas son un tipo de pruebas de significación estadística que cuantifican la asociación o independencia entre una variable cuantitativa y una categórica. Las pruebas paramétricas exigen ciertos requisitos previos para su aplicación: la distribución Normal de la variable cuantitativa en los grupos que se comparan, la homogeneidad de varianzas en las poblaciones de las que proceden los grupos y una  $n$  muestral no inferior a 30. Su incumplimiento conlleva la necesidad de recurrir a pruebas estadísticas no paramétricas. Las pruebas paramétricas se clasifican en dos: prueba  $t$  (para una muestra o para dos muestras relacionadas o independientes) y prueba ANOVA (para más de dos muestras independientes).

## //Palabras clave

Prueba  $t$ , prueba ANOVA, contraste de hipótesis, Normalidad.

## // Referencia recomendada

Rubio Hurtado, M. J. y Berlanga Silvente, V. (2012) Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas  $t$  de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. [En línea] *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, Vol. 5, núm. 2, 83-100. Accesible en: <http://www.ub.edu/ice/reire.htm>

## // Datos de las autoras

**María José Rubio Hurtado.** Profesora. Universidad de Barcelona. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación (MIDE). [mjrubio@ub.edu](mailto:mjrubio@ub.edu)

**Vanesa Berlanga Silvente.** Profesora. Universidad de Barcelona. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación (MIDE). [berlanga.silvente@ub.edu](mailto:berlanga.silvente@ub.edu)



## 1. Presentación

Una de las aplicaciones de la estadística es extraer inferencias en poblaciones a partir del estudio de muestras. Este proceso recibe el nombre de Estadística Inferencial y sus estudios pretenden deducir (inferir) propiedades o características de una población a partir de una muestra representativa.

En la inferencia destaca como uno de los aspectos principales la estimación de parámetros estadísticos. Por ejemplo, para averiguar la media de las estaturas de todos los adolescentes de 14 años, se extrae una muestra y se obtiene su media. La media de la muestra (media muestral) será un estimador de la media poblacional. Si el proceso de muestreo está bien realizado (es decir, la muestra dispone del tamaño adecuado y ha sido seleccionada aleatoriamente), entonces el valor de la media poblacional, desconocido, puede ser inferido a partir del valor de la media muestral.

Otro de los aspectos que permite hacer la inferencia es determinar si existe o no asociación entre diferentes variables. Para realizar este proceso se suele partir de hipótesis, es decir, de unas suposiciones cuya validez cabe confirmar o rechazar. Y para llevar a cabo esta comprobación aplicamos unas pruebas estadísticas o tests, que permiten contrastar la veracidad o falsedad de las hipótesis enunciadas desde el punto de vista estadístico. Este tipo de pruebas se clasifican en **pruebas paramétricas** y **pruebas no paramétricas**.

## 2. La decisión estadística

Estas pruebas o tests de hipótesis son pruebas de significación estadística que cuantifican hasta qué punto la variabilidad de la muestra puede ser responsable de los resultados de un estudio en particular.

La  $H_0$  (**hipótesis nula**) representa la afirmación de que no existe asociación entre las dos variables estudiadas y la  $H_a$  (**hipótesis alternativa**) afirma que hay algún grado de relación o asociación entre las dos variables. Dicha decisión puede ser afirmada con una seguridad que se decide previamente a través del nivel de significación. El mecanismo de los diferentes tests empieza cuando se mira la magnitud de la diferencia de medias que hay entre los grupos que tienen que compararse.

El proceso de aceptación o rechazo de la hipótesis lleva implícito un riesgo que se cuantifica con el valor de la "p", que es la probabilidad de aceptar la hipótesis alternativa como cierta, cuando la cierta podría ser la hipótesis nula. El valor de "p" indica si la asociación es estadísticamente significativa, un término que invade la literatura científica y que se percibe como una etiqueta que supone una "garantía de calidad". Este valor ha sido arbitrariamente seleccionado y se fija en 0.05 ó 0.01. Una seguridad del 95% lleva implícita una  $p <$  de 0.05 y una seguridad del 99% lleva implícita una  $p <$  de 0.01.

Cuando rechazamos la  $H_0$  (hipótesis nula) y aceptamos la  $H_a$  (hipótesis alternativa) como probablemente cierta, afirmando que hay una asociación ( $p < 0.05$ ), o que hay diferencia,

estamos diciendo, en otras palabras, que es muy poco probable que el azar fuese responsable de dicha asociación. Asimismo, si la  $p$  es  $>$  de 0.05 aceptamos la  $H_0$  (hipótesis nula) y decimos que el azar puede ser la explicación de dicho hallazgo afirmando que ambas variables no están asociadas o correlacionadas.

Conviene, por otra parte, considerar que **la significación estadística entre dos variables** depende de dos componentes fundamentales (Visauta, 2007).

El primero es la magnitud de la diferencia a testar. Así, cuanto más grande sea la diferencia entre las dos variables, más fácil será demostrar que la diferencia es significativa. Por el contrario, si la diferencia entre ambas variables es pequeña, las posibilidades de detectar diferencias entre ellas se dificultan.

El segundo componente fundamental que cabe tener en cuenta es el tamaño muestral. Cuanto más grande sea el tamaño muestral, más fácil será detectar diferencias entre las variables.

En todo caso, el proceso de inferencia está sujeto a errores. No existe magia alguna que haga que el valor de la muestra coincida con el de la población. La diferencia entre los valores de la muestra y los de la población crea incertidumbre acerca de los valores muestrales.

### 3. Condiciones de parametricidad

Cuando queremos evaluar el grado de asociación o independencia entre una variable cuantitativa y una variable categórica (recuérdese que ésta clasifica o diferencia a los individuos en grupos, tantos como categorías tiene dicha variable), el procedimiento estadístico inferencial recurre a comparar las medias de las distribuciones de la variable cuantitativa en los diferentes grupos establecidos por la variable categórica. Si ésta tiene solo dos categorías (es dicotómica), la comparación de medias entre dos grupos independientes se lleva a cabo por el test  $t$  de Student; si tiene tres o más categorías, la comparación de medias entre tres o más grupos independientes se realiza a través de un modelo matemático más general, el análisis de la varianza (ANOVA). En ambos casos, las pruebas estadísticas exigen ciertos requisitos previos: la distribución normal de la variable cuantitativa en los grupos que se comparan y la homogeneidad de varianzas en las poblaciones de las que proceden los grupos; su no cumplimiento conlleva la necesidad de recurrir a pruebas estadísticas no paramétricas (Pérez Juste, 2009).

Veamos con más detalle estos requisitos de parametricidad:

**a. Variable numérica:** la variable de estudio (la dependiente) debe estar medida en una escala que sea, por lo menos, de intervalo e, idealmente, de razón.

**b. Normalidad:** los valores de la variable dependiente deben seguir una distribución normal; por lo menos, en la población a la que pertenece la muestra. La distribución normal o gaussiana (porque su forma representa la campana de Gauss) es la distribución teórica mejor estudiada y debe su importancia fundamentalmente a la frecuencia con la que distintas variables asociadas a

fenómenos naturales y cotidianos siguen, aproximadamente, esta distribución. Caracteres morfológicos como puede ser la talla o el peso, o psicológicos como el cociente intelectual son ejemplos de variables de las que frecuentemente se asume que siguen una distribución normal.

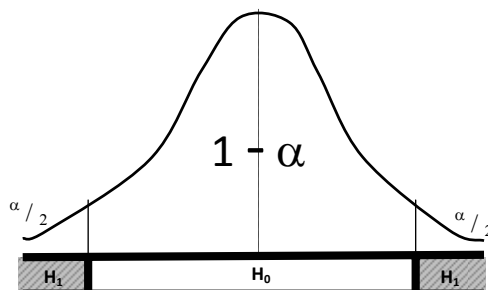


Figura 1. Distribución normal o gaussiana

No obstante, y aunque algunos autores han señalado que el comportamiento de muchos parámetros en el campo de las ciencias sociales puede ser descrito mediante una distribución normal, puede resultar incluso poco frecuente encontrar variables que se ajusten a este tipo de comportamiento. Debido a esto es preciso comprobar si la distribución de nuestro estudio sigue esta estructura teórica. Para ello una simple exploración visual de los datos puede sugerir la forma. Existen, no obstante, otras medidas como son los gráficos de normalidad y los contrastes de hipótesis (prueba de Kolmogorov Smirnov) que pueden ayudarnos a decidir, de un modo más riguroso, si la muestra de la que se dispone procede o no de una distribución normal. Cuando los datos no sean normales se emplearán otros métodos estadísticos que no exijan este tipo de restricciones (los llamados métodos no paramétricos).

**c. Homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) entre los grupos a comparar:** las varianzas de la variable dependiente en los grupos que se comparan deben ser aproximadamente iguales. Por ello uno de los pasos previos a la comprobación de la existencia de diferencias entre las medias de varias muestras es determinar si las varianzas en tales muestras son iguales, es decir, comprobar si se cumple la condición de homogeneidad de varianzas, ya que del cumplimiento de esta condición dependerá la formulación que empleemos en el contraste de medias. Existen varias pruebas que permiten comprobar la igualdad de varianzas (F de Fisher, Fmax de Hartley, prueba de Bartlett, etc.). En este estudio, desarrollaremos la prueba de Levene, esto es, aquella que emplea SPSS para comprobar que las varianzas de la variable dependiente en los grupos que se comparan sean aproximadamente iguales.

**d. La n muestral:** no debe ser inferior a 30, y cuanto más se acerque a la n poblacional mejor. Dado que las pruebas paramétricas realizan estimación de parámetros de la población a partir de muestras estadísticas, es lógico pensar que cuanto más grande sea la muestra, más exacta será la estimación; en cambio, cuanto más pequeña, más distorsionada será la media de las muestras por los valores raros extremos.



## 4. Selección de la muestra

Las muestras estudiadas pueden ser independientes y dependientes (o relacionadas).

a. **Muestras independientes.** Son aquellas cuyo universo de población resulta diferente. Es el caso, por ejemplo, de la variable sexo, que se divide en dos universos diferentes: hombres y mujeres; o el de la variable estado civil, definida por solteros, casados, divorciados, viudos, etc. De esta manera, se pueden enumerar múltiples variables que dan lugar a una infinidad de universos muestrales, de entre los cuales es factible elegir muestras independientes.

b. **Muestras dependientes o relacionadas.** Se refieren a las provenientes de un universo muestral, a las que se aplicará un plan experimental, mediante el cual se espera un cambio, de manera que en el análisis de las observaciones existen dos períodos: antes y después del tratamiento.

Para acabar, y como ya hemos comentado en párrafos anteriores, cuando por cualquier razón no se puedan cumplir los requisitos de las pruebas paramétricas, el investigador o investigadora podrá recurrir a las llamadas pruebas no paramétricas. En ellas no se exige homogeneidad de varianzas y, auxiliadas por un modelo matemático de ajuste, se puede obtener una eficacia muy cercana a la de las pruebas  $t$  de Student y de análisis de varianza (ANOVA).

## 5. Tipos de pruebas paramétricas

A continuación en la tabla 1 resumimos el tipo de prueba que debe utilizarse según el contraste planteado (Ferrán, 2002):

**Tabla 1. Resumen de pruebas paramétricas**

Tipo de Contraste	Pruebas
Una muestra	Prueba $t$
Dos muestras independientes	Prueba $t$ para datos independientes
Dos muestras relacionadas	Prueba $t$ para datos relacionados
Más de dos muestras independientes	ANOVA

a. **Prueba  $t$  para una muestra.** Contrasta si la media de una población difiere significativamente de un valor dado conocido o hipotetizado. La prueba calcula estadísticos descriptivos para las variables de contraste junto con la prueba  $t$ . Por defecto, el SPSS incluye el intervalo de confianza



del 95% para la diferencia entre la media de la variable de contraste y el valor hipotetizado de la prueba.

**b. Prueba  $t$  para dos muestras independientes.** Esta opción debe utilizarse cuando la comparación se realice entre las medias de dos poblaciones independientes (los individuos de una de las poblaciones son distintos a los individuos de la otra) como, por ejemplo, en el caso de la comparación de las poblaciones de hombres y mujeres. Por lo tanto, compara las medias de una variable para dos grupos de casos.

La matriz de datos debe estar configurada como es habitual, es decir, existe una columna para los datos de la variable de interés y una segunda columna con los códigos que definen las poblaciones objeto de comparación. La prueba calcula estadísticos descriptivos para cada grupo además de la prueba de Levene para la igualdad de varianzas, así como los valores de  $t$  para varianzas iguales y desiguales y el intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias.

**c. Prueba  $t$  para dos muestras relacionadas.** Existe una segunda alternativa para contrastar dos medias. Esta se refiere al supuesto caso en el que las dos poblaciones no sean independientes, es decir, el caso en el que se trate de poblaciones relacionadas. Esta situación se encuentra, por ejemplo, en los diseños apareados, diseños en los que los mismos individuos son observados antes y después de una determinada intervención, o en los diseños en los que las muestras son emparejadas de acuerdo a una serie de variables para controlar su efecto (como, por ejemplo, en los diseños de casos y controles).

Para la realización de este análisis, las dos muestras deben estar en dos variables distintas de la matriz de datos y debe formarse la pareja de muestras antes de poder añadir la comparación a la lista de variables relacionadas. Por lo tanto, compara las medias de dos variables en un solo grupo. El resultado incluye estadísticos descriptivos de las variables que se van a contrastar, la correlación entre ellas, estadísticos descriptivos de las diferencias emparejadas, la prueba  $t$  y el intervalo de confianza del 95%.

**d. Prueba ANOVA para más de dos muestras independientes.** ANOVA es el acrónimo de análisis de la varianza. Es una prueba estadística desarrollada para realizar simultáneamente la comparación de las medias de más de dos poblaciones. A la asunción de Normalidad debe añadirse la de la homogeneidad de las varianzas de las poblaciones a comparar. Esta condición previa de aplicación se verificará estadísticamente mediante una de las opciones que se encuentran dentro de la configuración del ANOVA.

Se deberá introducir la variable que se desea analizar (variable dependiente) así como la variable que define los grupos objeto de comparación (factor). Si del ANOVA resultase el rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias, se debe proseguir el análisis con la realización de los contrastes a posteriori (*post hoc*).

A modo de resumen, presentamos el siguiente mapa en el que recogemos los diferentes contrastes de hipótesis vistos:



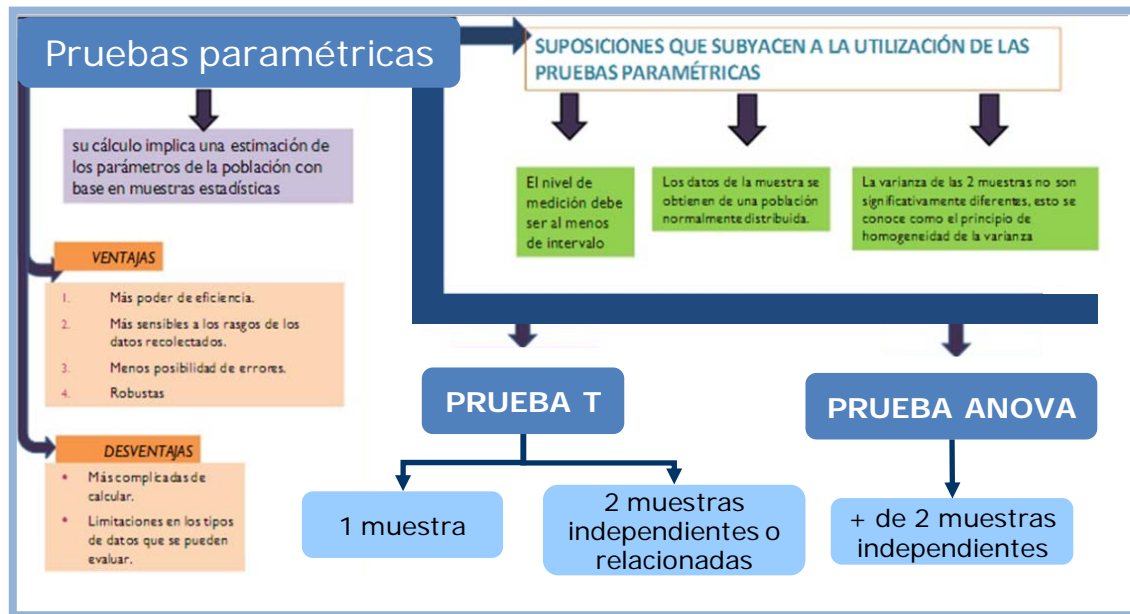


Figura 2. Mapa conceptual de pruebas paramétricas

## 6. Caso práctico

Para ejemplificar lo que acabamos de decir y concretarlo en el programa SPSS proponemos el siguiente caso práctico:

Partimos de una suposición (hipótesis) en relación con las **competencias informacionales** del alumnado de Bachillerato, la cual afirma que los estudiantes de centros educativos privados poseen mejor competencia informacional que los de centros públicos o concertados.

Para comprobar esta suposición se ha pasado un test de competencias informacionales a una muestra aleatoria de 90 estudiantes de Bachillerato (30 de un instituto privado, 30 de un instituto público y 30 de uno concertado). Dicho test lo forman 10 ítems cuya puntuación oscila entre 1 y 5.

Paralelamente, otros objetivos del estudio podrían ser (i) comprobar si existen diferencias de género en relación con las competencias y, en una segunda fase, (ii) comprobar si un programa de formación en competencias informacionales mejora las competencias de los estudiantes del colegio público.

### La decisión estadística: significación bilateral

Recordemos que el primer paso siempre es comprobar la Normalidad de la variable dependiente, que en el caso práctico es "Totaltest". Esta es la suma de los ítems que componen el test de competencias informacionales aplicado a la muestra.

**Pasos en SPSS: Normalidad**

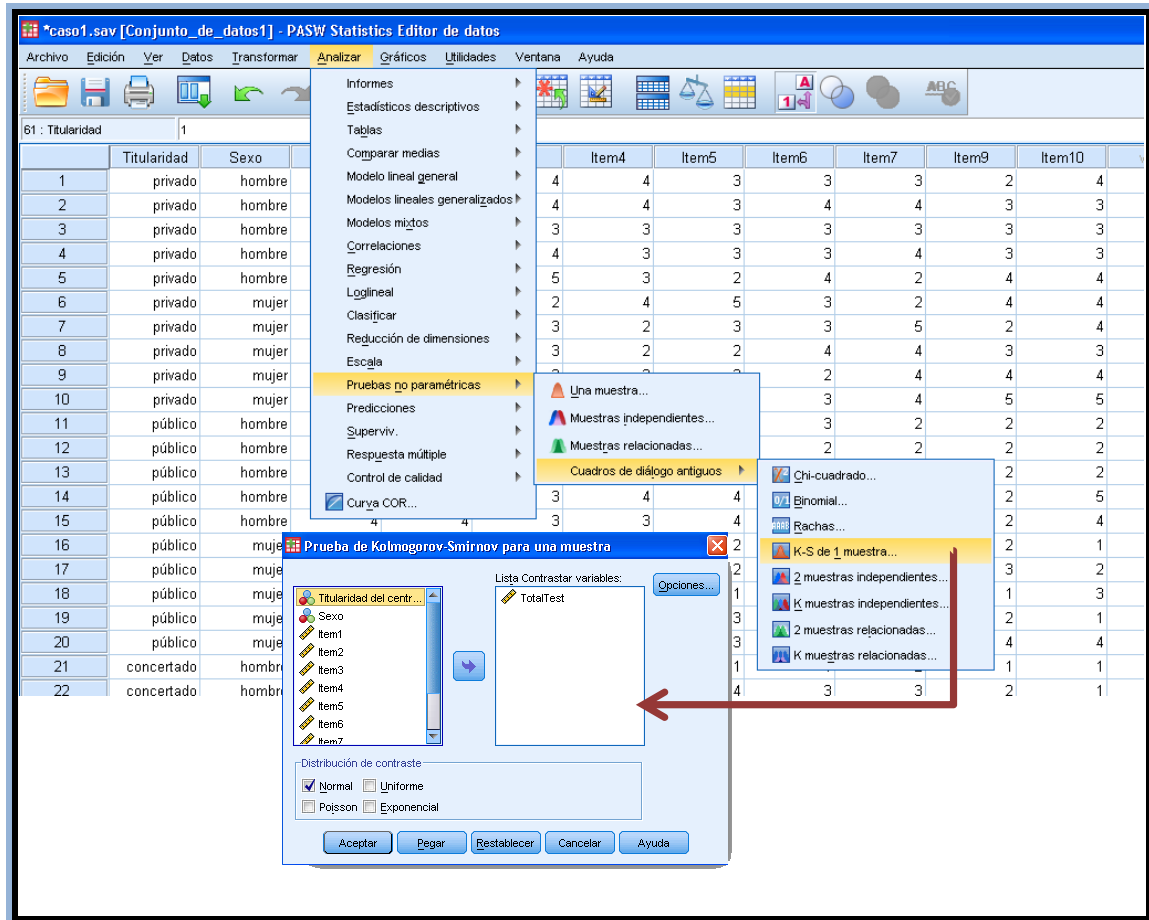


Figura 3. Cuadro de diálogo de la prueba de Normalidad

**Resultados**

Tabla 2. Output de la prueba de Normalidad

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		TotaITest
N		90
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	27,3667
	Desviación típica	5,87214
Diferencias más extremas	Absoluta	,140
	Positiva	,123
	Negativa	-,140
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,326
Sig. asintót. (bilateral)		,070

Como puede observarse, la significación asintótica bilateral "p" es igual a 0,07 y por lo tanto, mayor de 0,05. Ello significa que la variable sigue la Ley Normal y que, en consecuencia, podemos aplicar pruebas paramétricas.

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.





## Pruebas paramétricas: muestras relacionadas e independientes

a. **Prueba 1. T para una muestra:** El procedimiento prueba  $t$  para una muestra contrasta si la media de una sola variable difiere de una constante especificada. Así podemos saber si una determinada muestra procede de una población cuya media verdadera se conoce. Este procedimiento puede ser, de igual manera, muy útil, por ejemplo, para calcular la significación de las diferencias obtenidas por una muestra de sujetos en determinados tests psicológicos y los valores medios de los baremos, tomados como valores poblacionales. O, en otros casos, para comparar la media del test de cada individuo con la media grupal, en cuyo caso primero hay que calcular la media del grupo y posteriormente aplicar la prueba  $t$  para una muestra.

### Pasos en SPSS: $t$ para una muestra.

Antes de pasar a realizar las pruebas relativas a los objetivos planteados, podría ser interesante para nuestro estudio comprobar si las competencias informacionales de nuestro grupo de adolescentes difieren del valor teórico de la prueba que se ha aplicado (la media teórica es 30 para la escala de 1 a 5).

El procedimiento tan solo requiere elegir la variable cuantitativa e introducir el valor de contraste teórico que en nuestro caso es "TotalTestpre".

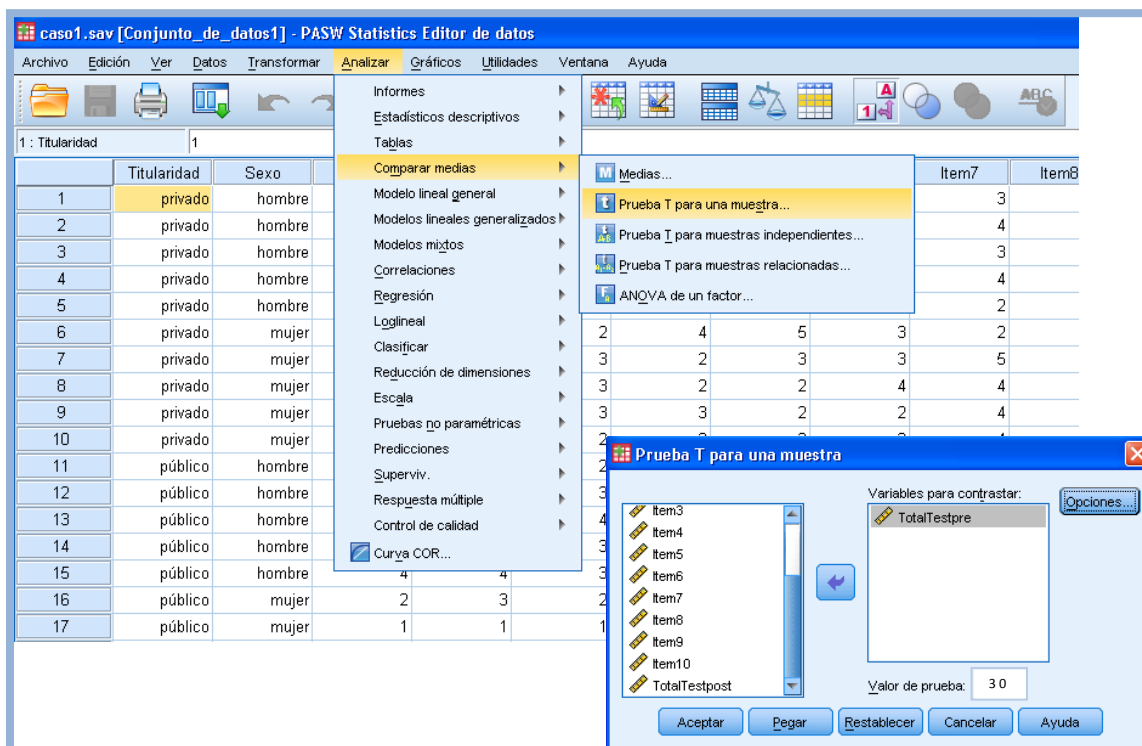


Figura 4. Cuadro de diálogo de la prueba  $t$  para una muestra

## Resultados

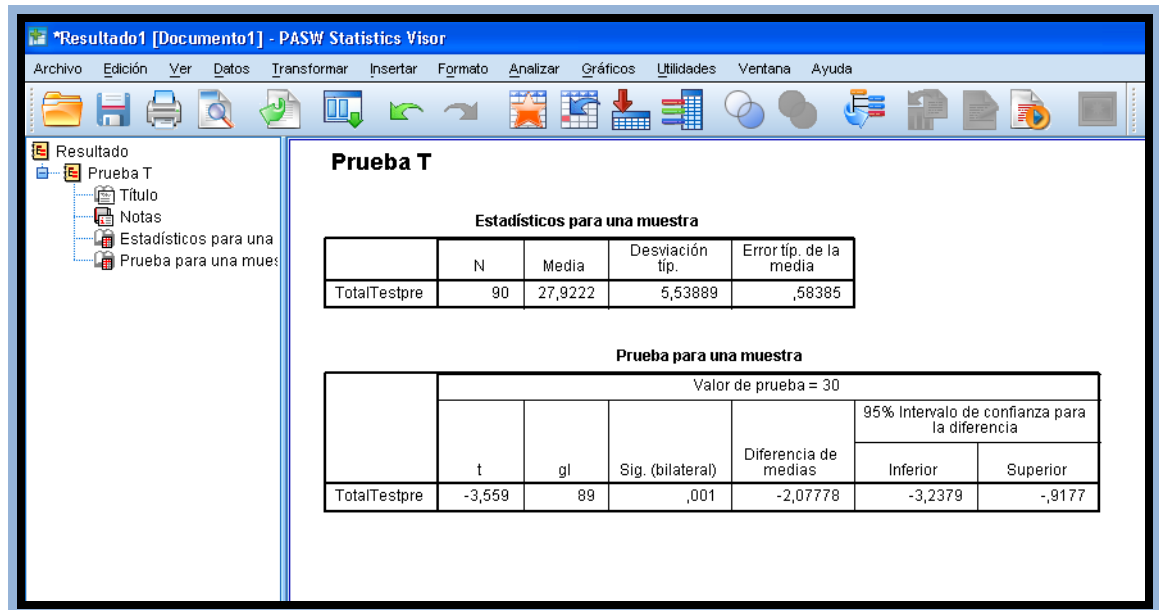


Figura 5. Output de la prueba t para una muestra

El resultado obtenido pone de manifiesto que la media de las competencias informacionales de nuestro grupo es significativamente inferior a la media teórica puesto que  $p=0,001$ , ya que la media obtenida es de 27,9 y la media teórica es de 30.

**b. Prueba 2. Prueba  $t$  para dos muestras independientes:** El contraste de hipótesis para muestras independientes divide los casos en dos grupos y compara las medias de los grupos respecto a una variable. En una situación ideal los sujetos deberían asignarse aleatoriamente a los grupos, de forma que cualquier diferencia pueda atribuirse al efecto del tratamiento y no a otros factores. Dicho de otro modo, debe asegurarse que las diferencias en otros factores no enmascaren o resalten una diferencia significativa entre las medias.

El SPSS permite introducir más de una variable de contraste y calcula una prueba  $t$  para cada variable. En cambio, la variable de agrupación solamente puede ser una y requiere definir los grupos que se desee comparar.

Los grupos de la variable de agrupación se pueden definir de dos formas: a) mediante valores especificados (se escribe un valor para el Grupo 1 y otro para el Grupo 2, quedando los casos con otros valores excluidos del análisis); o b) con un punto de corte (se establece un número que divida los valores de la variable de agrupación en dos partes. Los casos con valores menores que el punto de corte forman un grupo y los casos con valores mayores o iguales que el punto de corte forman el otro grupo).

En nuestro caso debemos utilizar valores especificados para identificar los dos grupos (hombres y mujeres), puesto que uno de los objetivos del caso es comprobar si existen

María José Rubio y Vanesa Berlanga. *Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student ...*

diferencias de género en relación con las competencias informacionales. Este es un buen ejemplo de comparación de dos muestras independientes. Veamos los pasos que hay que seguir en SPSS para determinar si alguno de los sexos puntúa significativamente mejor en el test de competencias aplicado.

**Pasos en SPSS: prueba t para dos muestras independientes**

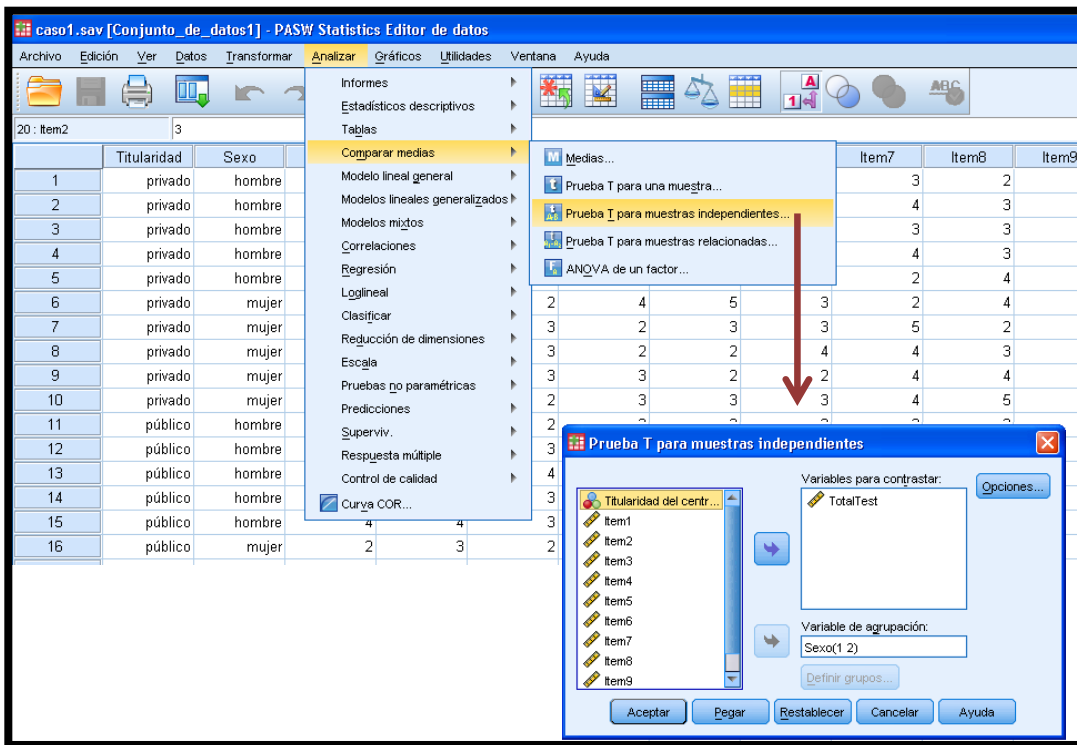


Figura 6. Cuadro de diálogo de la prueba t para dos muestras independientes

**Resultados**

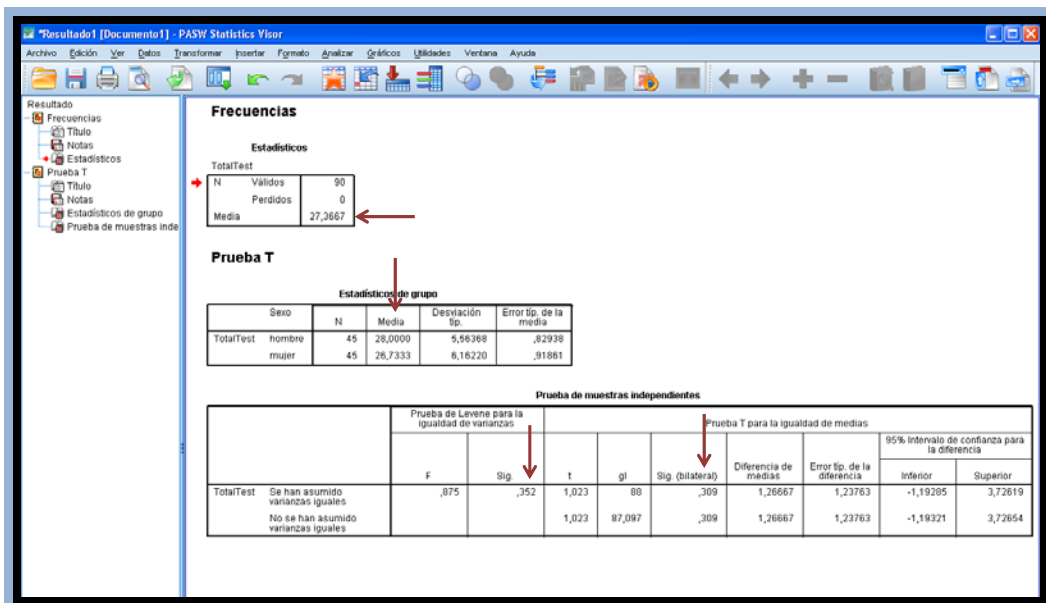


Figura 7. Output de la prueba t para dos muestras independientes



Antes de analizar los resultados del contraste de la diferencia de medias, es conveniente detenerse para valorar la comparación de las varianzas de ambos grupos (basándose en el estadístico F de Snedecor) a través de la prueba de Levene. La prueba de Levene debe arrojar una significación mayor de 0,05 para que se cumpla el requisito de homocedasticidad (expresado en la tabla como "se han asumido varianzas iguales" a través del estadístico F). Una vez comprobado este dato nos fijamos en la significación bilateral de la prueba  $t$ , el cual es igual a 0,309 y, por lo tanto, mayor que 0,05, con lo cual no se cumple la hipótesis alternativa, lo que viene a decir que no hay diferencias significativas en cuanto a hombres y mujeres respecto a las puntuaciones obtenidas en el test de competencias. O dicho de otra forma, el sexo no influye en las competencias informacionales.

**c. Prueba 3: Prueba  $t$  para dos muestras relacionadas:** La prueba  $t$  para dos muestras relacionadas compara las medias de dos variables de un solo grupo. Calcula las diferencias entre los valores de las dos variables y contrasta si la media difiere de cero. Es decir, este diseño se aplica cuando los datos están apareados o emparejados (proviene de sujetos con variables medidas antes y después del tratamiento, o de pares de sujetos emparejados a partir de sus características similares en variables de control o que se desean controlar de modo específico). Para realizar un contraste de hipótesis de muestras relacionadas se requieren, al menos, dos variables que representen valores para los dos miembros del par, por ejemplo, medidas pre-test y post-test. Solo se pueden utilizar variables numéricas.

**Pasos en SPSS. Prueba  $t$  para dos muestras relacionadas:** En nuestro caso, otro de los objetivos es comprobar si un programa formativo en competencias informacionales mejora las competencias del grupo perteneciente al colegio público. Para ello comprobamos si las puntuaciones obtenidas en el test al principio del estudio difieren significativamente de las puntuaciones obtenidas en el mismo test tras finalizar el programa de formación. Este es el típico caso de contraste de medias para grupos relacionados: los mismos sujetos (los estudiantes del colegio público) son medidos en dos momentos diferentes. Al test inicial se le llama pre-test y el final recibe el nombre de post-test.

María José Rubio y Vanesa Berlanga. *Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student ...*

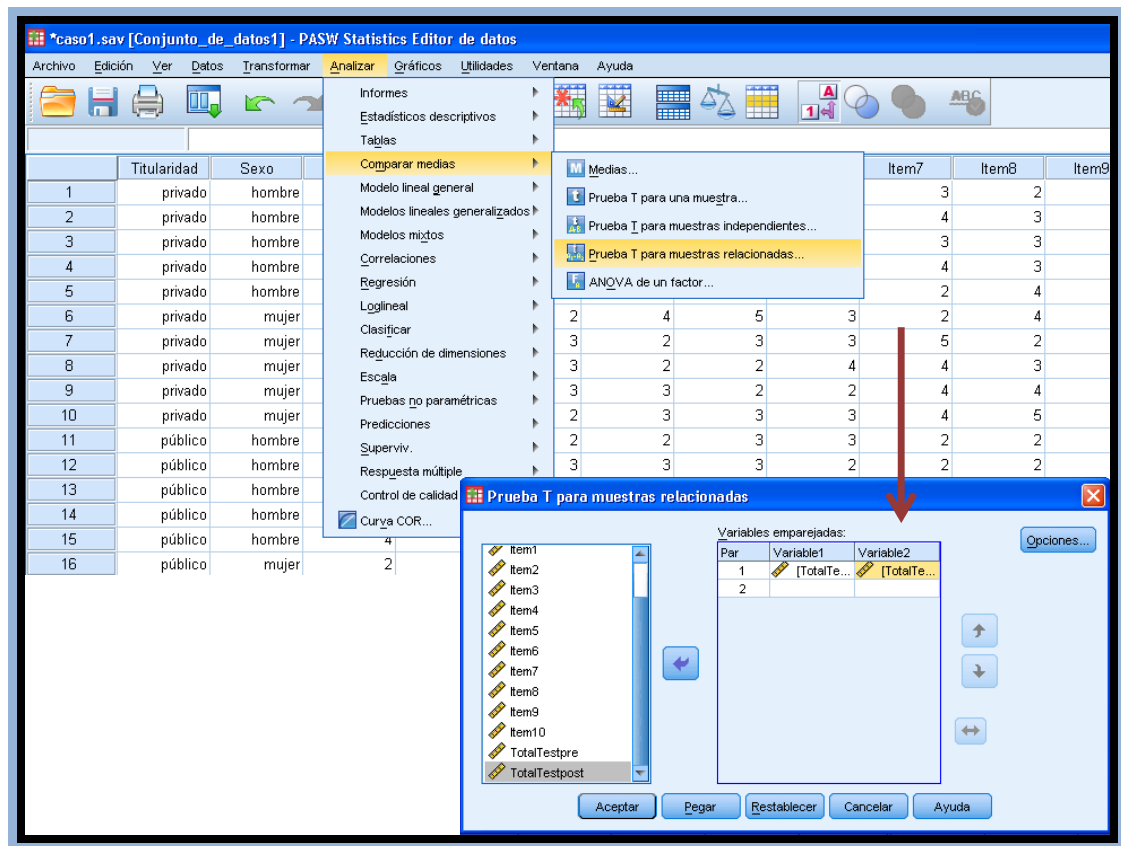


Figura 8. Cuadro de diálogo de la prueba t para dos muestras relacionadas

Antes de aplicar dicho contraste hemos comprobado la Normalidad (prueba de Kolmogorov con una  $p$  de 0,120) de la variable post-test, la cual ha resultado correcta. Para la realización de la prueba  $t$  para muestras relacionadas, hemos escogido la variable TotalTestpre, la puntuación total de cada individuo al inicio del estudio y la variable TotalTestpro que vuelve a ser la puntuación total de cada individuo pero medida al final de la formación. Ambas variables se han seleccionado solo para el grupo del colegio público.

**Resultados:** Partimos de que nuestra hipótesis en este caso es que los resultados del post-test serán superiores a los resultados del pre-test, puesto que la muestra en el periodo de tiempo transcurrido entre uno y otro ha pasado por un proceso de formación de competencias informacionales. Queremos comprobar si hay diferencias significativas entre ambas puntuaciones.

María José Rubio y Vanesa Berlanga. *Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student ...*

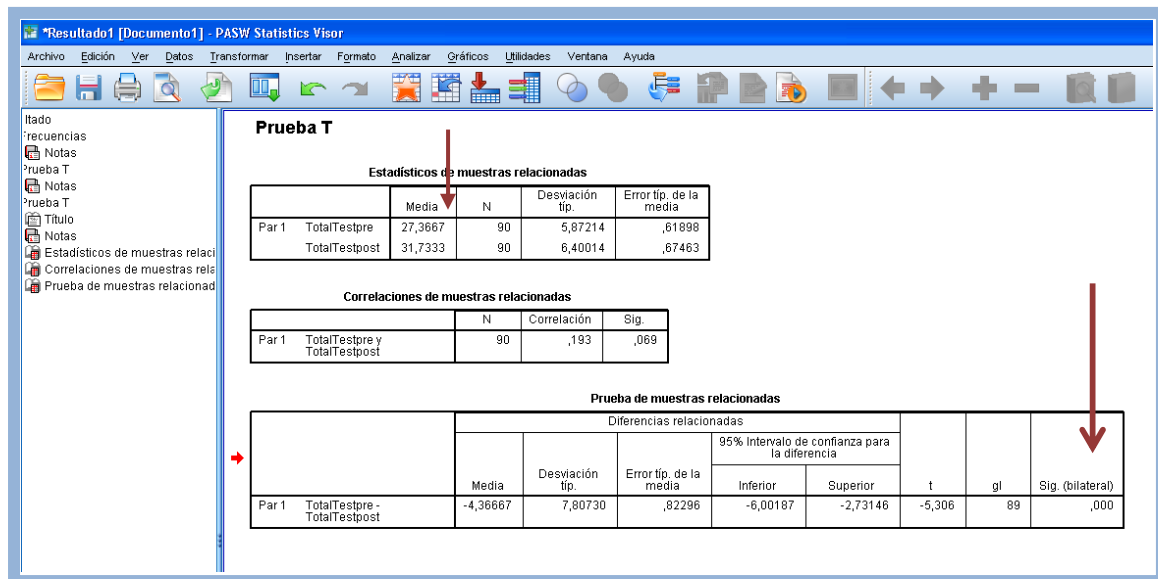


Figura 9. Output de la prueba t para dos muestras relacionadas

En primer lugar aparecen los estadísticos propios del análisis. En la parte inferior figura la diferencia de medias, la desviación típica de las diferencias y el error típico de la diferencia de medias. A continuación, aparecen los resultados propios del análisis de la *t* de Student: la *t* muestral, los grados de libertad y la probabilidad asociada a la *t* muestral; y también el coeficiente de correlación entre las dos variables y su significación.

Comprobamos que en los resultados de nuestro caso sí hay diferencias significativas puesto que la significación bilateral es menor que 0,05, por lo que concluimos que el programa de formación recibido por los estudiantes ha mejorado sus competencias. Se ha pasado de una puntuación de 27,36 en el test inicial a una puntuación de 31,7 en el test final, lo cual plantea una diferencia significativa.

**d. Prueba 4. Prueba ANOVA para más de dos muestras independientes:** El análisis de la varianza (ANOVA de un factor) va a permitir no solo saber si hay diferencias en las medias en los diferentes grupos, sino explorar entre qué grupos concretos se dan esas diferencias (a través de los llamados "contrastos a posteriori"). En nuestro caso, partimos de la hipótesis de que los estudiantes de centros educativos privados poseen mejor competencia informacional que los de centros públicos o concertados. Por lo tanto, hemos de comprobar si las competencias informacionales varían entre los colegios públicos, concertados y privados.

**Pasos en SPSS.** Prueba ANOVA para más de dos muestras independientes: Si se cumplen los supuestos de Normalidad y Homocedasticidad, entonces podemos comparar las medias de las competencias informacionales usando el test F de la ANOVA. Se debe introducir la variable objeto de análisis (variable dependiente) así como la variable que define los grupos que se desea comparar (factor).



María José Rubio y Vanesa Berlanga. *Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student ...*

Si del ANOVA resultase el rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias, se debe proseguir el análisis con la realización de los contrastes a posteriori. En la pestaña denominada “*post hoc*.” (Contrastes o comparaciones múltiples a posteriori) seleccionamos alguno de los procedimientos que se ofrecen. Los más habituales son el de Bonferroni y el de Scheffé. Estos contrastes tienen sentido solo si el ANOVA sale significativo o próximo a la significación estadística, ya que lo que realizan son comparaciones de las medias en las múltiples parejas de grupos que puedan contrastarse, para intentar averiguar dónde está la diferencia (o diferencias) que ha causado que se rechace la hipótesis nula en la primera parte del ANOVA.

También debemos explorar los contenidos de la pestaña “Opciones”, para solicitar una prueba de homogeneidad de varianzas y, si lo deseamos, un resumen de los principales descriptivos en cada grupo de comparación.

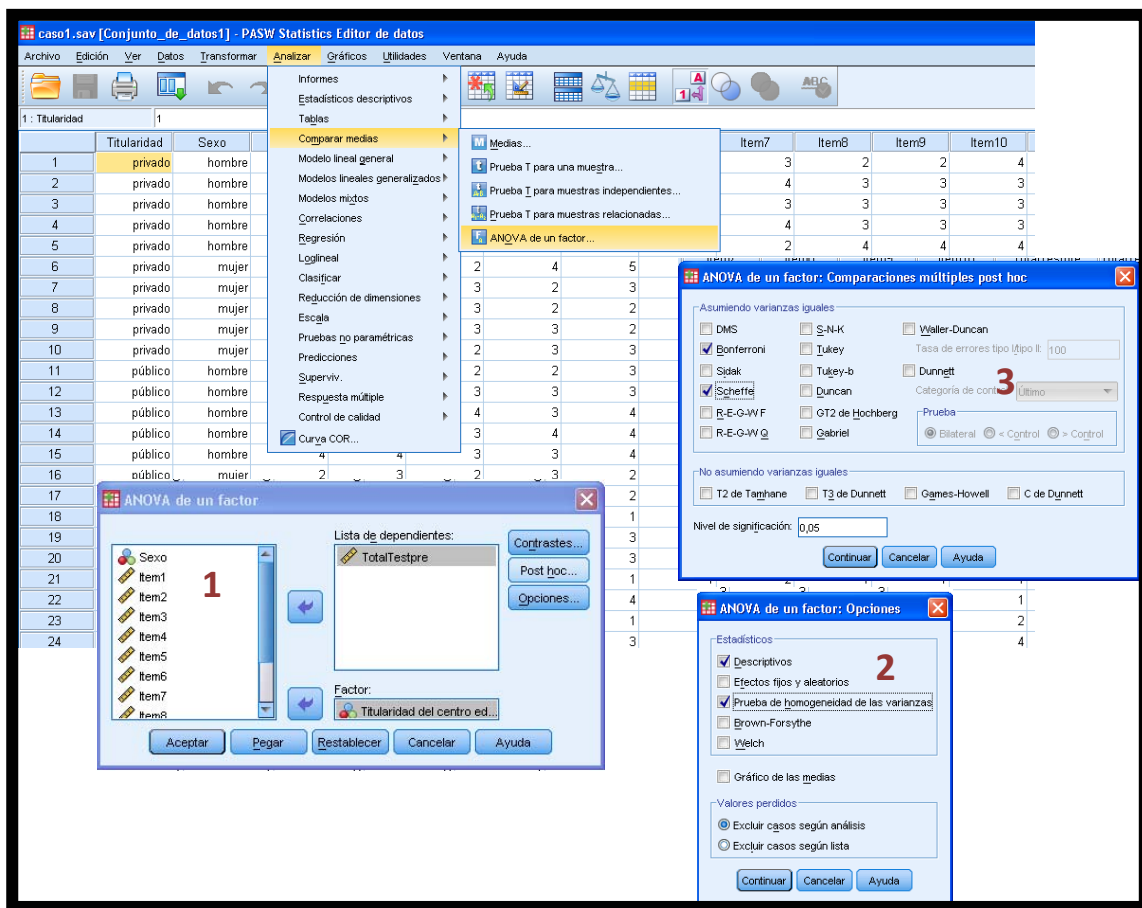


Figura 10. Cuadro de diálogo de la prueba ANOVA

**Resultados:** Los resultados de las pruebas solicitadas son los siguientes:

Primero se muestra un cuadro resumen con los estadísticos descriptivos (de la variable cuantitativa TotalTestpre) más relevantes de cada grupo que se va a contrastar: las medias y sus intervalos de confianza al 95%, las desviaciones típicas y los valores máximo y mínimo.



Tabla 3. Output de los descriptivos de la prueba ANOVA

**Descriptivos**

TotalTestpre

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
privado	30	33,3000	2,13590	,38996	32,5024	34,0976	30,00	36,00
público	30	26,5333	5,61852	1,02580	24,4353	28,6313	19,00	35,00
concertado	30	23,9333	3,10654	,56717	22,7733	25,0933	18,00	31,00
Total	90	27,9222	5,53889	,58385	26,7621	29,0823	18,00	36,00

A continuación, el programa SPSS nos ofrece un test para evaluar la homogeneidad de varianzas, que coincide con el que se aplicaba de rutina en el procedimiento de comparación de medias en dos grupos independientes (prueba  $t$ ): el test de Levene. En nuestro ejemplo, la significación estadística "p" vale 0,000, con lo cual no puede asumirse la homogeneidad de varianzas.

No deberíamos seguir con el proceso puesto que, como hemos dicho anteriormente, no se cumple el requisito de homocedasticidad. Aun así, continuaremos para seguir con el caso y poder ver todas sus fases.

Tabla 4. Output de la prueba de homogeneidad de varianzas de la prueba ANOVA

**Prueba de homogeneidad de varianzas**

TotalTestpre

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
32,622	2	87	,000

A continuación aparece la salida del ANOVA propiamente dicho, con sus diferentes componentes o fuentes de variabilidad: la inter-grupos y la intra-grupos. Esta última representaría la variabilidad o dispersión que no se explica por el factor de agrupamiento (la variable categórica Titularidad del Centro Educativo), y que sería explicable sólo por el azar.

Tabla 5. Output de la prueba ANOVA con las fuentes de variabilidad

**ANOVA**

TotalTestpre

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1402,822	2	701,411	45,964	,000
Intra-grupos	1327,633	87	15,260		
Total	2730,456	89			



Para llevar a cabo el contraste se recurre al estadístico F de Snedecor, que en nuestro ejemplo equivale a 45,96 y tiene un valor "p" asociado de 0,000 (no significativo). Con esto concluiríamos nuestra evaluación diciendo que "las variables Titularidad del Centro educativo y Totaltestpre sí muestran asociación"; o que "se acepta la hipótesis alternativa de que las medias del Totaltestpre son diferentes en los diferentes centros educativos". En este caso sí tendría sentido evaluar los contrastes a posteriori, puesto que se han encontrado diferencias significativas en el ANOVA y hay que saber entre qué centros están las diferencias.

**Tabla 6. Output de las post hoc de la prueba ANOVA**

### Pruebas post hoc

#### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TotalTestpre

(I) Titularidad del centro educativo	(J) Titularidad del centro educativo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%			
					Límite inferior	Límite superior		
Scheffé	privado	público	6,76667*	1,00863	,000	4,2547	9,2787	
		concertado	9,36667*	1,00863	,000	6,8547	11,8787	
	público	privado	-6,76667*	1,00863	,000	-9,2787	-4,2547	
		concertado	2,60000*	1,00863	,041	,0880	5,1120	
	concertado	privado	-9,36667*	1,00863	,000	-11,8787	-6,8547	
		público	-2,60000*	1,00863	,041	-5,1120	-,0880	
	Bonferroni	privado	público	6,76667*	1,00863	,000	4,3044	9,2289
			concertado	9,36667*	1,00863	,000	6,9044	11,8289
público		privado	-6,76667*	1,00863	,000	-9,2289	-4,3044	
		concertado	2,60000*	1,00863	,035	,1378	5,0622	
concertado		privado	-9,36667*	1,00863	,000	-11,8289	-6,9044	
		público	-2,60000*	1,00863	,035	-5,0622	-,1378	

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

En el cuadro de comparaciones múltiples vemos que cada centro educativo se compara con los otros dos, con lo cual se obtiene en cada contraste la diferencia de medias, el intervalo de confianza al 95%, el error estándar y el valor "p" asociado, que en todos los casos es significativo al ser menor de 0,05.

Al ser diferentes las medias de cada centro educativo, concluiríamos que las competencias informacionales están más desarrolladas en primer lugar en el centro privado, seguido del público y, por último, el concertado.



## 7. Conclusión

En lo que se refiere a nuestro caso práctico sobre la suposición (hipótesis) relativa a las competencias informacionales del alumnado de Bachillerato, la cual afirma que los estudiantes de centros educativos privados poseen mejor competencia informacional que los de centros públicos o concertados, concluimos que nada se opone a aceptar la hipótesis de que hay relación o asociación entre las competencias y el centro de procedencia (prueba ANOVA).

Otro de los objetivos del estudio era comprobar si existían diferencias de género en relación con las competencias y afirmamos que no hay diferencias (prueba  $t$  para dos muestras independientes).

Finalmente, en la segunda fase del estudio en la que comprobábamos (prueba  $t$  para dos muestras relacionadas) si un programa de formación en competencias informacionales mejora las competencias de los estudiantes del colegio público, concluimos que el programa de intervención logra mejorar las competencias del centro público que las tiene menos desarrolladas.

## <Referencias bibliográficas>

Ferrán Aranz, M. (2002) *Curso de SPSS para Windows*. Madrid: McGraw-Hill.

Pérez Juste, R., García Llamas, J.L., Gil Pascual, J.A. y Galán González, A. (2009) *Estadística aplicada a la Educación*. Madrid: UNED - Pearson.

Visauta Vinacua, B. (2007) *Análisis estadístico con SPSS 14: Estadística básica* (3a ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

Copyright © 2012. Esta obra está sujeta a una licencia de Creative Commons mediante la cual, cualquier explotación de ésta, deberá reconocer a sus autores, citados en la referencia recomendada que aparece al inicio de este documento.

