

SABER AL > DETALLE



La educación
es de todos

Mineducación

EDICIÓN

10

Bogotá D.C.

Junio de 2022

ISSN: 2590 - 4663

Publicación Trimestral

**¿QUÉ SON LOS ANÁLISIS
FACTORIALES Y CÓMO LOS
UTILIZA EL ICFES PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD
DE SUS PRUEBAS?**

icfes 

Presidente de la República

Iván Duque Márquez

Ministra de Educación Nacional

María Victoria Angulo González

Viceministra de Educación

Preescolar, Básica y Media

Constanza Alarcón Párraga



Elaboración del documento

Nila Fernanda Amaya Melo
Astrid Julieth Betancourt Pineda
Patricia Escudero Montañez
Jenny Paola Martínez Fonseca
Carlos Arturo Parra Villamil
Mishell Marcela Ramos de la Hoz

Diseño y diagramación

Kevin Ostos Peñaloza

Bogotá D.C., junio 2022

Todos los derechos de autor reservados ©.

Directora General

Mónica Ospina Londoño

Secretario General

Ciro González Ramírez

Directora de Evaluación

Natalia González Gómez

Subdirector de Diseño de Instrumentos

Natalia González Gómez (E)

Subdirectora de Análisis y Divulgación

Mara Brigitte Bravo Osorio

Subdirector de Estadísticas

Cristian Fabian Montaña Rincón

Director de Producción y Operaciones

Oscar Orlando Ortega Mantilla

Director de Tecnología e información

Sergio Andrés Soler Rosas

Subdirectora de Producción de Instrumentos

Nubia Rocío Sánchez Martínez

Subdirectora de Aplicación de Instrumentos

Yamile Ariza Luque

Subdirector de Desarrollo de Aplicaciones

Armando Alfonso Leyton González

Jefe Oficina Asesora de

Comunicaciones y Mercadeo

María del Rocío Gutiérrez Araujo

Jefe Oficina Asesora de Gestión de

Proyectos de Investigación

Clara Lorena Trujillo Quintero

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE USO PARA LAS PUBLICACIONES Y OBRAS QUE SON PROPIEDAD DEL ICfes

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) pone a disposición de la comunidad educativa, y del público en general, de forma gratuita y libre de cualquier cargo, un conjunto de publicaciones disponibles en su portal www.icfes.gov.co. Estos materiales y documentos están normados por la presente política, y se encuentran protegidos por derechos de propiedad intelectual y derechos de autor a favor del Icfes. Si tiene conocimiento de alguna utilización contraria a lo establecido en estas condiciones de uso, por favor infórmenos al correo prensaicfes@icfes.gov.co.

Queda prohibido el uso o publicación total o parcial de este material con fines de lucro. Únicamente está autorizado su uso para fines académicos e investigativos. Ninguna persona, natural o jurídica, nacional o internacional, podrá vender, distribuir, alquilar, reproducir, transformar*, promocionar o realizar acción alguna con la cual se lucre directa o indirectamente con este material. Esta publicación cuenta con el registro ISBN (International Standard Book Number o Número Normalizado Internacional para Libros), que facilita la identificación no solo de cada título, sino, también, de la autoría, la edición, el editor y el país en donde se edita.

* La transformación es la modificación de la obra a través de la creación de adaptaciones, traducciones, compilaciones, actualizaciones, revisiones, y, en general, cualquier modificación que se pueda realizar, haciendo que la nueva obra resultante se constituya en una obra derivada protegida por el derecho de autor, con la única diferencia, respecto de las obras originales, que aquellas requieren, para su realización, de la autorización expresa del autor o propietario para adaptar, traducir, compilar, etc. En este caso, el Icfes prohíbe la transformación de esta publicación. Términos y condiciones de uso para las publicaciones y obras que son propiedad del Icfes

En todo caso, cuando se haga uso parcial o total de los contenidos de esta publicación, el usuario deberá consignar o hacer referencia a los créditos institucionales del Icfes, respetando los derechos de cita. En otras palabras, se podrá hacer uso de esta publicación si dicho uso se contempla en los fines aquí previstos. Es posible, entonces, transcribir pasajes del texto si se cita siempre la fuente de autor. Por supuesto, estas citas no deberían ser excesivas ni frecuentes para que, así, no se considere una reproducción simulada y sustancial que redunde en perjuicio del Icfes.

Asimismo, los logotipos institucionales son marcas registradas y de propiedad exclusiva del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes). Por tanto, cuando su uso pueda causar confusión, los terceros no podrán usar las marcas de propiedad del Icfes con signos idénticos o similares respecto a cualquier producto o servicio prestado por esta entidad. En todo caso, queda prohibido su uso sin previa autorización expresa por parte del Icfes. La infracción de estos derechos se perseguirá civil y penalmente (en caso de que sea necesario), de acuerdo con las leyes nacionales y tratados internacionales aplicables.

El Icfes realizará cambios o revisiones periódicas a los presentes términos de uso y los actualizará en esta publicación.

¿QUÉ SON LOS ANÁLISIS FACTORIALES Y CÓMO LOS UTILIZA EL ICYES PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DE SUS PRUEBAS?

En el contexto de la evaluación tanto educativa como psicológica mediante pruebas estandarizadas, particularmente en el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes), resulta necesario garantizar que las interpretaciones que se realicen de los puntajes que obtiene un evaluado tras la presentación de una prueba o el diligenciamiento de un cuestionario, sean válidas dado un uso particular. De acuerdo con la *American Educational Research Association-AERA et al (2014)*, lo anterior implica recopilar evidencias de validez de varias fuentes, una de las cuales se enfoca en la estructura interna de las pruebas.

Esta evidencia de validez busca identificar el grado de correspondencia que hay entre la estructura de prueba y aquello que se pretende medir, a partir de las respuestas a los ítems. La técnica más utilizada para evaluar la estructura interna de las pruebas objetivas es el análisis factorial (Cohen & Swerdlik, 2005). En esta edición se presenta en qué consiste esta técnica, cuáles son sus tipos y cómo utiliza el Icfes sus resultados para garantizar la calidad de las pruebas que desarrolla.

¿Qué es un análisis factorial?



El análisis factorial es una técnica que busca identificar la estructura subyacente a un conjunto amplio de datos, es decir, observar cómo se agrupan. La idea de esta técnica es explicar un conjunto de variables observadas resumiendo los datos en un pequeño número de variables¹ que no pueden ser observadas de manera directa—también llamados **factores** o **dimensiones**—(Kline, 2000) como sucede, por ejemplo, con la inteligencia. En el caso del Icfes, este conjunto de datos o de variables observadas corresponde a las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas o ítems que conforman cada una de las pruebas, y se busca que los factores o dimensiones correspondan a los elementos definidos para las estructuras de prueba (por ejemplo, competencias,

componentes o afirmaciones en el caso de las pruebas de competencias básicas²).

Al realizar el análisis factorial, es necesario verificar que se cumpla con dos criterios: **(a)** parsimonia, es decir que el número de factores que explica un fenómeno sea lo más pequeño posible y garantice la menor pérdida de información; y **(b)** interpretabilidad, es decir que se pueda generar una explicación teórica para los factores tomando en cuenta el conjunto de ítems que los componen. En conclusión, una buena solución factorial es aquella que es sencilla e interpretable de acuerdo con el marco conceptual en el que se basa la prueba.

1. Una variable es un elemento susceptible de medición que puede presentar diferentes valores, es decir, que puede variar.

2. Para más información sobre las estructuras de las pruebas que desarrolla el Icfes, puede consultar el siguiente link: <https://www2.icfes.gov.co/web/guest/gu%C3%ADas-de-orientaci%C3%B3n4>

¿Cuáles son los tipos de análisis factoriales?



Existen dos tipos de análisis factoriales principales, los análisis factoriales exploratorios (AFE) y los análisis factoriales confirmatorios (AFC). En el primer tipo no se conocen los factores de manera anticipada, sino que se espera que estos sean identificados a partir del análisis realizado. Se utilizan cuando se conoce poco sobre la variable de estudio y se requiere identificar los factores que subyacen a las variables observadas, o cuando se conoce sobre la variable, pero se quiere ver su relación con la estructura factorial resultante.

Por otra parte, en los AFC se propone previamente una estructura y se somete a comprobación. El objetivo principal es determinar el modelo que mejor representa los datos, de modo que se proporcione evidencia empírica de la conformación y la relación de los elementos definidos para las pruebas. Este análisis es útil cuando se tiene una idea

clara sobre las variables de estudio y se requiere verificar si las agrupaciones de ítems reflejan correctamente la estructura para la cual fueron planteados.

Para comprender la diferencia entre estos tipos de análisis factorial se presenta las Figura 1a y 1b en las que se muestra una representación gráfica de los dos modelos, donde las flechas indican la relación existente entre los ítems y los factores. En el caso de la Figura 1a, que corresponde al AFE, se observa que los ítems se pueden agrupar libremente en más de un factor, pues no se ha definido previamente su estructura y se desea explorar esta relación. Por el contrario, en la Figura 1b correspondiente al AFC se observa que la agrupación de cada ítem se limita a un factor, pues se espera que se agrupen según la estructura inicialmente planteada (Fernández, 2015).

FIGURA 1a. Análisis factoriales exploratorios (AFE)

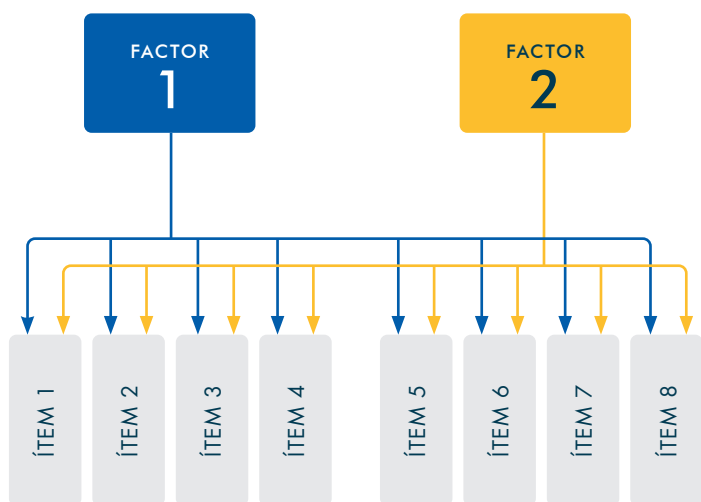
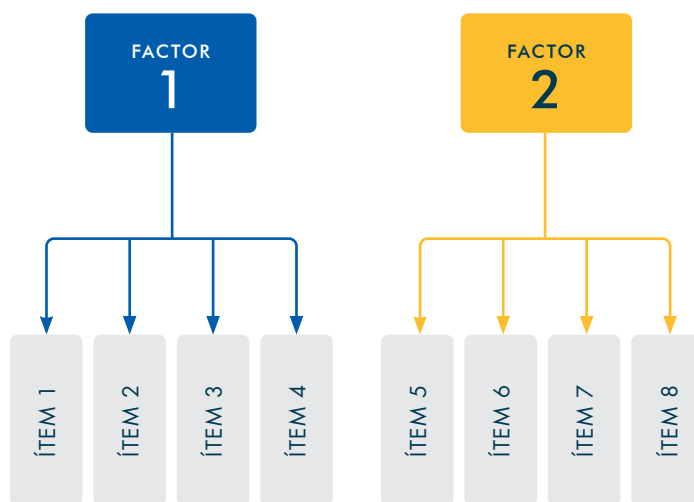


FIGURA 1b. Análisis factoriales confirmatorios (AFC)



¿Cómo utiliza el Icfes los resultados de estos análisis?



Los análisis factoriales se han utilizado en el Icfes para diferentes propósitos orientados a recoger evidencias de validez que contribuyan a mejorar la calidad de las pruebas que desarrolla. Estos análisis se han empleado para verificar si las pruebas cumplen los supuestos del modelo que se tiene planeado utilizar para su calificación. Como se señaló en una edición anterior de Saber al detalle³, en algunas de las pruebas que realiza el Icfes se emplea la Teoría de Respuesta al Ítem, especialmente los modelos de 2 y 3 parámetros logísticos (2PL y 3PL respectivamente), para generar la calificación. Entre los supuestos de esos modelos se encuentra la unidimensionalidad del trazo latente que implica que los ítems miden un único rasgo; para comprobar este supuesto, los análisis factoriales estiman el número de dimensiones o atributos que efectivamente mide una prueba, de modo que, si se evidencia que mayormente se evalúa una dimensión, se puede concluir que se está cumpliendo con este supuesto y, por tanto, es viable utilizar los modelos para la calificación.

Por otro lado, en el proceso de desarrollo o actualización de una prueba, los análisis factoriales resultan útiles para explorar la estructura que subyace a los instrumentos de evaluación, y de este modo, es posible verificar si los ítems que los constituyen están proporcionando información sobre el constructo o la competencia que se pretende

evaluar. El Icfes ha realizado estos procedimientos para las pruebas que evalúan las competencias que componen los exámenes saber como por ejemplo, Saber 3°, 5°, 7° y 9°, la medición de habilidades socioemocionales, el cuestionario de Factores Asociados y el Índice del Nivel Socioeconómico (INSE)⁴.

Estos análisis permiten evaluar si los ítems de una prueba se agrupan según las afirmaciones o los componentes para los que fueron definidos y determinar el conjunto de preguntas que conformarán la prueba⁵, lo cual implica examinar la pertinencia de la exclusión de los ítems que mostraron una agrupación inesperada. De esta manera se generan evidencias relevantes para la toma de decisiones que contribuyan a mejorar la calidad de las pruebas.

Adicionalmente, los resultados de los análisis factoriales permiten orientar el proceso de elaboración de ítems. A través de los AFC se identifican las preguntas que no muestran la correspondencia esperada con la estructura de prueba. Posteriormente, se realiza una revisión del contenido de los ítems para determinar si en su formulación se presentan elementos que pueden estar generando este comportamiento con el fin de evitarlos en próximas elaboraciones de ítems.

3. Para más información sobre los supuestos de los modelos derivados de la Teoría de Respuesta al Ítem, consulte la edición 1 de Saber al Detalle, titulada "¿Cómo se generan los puntajes en las pruebas saber del icfes?", disponible en: <https://cutt.ly/nKr8q29>

4. Para más información sobre el INSE, consulte la edición 4 de Saber al Detalle, titulada "¿Cómo se construye el Índice de Nivel Socioeconómico (INSE) en el contexto de las pruebas Saber?", disponible en: <https://cutt.ly/XKr8yBs>

5. Esta decisión se toma en conjunto con el análisis de ítems de las pruebas. Pronto se encontrará disponible la Edición 9 del Boletín de Saber al detalle titulada "¿Cómo se analizan los ítems de las pruebas Saber?" en el portal institucional <https://www2.icfes.gov.co/web/guest/saber-al-detalle> en el cual podrá ampliar su conocimiento sobre el análisis de las pruebas Saber

¿Qué se requiere para realizar un análisis factorial?

Para realizar los análisis factoriales, el Icfes parte de las respuestas de los estudiantes a la prueba de interés. Siempre se debe verificar que haya una cantidad mayor de evaluados que de ítems con el fin de contar con información suficiente para cada ítem (Alhija, 2010). A partir de esta información se genera una matriz de correlaciones en la que se presenta el grado de asociación entre cada par de variables o ítems que conforman la prueba.

Posteriormente, es necesario revisar algunas medidas de adecuación que indican si es viable efectuar los análisis factoriales con la matriz de datos con la que se cuenta. Las medidas de viabilidad contempladas por el Icfes son la medida KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) y la prueba de esfericidad de Bartlett, las cuales indican si los ítems se encuentran suficientemente relacionados entre sí (Pérez y Medrano, 2010).

¿Cómo se realizan e interpretan los AFE?

Una vez se ha determinado la viabilidad de la técnica, se realiza un análisis paralelo para los AFE. Este procedimiento permite identificar el número de factores o dimensiones que explican la estructura de los datos originales y determina si la prueba es unidimensional o multidimensional; es decir, si la variabilidad de la prueba puede o no ser explicada a partir de un solo factor o dimensión. En caso de que se cumpla este último elemento, se asume que la prueba es unidimensional, lo que significa que mide de manera predominante un solo constructo.

Para entender este procedimiento, se tomará como ejemplo el AFE del cuestionario del Índice de Nivel Socioeconómico (INSE) que se presenta como parte de las pruebas Saber y cuyo propósito es realizar una estimación del estatus socioeconómico de los evaluados⁶. La **Tabla 1** presenta el análisis de varianza para el cuestionario INSE con la estimación de los valores propios, entendidos como la varianza total explicada por un factor para las variables consideradas como grupo. Además se muestran los factores y el porcentaje de varianza explicada por cada uno de ellos, es decir, la variabilidad de los datos que representa cada factor.

TABLA 1. Resumen del análisis de varianza

Factor	Valores propios observados	% de varianza retenida	% de varianza acumulada retenida
1	4,027	44,74 %	44,74 %
2	2,389	27,65 %	72,39 %
3	0,857	8,93 %	81,32 %
4	0,549	6,84 %	88,16 %
5	0,417	4,57 %	92,73 %
6	0,213	3,01 %	95,74 %
7	0,118	2,52 %	98,26 %
8	0,035	0,74 %	99,00 %
9	0,035	0,74 %	99,74 %
10	0,012	0,26 %	100,00 %

6. Para facilitar la comprensión de la técnica se presenta el AFE de una muestra de ítems que componen el cuestionario INSE, por tanto, los valores mostrados no corresponden en su totalidad a los obtenidos por el Icfes.

En la **Tabla 1**, cada fila representa un posible factor y la primera columna contiene los valores propios estimados para cada uno. La columna % de varianza retenida indica la variabilidad que abarca el factor, y la columna siguiente indica el porcentaje de esa varianza que se abarcaría entre dicho factor y los anteriores. El número de factores a interpretar se selecciona teniendo en cuenta aquellos que tengan valores propios mayores que 1 y que abarquen el porcentaje de varianza deseado⁷; además, si la razón entre el valor propio del primer factor y el segundo es igual o superior a 4, se asume que se presenta unidimensionalidad y por tanto se selecciona un solo factor. En este ejemplo, el cociente o la razón entre el valor propio del primer factor (4,027) y el segundo (2,389) es de 1,686, por lo que se descarta la unidimensionalidad de la prueba. No obstante, el porcentaje de varianza acumulada en los primeros dos factores es de 72,39 % y se observa que el aporte del tercer factor es bajo, por lo que se decide interpretar únicamente los primeros dos.

Una vez determinado el número de factores a tener en cuenta, se analizan los ítems que se agrupan en cada factor a partir de la matriz de cargas factoriales (ver **Tabla 2**), con el fin de determinar qué tienen en común estos ítems (Alhija, 2010). Las cargas factoriales representan el grado en que cada pregunta se relaciona con un factor, y dado que con ciertas transformaciones estas cargas pueden ser interpretadas como correlaciones lineales, estas pueden tomar valores entre -1 y 1. Cuando una carga factorial tiene un valor cercano a 1, se puede interpretar que el ítem está relacionado directamente con el factor. Por el contrario, si el valor es más cercano a -1, se puede entender que el ítem tiene una relación inversa.

Es importante tener en cuenta que la interpretación de estas cargas debe darse a partir de la teoría en la cual se fundamenta el instrumento para brindar la explicación más acorde con el modelo (Lloret Segura et al, 2014). En la **Tabla 2**, se presentan los rangos para su interpretación según los lineamientos establecidos en el Icfes.

TABLA 2. Interpretación de cargas factoriales

Valor absoluto ⁸	Interpretación
0,6 a 1	Carga alta del ítem en el factor
0,30 a 0,59	Carga media del ítem en el factor
0,15 a 0,29	Carga baja del ítem en el factor
Inferior a 0,15	El ítem no se encuentra relacionado con el factor.

A partir de la matriz de cargas factoriales se identifica el conjunto de ítems que componen cada factor y se revisa su contenido con el fin de realizar una interpretación de la dimensión que representan. En este proceso se busca determinar los elementos teóricos y conceptuales que caracterizan el factor. Este análisis de las cargas factoriales de los ítems se realiza con todos los factores, y finalmente, con los ítems que no presentan cargas significativas en ningún factor, con el fin de identificar qué los caracteriza y por qué no guardan relación con los demás.

7. Para profundizar en los métodos de selección del número de factores, consultar Lloret, S., Ferreres, A., Hernández, A., y Tomás, I. (2017). El análisis factorial exploratorio de los ítems: análisis guiado según los datos empíricos y el software. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 33(2), 417–432. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.2.270211>

8. Un valor absoluto se refiere a la magnitud que representa el número de manera independiente a su signo positivo o negativo. Por ejemplo, para el número negativo de -0,6, su valor absoluto es 0,6. Del mismo modo, el valor absoluto del número positivo 0,3 es el mismo 0,3.

La **Tabla 3** muestra la matriz de cargas factoriales del ejemplo de AFE de la prueba INSE, en la que se observa que los ítems 1 y 2 presentan cargas altas en el factor 2, mientras que los ítems 3 a 10, cuya relación con este factor es débil, tienen cargas medias y altas en el factor 1.

TABLA 3. Ejemplos de ítems y matriz de cargas factoriales

Ítem	Factor 1	Factor 2
1. ¿Cuál es el último nivel educativo alcanzado por tu padre o cuidador?	-0,003	0,890
2. ¿Cuál es el último nivel educativo alcanzado por tu madre o cuidadora?	-0,001	0,858
3. ¿Cuántos baños hay en tu casa?	0,421	0,038
4. ¿De qué tipo de material están hechos la mayoría de los pisos de la casa en donde vives?	0,500	0,019
5. ¿Cuentas con conexión a internet en tu hogar?	0,846	-0,005
6. ¿Cuentas con computador en tu hogar?	0,776	0,022
7. ¿Cuentas con máquina lavadora de ropa en tu hogar?	0,619	0,054
8. ¿Cuentas con horno o microondas en tu hogar?	0,542	-0,001
9. ¿Cuentas con automóvil particular en tu hogar?	0,301	-0,002
10. ¿Cuentas con consolas para juegos electrónicos como Nintendo®, PlayStation®, Xbox® u otros en tu hogar?	0,457	-0,048

Al revisar los ítems 1 y 2, que se agrupan en el segundo factor, se observa que estos indagan por un elemento que influye en la condición socioeconómica del hogar como lo es la educación formal que ha recibido el padre, la madre y/o el cuidador del evaluado; por tanto, este factor puede denominarse Nivel educativo de los padres. Por otra parte, al revisar los ítems del 3 al 10 que cargan mayormente en el primer factor, al observar la magnitud

de las cargas y revisar el contenido de los ítems se infiere que la temática a la cual hacen referencia corresponde a la dotación del hogar con respecto a consumo de bienes y acceso a servicios. Estos elementos representan el poder adquisitivo de los padres, por tanto, este factor da cuenta de la dimensión Ingresos del hogar. Es así como se obtiene una caracterización de las dimensiones a partir de la agrupación de los ítems.

Posteriormente, se realiza un análisis de comunalidad, el cual permite identificar la varianza que comparte un ítem con el grupo que conforma el factor al que pertenece (Barbero, et al., 2011). Sus valores oscilan entre 0 y 1, cuanto más alto es este valor, más explican los factores la variabilidad del ítem. El Icfes utiliza los criterios presentados en la **Tabla 4** para la interpretación de las comunalidades.

TABLA 4. Interpretación de los valores de comunalidad

Valor	Interpretación
0,6 a 1	Carga alta del ítem en el factor
0,30 a 0,59	Carga media del ítem en el factor
0,15 a 0,29	Carga baja del ítem en el factor
Inferior a 0,15	El ítem no se encuentra relacionado con el factor.

La **Tabla 5** muestra la proporción de varianza del ítem que es explicada por los dos factores incluidos en el modelo factorial empleado para el análisis del INSE. En esta tabla se observa que el valor de la comunalidad de los ítems oscila entre 0,301 y 0,794, y ninguno presenta una comunalidad baja, esto indica que los ítems no presentan un mismo nivel de ajuste, sin embargo, el ajuste es moderado - alto.

Por último, se analiza la varianza total explicada a partir de los factores extraídos en el análisis y el grado de asociación entre cada uno de los factores, esto permitirá generar una caracterización detallada de la estructura de prueba.

Para concluir el AFE realizado con el ejemplo del INSE, se puede afirmar que el cuestionario refleja la existencia de dos dimensiones; los factores extraídos corresponden al nivel educativo de los padres y al ingreso del hogar, los cuales explican un porcentaje satisfactorio de la varianza de la prueba. Esta estimación se logra por medio de un conjunto de 10 ítems que presentan una asociación adecuada con su respectivo factor, además, la varianza explicada de cada uno de los ítems por su respectivo factor resulta adecuada. De esta manera se obtiene evidencia de validez de la estructura interna del INSE que soporta el uso de este cuestionario para medir el Nivel Socioeconómico de las personas.

TABLA 5. Comunalidad

Ítem	Comunalidad
1	0,794
2	0,738
3	0,410
4	0,301
5	0,721
6	0,621
7	0,410
8	0,429
9	0,744
10	0,410

¿Cómo se realizan e interpretan los AFC?



El objetivo del AFC, como se mencionó anteriormente, es comprobar si los datos obtenidos por medio de la aplicación de una prueba reflejan la estructura propuesta de la manera esperada. Antes de realizar el análisis, se debe haber establecido tres elementos: el número de factores o dimensiones de la prueba, la relación de cada ítem con los factores (qué ítems miden cada factor), y la relación esperada entre estos factores (Ferrando y Anguiano-Carrasco, 2010). La definición de estos elementos es imprescindible, puesto que permiten construir concretamente la estructura que será sometida a comprobación.

Para realizar la validación de los factores, se contrasta el modelo previamente definido con cuatro modelos estándar con el fin de identificar aquel que mejor representa los datos. Estos son:

- ▶ **Modelo Unidimensional:** se asume que la prueba aborda una única dimensión.
- ▶ **Modelo Bifactor:** se asume que todos los ítems en la prueba dan cuenta de un factor general, pero a su vez hay asociación entre subgrupos de ítems.
- ▶ **Modelo Multidimensional Correlacionado:** se asume que la prueba aborda más de dos dimensiones relacionadas entre sí.
- ▶ **Modelo Multidimensional No correlacionado:** se asume que la prueba aborda más de dos dimensiones independientes entre sí.

Existen diferentes medidas para comparar el grado en que el modelo planteado se asemeja a los datos observados; sin embargo, la mayor parte se basa en las matrices de varianzas y covarianzas que muestran la medida en que los ítems varían de manera conjunta; estas matrices se elaboran a partir de la matriz de correlaciones de los ítems y la desviación estándar de estos datos (Fernández, 2015).

Inicialmente se compara la matriz de varianzas y covarianzas muestral con la matriz de varianzas y covarianzas estimada. La diferencia entre estas dos matrices radica en que la primera se construye con base en los datos obtenidos por medio de la aplicación de la prueba, mientras que la segunda se establece a partir de la estructura teórica o el modelo que se intenta reproducir, de aquí la importancia de haber definido claramente las relaciones entre factores e ítems.

Para realizar la comparación entre las matrices es necesario emplear estadísticos de ajuste, los cuales indican si los modelos que representan son diferentes y en qué medida difieren entre sí. Un AFC será satisfactorio si la matriz estimada y la matriz observada presentan un alto grado de similitud.

Actualmente se cuenta con diferentes índices de ajuste, sin embargo, estos no son excluyentes, por el contrario, requieren complementarse entre sí para mejorar la calidad del procedimiento. Uno de ellos es el χ^2 (Chi cuadrado), el cual determina si hay una diferencia significativa entre los datos observados y los estimados. Cuanto más bajo sea su valor, mejor ajuste tendrá el modelo; no obstante,

este índice debe abordarse con cautela, puesto que cuando se cuenta con muestras grandes se pueden detectar diferencias poco significativas que conlleven a concluir erróneamente el desajuste del modelo (Herrero, 2010).

Otro de los estadísticos más utilizados es la Raíz Cuadrada del Error Cuadrático medio de la Aproximación (RMSEA, por sus siglas en inglés). El RMSEA refleja el error de aproximación puesto que evalúa hasta qué grado el modelo estimado se ajusta de una manera razonable a los datos observados, y no se centra en probar si hay una correspondencia exacta entre estos (Brown, 2006). Cuanto más cercano a cero sea este valor, mejor ajuste tendrá:

- ▶ Valores mayores a 0,1 determinan un ajuste pobre del modelo.
- ▶ Valores entre 0,06 y 0,1 indican que el modelo tiene un ajuste medio respecto de los datos.
- ▶ Generalmente valores inferiores a 0,06 apuntan a un buen ajuste.

Adicional a los índices mencionados, el Icfes estima e interpreta los siguientes⁹:

- ▶ Estadístico de Bondad de Ajuste (GFI) o Gamma Hat: Valores superiores a 0,9 representan un buen ajuste.

- ▶ Residual cuadrático medio estandarizado (SRMR, por sus siglas en inglés): se consideran aceptables valores cercanos a 0,08.
- ▶ Criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés): valores pequeños reflejan un ajuste adecuado.
- ▶ Criterio de información bayesiano (BIC, por sus siglas en inglés): valores pequeños reflejan un ajuste adecuado.
- ▶ Índice de Ajuste normado (NFI, por sus siglas en inglés): valores superiores a 0,9 indican un buen ajuste
- ▶ Índice de ajuste comparativo (CFI, por sus siglas en inglés): valores superiores a 0,95 indican un buen ajuste.
- ▶ Índice de no centralidad de McDonald's (McDonald's): se asume buen ajuste con valores superiores a 0,9.

Para comprender el proceso de selección del modelo más adecuado, en la **Tabla 6** se presentan los índices de ajuste estimados a partir de una AFC para el cuestionario del INSE¹⁰. Es importante señalar que el modelo multidimensional correlacionado y el bifactorial son iguales en términos de ajuste, por tanto, se presentan en una misma columna.

9. Para profundizar en los índices de ajuste, consultar Brown, T. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford Press. doi:10.1198/tas.2008.s98., y Aldás, J., y Uriel, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*. 2ª ed.

10. Los datos empleados para esta tabla fueron modificados para facilitar la comprensión del lector.

TABLA 6. Índices de ajuste de ejemplo de la prueba INSE

índice de ajuste	Modelo Unidimensional	Modelo Bidimensional o Multidimensional	Modelo Multidimensional No correlacionado
CHISQ	15	14	56
RMSEA	0,084	0,044	0,124
GAMMAHAT	0,829	0,935	0,794
SRMR	0,154	0,042	0,186
AIC	-5	-16	16
BIC	-7	-18	12
NFI	0,822	0,965	0,399
CFI	0,822	0,965	0,399
MCDONALD	0,809	0,999	0,999

El modelo más adecuado para los datos será aquel que cuente con la mayor cantidad de estadísticos o índices de ajuste con valores aceptables. En este caso, si se comparan los resultados de la Tabla 6 con la interpretación de los índices presentada anteriormente, se puede evidenciar que el modelo bidimensional/multidimensional presenta un mejor ajuste en relación con los demás, ya que los valores obtenidos se encuentran en un rango aceptable. Estos hallazgos son coherentes con los resultados del AFE en el que se concluyó la bidimensionalidad del cuestionario.

Al analizar más a detalle los resultados de la Tabla 6 se puede identificar que, respecto al estadístico RMSE el segundo modelo presenta un ajuste adecuado, pues su valor es inferior a 0,06, mientras que los otros modelos se alejan de este valor. Esto mismo sucede con el SRMR, ya que solamente el modelo bidimensional/multidimensional cumple con el criterio de ajuste. Finalmente, con respecto

a los valores de Gamma Hat, CFI, NFI y McDonald se observa que estos desajustan en el primer y tercer modelo, pues su valor es inferior a 0,9, y, por el contrario, para el segundo modelo superan este valor. En cuanto al último grupo de estadísticos, el AIC y el BIC presentan los menores valores en el modelo multidimensional o bidimensional, por lo cual, estos valores también indican que deben seleccionarse el modelo bidimensional.

Una vez seleccionado el modelo de mejor ajuste, se estiman las cargas factoriales y se analiza si los ítems presentan algún desajuste dentro del factor al que pertenecen, en particular, si presentan cargas inferiores a 0,3. Al igual que con el AFE, se analiza el contenido de estos ítems que reflejan dificultades con el fin de generar hipótesis de qué es lo que está causando dicho comportamiento y tomar decisiones con respecto a la pertinencia de incluir el ítem en la prueba.

Conclusiones

Aunque los procedimientos de los análisis factoriales exploratorios y los confirmatorios guardan diferencias, estas técnicas no son excluyentes. En la práctica es útil realizar ambos tipos de análisis de manera complementaria. Por ejemplo, es posible realizar un AFE para revisar la manera en que se agrupan los datos de una prueba, posteriormente definir con el apoyo de expertos temáticos la coherencia de los factores desde el punto de vista conceptual y a partir de ello plantear una estructura de prueba. Este análisis se puede complementar con la realización de un AFC para validar si la estructura elaborada a partir del AFE y el análisis conceptual representa adecuadamente los datos y permitirá identificar oportunidades de mejora.

Los análisis factoriales proporcionan evidencias de validez de la estructura interna de las pruebas, pues representan una aproximación empírica que da cuenta de que efectivamente se están abordando los constructos de interés por medio de los diferentes componentes de la prueba. De esta manera se fortalecen las buenas prácticas en la elaboración de las mismas y se respaldan las conclusiones que de ellas se deriven.

Bibliografía

Alhija, F. (2010). Factor Analysis: An Overview and Some Contemporary Advances. *International Encyclopedia of Education (Third Edition)*, pp. 162-170. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01328-2>.

American Educational Research Association, American Psychological Association y National Council on Measurement in Education (2014). Standards for Educational and Psychological Testing. Washington D.C.: American Educational Research Association.

Barbero, M. I., Vila, E., y Holgado, P.H. (2011). Introducción básica al análisis factorial. Editorial UNED.

Brown, T. (2006). Confirmatory factor analysis for applied research. New York: Guilford Press. doi:10.1198/tas.2008.s98.

Cohen, R. J., & Swerdlik, M. E. (2005). Psychological testing and assessment: An introduction to tests and measurement (6th ed.). New York: McGraw-Hill.

Fernández, A. (2015). Aplicación del análisis factorial confirmatorio a un modelo de medición del rendimiento académico en lectura. *Revista de Ciencias Económicas*, 33(2), 39-66. <http://dx.doi.org/10.15517/rce.v33i2.2216>

Ferrando, P. J. y Anguiano-Carrasco, C. (2010). El Análisis Factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 18-33.

Herrero, J.(2010). El Análisis Factorial Confirmatorio en el estudio de la Estructura y Estabilidad de los Instrumentos de Evaluación: Un ejemplo con el Cuestionario de Autoestima CA-14. *Psychosocial Intervention*, 19(3), 289-300.

Kline, P. (2000). Factor Analysis. En P. Kline (2 ed.), *The Handbook of Psychological Testing* (pp. 113-135). Londres, Reino Unido: Routledge.

Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., y Tomás-Marco, I. (2014). El Análisis Factorial Exploratorio de los Ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología*, 30(3), 1151-1169. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>

Pérez, E. y Medrano, L. (2010). Análisis factorial exploratorio: Bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.

SABER AL > DETALLE

**¿QUÉ SON LOS ANÁLISIS
FACTORIALES Y CÓMO LOS
UTILIZA EL ICFES PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD
DE SUS PRUEBAS?**



La educación
es de todos

Mineducación



@icfescol



ICFES



icfescol



YouTube: ICFES

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, ICFES

Oficinas: Calle 26 No. 69-76 . Torre 2, pisos 15 -18

Edificio Elemento, Bogotá . Colombia