



## **Working Papers**

# **Metodologías para la Construcción de Índices Compuestos**

**Micaela Camacho**

**Roberto Horta**

WP N°1/2020

Marzo de 2020

# Metodologías para la Construcción de Índices Compuestos

**Micaela Camacho \***

mcamacho@ucu.edu.uy

**Roberto Horta \*\***

rhorta@ucu.edu.uy

## RESUMEN

Los indicadores compuestos son herramientas cada vez más utilizadas para el análisis de fenómenos complejos y multidimensionales. En pocas palabras, puede decirse que son “índices sintéticos de múltiples indicadores individuales” compilados en base a un modelo subyacente. El presente artículo realiza una revisión de la literatura relacionada con la temática de los indicadores compuestos, haciendo especial hincapié en los aspectos metodológicos buscando brindar un contexto de base para la justificación de las decisiones metodológicas que los investigadores tienen que tomar cuando están construyendo un indicador agregado y multidimensional.

**PALABRAS CLAVE:** Indicadores compuestos, Índices, Rankings

## ABSTRACT

Composite indicators have become a frequently used tool to analyze complex and multidimensional phenomena. In a nutshell, it can be said that they are synthetic indices of multiple individual indicators compiled following an underlying model. This paper offers a brief literature review on the matter making special emphasis on methodological issues, seeking to assist researchers in justifying their methodological decisions over the process of building an aggregate and multidimensional index.

**KEYWORDS:** Composite indicators, Indices, Rankings

\* Instituto de Competitividad

\*\* Departamento de Administración y Finanzas

## 1. Introducción

Los indicadores compuestos son herramientas cada vez más populares para evaluar desempeños. Puntualmente, se utilizan para evaluar el desempeño de regiones, países, ciudades, en diversas temáticas sociales, económicas, ambientales, relacionadas con fenómenos complejos que no son directamente medibles y no están definidos de manera única (Becker et al., 2017). Ejemplos de ese tipo de fenómenos son el desarrollo humano, la innovación, la corrupción, la competitividad, la gobernabilidad, el nivel educativo, entre otros muchos.

En ese sentido, han ido surgiendo en las dos últimas décadas numerosos *rankings* que buscan agrupar en un único indicador un conjunto de variables relacionadas a una temática específica, con finalidades diversas pero muchas veces relacionadas, procurando simplificar la información para contribuir a la comparación y la evaluación, ya que son, en definitiva, insumos necesarios para la definición de políticas públicas. Los rankings, por otra parte, son impulsores del comportamiento y del cambio, constituyéndose en un ejercicio de poder social, con el potencial de cambiar importantes resultados de políticas (Kelley y Simmons, 2015).

El objetivo de este artículo es realizar una breve revisión sobre la temática de los indicadores compuestos, haciendo especial hincapié en los aspectos metodológicos. No es objeto del estudio exponer exhaustivamente cada una de las opciones metodológicas existentes, sino brindar un contexto de base para la justificación de las decisiones metodológicas que los investigadores tengan que tomar cuando estén construyendo un indicador agregado y multidimensional.

Luego de esta introducción, en el segundo apartado se desarrolla el concepto de indicadores compuestos siguiendo la literatura más relevante al respecto; en el tercer apartado se profundiza en los diferentes elementos que integran un indicador compuesto; en el cuarto se desarrollan los diferentes pasos para construir indicadores compuestos y, finalmente, se resumen algunas reflexiones sobre el tema desarrollado.

## 2. El concepto de indicadores compuestos: revisión de literatura <sup>1</sup>

Los indicadores o índices<sup>2</sup> compuestos sintetizan la información de un conjunto seleccionado de indicadores y variables (Nardo & Saisana, 2009). En pocas palabras, puede decirse que son “índices sintéticos de múltiples indicadores individuales” (Freudenberg, 2003). En términos generales, un indicador es una medida cuantitativa o cualitativa derivada de una serie de hechos observados que pueden revelar posiciones relativas de una unidad de análisis (país, ciudad, región, o inclusive industrias, empresas y hasta trabajadores individuales), con respecto a otra de iguales características en un área de estudio determinada. De esta manera, un indicador compuesto se logra cuando un conjunto de indicadores se compila en un solo índice en la base de un modelo subyacente. Idealmente, los indicadores compuestos deberían medir conceptos multidimensionales que no pueden ser captados por un solo indicador (OCDE & JRC, 2008).

Si bien no existe una “definición oficial” de lo que es un indicador compuesto, entre las diferentes definiciones propuestas puede decirse que, esencialmente, un indicador compuesto refleja un “sistema complejo” que consiste en numerosos componentes, haciendo más fácil de entender el sistema en su conjunto en lugar de reducirlo a sus partes separadas (Greco et al., 2018).

Una de las mayores virtudes de los índices compuestos es su utilidad para el análisis de políticas, dado que pueden resumir conceptos complejos y elusivos. En este sentido, los índices compuestos son más fáciles de interpretar que encontrar una tendencia común en muchos indicadores separados (Nardo & Saisana, 2009).

---

<sup>1</sup> La presente sección se basa principalmente en los trabajos de Nardo & Saisana (2012), Nardo et al. (2005), Saisana & Tarantola (2002), Saisana & Saltelli (2011) y que construyen sobre una misma línea de acercamiento a la construcción de índices compuestos, que es la misma seguida en el Manual realizado por la OCDE y el Centro Común de Investigación (Joint Research Center, JCR) de la Comisión Europea (OCDE & JRC, 2008). Al mismo tiempo, esta sección se basa en el estudio realizado por Greco et al. (2018), quienes realizan una revisión de los avances realizados en el campo de la construcción de índices compuestos en la última década.

<sup>2</sup> En la presente investigación se utilizará indistintamente el término índice e indicador, en línea con el abordaje al respecto que se realiza en la literatura de referencia, en la que se tratan de igual manera ambos conceptos. Al respecto puede verse el trabajo de Guitton (1960), sobre la similitud de los conceptos y su uso en estadística.

Generalmente, los índices compuestos, se utilizan para la comparación de diversos “asuntos” entre países, regiones, ciudades, etc. Sin embargo, su uso es criticado por algunos investigadores.

De acuerdo a Sharpe (2004), existe una división en la literatura sobre indicadores, entre aquellos que agregan variables en un indicador compuesto, a los que llama “agregadores” y aquellos que no, a los que llama “no agregadores”. El primer grupo apoya la construcción de índices compuestos para describir fenómenos complejos, mientras que el segundo grupo los considera estadísticamente no significativos. Los “agregadores” creen que existe valor en combinar indicadores por dos motivos; en primer lugar, porque consideran que una medida como el indicador compuesto puede capturar la realidad y tiene significado por sí misma; en segundo lugar, porque enfatizan que los “*bottom lines*” (resultados últimos) son extremadamente útiles en atraer el interés de los medios y, por lo tanto, la atención de los hacedores de política. Por su parte, los “no agregadores”, creen que el análisis debe detenerse cuando se han encontrado un conjunto apropiado de indicadores y no ir un paso más allá. La mayor crítica que hacen los “no agregadores” a los índices compuestos es la naturaleza arbitraria de los procesos de ponderaciones a través de los cuales las variables son combinadas (Sharpe, 2004). Sin embargo, es un debate que sigue vivo e, inclusive, opositores de este tipo de índices se han vuelto con el tiempo defensores de los mismos (Amartya Sen, por ejemplo<sup>3</sup>), en la base que es la aceptación general y social lo que termina dándole la importancia y la relevancia necesaria al concepto (Greco et al., 2018; Nardo et al., 2005). Inclusive, de acuerdo a Saisana et al. (2005), es un debate que es difícil imaginar que se pueda resolver.

En la Tabla se presentan los pros y contras de la utilización de los indicadores compuestos de acuerdo a la literatura.

---

<sup>3</sup> Sen cambia su postura al respecto de los índices compuestos al ver la atención que reciben los aspectos relativos al desarrollo humano, luego de la construcción y dispersión del Índice de Desarrollo Humano (IDH), elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo desde 1990, sobre las bases conceptuales del mencionado autor.

**Tabla 1: Ventajas y desventajas de los indicadores compuestos**

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden resumir conceptos complejos o multidimensionales para apoyar a los tomadores de decisiones.</li> <li>• Son más sencillos de interpretar que tratar de encontrar tendencias entre muchos indicadores separados.</li> <li>• Facilitan la tarea de construir rankings de unidades de análisis (países, regiones, ciudades, etc.) en asuntos complejos, en ejercicios de comparación.</li> <li>• Permiten evaluar el progreso de las unidades de análisis (países, regiones, ciudades, etc.) en el tiempo en asuntos complejos.</li> <li>• Reducen el tamaño de un conjunto de indicadores sin perder información relevante, permitiendo incluir más información manteniendo un límite de tamaño adecuado.</li> <li>• Centran los asuntos del desempeño y el progreso de la unidad de análisis (país, región, ciudad, etc.) en la arena del diseño de políticas.</li> <li>• Facilitan la comunicación con el público general (i.e. ciudadanos, medios de comunicación, políticos, etc.) y promueven la responsabilidad.</li> <li>• Ayudan al desarrollo de un lenguaje común entre los concedores y los no concedores del tema.</li> <li>• Permiten comparar de forma efectiva dimensiones complejas unas con otras.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden enviar mensajes erróneos o engañosos si están mal contruidos o son mal interpretados.</li> <li>• Pueden invitar a conclusiones de política demasiado simplistas.</li> <li>• Pueden ser mal utilizados, p.ej. para apoyar una política deseada, si la construcción del índice no es transparente y si carece de principios sólidos tanto estadísticos como conceptuales.</li> <li>• La selección de los indicadores y los pesos puede ser un desafío político.</li> <li>• Pueden disimular serios problemas en algunas dimensiones e incrementar la dificultad de identificar las acciones adecuadas para remediarlos.</li> <li>• Pueden llevar a políticas inadecuadas si las dimensiones de desempeño que son difíciles de medir son ignoradas.</li> </ul>

**Fuente: Adaptado de Nardo & Saisana (2009) y Saisana & Tarantola (2002)**

Uno de los puntos esenciales en la temática de los índices compuestos, y que es levantado recurrentemente en la literatura, es la necesidad de que exista absoluta transparencia en la metodología seguida para la construcción del índice. Cada una de las decisiones metodológicas que deben tomarse para la construcción tiene efectos sobre el resultado final del índice. En este sentido, si no se justifica adecuadamente cada paso, surge un espacio considerable para la manipulación de los resultados (Greco et al., 2018). Esto es especialmente relevante dado que, como se mencionó, uno de los usos más frecuentes para los índices compuestos es para la comparación entre unidades de análisis, sean países, regiones,

ciudades, localidades, etc. A este respecto, por ejemplo, Jiang y Shen (2013) estudian como el uso de diferentes técnicas de ponderación en las dimensiones de la competitividad urbana, terminan arrojando diferentes resultados en lo que respecta a los rankings de ciudades.

La calidad de un indicador compuesto es un concepto que depende esencialmente de dos aspectos: (i) la calidad de los datos básicos que intervienen en su construcción y (ii) la metodología empleada en la construcción y divulgación del índice o indicador compuesto. En el punto siguiente

El desarrollo de un marco de calidad para indicadores compuestos no es una tarea fácil. De hecho, la calidad general del indicador compuesto depende de varios aspectos relacionados tanto con la calidad de los datos elementales utilizados para construir el indicador como con la solidez de los procedimientos utilizados en su construcción.

La calidad relacionada con los indicadores compuestos más allá de la calidad generalmente definida en las estadísticas, donde calidad se equipara mucho con precisión. Hay que hablar de un concepto de calidad más amplio pues hay que considerar otras dimensiones que son también importantes. Aunque los datos sean precisos, no se puede decir que sean de buena calidad si se producen demasiado tarde para ser útiles a los usuarios, o no son de fácil acceso o parecen entrar en conflicto con otros datos. Por lo tanto, la calidad es un concepto multifacético. Las características de calidad más importantes dependen de las distintas perspectivas, necesidades y prioridades, que varían según los grupos de usuarios (OCDE & JRC, 2008).

Teniendo en cuenta las prácticas estadísticas más comunes en los organismos internacionales, como por ejemplo el Código Europeo de Prácticas Estadísticas<sup>4</sup> o las prácticas utilizadas en el Fondo Monetario Internacional, es posible establecer una serie de criterios que identifican la calidad de los indicadores compuestos.

---

<sup>4</sup> Eurostat, 2018.

- *Relevancia* de los datos para cumplir con los objetivos del indicador y las necesidades de los usuarios.
- *Exactitud*, que refiere a la precisión de los datos para estimar correctamente aquello que se quiere medir. Tienen que representar con fiabilidad y precisión la realidad.
- Datos *actualizados* para minimizar la necesidad de estimación de datos faltantes y, a la vez, mantener coherencia temporal.
- *Accesibilidad*, que refiere a la facilidad con la que se puede ubicar y acceder a los datos originales, aspecto importante para la credibilidad de los indicadores.
- *Interpretabilidad*, refleja la facilidad con la que el usuario puede entender, utilizar y analizar correctamente los datos básicos. Esto resalta la importancia de establecer las definiciones y clasificaciones utilizadas.
- *Coherencia*. Mismos conceptos/definiciones/metodologías en el tiempo y conceptos/definiciones/clasificaciones entre países, regiones y/o unidades de análisis. Cualquier cambio debe ser explicado.

### 3. Elementos de un indicador compuesto

Siguiendo a Munda & Nardo (2009) y Nardo & Saisana (2009), hay que hacer referencia a los diferentes elementos de un indicador compuesto.

- *Dimensiones*: Es el mayor nivel jerárquico de análisis e indica el ámbito de acción de los indicadores individuales y de las variables según los objetivos de medición. Por ejemplo, un indicador de sostenibilidad puede incluir dimensiones económicas, sociales y ambientales. En el caso del índice que se calculará en esta investigación, dado el marco teórico presentado en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se trabajarán con cuatro dimensiones: ambiente físico, ambiente social, ambiente económico y ambiente institucional.
- *Objetivo*: El objetivo del indicador indica la dirección en que es deseado el cambio en cada indicador individual. Esto no es siempre obvio, puesto que depende de lo que se quiera medir. En este sentido, para algunos indicadores, el cambio puede



*necesitarse* positivo y para otros negativo. Un caso de ejemplo es la movilidad internacional de los investigadores, que en un indicador a nivel de país puede tornarse negativo como un *proxy* de la pérdida de capital humano, mientras que, en un indicador a nivel de una región o grupo de países, puede tornarse positivo al medir aprendizaje entre pares. En el caso del índice a construir en esta investigación para tener en cuenta este elemento, para cada indicador se indicará si es un “activo” o un “pasivo” para la dimensión específica, siguiendo el enfoque propuesto en la investigación de Deas & Giordano (2001). De esta manera, para aquellos indicadores que sean “activos”, se estimará como bueno un cambio positivo y lo contrario para los “pasivos”.

- *Indicador individual*: es la base de evaluación en relación al objetivo. Cada dimensión se compone de un conjunto de indicadores individuales.
- *Variable*: es la medida del indicador. En otras palabras, es una medida que representa en un momento dado del tiempo y el espacio, la percepción compartida del estado real del indicador.

El indicador compuesto, o índice sintético es un agregado de todas las dimensiones, objetivos, indicadores individuales y variables utilizados en su construcción. De forma estándar, un índice compuesto adquiere la siguiente forma:

$$I = \sum_{i=1}^N w_i x_i \quad (1)$$

Donde  $x_i$  es una variable ajustada a escala y normalizada;  $w_i$  es el peso asignado a la variable (nótese que en este caso la formulación del indicador supone una agregación lineal de las variables, que es uno de los métodos de agregación, pero no el único)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> En los siguientes apartados se profundiza en este tema.

## 4. Pasos para la construcción de un indicador compuesto<sup>6</sup>

El manual de la OCDE para la construcción de indicadores compuestos (2008) propone una secuencia “ideal” para la construcción de un indicador compuesto que se compone de las siguientes etapas: (i) construcción de un marco teórico; (ii) selección de variables; (iii) imputación de datos faltantes; (iv) análisis multivariado; (v) normalización de variables; (vi) ponderación; (vii) agregación; (viii) análisis de sensibilidad y robustez. Cada paso es importante, lo mismo que la coherencia en el proceso: las decisiones que se tomen en cada etapa tienen implicancias para las restantes.

### 4.1. Marco teórico

Los indicadores compuestos pueden ser considerados como “modelos” en el sentido matemático del término. Los modelos están inspirados en los sistemas (naturales, biológicos, sociales) que se desean entender. La formalización del sistema genera una imagen: el “marco teórico”, que es válido solo en un espacio de información dado. Como resultado, el modelo del sistema va a reflejar no solo (algunas) características del sistema real, sino las elecciones realizadas por el científico sobre cómo observar la realidad (Nardo et al., 2005).

La elección de qué dimensiones y qué indicadores individuales utilizar, cómo se dividirán en clases (dimensiones), qué método de normalización se usará para las variables, la elección sobre el método de ponderación y cómo se agregará la información, se desprenden, de alguna manera de los elementos clave del modelo.

En la práctica, un marco teórico debe definir claramente el fenómeno a ser medido de manera que cada subcomponente del fenómeno defina las dimensiones del indicador compuesto. Asimismo, el marco teórico debe asistir a seleccionar los indicadores individuales, así como los pesos a asignarle a cada uno, para que reflejen su importancia relativa en la dimensión y

---

<sup>6</sup> De forma ilustrativa se toman los pasos propuestos por el manual de la OCDE (2008), aunque otros investigadores agrupan los pasos obteniendo menos etapas. Un ejemplo es el trabajo de Dobbie & Dail (2013), quienes presentan la construcción de un índice compuesto en cinco pasos: (i) marco teórico, (ii) preparación de los datos, (iii) estandarización, (iv) peso & agregación, (v) robustez & sensibilidad.

en el compuesto en su conjunto. Idealmente este proceso se basará en lo que es deseable de ser medido y no en los indicadores que están disponibles.

El elemento más importante a tener en cuenta en el proceso de la construcción de indicadores, según establece la literatura y todos los manuales consultados, es la *transparencia* de todo el ejercicio. Esto es, explicitar cada una de las decisiones metodológicas es esencial para construir indicadores creíbles.

#### **4.2. Selección de variables**

Las fortalezas y debilidades de los indicadores compuestos se derivan largamente de la calidad de las variables subyacentes. Idealmente, las variables deben ser seleccionadas en base a su relevancia, robustez analítica, secuencia en el tiempo, accesibilidad, etc.

Mientras que la elección de los indicadores debe ser guiada por el marco teórico, la selección de los datos (variables) puede ser muy subjetiva ya que, a priori, puede haber más de un conjunto de datos válidos. Por otra parte, la falta de datos relevantes limita la habilidad del constructor de construir indicadores compuestos firmes.

#### **4.3. Imputación de datos faltantes**

Los datos faltantes en alguna variable pueden ser “completamente al azar”, “al azar” o “no al azar”, dependiendo de si la probabilidad de obtener un dato perdido se relaciona con alguna de las variables del modelo (la variable misma o alguna de las otras). Un ejemplo de esto es la variable “ingreso reportado” que puede presentar más valores perdidos a medida que aumenta el nivel de ingreso. La explicación de la razón de los datos faltantes (si se relacionan o no con la variable estudiada), tendrá un impacto directo en la elección última que se haga de la serie de datos a utilizar, es decir, la selección de cada una de las variables.

Hay tres métodos para lidiar con los datos faltantes: (i) eliminar el caso; (ii) imputación individual; (iii) imputación múltiple. En el caso de la imputación tanto simple como múltiple,

existen diversos métodos para hacerlo (media/mediana/moda, regresión, algoritmos en el caso de imputación múltiple, etc.).

Dentro de este paso, se contempla una evaluación primaria de los indicadores para tratar eventuales observaciones que puedan representar *outliers*, para que no repercutan posteriormente en problemas o sesgos a la hora del manejo y análisis de los datos. De acuerdo a Saisana & Saltelli (2011) un valor de asimetría mayor a 1, junto con un valor de curtosis mayor a 3,5 (ambos en valor absoluto), pueden estar señalando indicadores problemáticos que necesitan un tratamiento previo a la construcción del indicador final.

#### **4.4. Análisis multivariante**

El análisis multivariante está orientado a observar si la estructura anidada de los indicadores es coherente tanto conceptual como estadísticamente. Diferentes enfoques estadísticos pueden ser utilizados, como el análisis de las correlaciones entre las variables, el Análisis de Componentes Principales (ACP), el Análisis Factorial (AF) y el alfa de Cronbach, que ayudan a explorar si las dimensiones del fenómeno están estadísticamente bien balanceadas en el indicador compuesto.

#### **4.5. Normalización**

Dado que los indicadores compuestos son una manera de resumir un fenómeno complejo, la mayoría del tiempo, las variables individuales que forman los compuestos están medidas en unidades diferentes. Existen varias técnicas para normalizar los datos que van a resultar en diferentes resultados (ranking, z-scores, min-max, distancia a una referencia, escalas categóricas, valores cercanos a la media, etc.). La normalización de los datos debe tener en cuenta las propiedades de los datos y los objetivos del índice compuesto a ser construido.

#### 4.6. Ponderación

Un asunto central en la construcción de los indicadores compuestos es la necesidad de combinar en una forma con sentido, diferentes variables medidas en distintas escalas. Por lo tanto, un elemento clave de la metodología es decidir de qué manera se van a agregar los diferentes indicadores individuales al interior de cada dimensión y luego las diferentes dimensiones para la construcción del indicador final.

La mayoría de los indicadores se basan en “pesos iguales”, esto es, a todas las variables normalizadas se les asigna el mismo peso (Greco et al., 2018; Nardo & Saisana, 2012). Vale mencionar que utilizar este método no implica no utilizar pesos, sino que implica, implícitamente, que los pesos asignados son iguales. Adicionalmente, cuando se trabaja con indicadores que tienen subgrupos al interior del constructo (dimensiones) y cada subindicador comprende  $n$  indicadores simples, el peso final de cada indicador en el índice total puede ser diferente de acuerdo al criterio que se siga (i.e. si se asigna el mismo peso a cada indicador dentro de un subgrupo, pero cada subgrupo tiene distinta cantidad de indicadores, cada indicador individual terminará teniendo, al final, distinto peso en el índice sintético). Uno de los problemas que puede encontrarse al utilizar este criterio, es cuando dos indicadores están estrechamente relacionados (con una alta correlación) lo que puede llevar potencialmente a problemas de doble conteo. Sin embargo, según plantea Greco et al. (2018) el método es comúnmente utilizado debido a (i) la simplicidad de su construcción, (ii) una posible falta de estructura teórica para justificar un esquema de ponderación diferencial, (iii) falta de consenso entre los tomadores de decisiones, (iv) conocimiento estadístico o empírico inadecuado, (v) objetividad.

En el otro extremo de la “escala de objetividad”, otro procedimiento utilizado es la asignación de pesos por parte del constructor del índice, sin embargo, si bien es un método muy utilizado, tiene amplias críticas ya que es el método que más subjetividad involucra en el análisis.

Como paso intermedio, están los métodos participativos, en los que se involucran diferentes actores relacionados con la temática (expertos, políticos, ciudadanos en general, hacedores de política, etc.) para asignar los pesos. Desde un punto de vista social, este podría ser un

enfoque teóricamente ideal, pero es viable solamente si existe un modelo bien definido de política. Sin embargo, si el objetivo de política no está bien definido (p.ej. al comparar regiones unas valúan más lo ambiental que otras), o si el número de indicadores es muy grande, haciendo difícil alcanzar el consenso, los métodos participativos no se vuelven la mejor opción (Greco et al., 2018).

Dentro de los métodos participativos, puede mencionarse el método de la asignación de presupuesto “Budget Allocation Process” (BoP). Este método implica “otorgarle” a los expertos un total de “puntos” (presupuesto) para distribuir entre las distintas dimensiones e indicadores del índice compuesto. Según Saisana & Saltelli (2011) este tipo de métodos es ideal para un número de indicadores de entre diez y doce, y para Greco et al. (2018) no debe pasar de diez. Dos métodos similares al BoP son los del “proceso analítico jerárquico” y el “análisis conjunto” (frecuentemente usado en investigaciones sobre el consumidor y en la disciplina del mercadeo). Según Greco et al. (2018) estos procedimientos pueden verse como opuestos, ya que el primero asigna los pesos de los indicadores hacia un objetivo general y el segundo parte de una prioridad general y va desagregando los pesos de cada indicador.

Otro grupo de procedimientos para ponderar que limitan la subjetividad, son los métodos de ponderación estadísticos. Estas técnicas son llamadas “data-driven” (manejadas por los datos), ya que surgen, como lo indica el nombre, de los datos mismos. Esta denominación fue presentada por Decancq & Lugo (2013), quienes categorizaron procedimientos de ponderación de los índices compuestos en tres grupos: “data-driven”, “normativos” e “híbridos”. Los procedimientos normativos son los que fueron presentados anteriormente y son los que dependen de los juicios sea del constructor o de los actores relevantes para el índice. Los “híbridos” como lo indica la palabra, son métodos que combinan ambos enfoques y utilizan información tanto sobre los juicios de valor como de los datos. Finalmente, las técnicas “data driven”, o dirigidas por los datos, basan los pesos a asignar en las características estadísticas de los propios datos. Según plantean Decancq & Lugo (2013), los procedimientos “data-driven” se distinguen de los que se basan en los juicios de valor (“normativos”) haciendo eco de la distinción filosófica “ser-deber” introducida por David Hume. Según este filósofo no pueden deducirse expresiones normativas a partir de expresiones descriptivas. El deber ser no se deduce del ser. Por lo tanto, los métodos dirigidos por los datos caen en el problema de

lo que se conoce como “la guillotina de Hume”, donde los pesos o “lo que debería ser” es derivado de lo que se observa., “lo que es” Esta es una de las mayores críticas que reciben los procedimientos de ponderación basados en los datos.

Dentro de los métodos estadísticos o “data-driven” pueden citarse: el análisis de correlaciones, que se usa como método exploratorio en el paso que fue llamado “análisis multivariado”; modelos de regresión múltiple, que necesitan una variable dependiente contra la cuál regresar los indicadores; el análisis envolvente de datos cuyo principal método es el del Beneficio de la Duda (BoD); el análisis factorial; o el análisis de componentes principales.

En el caso de los modelos de regresión múltiple, éstos pueden usarse solo cuando existe una variable dependiente. En este sentido, se regresa un conjunto de indicadores contra una variable que se supone es una medida objetiva y efectiva del constructo que quiere medirse. La lógica en contra del uso de este método y, por lo tanto, la mayor crítica que recibe es que si existe una variable dependiente contra la cual regresar los indicadores, ¿cuál sería el sentido de construir un índice compuesto? (Greco et al, 2018; Sasiana y Tarantola, 2002).

El análisis envolvente de datos emplea herramientas de programación lineal para estimar la frontera de eficiencia para ser usada como un *benchmark* contra el cual medir el desempeño relativo de la unidad de análisis (país, región, ciudad). El método más conocido es el del “Beneficio de la Duda” (BoD). Este método, si bien tiene la bondad de que cada unidad de análisis pueda elegir contra quien compararse y, por ende, fije sus propios “pesos”, esto al mismo tiempo es una limitante puesto que dificulta la comparación entre unidades (Greco et al., 2018).

Por su parte, tanto el análisis de componentes principales (ACP) como el análisis factorial (AF), son enfoques estadísticos con el objetivo de reducir las dimensiones. Más específicamente, estas técnicas buscan capturar la mayor varianza posible en las variables originales (estandarizadas) con la menor cantidad de componentes (Greco et al., 2018). ACP y FA son técnicas comúnmente utilizadas. Más específicamente, la conjunción de ambas técnicas (el análisis factorial con la técnica de extracción realizada a través de los componentes principales, AF/ACP) es comúnmente utilizada en la literatura de indicadores compuestos para

la medición de fenómenos complejos. Esto se debe a que esta técnica puede usarse para seleccionar un subconjunto de variables para incluir en la construcción de un índice compuesto que pueda explicar la variación de todo el conjunto de datos de forma satisfactoria. De esta manera, sirve como una herramienta de asistencia, ayudando al desarrollador del índice a obtener un mejor entendimiento de la dimensionalidad del fenómeno considerado o de la estructura de los indicadores (Greco et al., 2018).

Existen algunos asuntos que es importante tener en cuenta sobre el AF/ACP: (i) involucra el supuesto de tener indicadores continuos y una relación lineal entre ellos<sup>7</sup>; (ii) la naturaleza y la filosofía de estas técnicas se basan en las propiedades estadísticas de los datos, lo que puede resultar en ventajas y desventajas ya que, por un lado, el reduccionismo es útil para disminuir los problemas del “doble conteo” pero, por otro lado, si no existe correlación entre los indicadores o si la varianza de una variable es muy pequeña, estas herramientas pueden fallar; (iii) los pesos asignados por esta técnica pueden no corresponder con los enlaces reales entre los indicadores, por lo que se debe tener cuidado al interpretar los resultados; (iv) los pesos obtenidos no son consistentes en el tiempo y el espacio, por lo que la comparación puede resultar difícil (Greco et al., 2018).

Otros enfoques mencionados en la literatura son el de asignar mayor peso a aquellas variables que sean más confiables o robustas estadísticamente y el enfoque del componente no observado, que es similar a la regresión lineal pero no exige variable dependiente.

#### **4.7. Agregación**

La ponderación y la agregación son dos procesos que están íntimamente relacionados. Existen diferentes métodos para la agregación: los indicadores individuales pueden ser sumados, multiplicados o agregados usando técnicas no lineales. Cada técnica implica distintos supuestos y tiene distintas consecuencias.

---

<sup>7</sup> Estos supuestos son usualmente no tenidos en cuenta en la construcción de indicadores compuestos (OCDE, 2008).



Por ejemplo, la agregación lineal es útil cuando todos los indicadores individuales tienen la misma unidad de medida y se han neutralizado las ambigüedades de los efectos de la escala. Por su parte, la agregación geométrica (en la que los indicadores se multiplican y los pesos aparecen en los exponentes) son apropiados cuando los indicadores individuales no son comparables, son estrictamente positivos y están expresados en diferentes escalas de ratios. La agregación lineal “premia” los indicadores base de forma proporcional a los ponderadores, mientras que la agregación geométrica “premia” a las unidades de análisis (países, ciudades, regiones, etc.) con mayores puntuaciones de forma exponencial, lo que hace las diferencias aún más notorias. En ambos tipos de agregaciones, los pesos expresan los *trade-offs* entre los indicadores. En este sentido, la idea es que los déficits en una dimensión puedan ser contrarrestados por un superávit en otras. En las agregaciones lineales, los pesos actúan en la práctica como *tasas de sustitución*. Por ejemplo, de acuerdo a la notación de la ecuación (1), donde  $w_i$  es el ponderador de la variable  $x_i$ , podemos definir  $S_{jr} = w_j/w_r$  como el ratio de sustitución o compensación del indicador  $r$  con respecto al indicador  $j$  (Munda & Nardo, 2005). Sin embargo, cuando múltiples objetivos son igualmente legítimos e importantes este efecto de *trade-off* puede ser visto como una importante limitante de los indicadores compuestos, en el sentido de que una disminución en un indicador no debería poder ser compensado por un aumento en otro, ya que ambos son importantes y necesarios. En estos casos, una lógica no compensatoria puede ser necesaria.

Cuando se utiliza el indicador solo como criterio de comparación entre unidades de análisis, el procedimiento multicriterio (PMC) trata de resolver este conflicto. Este criterio consiste en la creación de un ranking entre las unidades de análisis (ciudades, países, regiones, etc.), a través de un criterio de comparación entre dos de ellas. Por ejemplo, si consideramos que la unidad de análisis son países, cada comparación medirá cuánto mejor se desempeña un país  $x$  en relación a un país  $y$  en un conjunto de indicadores  $n$ . Cada comparación, llamada  $e_{ij}$  equivale a la suma de las ponderaciones de aquellos indicadores en las que un país  $x$  es mejor que el país  $y$  (si dos países igualan en el indicador el ponderador se divide entre los dos países). A partir de estos cálculos, se computa para cada ranking posible (permutaciones dentro de la lista) la suma de las distintas comparaciones entre pares, y se toma como el ranking final la suma más alta (Nardo y Saisana, 2012). Una de las limitantes del PMC es que no permite el cálculo de un índice sino de un ranking entre las unidades de análisis. La otra limitante es el

costo en términos de tiempo de construcción especialmente cuando hay muchas unidades de análisis en la muestra, dado que las permutaciones a calcular crecen exponencialmente.

Habiendo hecho un repaso de las diversas técnicas de ponderación y agregación, en la Tabla se muestra la relación de compatibilidad entre los métodos.

Tabla 2: Compatibilidad entre métodos de ponderación y métodos de agregación

Métodos de Ponderación	Métodos de Agregación		
	Lineal	Geométrico	Multicriterio (PMC)
Pesos iguales	Sí	Sí	Sí
Componentes Principales (ACP)	Sí	Sí	Sí
Beneficio de la Duda (BoD)	Sí	No	No
Componente no Observado	Sí	No	No
Asignación de Puntos	Sí	Sí	Sí
Proceso Analítico Jerárquico	Sí	Sí	No
Análisis Conjunto	Sí	Sí	No

Fuente: Adaptado de Nardo y Saisana (2012)

#### 4.8. Robustez y Sensibilidad

La construcción de indicadores compuestos involucra etapas en las que deben hacerse juicios y tomar decisiones, como en la selección de los datos y su tratamiento, los métodos utilizados de normalización, ponderación y agregación, etc. En este sentido, es útil la realización de análisis de incertidumbre y análisis de sensibilidad. El Análisis de Incertidumbre se enfoca en cómo las fuentes de incertidumbre se propagan a través de la estructura del indicador compuesto y afectan los puntajes. El Análisis de Sensibilidad estudia cuánto cada fuente de incertidumbre contribuye a la varianza del puntaje final de un país (o ciudad o región).

### 5. Reflexiones finales

El objetivo de este artículo fue realizar una breve revisión de las metodologías utilizadas para la construcción de indicadores compuestos, incorporando consideraciones que deben ser tenidas en cuenta dependiendo del tipo de indicador a ser construido, del objetivo que se persiga con su elaboración y del uso que se le piensa dar. No pretendió ser un estudio exhaustivo, sino brindar lineamientos de base para la justificación de las decisiones

metodológicas a ser tomadas por los investigadores que pretendan construir un indicador agregado y multidimensional.

Para ordenar los aportes, el proceso de construcción fue abordado en ocho pasos, que pueden servir de guía para cada una de las decisiones. Más allá de las consideraciones particulares de cada una de las etapas del proceso, la principal reflexión que debe destacarse es la necesidad de la transparencia en la construcción del índice. Esto es, la solidez del índice compuesto y su utilidad a futuro dependerá directamente de la calidad de la información y la justificación brindada sobre cada una de las decisiones que tome el investigador (o equipo de investigación) a cargo del armado del índice.

## Referencias Bibliográficas

- Becker, W. et al (2017). Weights and importance in composite indicators: closing the gap. *Ecological Indicators*, 80,12-22.
- Deas, I., & Giordano, B. (2001). Conceptualising and measuring urban competitiveness in major English cities: an exploratory approach. *Environment and Planning A*, 33(8), 1411-1429.
- Decancq, K., & Lugo, M. A. (2013). Weights in multidimensional indices of wellbeing: An overview. *Econometric Reviews*, 32(1), 7-34.
- Dobbie, M. J., & Dail, D. (2013). Robustness and sensitivity of weighting and aggregation in constructing composite indices. *Ecological Indicators*, 29, 270-277.
- EUROSTAT (2018). European Statistics Code of Practice.
- Freudenberg, M. (2003). Composite indicators of country performance: A critical assessment. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*. Paris: OECD Publishing.
- Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., & Torrisi, G. (2018). On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. *Social Indicators Research*, 1-34.
- Guitton, H. (1960). Índices e indicadores. *Revista de Economía y Estadística, Tercera Época, Vol. 4*(1-2-3-4: 1º 2º 3º y 4º Trimestres), 9-23.
- Jiang, Y., & Shen, J. (2013). Weighting for what? A comparison of two weighting methods for measuring urban competitiveness. *Habitat International*, 38, 167-174.
- Kelley, Judith D. and Beth Ann Simmons. 2015. Politics by number: Indicators as social pressure in international relations. *American Journal of Political Science* 59 (1): 55-70.
- Munda, G., Nardo, M. (2009). Noncompensatory/nonlinear composite indicators for ranking countries: a defensible setting. *Applied Economics*, 41(12), 1513-1523.
- Nardo, M., & Saisana, M. (2009). OECD/JRC Handbook on constructing composite indicators. Putting theory into practice.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). Tools for composite indicators building.
- OCDE & JRC. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*: OECD publishing.
- Saisana, M., & Saltelli, A. (2011). Rankings and Ratings: Instructions for use. *Hague Journal on the Rule of Law*, 3(2), 247-268.
- Saisana, M., & Tarantola, S. (2002). *State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development*: Citeseer.
- Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2005). Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 168(2), 307-323.
- Sharpe, A. (2004). Literature review of frameworks for macro-indicators. *Centre for Study of Living Standards*, Research Report 03.