

# El análisis jerárquico (AHP) en la selección de un modelo referente en el estudio, análisis y generación de proyectos de desarrollo de cadenas productivas

The hierarchical analysis (AHP) in the selection of a reference model in the study, analysis and generation of productive chain development projects

Fecha de recepción: Febrero 15 de 2017

Fecha de recepción: Mayo 15 de 2018

**GERMÁN CÓRDOBA BARAHONA, MSc**

Universidad Libre seccional Cali

**CARLOS ARTURO CANO, PhD**

Universidad Libre seccional Cali

## Resumen

En un estudio de análisis de cadenas productivas de países o regiones dentro de un país, es necesario realizar un análisis comparativo de la cadena productiva estudiada con una cadena productiva referente, que tenga un grado mayor de desarrollo. Para que este análisis comparativo entre cadenas sea útil, debemos seleccionar una cadena referente siguiendo una metodología objetiva y preferiblemente cuantitativa. Esta comparación llegará a ser complemento de otros estudios hechos a la cadena estudiada, tales como definir sus variables claves de desempeño, hacer propuestas y proponer proyectos de desarrollo o mejoramiento y/o analizar variables específicas de interés. Este artículo expone el uso del análisis jerárquico (AHP) como un proceso objetivo y cuantitativo para la selección de la cadena productiva referente. Para hacerlo, es necesario identificar los  $n$  criterios o variables de comparación y  $m$  cadenas (países/regiones) candidatas para seleccionar la cadena modelo o referente que se usará en el estudio comparativo.

**Palabras claves:** cadenas productivas; selección referente; proceso de análisis jerárquico; Análisis de brechas, vector propio, autovector, eigenvector; análisis de consistencia y de relación de consistencia.

# Abstract

In a production chain analysis study of one country or regions in one country, it is necessary to carry out a comparative analysis between the analyzed productive chain with another guide productive chain with better development level. In order to make a useful comparative analysis we must to select one guide productive chain following an objective and preferable quantitative methodology. This comparison will become a complement of other studies made to the chain analyzed, such as to define its core performance variables, to make proposals or recommend improve or development plans and/or another analysis of one chain specific variable. This article explains the use of Analytical Hierarchy Process (AHP), as a quantitative and objective process to select a guide production chain. To carry out the process, it is necessary to identify n comparison criteria or variables and m candidates' chains to select the model or guide chain to be used in the comparative study.

**Keywords:** Productive chains; referential selection; hierarchical analysis process; gap analysis, eigenvector, eigenvector, eigenvector; consistency and consistency ratio analysis.

## *Introducción*

El estudio de cadenas productivas se interesa por encontrar debilidades y fortalezas, y proponer planes o proyectos de desarrollo que conduzcan a su fortalecimiento y desarrollo a corto, mediano y largo plazo. Una comparación con una cadena productiva referente, con un grado de desarrollo mayor, en el uso de tecnología, fortaleza institucional, agregación de valor en sus eslabones, desarrollo de sus mercados locales, regionales e internacionales, entre otros aspectos, ayudan a los actores de la cadena y a quienes realizan el estudio y la vigilancia tecnológica a encontrar las variables claves de desempeño, encontrar fortalezas y debilidades y realizar un análisis de brechas como lo realiza Nassar (2011) y como lo menciona Guaiteiro-Díaz (2011), todo con el objetivo final de identificar y proponer proyectos y planes de desarrollo para la cadena estudiada.

## *Antecedentes*

La metodología analítica multicriterio, denominada análisis jerárquico o en inglés Analytic Hierarchy Process (AHP), fue desarrollada por Tomas Saaty a finales de los años 70, para jerarquizar o priorizar problemas complejos que incluyan incertidumbre y aspectos intangibles que deben ser jerarquizados con el juicio de expertos. Las aplicaciones del AHP son objetos de publicaciones frecuentes sobre gestión e ingeniería. Saaty (2008) describe la metodología y

expone el caso de aplicación a la selección del trabajo al finalizar los estudios de PHD. Goyal, P., Rahman, Z., & Kazmi, A. A. (2015), la aplicaron en la identificación y priorización de las prácticas de sustentabilidad corporativa. Mathiyazhagan, K., Diabat, A., Al-Refaie, A., & Xu, L. (2015) en la evaluación de las presiones para implementar la gestión verde de la cadena de abastecimiento. Yadav, V., & Sharma, M. K. (2015), en la selección de proveedores con una aplicación que combina el análisis envolvente de datos DEA y el AHP (p 218-242.). Kiatcharoenpol, T., Laosirihongthong, T., Chaiyawong, P., & Glincha-Em, C. (2015), en un estudio de factores claves de éxito y su priorización en la aplicación del Lean Manufacturing (pp. 295-298). Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi (1999), en la gestión de proyectos del sector petrolero. Fong, P. S. W., & Choi, S. K. Y. (2000), en la selección de contratistas, (pp. 547-557). Chen, C. F. (2006) en la selección de un sitio para una convención (pp. 167-174). En España, Álvarez, A; Arquero y H; Martínez, E. (2000) usaron el AHP, en la definición del emplazamiento óptimo de equipamientos universitarios, caso de una Biblioteca. En Colombia aparecen publicaciones de aplicación del AHP por parte de Osorio, Orejuela (2008). En Chile, Pacheco y Contreras E. (2008), publicaron el Manual metodológico de evaluación multicriterio para evaluación de proyectos (pp. 49-56)

### Metodología de aplicación en la selección de una cadena referente

Este escrito presenta una aplicación del AHP para definir una cadena referente, como parte de un análisis comparativo entre cadenas productivas. Para su aplicación se deben definir  $n$  criterios o variables que deben ser jerarquizadas con el juicio de expertos, mediante una comparación por pares. Posteriormente, las cadenas, regiones o países candidatas a ser referentes, se jerarquizan por cada criterio cualitativo, mediante una comparación por pares realizada con el juicio de expertos. Si la variable o criterio es cuantitativa, la jerarquía de las cadenas candidatas se obtiene de las cifras o datos del estudio del estado del arte o vigilancia tecnológica de las cadenas candidatas. En este último caso es necesario usar indicadores que sean comparables. Un esquema de la metodología aparece en la Figura 1.

En este caso el AHP se usará para el problema u objetivo del análisis, que es la selección objetiva de una cadena (país o región) que servirá de referente para compararla con la cadena estudiada. Siguiendo las etapas y pasos que aparecen a continuación:

### Eta 1: Definir y jerarquizar variables o criterios. (Obtener el “vector propio” de los criterios)

1. Realizar un análisis del estado del arte de la cadena y/o un proceso de vigilancia tecnológica que, entre otros aspectos, conduzca a identificar y definir criterios de comparación y seleccionar los países o regiones que servirán de base a la comparación (paso 2)
2. Identificar y definir, con un grupo de expertos y quienes estén a cargo del estudio del estado del arte y/o de vigilancia tecnológica, los criterios o variables de comparación de las cadenas, definir las cadenas “candidatas” a ser referentes
3. Definir, con el mismo grupo de expertos, la importancia relativa de cada criterio y construir una matriz de comparación por pares. Para definir la importancia de un criterio con relación a otros criterios, se usa la escala numérica de 1 a 9 de acuerdo a la Tabla 2, que es una adaptación de Satty (2008) (p 86). A manera de ejemplo: si tengo dos criterios a comparar: Tecnología y Confiabilidad, un experto podría opinar que la Tecnología es tres veces más importante que la Confiabilidad, entonces el valor numérico de Tecnología frente a Recursos es de 3 y el recíproco, de Recursos frente a Tecnología es de  $1/3$ . Los valores se ubican en una matriz cuadrada de  $n \times n$ , siendo  $n$  el número criterios o variables a comparar.

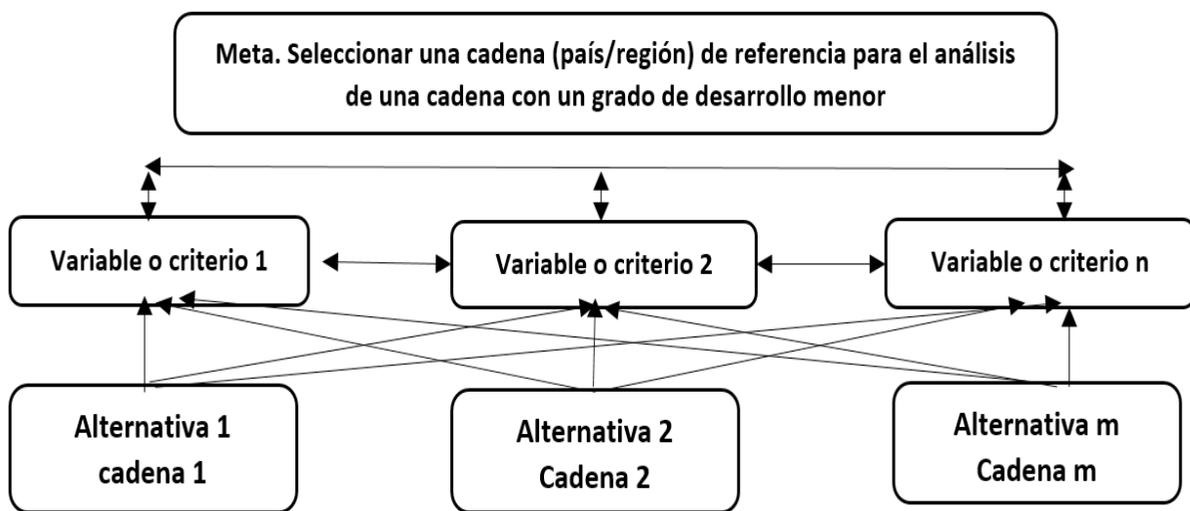


Figura 1. Metodología del Análisis Jerárquico AHP (Analytical Herachy Process). Fuente: el autor. Basado en Yadav, V., & Sharma, M. K (2015).

<b>n</b>	<b>Criterios o variables</b>	<b>Observaciones</b>
1	Recursos/ Vocación	1 y 2. Criterios no cuantitativos. Se jerarquizan por comparación por pares
2	Tecnología en la cadena	
3	Producción ANUAL	3, 4 y 5. Criterios cuantitativos. Se jerarquizan por los valores de un índices o medida de desempeño comparable
4	Recurso Humano	
5	Recursos Físicos	
<b>m</b>	<b>Cadena candidata</b>	<b>Observaciones</b>
1	Cadena 1	Se jerarquizan por cada uno de los n criterios de comparación
2	Cadena 2	
3	Cadena 3	
4	Cadena 4	

Tabla 1. Pasos 1 y 2. Criterios de comparación y cadenas candidatas a ser referentes.

- Con esta matriz se procede al cálculo del “vector propio” o “eigenvector” que determina la asignación de pesos o porcentajes de importancia relativa (ranking) de los criterios en forma porcentual (cálculo conocido como “normalización”). El vector propio de  $1 \times n$ , se obtiene al elevar al cuadrado la matriz  $n \times n$  y repetir este proceso (elevación al cuadrado) hasta que no se observen cambios en el vector resultante. En el caso utilizado, se repitió el proceso dos veces, tal como aparece detallado en la Tabla 3.
- Finalmente se realiza el análisis de consistencia mediante el cálculo del índice de consistencia CI y la relación de consistencia CR, usando la matriz que tienen los valores entre pares de criterios y el vector propio, tal como parece detallado en la tabla 4. Para obtener el CI, se debe calcular el valor  $\lambda_{max}$  (eigenvalue) al multiplicar la matriz de comparación de criterios por el vector final con los porcentajes que asignan el ranking, calcular el valor porcentual y luego CR. Ver Saaty (1990 p 13) y Kamal (1999 p 99). De acuerdo con estos y otros actores el valor del CR debe ser menor del 10% para que no existan inconsistencias en el juicio de los expertos

<b>Intensidad</b>	<b>Definición</b>	<b>Explicación</b>
1	De igual importancia	Los dos criterios contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen un criterio sobre el otro en forma moderada
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente un criterio sobre el otro
7	Muy fuerte/ demostrada	Un criterio es mucho más fuerte que la otra; su preeminencia se ha demostrado en la práctica
9	Extrema	La evidencia favorece un criterio sobre el otro; es absoluta y permanente
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios	Un poco más que el numeral anterior (1, 3, 5 y 7)
Recíprocos	$A_{ij}=1/a_{ij}$	Hipótesis del método

Tabla 2. Escala de comparación entre criterios pares del paso 3, etapa 1.

**Etapa 2. Jerarquizar las cadenas candidatas por cada criterio de comparación. (Obtener un “vector propio” por cada criterio).**

Definidas las importancias relativas de las variables o criterios en la etapa 1, se procede a jerarquizar la importancia de cada una de las cadenas candidatas, por cada criterio. Si la variable o criterio es no cuantitativa, se comparan por pares con el juicio de expertos, usando la misma escala (de 1 a 9) usada en la etapa 1. Si la variable es numérica (por ejemplo: Hectáreas sembradas o productividad por hectárea), la comparación es directa y en consecuencia los porcentajes o pesos relativos, se calculan con base en estos valores y no en juicios u opiniones.

Cada uno de los pasos de esta etapa se repite por cada criterio no cuantitativo, que requiere de juicios u opiniones. En este caso, dos veces, tal como aparece detallado en la tabla 5. Los pasos de esta etapa son los siguientes:

1. Obtener una matriz cuadrada (mxm) de comparación de cadenas (pares) por cada criterio usando la misma escala numérica de la etapa 1 (1 a 9).
2. Cada matriz se “normaliza” (multiplicar la matriz n veces). Esto genera un vector propio (auto-vector) de 1xm que tiene la importancia relativa o ranking de cada cadena candidata por cada criterio de comparación.
3. Finalmente se realiza el análisis de consistencia mediante el cálculo de los índices de consistencia CI y la relación de consistencia CR usando la matriz que de comparación de países por criterio y el vector propio, tal como aparece en la Tabla 6.

Criterios	Recursos/vocación	Tecnología	Producción Anual	Recursos Humano	Recursos Físicos
Recursos/vocación	1	3	5	3	5
Tecnología	0.33	1	2	1	3
Producción Anual	0.20	0.50	1	1	2
Recursos Humanos	0.33	1	1	1	4
Recursos Físicos	0.20	0.33	0.50	0.25	1

Los valores por debajo de la diagonal de unos (1.0) son los recíprocos. Matriz al cuadrado.

Criterios	Recursos vocación	Tecnología	Producción Anual	Recursos Humano	Recursos Físicos	Suma Fila	%
Recursos/vocación	5.00	13.17	21.50	15.25	41.00	95.92	47.33%
Tecnología	2.00	5.00	8.17	5.75	15.67	36.58	18.05%
Producción Anual	1.30	3.27	5.00	3.60	10.50	23.67	11.68%
Recursos Humanos	2.00	4.83	7.67	5.00	14.67	34.17	16.86%
Recursos Físicos	0.69	1.77	2.92	1.93	5.00	12.31	6.08%
					Sumas	202.64	100.0%

**Matriz al cuadrado y Obtención del ranking de criterios**

Criterios	Recursos vocación	Tecnología	Producción Anual	Recursos Humano	Recursos Físicos	Suma Fila	%	Rank
Recursos/vocación	138.26	348.04	559.03	384.88	1065.69	2496.89	47.12%	1
Tecnología	53.00	133.48	214.44	147.69	408.75	957.36	18.07%	2
Producción Anual	34.03	85.73	137.85	94.91	262.28	614.80	11.61%	4
Recursos Humanos	49.82	125.62	201.92	139.25	384.89	901.49	17.02%	3
Recursos Físicos	18.14	45.68	73.35	50.58	140.13	327.88	6.19%	5
					Sumas	5297.88	100.0%	

**Tabla 3.** Etapa 1 pasos 3 y 4. Jerarquización (ranking) de criterios por comparación por pares.

Cálculos de CI y CR							
Suma Fila	Vector %	Rank	V1	V1%	$\lambda_{max}$	CI	CR
2495.89	74.12%	1	2.414	5.1227	5.1222	0.0305	0.0275
957.36	18.07%	2	0.926	5.1225		(max-5)/4	CI/RI
614.80	11.61%	4	0.595	5.1235			
901.49	17.02%	3	0.872	5.1216			
327.88	6.19%	5	0.317	5.1206			
5297.42	100.00%						

V1. Se obtiene al multiplicar el vector (nxn) criterios por el vector % (n)  
 $V1\% = (\text{Valores } V1/\text{Valores Vector } \%)$ .  $\lambda_{max} = \text{Promedio valores } Vi\%$

Índice Aleatorio. Valores RI para diferentes valores de n. Cálculo CR									
n	1	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.50	1.49

Tabla 4. Etapa 1, paso 5. Cálculo del Índice de consistencia CI y de relación de consistencia CR.

#### Criterio 1: Recursos / Vocación

	Cadena 1	Cadena 2	Cadena 3	Cadena 4
Cadena 1	1	2	2	3
Cadena 2	0.5	1	1	0.5
Cadena 3	0.5	1	1	2
Cadena 4	0.33	2	0.5	1

	Cadena 1	Cadena 2	Cadena 3	Cadena 4	Suma filas	%
Cadena 1	4.000	12.000	7.500	11.000	34.500	42.16
Cadena 2	1.667	4.000	2.250	4.500	13.417	16.40
Cadena 3	2.167	7.000	4.000	6.000	19.167	23.42
Cadena 4	1.917	5.167	3.667	4.000	14.750	18.02
				Suma	81.8333	100.00

	Cadena 1	Cadena 2	Cadena 3	Cadena 4	Suma filas	%	Rank
Cadena 1	73.333	205.33	139.333	187.000	605.000	41.92	1
Cadena 2	29.000	82.000	55.000	73.833	289.833	16.62	2
Cadena 3	40.500	113.000	77.000	103.333	333.833	23.13	4
Cadena 4	31.889	90.000	60.500	82.333	264.722	18.34	3
				Suma	1443.389	100.00	

### Criterio 2: Tecnología

Tecnología	Cadena 1	Cadena 2	Cadena 3	Cadena 4
Cadena 1	1	2	2	3
Cadena 2	0.5	1	2	0.5
Cadena 3	0.5	0.50	1	1
Cadena 4	0.333	2	1.00	1

Tecnología	Cadena 1	Cadena 2	Cadena 3	Cadena 4	Suma filas	%
Cadena 1	4.000	11.000	11.000	9.000	35.000	42.42
Cadena 2	2.167	4.000	5.500	4.500	16.167	19.60
Cadena 3	1.583	4.000	4.000	3.750	13.333	16.16
Cadena 4	2.167	5.167	6.667	4.000	18.000	21.82
				Suma	82.500	100.00

Tecnología	Cadena 1	Cadena 2	Cadena 3	Cadena 4	Suma filas	%	Rank
Cadena 1	76.650	178.500	208.500	162.750	626.500	42.26	1
Cadena 2	35.792	85.083	97.833	76.125	294.833	19.89	2
Cadena 3	29.458	68.792	80.417	62.250	240.917	16.25	4
Cadena 4	39.083	91.833	105.583	83.750	320.250	21.60	3
				Suma	1482.500	100.00	

**Tabla 5.** Comparación de cadenas Criterios no cuantitativos. Uso del juicio de expertos.

1. Obtener una matriz cuadrada (mxm) de comparación de cadenas (pares) por cada criterio usando la misma escala numérica de la etapa 1 (1 a 9).  
 2. Cada matriz se “normaliza” (multiplicar la matriz n veces). Esto genera un vector propio (autovector) de 1xm que tiene la importancia relativa o ranking de cada cadena candidata por cada criterio de comparación.

3. Finalmente se realiza el análisis de consistencia mediante el cálculo de los índices de consistencia CI y la relación de consistencia CR usando la matriz que de comparación de países por criterio y el vector propio, tal como aparece en la Tabla 6.

### Criterio: Recursos / Vocación

Suma Filas	%	Rank	V1	V1%	Max	CI	CR
605.000	41.92	1	1.764	4.209	4.207	0.0691	0.0776
239.833	16.62	4	0.699	4.205		(Max-5)/4	CI/CR
333.833	23.13	2	0.974	4.211			
264.722	18.34	3	0.771	4.204			
1443.389	100.00						

### Criterio: Tecnología

Suma Filas	%	Rank	V1	V1%	Max	CI	CR
626.500	42.26	1	1.793	4.244	4.243	0.0809	0.0909
294.833	19.89	3	0.843	4.240		(Max-5)/4	CI/CR
240.917	16.25	4	0.689	4.241			
320.250	21.60	2	0.917	4.246			
1482.50	100.00						

**Tabla 6.** Índice de consistencia y relación de consistencia CI y CR. Criterios no cuantitativos.

Producción anual	Millones de Tons.	%	Ranking
Cadena 1	1.30	43.33	1
Cadena 2	1.00	33.33	2
Cadena 3	0.50	16.67	3
Cadena 4	0.20	6.67	4

Recurso Humano	Recurso Humano.	%	Ranking
Cadena 1	9.20	24.34	2
Cadena 2	8.50	22.49	3
Cadena 3	15.00	13.49	1
Cadena 4	5.10	6.67	4

Recursos Físicos	Recursos Físicos	%	Ranking
Cadena 1	12.15	35.06	1
Cadena 2	12.00	34.63	2
Cadena 3	8.50	24.53	3
Cadena 4	2.00	5.77	4

**Tabla 7.** Comparación de países o regiones por los criterios cuantitativos 3, 4 y 5. (Uso de un indicador de desempeño comparable).

La Tabla 7 muestra la comparación de las cadenas en criterios con valores o índices de comparación numéricos. Esta comparación depende de los valores numéricos y no de juicios u opiniones. La productividad por hectárea es un ejemplo.

### Etapa 3. Obtener la jerarquía o ranking final de las cadenas candidatas

Con los vectores que priorizan los  $n$  criterios y las  $m$  cadenas en cada criterio se procede a obtener la prioridad de las cadenas. La de mayor prioridad será la referente.

1. Para esto se debe obtener una matriz de  $m \times n$ , que incluye los vectores propios de cada una de las  $m$  alternativas en cada uno de  $n$  criterios. En este caso 4 regiones y 5 criterios. Para esto se incluyen los  $m$  vectores en una matriz  $m \times n$ . En este caso  $4 \times 5$ .

2. Cálculo de la importancia relativa o ranking de las alternativas, usando esta matriz de  $m \times n$  y el vector propio de  $1 \times n$  correspondiente al ranking de los  $n$  criterios. La matriz se multiplica por el vector, dando como resultado un vector de  $1 \times m$  que tiene la importancia relativa o ranking de las alternativas (en este caso la cadena seleccionada). En este caso, un vector de  $1 \times 4$  con las cuatro cadenas candidatas. La cadena 1 obtuvo el valor más alto y en consecuencia se usará como referente.

	Vectores Propios (uno por cada criterio)					Ranking criterios	
	Recursos	Tecnología	Producc. a	R. Humano	R. Físicos	Criterio	%
Cadena1	0.4192	0.4226	0.4333	0.2434	0.3506	Recursos	47.12
Cadena2	0.1662	0.1989	0.3333	0.2249	0.3463	Tecnología	18.07
Cadena3	0.2313	0.1625	0.1667	0.3968	0.2453	Producc. a	11.61
Cadena4	0.1834	0.2160	0.0667	0.1349	0.0577	R Humano	17.02
						R. Físicos	6.19
							100.0

### Ranking final de las cadenas comparadas

	%	Ranking
Cadena 1	38.73	1
Cadena 2	21.26	2
Cadena 3	24.04	3
Cadena 4	15.97	4
Suma	100.00	

Tabla 8. Obtención de la jerarquía o ranking final. Etapa 3 pasos 1 y 2.

### Conclusiones

La metodología del análisis jerárquico (AHP) permite la selección objetiva de una cadena productiva que sirva como referente en estudio de una cadena productiva, con menor grado de desarrollo. Los resultados del AHP además son un complemento de los procesos de vigilancia tecnológica y/o revisión del estado del arte.

Los criterios tanto cualitativos como cuantitativos, deben jerarquizarse con la participación de expertos. La metodología de cálculo del “vector propio” o “autovector”, requiere seguir el proceso de multiplicación de matrices hasta que el vector final no sufra modificaciones sustanciales. Usualmente esto se logra al multiplicar las matrices dos veces únicamente. Las cadenas seleccionadas, se jerarquizan, por cada criterio cualitativo, mediante el juicio u opinión de expertos en estas cadenas. La comparación por pares requiere de juicios u opiniones autorizadas.

Para las variables o criterios cuantitativas, se requiere de una selección cuidadosa de un índice o indicador de desempeño comparable entre las cadenas seleccionadas. Estos índices de desempeño permiten

una comparación directa de valores, sin el juicio u opinión de expertos. Obedecen a un proceso de recolección de datos de las cadenas y de los valores o cálculos del indicador o indicadores seleccionados. Con los criterios jerarquizados y los vectores de jerarquización de cadenas por cada criterio se obtiene la cadena referente, o sea la decisión final en la terminología AHP.

Los criterios o variables de comparación pueden ayudar en los procesos de definición de brechas y de formulación de proyectos de desarrollo de la cadena estudiada.

### Bibliografía

ÁLVAREZ, A; Arquero, H; MARTÍNEZ, E. (2000) Empleo del AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO) Incorporado en SIG para definir el emplazamiento óptimo de equipamientos universitarios. Aplicación a una Biblioteca. Facultad de Informática (U.P.M.)

CHEN, C. F. (2006). Applying the analytical hierarchy process (AHP) approach to convention site selection. *Journal of Travel Research*, 45(2), 167-174

FONG, P. S. W., CHOI, S. K. Y. (2000). Final contractor selection using the analytical hierarchy process. *Construction Management & Economics*, 18(5), 547-557

GOYAL, P., RAHMAN, Z., KAZMI, A. A. (2015). Identification and prioritization of corporate sustainability practices using analytical hierarchy process. *Journal of Modelling in Management*, 10(1), 23-49.

GUAITERO-DÍAZ B. (2011) Vigilancia Tecnológica como metodología para el direccionamiento estratégico de la investigación: Caso cadena del ají en Colombia. VI Congreso Internacional de Sistemas de Investigación para la competitividad

KAMAL M. Al-Subhi Al-Harbi (1999). Application of the AHP in project management. Department of Construction Engineering and Management, KingFahd University of Petroleum&Minerals, Saudi Arabia

KIATCHAROENPOL, T., LAOSIRIHONGTHONG, T., CHAIYAWONG, P., & GLINCHA-EM, C. (2015). A Study of Critical Success Factors and Prioritization by Using Analysis Hierarchy Process in Lean Manufacturing Implementation for Thai SMEs. In *Proceedings of the 5th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2014)* (pp. 295-298).

KLUCZEK, A., & Gladysz, B. (2015). Analytical Hierarchy Process/Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-based approach to the generation of environmental improvement options for painting process e Results from an industrial case study. *Journal of Cleaner Production*, 101, 360-367.

MATHIYAZHAGAN, K., DIABAT, A., AL-REFAIE, A., & Xu, L. (2015). Application of analytical hierarchy process to evaluate pressures to implement green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 107, 229-236

NASSAR. A., BARCELLOS. L (2011). Soy strategic gap analysis: Brasil and Argentina. ICONE. Institute for International Trade Negotiations

OSORIO, JC., OREJUELA; JP. (2008). El Proceso de Análisis Jerárquico y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de Aplicación. *Scientia et Technica* Año XIV, No 39, septiembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 247

PACHECO F., CONTRERAS E. (2008). Manual metodológico de evaluación multicriterio para evaluación de proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe

de planificación económica y social ILPES. Cepal serie manuales No. 58.

SAATY, T. L. (1990). How to make a decision. The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48 9-26

SAATY, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.

YADAV, V., SHARMA, M. K. (2015). An application of hybrid data envelopment analytical hierarchy process approach for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(2), 218-242.

TRIANANTAPHYLLOU E., MANN, S. Using the Analytic Hierarchy Process for decision making in engineering applications. Some Challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.

### *Datos de los autores*

Germán Alberto Córdoba Barahona es profesor investigador de la Universidad Libre seccional Cali. Cuenta con un título de maestría otorgado por la Universidad EAFIT. Las principales líneas de investigación son: Gestión de Operaciones y Modelos cuantitativos y Gestión estratégica de operaciones; Modelos de medición del desempeño Grupo MGO.

Carlos Arturo Cano Hernández es Investigador Asociado de la Universidad Libre seccional Cali. Es doctor en Gestión Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia, magíster en Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia e ingeniero industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Las líneas de investigación son: Factores claves de competitividad de la Pyme y su mejora; la Pyme como fuente de desarrollo local, con ciencia tecnología e innovación; estrategias de integración y articulación productiva; gestión del conocimiento y la innovación; y competencias y capacidades para el desarrollo de procesos productivos y comerciales a nivel grupal.