

Análisis de los resultados obtenidos por la aplicación de diversas metodologías de ayuda a la decisión multicriterio. Consistencia de los resultados obtenidos

Lucía I. García-Cebrián¹, Antonio Muñoz Porcar²

¹ Departamento de Economía y Dirección de Empresas. Facultad de Económicas Universidad de Zaragoza. Gran Vía 2. Zaragoza. Mail: lgarcia@unizaar.es.

² Departamento de Economía y Dirección de Empresas. Centro Politécnico Superior. Universidad de Zaragoza Edif. Betancourt. María de Molina, 2. Zaragoza. Mail: amunoz@unizar.es

Palabras clave: Localización empresarial, Electre, Proceso Analítico Jerárquico, Teoría de la Utilidad Multiatributo.

Las últimas décadas han supuesto, para el entorno económico en el que operan las empresas, importantes cambios y transformaciones que han provocado variaciones sustanciales en su estructura productiva. Estos cambios se producen a un ritmo tan acelerado que los modelos de respuesta estratégica a los desafíos competitivos del pasado inmediato no constituyen modelos válidos a la hora de encaminar el futuro de los negocios. Este nuevo escenario económico está propiciando la aparición de nuevas pautas de comportamiento de las industrias a la hora de afrontar sus decisiones de inversión y localización (Ravelo Mesa y otros, 2002). Además, la localización es una de las decisiones estratégicas más importantes para cualquier empresa, ya que afectará a sus beneficios y costes a largo plazo, y resulta complicada y costosa de cambiar (Heizer y Render, 2001).

La elección del emplazamiento para establecer las instalaciones de las empresas presenta dos características fundamentales: la escasa frecuencia con que esta decisión es tomada y la complejidad de la decisión a tomar. Además de las anteriores, una tercera característica, que es común a toda la Administración de Empresas, determina todo este proceso: la subjetividad. El hecho de que muchos de los factores determinantes y sus interrelaciones sean difícilmente cuantificables, implica una fuerte carga subjetiva en la decisión final. Especialmente en las PYMES, la decisión final sobre la ubicación de la empresa se ve sustentada en factores tales como la proximidad a un mercado conocido por el empresario o la proximidad a su domicilio.

Dado que las técnicas de decisión multicriterio permiten considerar varios criterios, tanto cuantitativos (monetarios y no monetarios) como cualitativos, son las que se van a adoptar en este trabajo; específicamente, se va a hacer uso de tres de ellos que han sido utilizados con profusión para la elección de emplazamientos de todo tipo de actividades, empresariales o no, tanto públicas como privadas: el método ELECTRE III, perteneciente a la familia de modelos ELECTRE desarrollados por Roy (1968), el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Saaty (1980) y la Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT) propuesto por Keeney y Rafia (1976).

El ámbito geográfico de este trabajo es la Comunidad Autónoma de Aragón, donde se ha tomado como unidad de análisis una división administrativa creada recientemente: las Comarcas.

La estructura del trabajo es la que se indica a continuación: en el siguiente apartado se explica con brevedad la metodología que se va a seguir en el trabajo, presentando los modelos Electre III, AHP y MAUT utilizados en el análisis.

A continuación se han obtenido, mediante la utilización de encuestas, qué factores son determinantes en las decisiones de localización. La obtención de los factores se ha realizado sobre la base del trabajo de Ulgado (1996), que presenta una serie de factores de localización.

Posteriormente se han aplicado los métodos de decisión multicriterio anteriores a las comarcas aragonesas. De esta aplicación se han obtenido tres ordenaciones distintas de las alternativas de localización, una por cada metodología utilizada. Si bien los resultados son similares, no son idénticos por lo que en la última fase del trabajo se ha evaluado la robustez de los resultados obtenidos mediante la obtención de una correlación por rangos. Específicamente se ha aplicado el coeficiente de correlación de Spearman, que es una medida de relación lineal entre dos variables que siguen una escala ordinal.; y en el último apartado se presentan las conclusiones.

1. Los modelos Electre III, AHP y MAUT como métodos de elección multicriterio discreto.

La introducción de problemas en los que se ha de considerar multitud de atributos en su resolución ha impulsado el desarrollo de una disciplina científica conocida como Decisión Multicriterio que arranca alrededor de 1950. Las técnicas propias de esta disciplina científica se pueden aplicar a casos en los que sea necesaria la confluencia de intereses y puntos de vista de diferentes grupos o personas. También tiene la ventaja de posibilitar el análisis de problemas teniendo en cuenta factores que de otra forma se escaparían al decisor.

Rodriguez-Uría et al. (2004) establecen que la flexibilidad y la adaptabilidad son características que sobresalen en los métodos de decisión multicriterio ya que, de hecho, cualquier decisión será el resultado de una combinación entre los objetivos contrapuestos a los que se ha de enfrentar un decisor. Así, un modelo que muestre explícitos los diferentes criterios y objetivos puede ser utilizado como instrumento de búsqueda de consenso, siendo ésta una de las más interesantes facetas del análisis multicriterio.

Puesto que en las decisiones de localización de las empresas es normal considerar un conjunto de atributos de las alternativas consideradas, convendría analizar el problema que se nos plantea dentro de la metodología proporcionada por la Decisión Multicriterio. En concreto se ha optado por emplear tres métodos distintos, ya que los tres proporcionan una ordenación: el método "Elimination and Choice Translating Algorithm" (ELECTRE); el método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT).

En los siguientes tres subapartados se presentan de forma sucinta los fundamentos teóricos de las tres metodologías citadas.

1.1. El método ELECTRE III

Para construir la relación de superación, este método flexibiliza las modelizaciones de las preferencias del decisor de sus versiones anteriores (Electre I y II) tomando como punto de partida el siguiente argumento: si la diferencia entre las valoraciones de dos alternativas cualesquiera a_j y a_k es muy pequeña, ¿el decisor continuará prefiriendo una de ellas?, ¿es esa pequeña diferencia razón suficiente para hacer más preferida una que la otra?

El método ELECTRE III consigue esta flexibilización con la introducción de tres umbrales, definidos para cada uno de los criterios considerados:

- a) El umbral de preferencia (p), que sería la magnitud en que exigimos que la valoración de la alternativa a_j sea mayor que la de la alternativa a_k para poder hablar de preferencia fuerte de la primera respecto a la segunda.
- b) El umbral de indiferencia (q), que sería la magnitud en que permitimos que la valoración de la alternativa a_k sea menor que la de la alternativa a_j para seguir siendo indiferentes.
- c) El umbral de veto (v), que sería la magnitud en que la valoración de la alternativa a_k debe ser mayor a la de la alternativa a_j para no preferir esta última.

Ahora la comparación no se realiza únicamente a partir de la valoración de cada alternativa respecto a los criterios definidos en el desarrollo del modelo, sino que tiene en cuenta los umbrales de preferencia p , de indiferencia q , y de veto v , lo que supone la introducción de lo que esta metodología denomina pseudo-criterios⁸.

Si E_{ij} es la valoración de la alternativa j respecto del criterio i , (siempre que el objetivo de este criterio sea el de maximizar) y E_{ik} es la valoración de la alternativa k respecto al mismo criterio i , con la introducción de estos umbrales la modelización de las preferencias del decisor con respecto al criterio i será:

Si $-q_i \leq E_{ij} - E_{ik} \leq q_i \Leftrightarrow a_j$ es indiferente con a_k

Si $q_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq p_i \Leftrightarrow a_j$ es preferido de forma débil sobre a_k

Si $p_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq v_i \Leftrightarrow a_j$ es preferido fuertemente a a_k

Si $(E_{ij} - E_{ik}) \geq v_i \Leftrightarrow$ la posibilidad de superación de a_k sobre a_j es vetada

Si $-p_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq -q_i \Leftrightarrow a_k$ es preferido de forma débil sobre a_j

Si $-v_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq -p_i \Leftrightarrow a_k$ es preferido fuertemente a a_j

Si $(E_{ij} - E_{ik}) \geq -v_i \Leftrightarrow$ la posibilidad de superación de a_j sobre a_k es vetada

Si, por el contrario, el objetivo del criterio sobre el que se realiza la reflexión fuera a minimizar, la modelización de las preferencias del decisor con respecto al criterio i será:

Si $-q_i \leq E_{ij} - E_{ik} \leq q_i \Leftrightarrow a_j$ es indiferente con a_k

Si $q_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq p_i \Leftrightarrow a_k$ es preferido de forma débil sobre a_j

Si $p_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq v_i \Leftrightarrow a_k$ es preferido fuertemente a a_j

Si $(E_{ij} - E_{ik}) \geq v_i \Leftrightarrow$ la posibilidad de superación de a_j sobre a_k es vetada

Si $-p_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq -q_i \Leftrightarrow a_j$ es preferido de forma débil sobre a_k

Si $-v_i < (E_{ij} - E_{ik}) \leq -p_i \Leftrightarrow a_j$ es preferido fuertemente a a_k

Si $(E_{ij} - E_{ik}) \geq -v_i \Leftrightarrow$ la posibilidad de superación de a_k sobre a_j es vetada

⁸ Un criterio verdadero es un pseudo-criterio con umbrales de preferencia p , de indiferencia q y de veto v , iguales a cero.

Con el uso de estos umbrales por criterio, el método Electre intenta construir una relación de “superación” entre cada par de alternativas de tal forma que se pueda afirmar que una alternativa a_j *supera* a una alternativa a_k . La construcción de esta relación de superación requiere como paso previo el cálculo de un índice de concordancia y otro de discordancia que va a servir de test para aceptar la afirmación *la alternativa a_j supera a la alternativa a_k* .

En la etapa final de los cálculos se combinan ambas medidas para generar una medida del grado de superación, esto es, una matriz de credibilidad que valora la fortaleza de la afirmación “la alternativa a_j supera a la alternativa a_k ”.

El siguiente paso en la versión III del método ELECTRE es ordenar las alternativas a partir de los resultados obtenidos para el grado de credibilidad.

1.2. El proceso analítico jerárquico (AHP).

El Proceso Analítico Jerárquico o AHP (Analytic Hierachy Process) fue desarrollado en la década de los 70 por el matemático Saaty (1977, 1980) con el fin de aplicarlo en un entorno militar. Este método se basa en la construcción de un modelo jerárquico y consiste en descomponer el problema de decisión y analizarlo por partes. Saaty et al (1980) dice que trata de desagregar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión.

Esta metodología inicialmente se componía de tres etapas fundamentales (Moreno-Jiménez y otros, 2005)⁹. La primera comienza con la construcción de la jerarquía que representa el problema; la segunda incorpora los juicios que reflejan las preferencias de los actores participantes en el proceso de resolución; finalmente, la tercera etapa proporciona la prioridad de las alternativas comparadas. Una vez constituida la estructura jerárquica del problema, el siguiente paso es la valoración de los elementos. El decisor debe emitir juicios de valor o preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos: por parejas, el decisor debe pronunciarse sobre la importancia relativa de los criterios y de las alternativas, medidos en la escala fundamental propuesta por Saaty (Saatay, 1980). El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada matriz de comparaciones pareadas. Una importante precisión es que la aplicación práctica de esta metodología puede no requerir conocer el valor que alcanza cada alternativa respecto de cada criterio, sino tan sólo los juicios de valor del decisor.

Una vez formadas las matrices de comparación, la tercera etapa consiste en calcular la prioridad de cada elemento, entendida esta prioridad como “rangos numéricos medidos en una escala de razón¹⁰.. A partir de éstas prioridades, aplicando el principio de composición jerárquica, se obtienen las prioridades globales que son sintetizadas para obtener las prioridades totales de las alternativas.

1.3. La teoría de la utilidad multiatributo (MAUT).

Fue desarrollada por Keeney y Raiffa (1976), a partir de la teoría de utilidad unidimensional de Von Neumann y Morgenstern y busca expresar las preferencias del decisor sobre un conjunto de atributos o criterios en términos de la utilidad que le reportan, dentro de un contexto de la teoría de la decisión en condiciones de incertidumbre. Se trata de un modelo de

⁹ Turón y Moreno-Jiménez (2004) establecen 6 etapas en la metodología, siguiendo el enfoque marcado por el constructivismo cognitivo en el paradigma de la racionalidad procedimental multicriterio.

¹⁰ Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad e influencia” (Saaty 1998)

agregación de preferencias efectuadas respecto a criterios individuales, en los cuales se modelan las preferencias globales del decisor mediante una función de valor. Esta teoría por lo tanto, asume que el decisor es capaz de articular sus preferencias de acuerdo, estrictamente, a las relaciones de indiferencia o preferencia, y que siempre va a preferir la solución que maximiza su utilidad. Por lo tanto asume que, consciente o inconscientemente, cualquier decisor intenta maximizar su utilidad a la hora de seleccionar cualquier proyecto, es decir, seleccionará aquel proyecto que le reporte una mayor utilidad, considerando todos los criterios que le afecten. Se considera, por tanto, una función de utilidad total multiatributo que, tradicionalmente, se calcula mediante la agregación aditiva o multiplicativa de las utilidades parciales para cada uno de los criterios de las distintas alternativas, lo que lleva a presentar un valor para cada una de las alternativas consideradas y, por tanto, proporciona una ordenación completa de alternativas, al igual que en las otras dos metodologías propuestas en este trabajo.

2. Ámbito territorial objeto de estudio y factores de localización utilizados.

El ámbito geográfico de este trabajo es la Comunidad Autónoma de Aragón, donde se ha tomado como unidad de análisis una división administrativa creada recientemente: las Comarcas. La justificación de esta elección reside en la presencia de cierta homogeneidad empresarial dentro de cada Comarca y de la presencia de cierta heterogeneidad entre las Comarcas. Las empresas, a la hora de tomar la decisión de localización hacen el análisis en varios niveles (país, región, comarca, municipio) y en este trabajo se ha elegido un nivel intermedio.

En trabajos previos realizados, la información relativa a los factores de localización se extrae de encuestas efectuadas a empresas a las que se pide que jerarquicen los que han considerado y que den una descripción de los mismos (Townroe, 1972). En España destacan en esta línea de investigación Auriol y Pajuelo (1988) y Cotorruelo y Vázquez (1997).

En este trabajo, la identificación de los factores relevantes para las decisiones de localización y su ponderación se realizó a través de encuestas a empresarios ubicados en polígonos industriales de Aragón, a asociaciones de empresarios de Aragón, a promotores de polígonos industriales y a distintos organismos oficiales. La encuesta era diferente según su destinatario, de tal modo que a los empresarios se les solicitaba que identificaran aquellos factores de localización que a su juicio eran más importantes con independencia del sector al que pertenecieran y la ponderación que les asignarían, mientras que al resto de instituciones consultadas, además de preguntarles sobre los factores de localización, se les pedía que dijeran cuál sería, a su juicio, la ponderación que las empresas darían a esos factores distinguiendo el caso de empresas nacionales del de multinacionales.

En la tabla 1 se muestran las variables que, tomando como base el trabajo de Ulgado (1995), sirvieron para valorar cada uno de esos factores y la fuente de donde se obtuvo su valor.

Con los factores utilizados quedan recogidos aspectos como los costes de instalación de las empresas (coste suelo industrial), facilidad para el acceso a comunicaciones (cercanía a la capital de provincia, acceso a redes de transporte, dotación en infraestructuras del polígono) y presencia de Economías de Aglomeración (grado de ocupación de los polígonos y disponibilidad de suelo). Respecto a las variables relativas a población (tamaño y categoría de la población) se han tomado de aquellos municipios en los que existe al menos un polígono industrial.

El cálculo del valor final que cada uno de los factores utilizados tiene en cada una de las alternativas o comarcas, ha requerido de un proceso mediante el cual se ha pasado de datos a nivel de polígono industrial o municipio, a datos a nivel de comarca y a una posterior normalización de estos datos. Los datos iniciales están referidos a los polígonos industriales, excepto en los factores referidos a tamaño y categoría de la población. Se han considerado dos tipos de factores: por un lado aquellos factores que se miden con una única variable y aquéllos que se miden con varias variables.

Respecto a aquellos factores que se miden con una única variable, se ha procedido a medir ese valor en los polígonos industriales y a continuación se ha pasado ese valor a nivel de la comarca. El factor *Coste del suelo industrial* se ha calculado tomando el precio por metro cuadrado de cada polígono de la comarca, multiplicado por la cantidad de metros cuadrados de ese polígono; con esos datos se ha calculado una media de la comarca, relativizado por los metros totales. La *cercanía a la capital de provincia* se ha calculado promediando la distancia de los polígonos existentes en una comarca a la capital de la provincia. El factor *Disponibilidad del Suelo* se ha calculado mediante la suma de los metros cuadrados de los polígonos existentes en cada comarca; el dato referido a la comarca es, por lo tanto, la suma de esos metros cuadrados. El factor *Grado de Ocupación del Polígono* se ha calculado mediante la media del grado de ocupación de los polígonos de las comarcas, utilizando la relación superficie ocupada en la comarca respecto al total de metros disponibles en la comarca. Respecto al factor *Tamaño de la Población*, se ha calculado según el padrón municipal de los municipios de cada comarca en los que existe un polígono industrial, siendo el dato de la comarca la suma de la población de esos municipios.

Para los factores que se han medido utilizando varias variables se ha procedido a medir el valor de esas variables respecto a cada polígono, calculando, posteriormente, un índice que resumiera los valores obtenidos en una sola cifra para cada polígono. La *accesibilidad a redes de transporte* de cada comarca se ha calculado promediando el índice que recoge la distancia de los polígonos existentes en una comarca a las distintas redes de transporte (carretera nacional, autovía, puerto y aeropuerto más próximos). La *Infraestructura* de cada comarca, se ha obtenido como una media de las infraestructuras de los polígonos de cada una de ellas, ponderada por los metros de que dispone cada polígono. Por último, el factor *Categoría de la población* de una comarca se ha calculado como la media de los indicadores que utilizan las variables de la tabla 1 referidas a los municipios de cada comarca que tienen polígono industrial.

FACTOR	VARIABLE DE MEDIDA	FUENTE
Coste del suelo industrial	Precio por metro cuadrado (medido en euros)	Instituto Aragonés de Fomento (1), promotores públicos y privados
Cercanía a la Capital de la Provincia	Kilómetros de distancia hasta la capital de la provincia	Ministerio de Fomento (2)
Accesibilidad a redes de transporte	Distancia a la carretera nacional, autovía, puerto y aeropuerto más próximos	Ministerio de Fomento (2)
Infraestructura	Comunicaciones (redes telefónicas y fibra óptica), equipamientos (pavimentación, iluminación redes antiincendios), agua (acceso a agua potable, acometidas y depósitos), energía (gas y electricidad), gestión medioambiental (redes de saneamientos, tratamiento de aguas residuales, canon por utilización)	Instituto Aragonés de Fomento (1)
Disponibilidad de Suelo	Superficie total del polígono (medida en m ²)	Instituto Aragonés de Fomento (1), Ayuntamientos
Grado de ocupación de los polígonos de la Comarca.	Porcentaje de ocupación del polígono y posibilidad o no de ampliación.	Instituto Aragonés de Fomento (1), Ayuntamientos
Tamaño de la Población	Número de habitantes	Instituto Nacional de Estadística (3)
Categoría de la Población	Densidad de población, peso del sector industrial, crecimiento vegetativo, cualificación de mano de obra, infraestructura del municipio (nº de farmacias, nº bancos, nº de bibliotecas, nº de establecimientos hosteleros)	Instituto Nacional de Estadística (3), Instituto Aragonés de Estadística (4), Anuario de “El País” 2003.

Tabla 1.- Factores de localización, variables de medida y referencias bibliográficas.

- (1) www.iaf.es (3) www.ine.es
(2) www.mfom.es (4) www.aragob.es

Los modelos de decisión multicriterio utilizados exigen una ordenación en las preferencias de los factores de localización que se refleja en las ponderaciones otorgadas y, dado que no tienen la misma relevancia para todas las empresas, se procedió a recoger la opinión de los empresarios e instituciones solicitándoles la valoración de los factores mediante la asignación de una ponderación comprendida entre 1 y 9. Una vez obtenidas las respuestas, y con el fin de facilitar la interpretación de los resultados, se ha calculado una media aritmética de los valores asignados a cada factor, cuyo resultado aparece en la tabla.

FACTORES	PONDERACIÓN
Coste del suelo industrial	7,67
Cercanía a la capital de provincia	5,53
Accesibilidad a redes de transporte	6,47
Infraestructura	8,11
Disponibilidad de Suelo	7,27
Grado de ocupación del polígono	4,73
Tamaño de la población	5,27
Categoría de la población	5,73

Tabla 2.- Ponderación de los factores de localización

3. Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3. En ella se presentan las ordenaciones de las alternativas de localización para cada una de las metodologías utilizadas.

<i>Posición</i>	<i>ELECTRE III</i>	<i>Posición</i>	<i>AHP</i>	<i>MAUT</i>
1	Ribera Alta del Ebro	1	Jalón Medio	Ribera Alta Del Ebro
2	Cinca Medio	2	Ribera Alta Del Ebro	Jalón Medio
3	Bajo Cinca	3	Cinca Medio	Cinca Medio
	Bajo Martín	4	Zaragoza	Cinco Villas
	Ribera Baja del Ebro	5	Bajo Martín	Bajo Aragón
	Teruel	6	Huesca	Teruel
4	Cinco Villas	7	Moncayo	Ribera Baja Del Ebro
	Zaragoza	8	Ribera Baja Del Ebro	Bajo Martín
5	Bajo Aragón	9	Cariñena	Moncayo
6	Huesca	10	Alto Gállego	Huesca
	Moncayo	11	Bajo Aragón	Zaragoza
7	Calatayud	12	Cinco Villas	Calatayud
	Jalón Medio	13	Monegros	Barbastro
8	Barbastro	14	Teruel	Bajo Cinca
9	Andorra	15	Calatayud	Alto Gallego
	Cariñena	16	Bajo Cinca	Aranda
	La Litera	17	Calamocha	Cuencas Mineras
10	Aranda	18	Barbastro	Cariñena
	Cuencas Mineras	19	Borja	Monegros
	Monegros	20	La Litera	Andorra
11	Alto Gállego	21	Caspe	Caspe
12	Daroca	22	Gúdar-Javalambre	Daroca
13	Belchite	23	Daroca	Matarraña
	Jiloca	24	Andorra	Calamocha
	Matarraña	25	Aranda	La Litera

14	Borja	26	Belchite	Belchite
	Gúdar-Javalambre	27	Cuencas Mineras	Gúdar-Javalambre
15	Caspe	28	Matarraña	Borja
16	Albarracín	29	Albarracín	Albarracín
17	Ribagorza	30	Ribagorza	Ribagorza
18	Sobrarbe	31	Sobrarbe	Sobrarbe

Tabla 3.- Ordenación final de las alternativas utilizando el método Electre III, el método AHP y el método MAUT.

A la vista de los resultados obtenidos, si el objetivo que persigue el decisor es invertir en la mejor alternativa, será en la Ribera Alta del Ebro, que es la que aparece en las primeras posiciones de las ordenaciones. Aparece la primera en los métodos Electre III y MAUT y la segunda en el método AHP. También se puede apreciar en los resultados que las tres últimas posiciones las ocupan las mismas comarcas con independencia de la metodología utilizada, (Sobrarbe, Ribagorza y Albarracín), lo que en principio supone que disminuye considerablemente la probabilidad de ser elegidas como destino de una potencial inversión empresarial.

Con el fin de obtener algún indicador de síntesis acerca de la coherencia de las tres ordenaciones, se calcula una medida de correlación por rangos entre pares de los resultados presentados. Concretamente se calcula el coeficiente de correlación de Spearman. Este coeficiente es una medida de relación lineal entre dos variables que siguen una escala ordinal. El valor de este coeficiente puede oscilar entre -1 y +1, indicando mayor correlación entre las variables cuanto más próximo esté a alguno de esos valores y ausencia de correlación cuanto más próximo esté a 0. Además, el signo positivo sirve para aseverar que aquellas localizaciones que tienen un alto valor utilizando uno de los métodos también lo tendrán en los resultados obtenidos en el otro. La interpretación de un signo negativo sería la opuesta. En el test de significatividad del coeficiente la hipótesis nula es la inexistencia de correlación significativa entre las variables frente a la alternativa de existencia de esa correlación.

La expresión del coeficiente de correlación de Spearman (r_s) es:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

donde:

- d_i es la diferencia entre los valores de la ordenación atribuida a cada comarca según cada par de métodos comparados.
- n es el número de comarcas analizadas.

La tabla 4 presenta los resultados obtenidos del coeficiente de Correlación entre las tres ordenaciones obtenidas.

	ELECTRE III	AHP	MAUT
ELECTRE III		0,777*	0,898*
AHP			0,833*

* significativo al 0.01.

Tabla 4.- Coeficientes de correlación para las tres ordenaciones obtenidas.

Utilizando como variables, primero la ordenación obtenida a partir del método Electre III y el método AHP, el coeficiente de correlación obtenido es de 0,777. Si por el contrario se utiliza como variables el método Electre III y el método MAUT, el coeficiente de correlación obtenido es de 0,898. Por último, si se utilizan como variables las ordenaciones del método AHP y del método MAUT, el coeficiente de correlación obtenido es 0,833. Todos estos resultados son significativos al nivel de 0.01.

De los resultados obtenidos con esta correlación por rangos, se puede afirmar que existe una relación significativa entre las tres ordenaciones obtenidas como resultado de los modelos planteados. Así, a pesar de que los modelos son distintos tanto conceptual como metodológicamente, presentan un elevado grado de coherencia a la hora de ordenar las comarcas aragonesas como localizaciones empresariales.

Referencias:

- Aurioles, J. y Pajuelo, A. (1988): "Factores Determinantes de la Localización Industrial en España". *Papeles de Economía Española*, Vol. 35, pp. 188-207.
- Cotruello, R. y Vázquez, A. (1977): "Nuevas Pautas de Localización de las Empresas Industriales y de Servicios a las Empresas en España", en A. Vázquez Barquero, G. Garofoli y J.P. Gilly: *Gran Empresa y Desarrollo Económico*, Síntesis-Fundación Duques de Soria, Madrid, pp. 171-214.
- Heizer, J. Y Render, B. (2001): *Dirección de la producción. Decisiones estratégicas*, Perason Education, Madrid, sexta edición.
- Moreno-Jiménez, JM., Aguarón, J., Raluy, A., Turón, A, (2005): "A Spreadsheet module for consensus building in AHP group decision making". *Group Decision and Negotiation*. Vol. 14, pp. 89-108.
- Ravelo Mesa, T., González Martin, G., Moreno Perdígón, M.C. Y Sedeño Noda, A. (2002): *La Localización Industrial en Canarias. Una aproximación Multicriterio*, Fundación FYDE-Caja Canarias.
- Rodríguez-Uría, M. V.; Bilbao Terol, A.; Arenas Parra, M.; Pérez Gladish, B. Antomil Ibias J. (2004): "Las matemáticas como soporte de las decisiones en economía y empresa". *Rect@*, Vol. 1.
- Roy, B. (1968): "Classement et Choix en présence de Points de Vue Multiples, la Méthode ELECTRE", *R.I.R.O.*, Vol. 2, num. 8, pp. 57-75.
- Saaty, T. (1977): "A scaling method for priorities in Hierarchical structures". *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 5, pp. 234-281.
- Saaty, T. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw- Hill, Book, N. Y.
- Keeney, R., Raiffa, H., (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Wiley, New York (reeditado, Cambridge University Press, New York, 1993).
- Saaty, T. (1998): "Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos. En Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias, Editorial Universidad de Santiago, pp. 17-46.
- Townroe, P.M. (1972): "Some Behavioural Considerations in the Industrial Locations Decision". *Regional Studies*, Vol. 6, pp. 261-272.
- Turón, A.; Moreno Jiménez, J.M. (2004): "Visualización de información en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP)". *Anales de Economía Aplicadas*. XVIII reunión anual. León.
- Ulgado, F. (1996): "Location Characteristics of Manufacturing Investments in the United States: a Comparison of American and Foreign-based Firms", *Management International Review*. Vol. 36