

# DECISIONES DE LOCALIZACIÓN CON TRATAMIENTO MULTIVARIABLE

Prof<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> Carmen Gracia Ramos, [gracia@ub.edu](mailto:gracia@ub.edu) , Universitat de Barcelona

Prof<sup>a</sup> Dra. Anna Maria Gil Lafuente, [amgil@ub.edu](mailto:amgil@ub.edu) , Universitat de Barcelona

## RESUMEN

Las decisiones de localización forman parte del proceso de formulación estratégica de la empresa persiguiendo como principal objetivo determinar el lugar en el cual se desarrollará la actividad productiva. Esta circunstancia reviste gran interés dado que implica que a dicho emplazamiento deberán trasladarse los diferentes factores productivos para finalmente trasladar los productos a los diferentes mercados.

Paralelamente a la importancia de este tipo de decisiones se añade el gran número de factores que tienen incidencia a la hora de decidir la localización de una actividad productiva y su importancia varía en función del sector considerado así como de las circunstancias puntuales y los objetivos marcados por la empresa. Es por esta razón que una de las principales inquietudes que envuelven a las decisiones de localización es la determinación y el análisis de dichos factores para ser estos considerados de forma activa a lo largo del proceso decisional marcado en la actualidad por un entorno en el cual los cambios se producen a velocidad vertiginosa.

**PALABRAS CLAVE:** selección multivariable, matemática no numérica, subjetividad.

## ABSTRACT

Decisions for locating form a part of the strategic formulation of the business and seek as their principal object to determine the place where the production activity will be carried out... One of the characteristics in this type of decision can be found in the fact that these are taken occasionally throughout the life of the business. Nevertheless, the greater speed with which changes are occurring in the economic world induces business to approach, with greater frequency, matters related to the location of their installations.

A great number of factors exist that have an incidence on the decision for location, the importance varying based on the sector under consideration, the business and its actual circumstances as well as any objectives that have been set. It is for this reason that one of the principal tasks that must be done by the team entrusted with the analysis is the determination of those factors that must be taken into consideration in the process.

**KEYWORDS:** multivalent treatment, non numerical mathematics, subjective preferences.

## 1. LAS DECISIONES DE LOCALIZACIÓN

Las decisiones de localización forman parte del proceso de formulación estratégica de la empresa y persiguen como principal objetivo determinar el lugar en el cual se desarrollará la actividad productiva. Esta circunstancia implica que a dicho emplazamiento deberán trasladarse los diferentes factores productivos y será donde se obtengan los productos que finalmente deberán ser transportados a los diferentes mercados.

Una de las características de este tipo de decisiones es que se toman de forma puntual a lo largo de la vida de la empresa. Sin embargo, la mayor intensidad con la que se vienen produciendo los cambios en el entorno económico favorece que las empresas se planteen, cada vez con mayor frecuencia, cuestiones relacionadas con la localización de instalaciones.

Aunque, como acabamos de señalar, se trate de decisiones infrecuentes las implicaciones que se derivan justifican un análisis detenido del problema. La importancia de las decisiones de localización viene justificada, principalmente, por las siguientes razones:

- Entrañan una importante inmovilización de recursos a largo plazo por lo que se trata de una decisión rígida que compromete a la empresa durante un período de tiempo considerable. La inversión una vez realizada sólo es recuperable haciendo frente a determinados perjuicios económicos.
- Afectan a la capacidad competitiva de la empresa ya que una elección acertada de la localización de las instalaciones contribuirá a la realización de los objetivos empresariales, mientras que una localización inadecuada puede llevar asociada consecuencias que puedan comprometer la continuidad de la explotación. Dichos agravios pueden venir expresados en términos de costes de oportunidad de forma que no aparezcan de forma explícita en los informes de la empresa.
- Las decisiones de localización, por lo general, afectarán a todas las áreas de la empresa no sólo a la de Operaciones.

El análisis de la localización de instalaciones pasa por diferentes etapas, que con carácter general, se estructuran en tres: determinación de los niveles de localización, determinación de los factores de localización y aplicación de los diferentes métodos de apoyo a la selección.

Todo el proceso comienza por la determinación de los niveles de localización, fase en la cual se intenta concretar la ubicación dentro de la población y se caracteriza, principalmente, por toda una serie de decisiones de carácter secuencial que van de lo más general a lo más concreto. De manera que en primer lugar seleccionaríamos el país de ubicación, seguidamente la región, luego la población y, finalmente, los sectores que representarán, estos últimos, las diferentes opciones que competirán para la toma de una decisión final.

Existen una gran cantidad de factores que inciden en las decisiones de localización variando su importancia en función del sector a considerar, la empresa y sus circunstancias puntuales así como sus objetivos trazados. Es por ello que una de las principales tareas que debe realizar el equipo encargado del análisis es la determinación de aquellos factores que deberán ser considerados en el proceso.

Resulta evidente la imposibilidad de realizar una lista exhaustiva<sup>1</sup> de los factores que inciden en la localización pero con carácter general podríamos citar la disponibilidad de recursos humanos así como su grado de cualificación, los costes laborales, la legislación laboral de la zona, la situación política, los idiomas, las barreras

comerciales, disponibilidad de recursos, las subvenciones otorgadas a la zona así como los diferentes incentivos fiscales, el grado de desarrollo tecnológico así como la facilidad para su implantación, el grado de desarrollo de la investigación, la legislación medioambiental, el mercado potencial, la actitud de la competencia, las infraestructuras, etc.

Una vez definidos los factores de localización que se consideren importantes para la selección de la ubicación en función de las características particulares que definan al proyecto estamos en disposición de abarcar la tercera fase en la cual se tomará la decisión final de entre los sectores candidatos.

Para apoyarnos en la toma de la decisión final se proponen diferentes métodos, generalmente de carácter cuantitativo como pueden ser el método de ponderación de factores, método del centro de gravedad, el análisis coste-beneficio, por citar algunos de ellos.

## **2. LA LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA SEGÚN EL MODELO DE PREFERENCIAS SUBJETIVAS**

Hemos destacado en las líneas anteriores que uno de los principales problemas asociados a las decisiones de localización descansa en la multitud de variables a considerar en el análisis. A éste, sin embargo, se le añade un segundo problema como es el de la heterogeneidad derivada de la medida de dichas variables lo que dificulta la aplicación de las técnicas decisionales, orientadas tradicionalmente a considerar un tratamiento de la información de carácter exclusivamente cuantitativo.

Precisamente una de las principales críticas realizadas a la Teoría Clásica de Inversiones hace referencia a la utilización de información de carácter cuantitativo relegando a un segundo plano toda información de índole cualitativo. Sin embargo, lo que durante muchos años permaneció como una crítica ha encontrado en los últimos años una vía de desarrollo de forma que pueden reunirse bajo un mismo análisis informaciones diversas. Adoptando palabras del profesor Gil Aluja: “el cambio en el conglomerado de informaciones disponibles, relativas a la realidad inversionista exige un nuevo desarrollo de los modelos que conduce a un camino distinto, cuyo inicio es la agrupación de informaciones heterogéneas que permiten, de alguna manera, una resunción de diversos criterios sin mezclarlos. A partir de ahí, se establecen grupos de objetos de características similares o afines a un determinado nivel y después se aborda el problema de la ordenación de estos grupos. La decisión tiene lugar, en general, no con la comparación cuantitativa sino a través de diversas maneras, no excluyendo la asignación de “pesos” a cada uno de los criterios”<sup>2</sup>.

De estas palabras se desprende la evolución de los cambios acontecidos en materia de análisis de inversiones, pasando de utilizar únicamente la matemática financiera a tomar conciencia de una nueva dimensión del problema, gracias a la introducción de las que se conocen como técnicas no numéricas.

## 2.1. ELEMENTOS DE LA MATEMÁTICA NO NUMÉRICA

Nuestro objetivo descansa en la ordenación de diferentes regiones que se presentan, a priori, como interesantes para la ubicación de determinada actividad empresarial. Así pues, estableceremos una escala de preferencias pero sin recurrir a conceptos cardinales.

Consecuentemente, dicha escala de valores o de preferencias hemos de realizarla con respecto a unos referenciales o conjuntos de elementos que nos van a permitir delimitar nuestro problema. Consideraremos un primer conjunto de elementos:

$$R=\{R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_m\}$$

donde  $i=1, 2, \dots, m$

que reúne las diferentes regiones objeto de análisis y ordenación.

Este conjunto de elementos debemos relacionarlo con un segundo conjunto, llamémosle L, que define los elementos decisionales. Por lo que podremos escribir:

$$L=\{L_1, L_2, \dots, L_j, \dots, L_n\}$$

donde  $j=1, 2, \dots, n$

Esta relación entre los dos conjuntos de elementos puede ser representada mediante una matriz la cual será el punto de partida del análisis y que recoge, aunque de forma poco explicativa, la información concerniente a la decisión final. Sin embargo, para una visualización clara de todos estos datos procederemos a la homogeneización de los valores que contiene esta matriz.

Se trata, pues, de asignar valuaciones a la función de pertenencia<sup>3</sup>. Para ello, podemos utilizar el conocido como Método de Saaty-Dihn basado en las matrices cuadradas que cumplen la propiedad de coherencia y, además, la de ser recíprocas.

Llevado a cabo todo el proceso llegaríamos a obtener una segunda matriz donde ahora las relaciones ya no vendrán dadas en términos heterogéneos sino que contendrá valuaciones permitiéndonos trabajar de forma conjunta con todas nuestras variables decisionales. Expresaremos dicha matriz como una relación borrosa H, tal como:

|                | R <sub>1</sub>  | R <sub>2</sub>  | R <sub>3</sub>  | ... | R <sub>m</sub>  |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|
| L <sub>1</sub> | h <sub>11</sub> | h <sub>12</sub> | h <sub>13</sub> | ... | h <sub>1m</sub> |
| L <sub>2</sub> | h <sub>21</sub> | h <sub>22</sub> | h <sub>23</sub> | ... | h <sub>2m</sub> |
| L <sub>3</sub> | h <sub>31</sub> | h <sub>32</sub> | h <sub>33</sub> | ... | h <sub>3m</sub> |
| ...            | ...             | ...             | ...             | ... | ...             |
| L <sub>n</sub> | h <sub>n1</sub> | h <sub>n2</sub> | h <sub>n3</sub> | ... | h <sub>nm</sub> |

## 2.2. LA HOMOGENEIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Imaginemos que cierta empresa se plantea su expansión en una nueva región geográfica para lo cual prevé la necesidad de construir una nueva nave industrial. Su primer problema descansa en la determinación de la ubicación más adecuadas para el desarrollo de su actividad.

Con objeto de llegar a una decisión final define dos conjuntos de elementos. Por un lado, aquél referente a las regiones, llamémosles I, II, III y IV, que considera, a priori, como interesantes:

$$R=\{I, II, III, IV\}$$

Y, en segundo lugar, las variables locacionales que han considerado como representativas para el análisis:

$$L=\{A, B, C, D, E, F, G\}$$

donde se han definido<sup>4</sup>:

- A: coste de adquisición de los solares o terrenos.
- B: compromiso de inversión pública en la zona.
- C: proximidad a núcleo urbano con importante porcentaje de capital humano cualificado.
- D: proximidad a una Zona de Actividad Logística.
- E: proximidad a buenas instalaciones sanitarias.
- F: presencia de empresas del sector en la zona.
- G: incentivos fiscales que presente la zona.

Una vez determinadas las variables que intervendrán la siguiente etapa se centra en la recogida y recopilación de los datos relativos a cada una de las variables anteriormente definidas. Bajo este supuesto supondremos que cada uno de los factores objeto de análisis ha sido medido según los siguientes criterios:

- Variable A: coste de adquisición de los terrenos

Esta variable nos vendrá determinada en miles de unidades monetarias.

Supongamos los siguientes datos:

| I         | II        | III       | IV        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2000 u.m. | 2500 u.m. | 1800 u.m. | 1000 u.m. |

- Variable B: compromiso de inversión pública en la zona

Vendrá definido por “un volumen de compromiso” medido en miles de unidades monetarias.

Supongamos los siguientes datos:

| I           | II          | III        | IV         |
|-------------|-------------|------------|------------|
| 150000 u.m. | 200000 u.m. | 90000 u.m. | 225000u.m. |

- Variable C: proximidad a núcleo urbano con personal cualificado

Esta variable puede ser medida como el tiempo de trayecto de la localización industrial al núcleo urbano en cuestión.

---

<sup>4</sup> No hemos pretendido una relación exhaustiva de las posibles variables locacionales. Solamente hemos recogido algunas que nos parecen interesantes con objeto de presentar el desarrollo del proceso analítico.

Supongamos los siguientes datos expresados en minutos:

| I       | II      | III     | IV      |
|---------|---------|---------|---------|
| 15 min. | 25 min. | 60 min. | 40 min. |

- Variable D: proximidad a una Zona de Actividad Logística

También medida como el tiempo de trayecto de la localización industrial a la ZAL.

La información de la que disponemos expresada también en minutos:

| I       | II      | III     | IV      |
|---------|---------|---------|---------|
| 30 min. | 25 min. | 20 min. | 15 min. |

- Variable E: proximidad a buenas instalaciones y servicios sanitarios

Medida como el tiempo de trayecto de la localización industrial a los centros de asistencia sanitaria.

La información disponible expresada en minutos:

| I       | II      | III     | IV      |
|---------|---------|---------|---------|
| 10 min. | 10 min. | 15 min. | 25 min. |

- Variable F: concentración de empresas del sector en la zona

Medida según el número de empresas del sector en la zona.

| I          | II        | III       | IV         |
|------------|-----------|-----------|------------|
| 5 empresas | 1 empresa | 1 empresa | 3 empresas |

- Variable G: incentivos fiscales

Medida según el volumen de subvenciones que otorga, por término medio, a empresas del sector establecidas en la zona en cuestión.

Expresando la información en miles de unidades monetarias, tenemos:

| I         | II        | III      | IV        |
|-----------|-----------|----------|-----------|
| 2000 u.m. | 1500 u.m. | 300 u.m. | 1500 u.m. |

Toda esta información la podemos reunir y recoger en la siguiente matriz que denominaremos M cuya principal característica es la heterogeneidad de las unidades de medida de las diferentes variables objeto de análisis:

|     | A         | B           | C       | D       | E       | F          | G         |
|-----|-----------|-------------|---------|---------|---------|------------|-----------|
| I   | 2000 u.m. | 150000 u.m. | 15 min. | 30 min. | 10 min. | 5 empresas | 2000 u.m. |
| II  | 2500 u.m. | 200000 u.m. | 25 min. | 25 min. | 10 min. | 1 empresas | 1500 u.m. |
| III | 1800 u.m. | 90000 u.m.  | 60 min. | 20 min. | 15 min. | 1 empresas | 300 u.m.  |
| IV  | 1000 u.m. | 225000 u.m. | 40 min. | 15 min. | 25min.  | 3 empresas | 1500 u.m. |

Consecuencia de la heterogeneidad de la información de algunas de las variables procederemos a homogeneizar dicha matriz actuando de forma independiente, inicialmente, para cada uno de los factores para, finalmente,

recogerlos en una nueva matriz homogeneizada sobre la que, recordemos, asociaremos unos pesos o importancia relativa a cada variable.

Introduciéndonos en la fase de homogeneización comenzaremos nuestro proceso por la variable A la cual expresa el coste de los terrenos en función de la zona escogida. Resulta evidente que la preferencia se centra sobre aquellas localizaciones cuyo precio sea menor por lo que nos encontramos frente a una variable que expresa una preferencia inversamente proporcional. De forma que tendremos:

|     | I         | II        | III       | IV        |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I   | 2000/2000 | 2500/2000 | 1800/2000 | 1000/2000 |
| II  | 2000/2500 | 1         | 1800/2500 | 1000/2500 |
| III | 2000/1800 | 2500/1800 | 1         | 1000/1800 |
| IV  | 2000/1000 | 2500/1000 | 1800/1000 | 1         |

Iniciamos el proceso de homogeneización componiendo la matriz por el vector columna unidad:

|     | I         | II        | III       | IV        |   |      |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|---|------|
| I   | 2000/2000 | 2500/2000 | 1800/2000 | 1000/2000 | 1 | 3.69 |
| II  | 2000/2500 | 2500/2500 | 1800/2500 | 1000/2500 | 1 | 2.92 |
| III | 2000/1800 | 2500/1800 | 1800/1800 | 1000/1800 | 1 | 4.04 |
| IV  | 2000/1000 | 2500/1000 | 1800/1000 | 1000/1000 | 1 | 7.3  |

$$A_1 = \begin{bmatrix} 3.69 \\ 2.92 \\ 4.04 \\ 7.3 \end{bmatrix} = 7.3 \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.4 \\ 0.553 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Segunda interacción:

|     | I    | II   | III  | IV   |       |       |
|-----|------|------|------|------|-------|-------|
| I   | 1    | 1.29 | 0.9  | 0.5  | 0.5   | 2.013 |
| II  | 0.8  | 1    | 0.72 | 0.4  | 0.4   | 1.598 |
| III | 1.11 | 1.38 | 1    | 0.55 | 0.553 | 2.211 |
| IV  | 2    | 2.5  | 1.8  | 1    | 1     | 3.995 |

$$A_2 = \begin{bmatrix} 2.013 \\ 1.598 \\ 2.211 \\ 3.995 \end{bmatrix} = 3.995 \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.4 \\ 0.553 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Comprobamos que los dos vectores coinciden por lo que detenemos el proceso.

Para el tratamiento de la variable B se considera que la zona será más interesante a medida que el volumen de compromiso de inversión pública sea mayor. Ante esta circunstancia la matriz inicial de preferencias subjetivas nos quedará:

|     | I       | II      | III    | IV      |
|-----|---------|---------|--------|---------|
| I   | 1       | 150/200 | 150/90 | 150/225 |
| II  | 200/150 | 1       | 200/90 | 200/225 |
| III | 90/150  | 90/200  | 1      | 90/225  |
| IV  | 225/150 | 225/200 | 225/90 | 1       |

Realizamos, nuevamente, el proceso de homogeneización ahora para la variable B quedando finalmente:

|       |
|-------|
| 0.664 |
| 0.886 |
| 0.4   |
| 1     |

La variable C hace referencia a la proximidad a un núcleo urbano con capital humano cualificado. Habíamos indicado anteriormente que dicha variable podríamos medirla como el tiempo del trayecto de la localización industrial a dicho núcleo. A este respecto cabe indicar que a menor tiempo de trayecto, lógicamente, mayor interés por la zona por lo que nos encontramos ante un caso de preferencias inversamente proporcionales. La matriz inicial de comparaciones nos quedará:

|     | I     | II    | III   | IV    |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| I   | 1     | 25/15 | 60/15 | 40/15 |
| II  | 15/25 | 1     | 60/25 | 40/25 |
| III | 15/60 | 25/60 | 1     | 40/60 |
| IV  | 15/40 | 25/40 | 60/40 | 1     |

Quedando:

|       |
|-------|
| 1     |
| 0.6   |
| 0.249 |
| 0.375 |

Siendo este el vector normalizado y único que resume la información contenida en la matriz inicial.

La variable D define la proximidad a una Zona de Actividad Logística. Dado el interés que estas zonas despiertan para la localización empresarial resulta evidente que a mayor proximidad, medida ésta como el tiempo de trayecto, mayor interés por la zona. De forma que nos encontramos, de nuevo, ante preferencias inversamente proporcionales.

Introduciremos en esta variable una manera opcional de poder llevar a cabo el tratamiento del problema. Para ello partiremos de una matriz de comparaciones que vendrá expresada por la importancia subjetiva asociada a cada zona con respecto a las demás. Así, partiremos, inicialmente de una ordenación de las zonas en función del tiempo del trayecto:



| Zona | Tiempo     | orden de preferencia |
|------|------------|----------------------|
| I    | 30 minutos | 4°                   |
| II   | 25 minutos | 3°                   |
| III  | 20 minutos | 2°                   |
| IV   | 15 minutos | 1°                   |

La importancia relativa y subjetiva otorgada a cada una de las zonas se presenta en el siguiente cuadro:

|     | I | II | III | IV |
|-----|---|----|-----|----|
| I   | 1 | 2  | 3   | 4  |
| II  |   | 1  | 2   | 3  |
| III |   |    | 1   | 2  |
| IV  |   |    |     | 1  |

Por lo que la matriz inicial quedará:

|     | I   | II  | III | IV |
|-----|-----|-----|-----|----|
| I   | 1   | 2   | 3   | 4  |
| II  | 1/2 | 1   | 2   | 3  |
| III | 1/3 | 1/2 | 1   | 2  |
| IV  | 1/4 | 1/3 | 1/2 | 1  |

Y, finalmente el vector normalizado:

|       |
|-------|
| 0.203 |
| 0.341 |
| 0.593 |
| 1     |

La variable E nos indica la proximidad a los servicios sanitarios medida esta variable como el tiempo del trayecto de forma que nos encontramos con una preferencia inversamente proporcional.

|     | I     | II    | III   | IV    |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| I   | 1     | 1     | 15/10 | 25/10 |
| II  | 1     | 1     | 15/10 | 25/10 |
| III | 10/15 | 10/15 | 1     | 25/15 |
| IV  | 10/25 | 10/25 | 15/25 | 1     |

Por lo que finalmente:

|       |
|-------|
| 1     |
| 1     |
| 0.663 |
| 0.4   |

La variable F expresa el número de empresas del sector en la zona. Se ha considerado que la opción más interesante es la concentración de empresas del sector puesto que esto permitirá aprovechar determinadas

economías. De esta forma esta variable será considerada como una preferencia directamente proporcional. Por lo que:

|     | I   | II  | III | IV  |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| I   | 1   | 5/1 | 5/1 | 5/3 |
| II  | 1/5 | 1/1 | 1/1 | 1/3 |
| III | 1/5 | 1/1 | 1/1 | 1/3 |
| IV  | 3/5 | 3/1 | 3/1 | 3/3 |

Y el vector normalizado:

|       |
|-------|
| 1     |
| 0.199 |
| 0.199 |
| 0.6   |

Por último, la variable G representa un indicador de los incentivos fiscales que ofrece cada zona geográfica. Resulta evidente que se trata de una variable que expresa preferencias directamente proporcionales. La matriz inicial la podemos obtener gracias a la información anteriormente facilitada, por lo que nos quedará:

|     | I         | II        | III      | IV        |
|-----|-----------|-----------|----------|-----------|
| I   | 1         | 2000/1500 | 2000/300 | 2000/1500 |
| II  | 1500/2000 | 1         | 1500/300 | 1500/1500 |
| III | 300/2000  | 300/1500  | 1/1      | 300/1500  |
| IV  | 1500/2000 | 1500/1500 | 1500/300 | 1         |

Quedando después de los cálculos:

|       |
|-------|
| 1     |
| 0.751 |
| 0.150 |
| 0.751 |

Obteniendo el vector propio normalizado que resulta representativo de la información contenida en la matriz de partida.

Reunimos los diferentes vectores propios en la matriz H la cual contendrá la información homogeneizada y por tanto nos permitirá trabajar con las diferentes variables de forma conjunta:

|     | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I   | 0.504 | 0.664 | 1     | 0.208 | 1     | 1     | 1     |
| II  | 0.4   | 0.886 | 0.6   | 0.383 | 1     | 0.199 | 0.751 |
| III | 0.553 | 0.4   | 0.249 | 0.65  | 0.663 | 0.199 | 0.150 |
| IV  | 1     | 1     | 0.375 | 1     | 0.4   | 0.6   | 0.751 |

De manera que si consideramos, por ejemplo, la variable C su vector propio nos indica que la zona I cumple la variable C, la zona II la cumple en un grado 0.6, la zona III en un grado bastante bajo 0.249 y la zona IV en un grado 0.375. El mismo análisis llevaríamos a cabo para el resto de las variables objeto de estudio.

Sobre dicha matriz podemos llevar a cabo un tratamiento que permita tomar una decisión final en función de la importancia que asocie a cada variable analizada.

Efectivamente, el sujeto inversor no tiene porqué estimar el mismo nivel para cada uno de los elementos decisionales como consecuencia de considerar un peso diferente a cada uno de ellos. Este supuesto llevará a tener que establecer un grado de prelación de cada elemento sobre los demás.

### 2.3. LA AGREGACIÓN DE LA OPINIÓN DE EXPERTOS

Se puede observar que los resultados obtenidos dependen de los pesos iniciales asociados a cada elemento. Como es sabido se conoce una manera de poder llevar a cabo una reducción de la subjetividad que comporta toda opinión individual.

Para ello recurriremos a la agregación de la opinión de un grupo de expertos a los cuales pediremos nos emitan sus opiniones sobre el grado de importancia de cada elemento sobre los demás. Así, podemos considerar que el primer experto nos facilita la siguiente estimación:

El elemento A se considera 1/3 de importante sobre B, igual de importante que C, 1/3 sobre D, 2 veces más importante que E, la mitad que F y 2 veces más importante que G. El elemento B se considera 2 veces más importante que C, 1/3 con respecto a D, igual de importante que E, 2 veces más importante que F y 2 veces más importante que G. El elemento C representa la mitad que D, igual de importante que E, 3 veces más importante que F y 2 veces más importante que G. El elemento D representa 4 veces más importante que E y que F así como 3 veces más importante que G. El elemento E se considera 1/3 de F y G. El elemento F se considera igual de importante que G.

Como resultado de toda esta información obtendremos la siguiente matriz:

|   | A   | B    | C    | D    | E | F    | G    |
|---|-----|------|------|------|---|------|------|
| A | 1   | 0.33 | 1    | 0.33 | 2 | 0.5  | 2    |
| B | 3   | 1    | 2    | 0.33 | 1 | 2    | 2    |
| C | 1   | 0.5  | 1    | 0.5  | 1 | 3    | 2    |
| D | 3   | 3    | 2    | 1    | 4 | 4    | 3    |
| E | 0.5 | 1    | 1    | 0.25 | 1 | 0.33 | 0.33 |
| F | 2   | 0.5  | 0.33 | 0.25 | 3 | 1    | 1    |
| G | 0.5 | 0.5  | 0.5  | 0.33 | 3 | 1    | 1    |

Paralelamente, consideraremos la opinión de cuatro expertos más que darán sus opiniones sobre los pesos a asignar a cada variable. Recogemos sus impresiones directamente de forma matricial:

|   | A    | B    | C    | D    | E | F    | G    |
|---|------|------|------|------|---|------|------|
| A | 1    | 0.25 | 1    | 0.33 | 3 | 0.25 | 2    |
| B | 4    | 1    | 2    | 0.25 | 2 | 1    | 2    |
| C | 1    | 0.5  | 1    | 0.33 | 1 | 1    | 3    |
| D | 3    | 4    | 3    | 1    | 4 | 4    | 3    |
| E | 0.33 | 0.5  | 1    | 0.25 | 1 | 0.25 | 0.25 |
| F | 4    | 1    | 1    | 0.25 | 4 | 1    | 1    |
| G | 0.5  | 0.5  | 0.33 | 0.33 | 4 | 1    | 1    |

|   | A | B | C    | D | E   | F    | G    |
|---|---|---|------|---|-----|------|------|
| A | 1 | 1 | 0.33 | 3 | 0.5 | 2    | 2    |
| B |   | 1 | 1    | 3 | 3   | 3    | 4    |
| C |   |   | 1    | 1 | 1   | 2    | 3    |
| D |   |   |      | 1 | 2   | 4    | 1    |
| E |   |   |      |   | 1   | 0.25 | 0.25 |
| F |   |   |      |   |     | 1    | 1    |
| G |   |   |      |   |     |      | 1    |

|   | A | B    | C | D    | E | F    | G    |
|---|---|------|---|------|---|------|------|
| A | 1 | 0.33 | 1 | 0.25 | 2 | 0.25 | 2    |
| B |   | 1    | 1 | 1    | 3 | 2    | 2    |
| C |   |      | 1 | 1    | 2 | 1    | 2    |
| D |   |      |   | 1    | 4 | 1    | 0.33 |
| E |   |      |   |      | 1 | 0.33 | 0.25 |
| F |   |      |   |      |   | 1    | 2    |
| G |   |      |   |      |   |      | 1    |

|   | A | B    | C | D    | E | F    | G   |
|---|---|------|---|------|---|------|-----|
| A | 1 | 0.25 | 1 | 0.25 | 3 | 0.25 | 2   |
| B |   | 1    | 2 | 0.25 | 1 | 2    | 2   |
| C |   |      | 1 | 0.33 | 1 | 4    | 2   |
| D |   |      |   | 1    | 4 | 4    | 3   |
| E |   |      |   |      | 1 | 0.25 | 0.2 |
| F |   |      |   |      |   | 1    | 1   |
| G |   |      |   |      |   |      | 1   |

Para obtener la información agregada de la opinión de los cinco expertos podemos recurrir al concepto de media<sup>5</sup>. Bajo este supuesto, tendremos:

|   | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 1     | 0.298 | 0.866 | 0.832 | 2.1   | 3.25  | 2     |
| B | 3.356 | 1     | 1.6   | 0.966 | 2     | 2     | 2.4   |
| C | 1.155 | 0.625 | 1     | 0.632 | 1.2   | 2.2   | 2.4   |
| D | 1.202 | 1.035 | 1.582 | 1     | 3.6   | 3.4   | 2.066 |
| E | 0.476 | 0.5   | 0.833 | 0.277 | 1     | 0.282 | 0.256 |
| F | 0.308 | 0.5   | 0.454 | 0.294 | 3.546 | 1     | 1.2   |
| G | 0.5   | 0.416 | 0.416 | 0.484 | 3.906 | 0.833 | 1     |

Obtendremos el vector propio normalizado asociado a la matriz de pesos ponderados:

|       |
|-------|
| 0.672 |
| 1     |
| 0.648 |
| 0.934 |
| 0.278 |
| 0.420 |
| 0.438 |

que expresado en porcentajes:

<sup>5</sup> Podría también considerarse el concepto de media ponderada en el caso de que la importancia de los expertos sea diferente.

|       |
|-------|
| 0.153 |
| 0.227 |
| 0.147 |
| 0.213 |
| 0.063 |
| 0.096 |
| 0.099 |

Por lo que podemos concluir que la variable a la cual se le ha otorgado mayor peso es la variable B (22.7%) la cual indicaba el compromiso de inversión pública en la zona. Seguidamente, la variable D (21.3%) que recordemos indicaba la proximidad a una Zona de Actividad Logística. Finalmente, podemos constatar que las variables a la cuales se le ha considerado una menor importancia son G, F y E (10%, 9.6% y 6.3%, respectivamente), asociadas a los incentivos fiscales de la zona, la presencia de empresas del sector y las proximidad a buenas instalaciones sanitarias.

Tomando como punto de referencia las asignaciones que acabamos de obtener podemos determinar el orden de preferencia de las diferentes zonas geográficas susceptibles de albergar la actividad empresarial.

Así pues, si consideramos la información expresada en porcentajes, tendremos:

$$\sum_{i=1}^{IV} A = 2.457 \quad \sum_{i=1}^{IV} B = 2.15 \quad \sum_{i=1}^{IV} C = 2.224 \quad \sum_{i=1}^{IV} D = 2.241 \quad \sum_{i=1}^{IV} E = 3063 \quad \sum_{i=1}^{IV} F = 1.998 \quad \sum_{i=1}^{IV} G = 2.652$$

Por lo que la matriz H expresada en porcentajes:

|     | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I   | 0.205 | 0.308 | 0.449 | 0.092 | 0.326 | 0.5   | 0.377 |
| II  | 0.163 | 0.412 | 0.269 | 0.171 | 0.326 | 0.099 | 0.283 |
| III | 0.225 | 0.186 | 0.112 | 0.29  | 0.216 | 0.099 | 0.056 |
| IV  | 0.4   | 0.465 | 0.168 | 0.446 | 0.13  | 0.3   | 0.283 |

Ponderando el grado de pertenencia o cumplimiento por la importancia media otorgada a cada variable obtendremos la prelación de cada zona geográfica de forma que dicho resultado nos permitirá tomar una decisión final:

|     | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I   | 0.205 | 0.308 | 0.449 | 0.092 | 0.326 | 0.5   | 0.377 |
| II  | 0.163 | 0.412 | 0.269 | 0.171 | 0.326 | 0.5   | 0.377 |
| III | 0.225 | 0.186 | 0.112 | 0.29  | 0.216 | 0.099 | 0.056 |
| IV  | 0.4   | 0.465 | 0.168 | 0.446 | 0.13  | 0.3   | 0.283 |

$$\cdot \begin{matrix} A & 0.153 \\ B & 0.227 \\ C & 0.147 \\ D & 0.213 \\ E & 0.063 \\ F & 0.096 \\ G & 0.1 \end{matrix} =$$

$$= \begin{matrix} I & II & III & IV \\ 0.293 & 0.253 & 0.183 & 0.351 \end{matrix}$$

Expresado en forma de subconjunto borroso normal:

| I    | II   | III  | IV |
|------|------|------|----|
| 0.83 | 0.72 | 0.52 | 1  |

De manera que la preferencia se sitúa:

$$IV \succ I \succ II \succ III$$

Obtendremos la misma ordenación si trabajásemos con la información expresada en forma de subconjunto borroso normal:

|     | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I   | 0.504 | 0.664 | 1     | 0.208 | 1     | 1     | 1     |
| II  | 0.4   | 0.886 | 0.6   | 0.383 | 1     | 0.199 | 0.751 |
| III | 0.553 | 0.4   | 0.249 | 0.65  | 0.663 | 0.199 | 0.150 |
| IV  | 1     | 1     | 0.375 | 1     | 0.4   | 0.6   | 0.751 |

$$=$$

|   |       |
|---|-------|
| A | 0.672 |
| B | 1     |
| C | 0.648 |
| D | 0.934 |
| E | 0.278 |
| F | 0.420 |
| G | 0.438 |

$$=$$

| I    | II    | III   | IV    |
|------|-------|-------|-------|
| 2.98 | 2.592 | 1.873 | 3.541 |

Donde comprobamos que:

$$IV \succ I \succ II \succ III$$

Por lo que considerando los criterios anteriormente enunciados en primer lugar elegiríamos la localización IV, seguidamente la I, la II ocuparía el tercer lugar y la localización menos interesante para la ubicación del proyecto de inversión sería la III.

### 3. REFLEXIONES FINALES

En las páginas anteriores hemos querido dejar constancia de la importancia y la utilidad de métodos que intenten conjugar informaciones de diferente índole. Hemos centrado nuestra atención a la aplicación del método de preferencias subjetivas que se nos presenta muy útil cuando trabajamos en campo de las ciencias sociales.

Como hemos comentado el campo de las ciencias sociales se caracteriza por abarcar toda una gran diversidad de variables que tendrán, consecuentemente, unidades de medidas diferentes. Llegar a homogeneizar dicha información era el requisito necesario para poder hacer todo el entramado de informaciones comparable. El Método de Preferencias Subjetivas mediante su proceso de homogeneización consigue dicho objetivo permitiéndonos trabajar de forma conjunta con el total de información sin tener que despreciar parte de ella.

Se presenta, pues, como un instrumento de gran enriquecimiento en el proceso decisional y susceptible de aplicación a cualquier problema del área de las ciencias sociales.

## **CITAS BIBLIOGRAFICAS**

<sup>1</sup> A este respecto puede consultarse la obra de MIRANDA GONZALEZ, F.J., RUBIO LACOB. S, CHAMORRO VERA, A. Y BAÑEGIL PALACIOS, T.M.: Manual de dirección de operaciones. Ed. Thomson. Madrid, 2004. Pág. 205-218.

<sup>2</sup> GIL ALUJA, J.: Invertir en la incertidumbre. Ed. Pirámide. Barcelona, 1997. Pag. 27.

<sup>3</sup> Esta idea fue desarrollada por GIL ALUJA, J.: Invertir en la incertidumbre. Ed. Pirámide. Madrid, 1997. pág. 287- 312. También podemos encontrarla en GIL LAFUENTE, A.M.: Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa. Ed. Ariel. Barcelona, 2001. Pág. 345-361.

## **BIBLIOGRAFIA**

GIL ALUJA, J.: Invertir en la incertidumbre. Ed. Pirámide. Madrid, 1997.

GIL LAFUENTE, A.M.: Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa. Ed. Ariel. Barcelona, 2001.

KAUFMANN, A. y GIL ALUJA, J.: Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre. Ed. Hispano Europea. Barcelona, 1987.

MIRANDA GONZALEZ, F.J., RUBIO LACOB. S, CHAMORRO VERA, A. Y BAÑEGIL PALACIOS, T.M.: Manual de dirección de operaciones. Ed. Thomson. Madrid, 2004.

SUAREZ SUAREZ, A.S.: Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. Ed. Pirámide. Madrid, 1993.