

ARTÍCULO ORIGINAL

# Método de Clustering Jerárquico Aglomerativo para la asignación del financiamiento a Proyectos de Desarrollo Local

*Hierarchical Agglomerative Clustering Method for the allocation  
of financing to Local Development Projects*

*Daniel Valdés García*

*dvg.sojo@gmail.com*

*Raymari Reyes Chirino*

*raymari.rch@gmail.com* ▪ <https://orcid.org/0000-0002-0098-5693>

*Ramón Alexander Jaime Infante*

*ramon@upr.edu.cu*

*Elena Figueroa Cabrera*

*elena@upr.edu.cu*

*José Alejandro Suárez Hernández*

*jose.suarez@upr.edu.cu*

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO "HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA", CUBA

*Recibido: 2021-02-02* ▪ *Aceptado: 2021-05-10*

## RESUMEN

Desde el inicio del proceso de actualización del modelo económico cubano en el 2011, se han ido impulsando iniciativas para perfeccionar el modelo de gestión territorial cubano. Se decide otorgarle a los municipios y a sus gobiernos de la necesaria autonomía, como capacidad legalmente garantizada que les permitirá representar a la comunidad humana comprendida en su territorio y le dota de aptitud para gestionar, de forma independiente y responsable, la satisfacción de los intereses de la sociedad local.

En este sentido, las estrategias de desarrollo constituyen un elemento clave, por ser una herramienta de planificación estratégica para el municipio, la provincia o empresa que las realice. En su elaboración se deben tener en cuenta todas las dimensiones del proceso de desarrollo, así como una clara definición de los objetivos estratégicos que se materializan a través de programas y proyectos.

Dentro de estas dimensiones que definen las estrategias de desarrollo se encuentra la económica, la que sustentada en proyectos locales dinamiza una producción de alimentos para el autoabastecimiento municipal, favoreciendo el desarrollo de las mini-industrias y centros de servicios. El principio de la autosustentabilidad financiera es un elemento clave, armónicamente compatibilizado con los objetivos del plan de la Economía Nacional y de los municipios. De ahí que la gestión del financiamiento a escala local constituye un elemento fundamental a ser considerado, no sólo por su escasez, sino por la necesidad de una administración eficiente y oportuna.

El presente trabajo define una metodología para la asignación del financiamiento a proyectos de desarrollo local a partir de técnicas de decisión multicriterio y el uso del método de *Clustering* Jerárquico Aglomerativo.

Dicha metodología fue implementada en la realización de la aplicación web *Project Financing Allocation* (ProFinAll), un sistema que utiliza la toma de decisión multicriterios para realizar una selección de los mejores proyectos, a partir de criterios y decisiones cualitativas aportadas por los expertos, y que permite realizar pareamientos entre proyectos y fuentes de financiamiento.

**PALABRAS CLAVE:** *Clustering* jerárquico; decisión multicriterio; desarrollo local; financiamiento.

## ABSTRACT

*Since the beginning of the process of updating the Cuban economic model in 2011, initiatives have been promoted to perfect the Cuban territorial management model, grant municipalities and their governments the necessary decentralization within the framework of a centrally planned economy, and develop the instruments that enable the comprehensive application of the concept of Local Development.*

*In this sense, development strategies are focused on local projects allowing the achievement of food production that enables municipal self-sufficiency, favoring the development of mini-industries and service centers, where the principle of financial self-sustainability is a key element, harmoniously compatible with the objectives of the plan of the National Economy and of the municipalities. Hence, the management of financing at the local level constitutes a fundamental element to be considered, not only because of its scarcity, but also because of the need for an efficient and timely administration.*

*This paper defines a methodology for the allocation of financing to local development projects based on multi-criteria decision techniques and the use of the Hierarchical Agglomerative Clustering method.*

*This methodology was implemented in the realization of the web application Project Financing Allocation (ProFinAll), a system that uses multi-criteria decision making to make a selection of the best projects, based on criteria and qualitative decisions provided by experts, and that allows matching between projects and funding sources.*

**KEYWORDS:** *Financing; hierarchical clustering; local development; multi-criteria decision.*

## INTRODUCCIÓN

Las Políticas de Desarrollo Local surgen como un modelo alternativo de desarrollo que pone a la comunidad como centro protagónico de este. Para Cuba la problemática del desarrollo territorial es particularmente importante dado que es imposible concebir el desarrollo sin incluir al territorio como variable económica, en las condiciones de una economía planificada, donde existen condiciones muy favorables para propiciar o estimular el desarrollo centrado en las potencialidades locales como elemento que complemente y se articule orgánicamente a una estrategia de desarrollo centralmente planificada (Torres, 2018).

El desarrollo local en Cuba es un proceso orientado al crecimiento económico y social, el cual fomenta las interrelaciones de las redes de actores locales, de manera que con sus decisiones incidan en el desarrollo de un territorio determinado contribuyendo a elevar el nivel de vida de la población y el aprovechamiento de las potencialidades locales al servicio de la sociedad (Caño, 2004).

Cuba actualmente, se encuentra inmerso en el proceso de actualización de su modelo económico y social, evidenciándose una voluntad política de fomentar los procesos de autogestión del desarrollo a escala municipal, los que se promueven a partir del diseño de sus estrategias, las cuales deben estar en correspondencia con la de la provincia y del país (PCC, 2011).

En función de contribuir al desarrollo de las estrategias municipales y fomentar el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) como parte de la estrategia seguida por la máxima dirección del país, de informatizar todas sus esferas y procesos, el sector público ha identificado la conveniencia y necesidad de dominar e introducir las TICs como apoyo a la construcción y de las estrategias de desarrollo a escala local.

Muchos son los centros de investigación que han trabajado durante años en la teoría sobre la gestión del desarrollo local, llegando a aportar herramientas que contribuyen a una gestión más eficiente de este. En la Universidad de Pinar del Río, se encuentra CE-GESTA, Centro de Estudios de Gerencia, Desarrollo Local, Turismo y Cooperativismo adscrito a la Universidad de Pinar del Río, el cual ha estado enfocado en la confección de una guía para la realización de estas estrategias de desarrollo local a nivel municipal y provincial.

En Cuba, se han identificado varias etapas dentro del proceso de gestión del desarrollo local:

- Análisis estratégico
- Proyección a programa
- Financiamiento de Proyectos
- Evaluación y monitoreo

Haciendo énfasis en la etapa **Financiamiento de Proyectos** se pudo comprobar que la experiencia sobre la gestión del desarrollo local conduce a plantear, que la gestión del financiamiento desde la administración pública local representa un gran desafío (Finot, 2005). El desarrollo local “desde abajo” solo se podrá lograr entre otros factores a partir de que los gobiernos municipales cuenten con la autonomía financiera para el desarrollo de los programas diseñados en sus estrategias. La gestión del financiamiento con estos fines se plantea, por lo tanto, como un proceso complejo de negociación, disputa y colaboración (Capote & Torres, 2018).

Teniendo en cuenta el **Problema** que representa para los gobiernos territoriales la gestión del financiamiento para una administración eficiente y oportuna de los recursos con los que cuenta, se ha planteado como **Objetivo** de esta investigación implementar técnicas de decisión multicriterio para seleccionar los proyectos a financiar. De esta forma se evitarían gastos innecesarios, lo que contribuye a una eficiente gestión del financiamiento.

En este caso, la toma de decisiones consiste en un proceso de selección de alternativas con el propósito de alcanzar una meta o solucionar problemas. Además, implica estimar diferentes posibilidades disponibles y determinar la acción que se llevará a cabo. En todas las decisiones influyen dos elementos importantes: el valor que propone cada persona (para cada opción) y el resultado probable (Ho, W., Ma, X., 2018).

Uno de métodos diseñados para resolver problemas complejos de criterios múltiples es el de Análisis Jerárquico (AHP). Este proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión (Dos Santos, P.E. et al, 2019).

En un ambiente de certidumbre, el AHP proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión. La ventaja del AHP consiste en que adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes en algunos casos (Toskano & Gerard, s.f.). (Darko, A., et al., 2019).

(Hamed, T., 2017), menciona que el propósito del método AHP, es permitir que el tomador de decisiones pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo (1), criterios (2) y alternativas (3).

Por otro lado, las estrategias jerárquicas (aglomerativas o divisivas) construyen una jerarquía de agrupamientos, representada tradicionalmente por un árbol llamado dendograma. En

el caso de las técnicas aglomerativas, el dendograma parte generalmente de grupos unitarios, hasta que algún criterio de parada se ejecute, o hasta conseguir el grupo formado por todos los puntos, mientras que las divisivas comienzan generalmente con todos los puntos en un clúster y van dividiendo en cada nivel dos grupos de acuerdo a algún criterio prefijado (Pascual, 2010).

La mayoría de estos algoritmos, requiere como parámetro una matriz de similitud que recoja el grado de semejanza entre cada par de objetos de la colección. La principal ventaja de este algoritmo radica en su capacidad durante el proceso iterativo, de descubrir automáticamente la cantidad de grupos que se deben formar (Amador *et al.*, 2017).

Existen varios tipos de algoritmos clúster, para el caso específico de este artículo se utilizó el clúster jerárquico. En la forma aglomerada repetidamente se fusionan dos clústeres, mientras en la forma divisiva repetidamente se divide un clúster en dos.

Dentro de los algoritmos clúster jerárquico se encuentra el método jerárquico aglomerativo, el cual consiste en una serie de técnicas que sitúan todos los casos en conjuntos homogéneos no conocidos previamente pero que los propios datos sugieren. En cada etapa del algoritmo se junta el par de grupos que maximice una medida de similitud o minimice la distancia, hasta llegar a un único clúster constituido por todos los elementos de la muestra.

## METODOLOGÍA

### 1ER. PASO: DEFINICIÓN DE LOS PROGRAMAS POR SECTORES

#### Programas

1. Sector agropecuario (Arroz, Tabaco, Ganadería, Cultivos varios, Cítricos y Frutales, Avícolas, Apícolas, Semilla, Mejoramiento de suelo, Sanidad vegetal, Forestal, Eliminación de marabú).
2. Sector industrial (Producción de alimentos, Acuicultura, Producción de piensos, Materiales de construcción, Industrias locales, Asfalto, Confecciones, Combinado metalúrgico).
3. Sector Servicios (Comercio, Gastronomía y Servicios, Transporte, Comunicaciones, Unión eléctrica, Vivienda, Acueducto, Comunales, Infraestructura vial).
4. Desarrollo social (Salud, Educación, Cultura, Deporte).
5. Dimensión natural (Fuentes renovables de energía, Focos contaminantes, Mitigación de la salinización de los suelos).

Todos los municipios y provincias poseen un programa determinado, respondiendo a las potencialidades y limitaciones de cada territorio.

Cada programa es representado por diferentes entidades estatales o no estatales, que responden a las características de dichos programas según correspondan. Cada entidad, dependiendo del programa que represente está encargada de presentar proyectos en función de la necesidad de satisfacer dicho programa. Cada provincia posee una cartera de oportunidades, la cual se encarga de guardar los proyectos que son presentados por cada entidad para satisfacer las necesidades de los programas.

## 2DO. PASO: DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE COMPARACIÓN

Inicialmente se necesita una lista de criterios, la cual será utilizada como punto de partida para comparar los proyectos entre ellos. Así se podrá conocer, a través de votos de los expertos, que proyectos cumplen con más rigor un criterio por encima de otro proyecto. La lista de criterios de comparación será establecida por los expertos, luego de un amplio debate entre ellos.

Para lograr convertir una evaluación cualitativa en cuantitativa, los expertos se apoyarán en la Escala de Preferencias definida por Thomas L. Saaty (Nantes, 2019), la cual se basa en otorgar una calificación numérica que oscila desde el número 1 hasta el 9, representando cada número un planteamiento verbal (igualmente preferible=1; entre igualmente y moderadamente preferible =2; moderadamente preferible=3; entre moderadamente y fuerte preferible=4; fuerte preferible=5; entre fuertemente y muy fuertemente preferible=6; muy fuertemente preferible=7; entre muy fuertemente y extremadamente preferible=8; y extremadamente preferible=9).

## 3ER. PASO: CREACIÓN DE LA MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS

Luego de tener determinada la lista de criterios y de haber utilizado la Escala de Preferencias de Saaty se está en condiciones de crear la matriz cuadrada llamada Matriz de Comparaciones Pareadas, la cual tendrá una estructura  $n \times n$ , siendo  $n$  los criterios de comparación.

## 4TO. PASO: PROCESO DE SÍNTESIS

Al terminar de construir la Matriz de Comparación, se continua con el Proceso de Síntesis, el cual permite obtener, a partir de cálculos matemáticos, los coeficientes de prioridad de cada criterio, o sea, qué criterio es más importante. Este paso consta de tres etapas:

1. Sumar los valores en cada columna de la matriz. Se suman los valores de cada celda por columna y se almacena en varias variables.

$$RC_m = \sum_n \dots n \text{ donde } n = \text{filas}, m = \text{columnas}, n:0\dots n \text{ y } m:0\dots m.$$

2. Se divide cada elemento de la columna entre el total de su columna correspondiente, o sea, la variable definida. A la matriz resultante se le denomina matriz de comparaciones pareadas normalizada.

$$RF_{n \times m} = \frac{f_{n \times m}}{RC_m} \text{ donde } n = \text{filas}, m = \text{columnas}, n:0\dots n \text{ y } m:0\dots m.$$

3. Continuamos con el último paso del Proceso de Síntesis. Se realiza el cálculo del promedio de los elementos por cada una de las filas, obteniéndose la Meta Global por criterio, lo que nos permite conocer cuál es el criterio con mayor prioridad.

$$RF_n = \frac{\sum_m \dots m}{n_{total}} \text{ donde } n = \text{filas}, m = \text{columnas}, n:0\dots n \text{ y } m:0\dots m.$$

Al concluir con el Proceso de Síntesis se obtiene el Vector de Prioridad de los criterios, que no es más que la lista de valores de los diferentes criterios, con la cual se forma una matriz  $n \times 1$ , donde  $n$  es la cantidad de criterios.

Meta Global:

C1- Valor obtenido.

.....

.....

C4- Valor obtenido.

## **5TO. PASO: CREACIÓN DE LA MATRIZ DE PRIORIDADES POR PARES DE PROYECTOS**

Luego de tener el Vector de Prioridad de Criterios se está en condiciones de estructurar la Matriz de Prioridades de los proyectos de desarrollo local. Para construir dicha matriz es necesario retomarse a lo anteriormente descrito en el artículo, o sea, se comienza formando una Matriz de Comparación por Pares de Proyectos, pero en este caso, se realiza una matriz para cada uno de los criterios de comparación.

## **6TO. PASO: CREACIÓN DE LA MATRIZ DE PRIORIDADES DE LOS PROYECTOS**

Cuando se tienen construidas las matrices de comparación se vuelve a aplicar el Proceso de Síntesis anteriormente descrito, obteniéndose por cada criterio un Vector de Prioridad de los Proyectos, donde queda construida una matriz de  $m \times n$ , donde  $m$  son los proyectos y  $n$  los criterios. La matriz construida estará conformada por los Vectores de Prioridad obtenidos por cada criterio de comparación con respecto a los proyectos. Esta matriz se denomina Matriz de Prioridades de los Proyectos.

## **7MO. PASO: OBTENCIÓN DE LA PRIORIDAD GLOBAL**

Para concluir se debe calcular la prioridad global de cada proyecto, la cual se obtiene de multiplicar la Matriz de Prioridades de los Proyectos con el Vector de Prioridad de los Criterios, teniendo como resultado el índice de prioridad de cada proyecto de desarrollo local.

Luego de tener los proyectos a financiar identificados se definen los mecanismos de financiamiento que se van a utilizar para responder a las demandas financieras de cada uno de ellos. Estos mecanismos pueden ser:

- **Monofinanciación:** se fundamenta en la utilización de una fuente de financiamiento para la puesta en práctica de un proyecto de desarrollo.
- **Cofinanciación de proyectos:** se basa en la utilización, para el desarrollo de un proyecto, de varias fuentes de financiamiento a la vez, con sus distintas lógicas.
- **Financiación intermunicipal:** consiste en agrupar los recursos de varios municipios con características o intereses comunes, a partir de una visión provincial para implementar o ejecutar determinados programas o proyectos de desarrollo que los vinculan.
- **Financiación interactoral:** supone la articulación entre actores locales con el objetivo de gestionar eficazmente los recursos con que cuentan de manera individual en función del desarrollo.
- **Instrumentos financieros:** crédito, depósitos, leasing financiero, fideicomiso financiero, efectivo, tarjetas de crédito, envío y recepción de remesas, trueques, presupuestos participativos y otros.

Se tendrá una lista previa de las fuentes de financiamiento y se identificarán las que estén presentes en el municipio al que se hace referencia para definir qué fuentes utilizar en cada uno de los casos.

## 8VO PASO: APLICACIÓN DE CLUSTERING JERÁRQUICO

La técnica de *clustering* jerárquico construye un dendograma o árbol que representa las relaciones de similitud entre los distintos elementos. La exploración de todos los posibles árboles es computacionalmente intratable. Por lo tanto, suelen seguirse algoritmos aproximados guiados por determinadas heurísticas. Se ha determinado utilizar la técnica de *Clustering* Jerárquico Aglomerativo (Lumbreras, M. I., 2020).

Para este método de *Clustering* Jerárquico Aglomerativo se comienza con tantos clústeres como individuos y consiste en ir formando (aglomerando) grupos según su similitud. Se comienza con una matriz de similitud que contiene las distancias entre los distintos elementos a agrupar. En el caso de este artículo la similitud viene dada a partir de los indicadores que se definan, tanto para las fuentes de financiamiento, como para los proyectos, y que sean común en ambos, influyendo también, el valor de importancia que se le asigne a cada indicador.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación web *Project Financing Allocation* (ProFinAll) es un sistema que propone la asignación de financiamiento a proyectos de desarrollo local. El sistema utiliza la toma de decisión multicriterios para realizar una selección de los mejores proyectos, a partir de criterios y decisiones cualitativas aportadas por los expertos, además de tener implementado el clúster jerárquico aglomerativo para realizar pareamientos entre proyectos y fuentes de financiamiento, para así obtener una propuesta de asignación de financiamiento a proyectos de desarrollo local.

Para la implementación del sistema se utilizó XP como metodología ágil, PHP como lenguaje de programación, Laravel como *framework* de desarrollo y MySQL como sistema gestor de base de datos. También se utilizó GIT para el control de versiones.

Teniendo en cuenta lo explicado en el paso dos de la metodología, se utilizaron cuatro criterios definidos por los expertos.

1. Equidad e inclusión social.
2. Población y género.
3. Impactos medioambientales.
4. Impactos sociales.

Según el paso número tres, se definió la Matriz de Comparación por Pares de Criterios y los expertos asignaron una prioridad apoyándose en la Escala de Saaty.

Tabla 1. Matriz de comparación por pares de criterios.

	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/3	1/5	1
C2	3	1	1/4	1/4
C3	5	4	1	1
C4	1	2	1	1

En la (Tabla 1) se muestra una Matriz de Comparación, la cual se le coloca el número 1 en la diagonal de la matriz, debido a que la comparación estaría establecida entre un mismo criterio, cumpliendo el planteamiento verbal que representa dicho número, igualmente preferible. Luego se completa la matriz siempre teniendo en cuenta que, al otorgar un valor numérico a una celda, ejemplo:  $[C2][C1] = 3$ , automáticamente se tiene que definir el número inverso del valor en la celda contraria, ejemplo:  $[C1][C2] = 1/3$ .

Cumpliendo con lo planteado en el paso cuatro se pasa al Proceso de Síntesis. Efectuando la primera etapa se obtiene el siguiente resultado:

$$[C1][C2]+[C2][C1]+[C3][C1]+[C4][C1]=ResultadoColumna1(RC1)''$$

$$[C1][C2]+[C2][C2]+[C3][C2]+[C4][C2]=ResultadoColumna2(RC2)''$$

$$[C1][C3]+[C2][C3]+[C3][C3]+[C4][C3]=ResultadoColumna3(RC3)''$$

$$[C1][C4]+[C2][C4]+[C3][C4]+[C4][C4]=ResultadoColumna4(RC4)''$$

El resultado de aplicar la segunda etapa sería el siguiente:

Tabla 2 Matriz de Comparaciones Pareadas Normalizada

	C1	C2	C3	C4
C1	1/RC1	(1/3)/RC2	(1/5)/RC3	1/RC4
C2	3/RC1	1/RC2	(1/4)/RC3	(1/4)/RC4
C3	5/RC1	4/RC2	1/RC3	1/RC4
C4	1/RC1	2/RC2	1/RC3	1/RC4

Se continua con la última etapa, la etapa número tres del Proceso de Síntesis:

$$\frac{([C1][C1]+[C1][C2]+[C1][C3]+[C1][C4])}{4} = PromedioFila1C1.$$

$$\frac{([C2][C1]+[C2][C2]+[C2][C3]+[C2][C4])}{4} = PromedioFila2C2.$$

$$\frac{([C3][C1]+[C3][C2]+[C3][C3]+[C3][C4])}{4} = PromedioFila3C3.$$

$$\frac{([C4][C1]+[C4][C2]+[C4][C3]+[C4][C4])}{4} = PromedioFila4C4.$$

Meta Global:

Vector de Prioridad de los criterios.

C1 [0.135]

C2 [0.155]

C3 [0.440]

C4 [0.270]

La suma de las prioridades debe ser aproximadamente 1. Se obtiene como resultado que el criterio con más prioridad o el más importante a tener en cuenta es el Criterio 3: impactos medioambientales.

Se continua con la construcción de las Matrices de Comparación por Pares de Proyectos por cada uno de los criterios, para lo cual se estaría cumpliendo con el paso número cinco planteado en la metodología, donde para esto se tomarán tres proyectos medioambientales.

A: Proyecto medioambiental 1.

B: Proyecto medioambiental 2.

C: Proyecto medioambiental 3.

Tabla 3. Matriz de comparación por pares de proyectos para el criterio 1.

	A	B	C
A	1	1/3	1/2
B	3	1	1
C	2	1	1

...

...

...

Luego de tener las matrices completas por cada uno de los criterios, como se muestra en la (Tabla 3), pasamos al Proceso de Síntesis y como habíamos explicado anteriormente en el paso número cuatro, el resultado de este proceso es el Vector de Prioridad de los Proyectos por cada Criterio de Comparación.

Vectores de Prioridad de los proyectos para cada criterio respectivamente.

Tabla 4 Matriz de Prioridades de los Proyectos.

	C1	C2	C3	C4
A	0.17	0.21	0.25	0.60
B	0.44	0.30	0.36	0.14
C	0.39	0.49	0.39	0.26

Se obtiene la Matriz de Prioridades de los Proyectos (Tabla 4) de unir los Vectores de Prioridad obtenidos en los pasos anteriores como se describe en el paso seis definidos en la metodología. Para concluir debemos calcular la prioridad global de cada proyecto la cual se obtiene de multiplicar la Matriz de Prioridades de los Proyectos (Tabla 4) con el Vector de Prioridad de los Criterios, como anteriormente se describió en el paso siete, teniendo como resultado el índice de prioridad de cada proyecto de desarrollo local.

El resultado de multiplicar la Matriz de Prioridades de los Proyectos y el Vector de Prioridad de los Criterios nos brinda el siguiente resultado:

A - Proyecto medioambiental 1      coeficiente de prioridad = 0.33.

B - Proyecto medioambiental 2      coeficiente de prioridad = 0.30.

C - Proyecto medioambiental 3      coeficiente de prioridad = 0.37.

Con el paso anterior se obtuvo la prioridad de los proyectos, permitiendo decidir cuál se desea financiar.

A continuación, se utiliza el método de *clustering* jerárquico aglomerativo, para determinar el cálculo de las distancias entre los proyectos y las fuentes de financiamiento a partir de una serie de categorías establecidas por los expertos.

La utilización de este método ha sido fundamental para la investigación, ya que, a partir de él, se han obtenido clústeres que representan las fuentes de financiamiento adaptadas a cada proyecto en particular, favoreciendo así, una correcta asignación del financiamiento destinado a cada uno de estos proyectos seleccionados.

Se establecieron cuatro categorías (estas categorías son solo de ejemplo, debido a que los expertos las definen según sus criterios):

1. Líneas (Producción de alimentos, Sustitución de Importaciones, Encadenamientos).
2. Articulación (Intermunicipal, Interactoral).
3. Volumen de inversión ( $V_i <= 100000$ ,  $100000 <= v_i <= 500000$ ,  $500000 <= v_i <= 1000000$ ,  $V_i > 1000000$ ).
4. Componente monetario (CUP, USD).

A partir de estas categorías que estarán como atributos, tanto de los proyectos como de las fuentes de financiamiento se establecerán igualdades, o sea, como son cuatro categorías cada una representará una misma parte, obteniendo el porcentaje de igualdad entre proyectos y fuentes de financiamiento.

Obtenido el porcentaje de igualdad los expertos podrán otorgarle una prioridad a cada categoría, dependiendo del estado actual y las necesidades que existan en ese momento. La suma de estas prioridades siempre tiene que ser 1.

Teniendo clara toda la información se construye una matriz con los valores y se propone el mejor financiamiento por proyecto.

Tabla 5 Matriz de correlación entre los proyectos y las fuentes de financiamiento.

	FF1	FF2	FF3	FF4
P1	0	<b>50 %</b>	45 %	0
P2	25 %	30 %	0	<b>10 %</b>
P3	<b>35 %</b>	0	5 %	0

### RESULTADOS DE APLICAR EL MÉTODO

El proyecto 1 tendría asignado la fuente de financiamiento 2, en caso de que se decida financiar el proyecto a través de un mecanismo de cofinanciamiento, se le asignará la segunda fuente de mayor porcentaje. En caso de que quede presupuesto disponible se vuelve a proponer dicha fuente de financiamiento para contribuir en otros proyectos. En el proyecto dos se asignó la fuente de financiamiento cuatro, no se tomó la fuente de financiamiento uno debido a que esta tiene mayor similitud con el proyecto tres, y así quedan asignadas las fuentes de financiamiento a los proyectos de desarrollo local.

## CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar a lo largo de esta investigación, uno de los obstáculos identificados para la gestión estratégica del desarrollo local son las limitadas capacidades para gestionar las fuentes de financiamiento para el desarrollo económico territorial, definiéndose la gestión del financiamiento como un proceso complejo de negociación, disputa y colaboración.

Para ello se definió una metodología que describe el procedimiento para la asignación de financiamiento a proyectos de desarrollo local. Se implementa la toma de decisiones como un proceso de selección de alternativas con el propósito de definir en cada caso el proyecto a financiar y de esta manera lograr una administración correcta del financiamiento. El método utilizado fue el de Análisis Jerárquico (AHP) donde las decisiones proporcionan evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios, especificándose, además, su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio.

En cada etapa del algoritmo se juntaron el par de grupos que maximiza una medida de similitud o minimiza la distancia, hasta llegar a un único clúster constituido por todos los elementos de la muestra. Igualmente, se describe el diseño e implementación de la aplicación web *Project Financing Allocation* (ProFinAll), la cual permite la asignación de financiamiento a proyectos de desarrollo local basado en la metodología descrita anteriormente.

Como resultado final se obtiene una propuesta de financiamiento para cada uno de los proyectos de desarrollo local que se desean ejecutar. Se debe hacer énfasis en que la efectividad de la aplicación de la herramienta depende en gran medida de lo acertada que sea la definición de las categorías establecidas por los expertos en el paso número 8, para determinar el cálculo de las distancias entre los proyectos y las fuentes de financiamiento.

## REFERENCIAS

- Torres, C. (2018). Modelo para la gestión de políticas territoriales de desarrollo local a escala municipal en Cuba. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* Vol. 8 No. 1, 2018.
- Caño, M. d. (2004). Cuba, desarrollo local en los noventa. La Habana: en Desarrollo Humano Local, Cátedra UNESCO, Universidad de la Habana.
- Partido Comunista de Cuba. (2011). Lineamientos de la política Económica y Social del Partido y la Revolución. La Habana: Oficina de Publicaciones del Consejo de Estado.
- Finot, I. (2005). Descentralización, transferencias territoriales y desarrollo local. *Revista de la CEPAL*, 86.
- Capote, R., & Torres, C. (2018). La gestión del financiamiento en los procesos de desarrollo local. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, abril. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/04/financiamiento-desarrollo-local.html>
- Ho, W., Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, Volume 267, Issue 2, 2018, Pages 399-414, ISSN 0377-2217, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.007>.

- Dos Santos, P.E. et al (2019). The analytic hierarchy process supporting decision making for sustainable development: An overview of applications. *Journal of Cleaner Production*, Volume 212, 1 March 2019, Pages 119-138
- Pascual González, D. (2010). Algoritmos de Agrupamiento basados en densidad y Validación de clusters (Tesis Doctoral). Departament de Llenguatges I Sistemes Informàtics Universitat Jaume I. Castellón. Recuperado 16 de marzo de 2020, de <http://www.cerpamid.co.cu/sitio/files/DamarisTesis.pdf>
- Amador, L., García, M. M., Gálvez Lío, D., & Magdaleno, D. (2017). SemClustDML: Algoritmo para agrupar artículos científicos basado en la información brindada por las referencias bibliográficas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 11(2), 46-60.
- Nantes, E. A. (2019). El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones para profesionales. Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Lumbreras, M. I., (2020). Evaluación de análisis de clustering jerárquico en datos moleculares de alta dimensión. Tesis de Máster en Bioinformática y Bioestadística, Universidad Oberta de Catalunya, España.
- Darko, A., et al (2019). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction, *International Journal of Construction Management*, 19:5, 436-452, DOI: 10.1080/15623599.2018.1452098
- Hamed, T. (2017). Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A Step by Step Approach (2017). *International Journal of Economics and Management Systems*, Vol. 2, 2017, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3224206>

Copyright © 2021 Valdes, D., Reyes, R., Jaime, R. A., Figueroa, E., Suarez, J. A.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.