


Clasificación de los municipios del estado de Guerrero, México, según la cobertura de atención primaria a la salud

Classification of municipalities in the state of Guerrero, Mexico, according to primary health care coverage

 <https://doi.org/10.56238/cienciasaudeestupesv1-078>

Santiago Marquina Benítez

Dr. docente de la Facultad de Economía (Acapulco)-
Universidad Autónoma de Guerrero smb.0763@gmail.com

Octaviano Juárez Romero

Dr. docente de la Facultad de Matemáticas-Universidad
Autónoma de Guerrero octavianojuarez.33@gmail.com

RESUMEN

Los métodos de agrupación dividen a una población en grupos cuyos elementos son lo más similares posible y los elementos en diferentes grupos, lo más diferentes posible. Esto se obtiene considerando que cada individuo tiene un número grande de mediciones o indicadores. En el caso de los municipios del estado de Guerrero, se clasifican considerando los indicadores de la cobertura de atención primaria a la salud, lo que pudiera ayudar para orientar las políticas de salud de los diferentes niveles de gobierno. En el presente trabajo, la clasificación se realiza mediante cuatro métodos. En dos de ellos, primero se calcula un índice a través del análisis de componentes principales y el índice sintético denominado DP2. Los otros dos métodos son k-medias y partición alrededor del medoide (PAM) implementado en el paquete estadístico R. Para una evaluación de las clasificaciones se utiliza una rutina desarrollada en R basada en la propuesta de Bustos (2011). Los municipios se clasifican en cinco categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. La clasificación obtenida por los cuatro métodos coincide con la clasificación del municipio de Acapulco como de muy alta cobertura de atención primaria a la salud. Los municipios mejor clasificados, sin Acapulco, son aquellos con mayor número de habitantes como Chilpancingo, Iguala, Chilapa, entre otros. Por el contrario, los cuatro métodos coinciden en clasificar como de muy baja la cobertura en cuatro municipios: Cochoapa el Grande, Iliatenco, José Joaquín Herrera y Juchitán.

Juchitán. Utilizando la propuesta de Bustos (2011) para la comparación de métodos. La clasificación es comparada por ACP y DP2, con DP2 siendo mejor. En el caso de la clasificación por K-means y PAM, el primer enfoque fue mejor.

Palabras clave: Atención primaria a la salud, índice sintético DP2, análisis de componentes principales, k-medias y partición alrededor del medoide

ABSTRACT

Grouping methods divide a population into groups whose elements are as similar as possible and the elements in different groups, as different as possible. This is achieved by considering that each individual has a large number of measurements or indicators. In the case of municipalities of the state of Guerrero, classifying them considering the indicators of health care coverage could serve to guide the health policies of the different levels governments. In the present work, classification is carried out using four methods. In two of them, first an index is calculated through principal components analysis and the synthetic index called DP2. The other two methods are k-means and partition around the medoid (PAM) implemented in the statistical package R. For an evaluation of the classifications a routine developed in R based on the Bustos proposal (2011) is used for its calculations. Municipalities are classified into five categories: Very High, High, Medium, Low and Very Low. The classification obtained by the four methods coincides in classifying the municipality of Acapulco as the Very high coverage of primary health care. The best classified municipalities, without Acapulco, are those with the greatest number of inhabitants such as Chilpancingo, Iguala, Chilapa, among others. On the contrary, the four methods coincide in classifying very poor coverage to four municipalities: *Cochoapa el Grande, Iliatenco, José Joaquín Herrera and Juchitán*. Using the Bustos proposal (2011) for the comparison of methods. The classification is

compared by ACP and DP2, with DP2 being better. In the case of the classification by K-means and PAM, the first approach was better.

Keywords: Primary health care, synthetic index DP2, principal components analysis, k-means, partition around medoid.

1 INTRODUCCIÓN

Las metodologías para la clasificación son diversas y su objetivo es separar los casos que son lo suficientemente diferentes y reunir aquellos casos que son similares. El uso de los métodos de clasificación se ha extendido a cualquier disciplina, para la identificación del tipo de consumidores de algún producto comercial, para identificar los grupos de riesgo en alguna enfermedad. En el presente trabajo se aplican dos metodologías clásicas k-medias y el algoritmo PAM (Partitioning Around Medoids) implementado en el paquete estadístico R. Además, utilizando dos índices uno construido mediante el método de Componentes Principales y el otro del índice sintético DP2, se realiza la clasificación.

Se aplican los cuatro métodos de clasificación a los municipios del estado de Guerrero, México mediante los indicadores de atención primaria a la salud. Los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas son los estados con los peores indicadores socioeconómicos del país y concentran un alto porcentaje de población indígena. La economía del estado de Guerrero depende fuertemente de la actividad turística y ésta se concentra en los tres municipios: Acapulco, Zihuatanejo y Taxco. La clasificación de los municipios según los indicadores de atención primaria a la salud, pudiera servir para orientar las políticas de salud de los distintos niveles de gobierno.

2 METODOLOGÍA

El objetivo del presente trabajo es la clasificación de los 81 municipios del estado de Guerrero, México considerando 14 indicadores de la cobertura de la atención primaria de la salud propuestos por la OMS. Por lo que se hace una breve descripción de las distintas metodologías de estadística multivariada utilizadas.

Se parte del supuesto de que el conjunto de datos los consideramos como nuestro universo Ω que contiene N elemento (casos o individuos), esto es, $\Omega = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$, donde cada unidad u_i tiene k mediciones. Una clasificación o conglomeración del universo Ω es la partición generada en las h clases o conglomerados s_1, s_2, \dots, s_h , donde $|s_l| = N_l$ para $l = 1, 2, \dots, h$ tal que $N = N_1 + N_2 + \dots + N_h$.

2.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

La metodología del análisis de componentes principales es uno de los métodos considerados en el análisis de la Estadística Multivariada. La aplicación que se realiza de este método es para la construcción de un índice a partir del cual se realiza un agrupamiento de los municipios considerando el conjunto de indicadores de la atención primaria de la salud.

El objetivo del método de componentes principales es resumir un conjunto de variables correlacionadas en un conjunto con menos variables no correlacionadas. A este conjunto se le denomina componentes principales y dependiendo del objetivo de la aplicación puede utilizarse solamente una componente principal (Johnson, 1988).

Para realizar un breve descripción del método, consideramos que tenemos p variables iniciales X_1, X_2, \dots, X_p con media cero. Las nuevas $k \leq p$ variables Y_1, Y_2, \dots, Y_k , llamadas componentes principales, se construyen de la siguiente manera:

La primera componente Y_1 , se expresa como

$$Y_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \quad (1)$$

donde el vector $a_1^t = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p})$ será aquel que asegura que la varianza sea máxima en (1), sobre todos los vectores a_1^t tal que $a_1^t a_1 = 1$.

El valor máximo de la varianza, que se denota por λ_1 , es el valor característico más grande de la matriz de varianzas-covarianzas Σ de las variables X_1, X_2, \dots, X_p , y a_1^t es el vector característico correspondiente.

La segunda componente principal Y_2 se representa en (2).

$$Y_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \quad (2)$$

donde el vector $a_2^t = (a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2p})$ se selecciona para que la varianza de (2) sea máxima sujeta a la condición $a_2^t a_2 = 1$. Otra condición, que Y_2 no esté correlacionada con la primera componente principal.

Al igual que en el caso anterior, el valor máximo de la varianza en (2) es igual al valor característico λ_2 el segundo valor característico más grande de la matriz de varianzas-covarianzas Σ , siendo a_2 su vector característico correspondiente.

En general, el k -ésimo componente principal se expresa en (3).

$$Y_k = a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kp}X_p \quad (3)$$

Donde el vector $a_k^t = (a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kp})$ se selecciona de tal forma que la varianza de (3) sea máxima en las combinaciones lineales de las variables X_1, X_2, \dots, X_p con la condición que $a_k^t a_k = 1$ además, que

Y_k no esté correlacionada con las $(k-1)$ componentes anteriores Y_1, Y_2, \dots, Y_{k-1} . El valor máximo de la varianza corresponde al valor característico λ_k , siendo éste el k -ésimo valor característico más grande de Σ .

Los valores característicos ordenados de Σ son $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_k$ y los vectores característicos normalizados correspondientes a_1, a_2, \dots, a_k . Además, se demuestra que $tr(\Sigma) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k$.

Se muestra en el desarrollo del método, que se obtienen los coeficientes $a_k^t = (a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kp})$ de tal manera que se hace maximiza la varianza de los componentes. Estos coeficientes son la base de la construcción de los índices.

2.2 ÍNDICE SINTÉTICO DP2

Nuevamente, al igual que en el caso anterior, para realizar la clasificación de los municipios del estado de Guerrero primero se calcula un índice, a partir del cual se generan las clases o grupos. En este caso se realiza mediante el llamado índice sintético de distancia DP2.

El índice DP2 fue propuesto por Pena (1977, 1978), que como todo índice busca reducir un grupo de variables o indicadores en un solo número para cada uno de los casos tratados. En el presente trabajo, resumir los 14 indicadores de la atención primaria de la salud en un solo número, el cual permite ordenar los municipios.

Para realizar el cálculo del DP2, se requiere de contar con n unidades o casos de análisis y k variables o indicadores con lo cual se conforma la matriz X de n líneas y k columnas, con sus elementos x_{ij} que representa el valor de la i -ésima unidad de análisis y j -ésima variable o índice. Por lo que el índice DP2 para el i -ésimo caso se calcula mediante la expresión (4).

$$DP2_i = \sum_{j=1}^k \frac{|x_{ij} - x_j^*|}{\sigma_j} (1 - R_{j,j-1,\dots,1}^2) \text{ con } R_1^2 = 0 \quad (4)$$

donde x_j^* para $j = 1, 2, \dots, k$ representa un caso de referencia, σ_j es la desviación estándar de la j -ésima variable o indicador y $R_{j,j-1,j-2,\dots,1}^2$ es el coeficiente de determinación de la regresión considerando como variable dependiente el j -ésimo indicador y como variables independientes los indicadores $j-1, j-2, \dots, 1$.

Este índice tiene propiedades interesantes que permite su aplicación en distintas disciplinas. Una cualidad de este indicador es ser adimensional ya que en el cociente $\frac{|x_{ij} - x_j^*|}{\sigma_j}$ se eliminan las unidades de medición de las variables y también, al realizar el cociente se está un proceso de estandarización. Según Zarzosa et al (2005), el factor $(1 - R_{j,j-1,j-2,\dots,1}^2)$ es una corrección que elimina la información duplicada.

2.3 ANÁLISIS DE CLÚSTER

El análisis de clúster o análisis de agrupamiento es una de las técnicas multivariadas de análisis de datos, que se aplica cuando se tiene una base de datos con un número importante de variables y una gran cantidad de casos. El objetivo del análisis de clúster es la clasificación de los sujetos en grupos lo más homogéneos posible en base a los datos. La clasificación de los sujetos es un problema presente en casi todas las áreas de conocimiento. Por ejemplo, en la psicología diferenciar los sujetos según sus percepciones respecto algún fenómeno; en medicina clasificar a la población humana de cierta ciudad según su riesgo a contraer una enfermedad; en economía, clasificar los consumidores de un producto según el nivel de ingresos.

Existen en la literatura distintas metodologías propuestas cuyo objetivo es tratar de encontrar el mejor agrupamiento que subyace en los datos. En dichas propuestas se encuentran algoritmos que hacen uso intensivo de recursos de cómputo, por lo que es casi imposible hacerlo sin una computadora. Los distintos métodos propuestos son clasificados en jerárquicos y no jerárquicos.

Los métodos no jerárquicos más conocidos son el k-medias y el PAM (Partitioning Around Medoids). Los cuales se describen brevemente en las siguientes líneas.

2.3.1 Método de partición alrededor del medoide (PAM)

El método denominado PAM (Kaufman y Rousseeuw, 2005) está programado en el paquete estadístico R en el programa “Cluster”. Este admite tanto variables cualitativas como cuantitativas. En el presente trabajo se describe la parte del algoritmo cuando se utilizan variables cualitativas.

El programa PAM está diseñado para encontrar una secuencia de h objetos representativos en el conjunto de datos llamados medoides, que están ubicados en el centro del agrupamiento. El algoritmo se implementa en dos etapas:

- Primera etapa: se construye un conjunto inicial S con h objetos representativos seleccionados adecuadamente, llamados medoides. Cada caso o individuo de los datos es asignado al medoide más cercano para generar una primera clasificación
- Segunda etapa: se realizan un proceso de intercambios entre objetos de las distintas clases, con el objetivo de minimizar la suma del promedio de las diferencias al cuadrado de los objetos. Esto se realiza para mejorar la calidad de la agrupación.

Para ejecutar el programa PAM en R-project, se utiliza el siguiente comando con sus distintos parámetros:

```
pam(x, h, diss = inherits(x, "dist"), metric = c("euclidean", "manhattan"), medoids = NULL,  
stand = FALSE, cluster.only = FALSE, do.swap = TRUE, keep.diss = !diss && !cluster.only  
&& n < 100,
```

keep.data = !diss && !cluster.only, pamonce = FALSE, trace.lev = 0)

Los parámetros que interesan para el presente trabajo son:

x la matriz de datos.

h el número de agrupamiento.

cluster.only = TRUE regresa un vector con el número de agrupamiento para cada caso.

2.3.2 K-medias

El algoritmo de k-medias agrupa los N elementos del universo en k grupos, considerando las mediciones de cada caso. La conformación de los grupos lo hace minimizando la suma de las desviaciones de cada elemento respecto al centroide del grupo respectivo. El algoritmo tiene tres etapas en su desarrollo:

Etapas 1: el usuario determina el número k de grupos, con lo cual el algoritmo determina k centroides en el espacio de los datos. Existen distintas propuestas de cómo determinar el centroide.

Etapas 2: una vez que se tienen los centroides, cada individuo o caso es asignado al centroide más próximo.

Etapas 3: para cada grupo, se reubica el centroide en la posición promedio del grupo.

Para optimizar la suma de las distancia al cuadrado de cada elemento al centroide, se repiten las etapas 2 y 3. El algoritmo se detiene cuando se alcanza el valor mínimo o su variación es muy pequeña.

2.4 CRITERIO PARA EVALUAR CONGLOMERACIONES

Para realizar la evaluación de las distintas propuestas de clasificación o conglomeración se utiliza el criterio propuesto por Bustos (2011).

Nuevamente se supone que el universo Ω contiene N elemento, esto es, $\Omega = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$, donde cada unidad u_i tiene k mediciones. Una clasificación del universo Ω es la partición generada en h clases s_1, s_2, \dots, s_h , donde $|s_l| = N_l$ para $l = 1, 2, \dots, h$ tal que $N = N_1 + N_2 + \dots + N_h$.

Existe una cantidad grande de distintas conglomeraciones que se pueden generar del universo Ω , por lo que Bustos (2011) propone un criterio de evaluación. Este criterio parte de analizar las varianzas al interior de cada conglomerado o clase y por variable. Esto se integra en la expresión (5), la cual representa una proporción del valor de la varianza del j -ésimo indicador o variable al interior de la l -ésima clase.

$$v_j^2(S_l) = \frac{1}{N_l(N_l-1)} \sum_{i_l}^{N_l} (I_{i_l j} - \bar{I}_{j_l})^2 \text{ para } l = 1, 2, \dots, h \quad (5)$$

El siguiente paso, es obtener la suma de las varianzas ponderadas sobre cada grupo en la expresión (6)

$$v_j^2(S) = \sum_{l=1}^h \left(\frac{N_l}{N}\right)^2 v_j^2(S_l) \text{ para } j = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

Dado que $v_j^2 = \frac{1}{N} \sigma_j^2$ es proporcional a la varianza poblacional del i-ésimo indicador o variables.

Una aproximación a este valor, está dada en (7).

$$v_j^2 \approx \frac{1}{N^2} \sum_{l=1}^h N_l (\bar{I}_{jl} - \bar{I}_j)^2 + v_j^2(S)$$

El valor que permitirá evaluar las conglomeraciones se define como $H(S)$, dado en (8)

$$H(S) = \sum_{j=1}^k \frac{v_j^2}{v_j^2(S)} \quad (8)$$

El criterio de valoración de los conglomerados: cuanto más homogéneos son los grupos, mayor es el valor de $H(S)$, esto es, la mejor conglomeración es cuando $H(S)$ tiene el mayor valor.

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para realizar la clasificación de los municipios del estado de Guerrero, según la cobertura de los servicios de salud se determinaron los catorce indicadores que se muestran en la Tabla 1. Estos indicadores son los 13 conceptos considerados como los mínimos para lograr la atención primaria a la salud, señalados en Kumate y Barnard (1988) y Valencia et al. (1990) y se agrega el indicador Unidades Médicas.

Tabla 1. Indicadores seleccionados para considerar la cobertura de la atención primaria a la salud, para realizar la clasificación de los municipios del estado de Guerrero, México.

No.	Variable	Descripción
1	CUIPRE	Cuidado prenatal: Número de embarazadas que tuvieron por lo menos una consulta prenatal.
2	ATENET	Atención de la enfermedad terminal: Número de muertes certificadas por médicos.
3	ATEPAR	Atención del parto: Número de nacimientos atendidos por personal preparado.
4	INSTAL	Instalaciones: Número de habitantes con acceso razonable a instalaciones médicas
5	PUERIC	Puericultura: Número de lactantes que tuvieron por lo menos un contacto con una instalación de salud.
6	CONSULT	Consultas: El número de consultas médicas por habitantes
7	VIGCRE	Vigilancia de crecimiento: Número de preescolares que han sido pesados por lo menos 2 veces antes de cinco años.
8	HOSP	Hospitalizaciones: El número de egresos hospitalarios.
9	VABCG	Vacunación con BCG: Numero de menores de un año vacunados con BCG
10	AGUAPOT	Agua potable: Número de la población con acceso adecuado al agua potable
11	VADPT	Vacunación con DPT: Número de menores de un año que recibieron tres dosis de DPT.
12	FACSANITA	Facilidades sanitarias: Número de la población que dispone de facilidades sanitarias. Se determinó considerar solo el acceso a drenaje.
13	DTEE	Diagnóstico y tratamiento de enfermedades endémicas: Número estimado de casos que se diagnostican y tratan. Se determinó como enfermedades endémicas a las enteritis y a otras enfermedades diarreicas.
14	UNIMED	Unidades médicas: Número de unidades médicas por municipio

Fuentes: La fuente de información de donde fueron extraídos estos indicadores son los Servicios Estatales de Salud del Estado de Guerrero, el XII Censo de Población y Vivienda de México y el Anuario Estadístico del Estado de Guerrero 2013, estos dos últimos elaborados por el INEGI.

3.2 ANÁLISIS DE LA TABLA DE FRECUENCIAS, SEGÚN MÉTODO

Se realiza un análisis de la clasificación de los municipios del estado de Guerrero por cada uno de los métodos aplicados a la base de datos. Las categorías que se utilizan en esta clasificación son de menor a mayor cobertura de los servicios de salud: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta. Estas categorías se asignan según el método utilizado.

3.2.1 Método del índice de distancia DP2

Se realiza el cálculo del índice DP2 para cada uno de los municipios. El resultado de este cálculo es un número que posibilita ordenar los municipios según la cobertura de los servicios de salud. Por último se asigna una categoría de los distintos rangos del índice DP2.

En la Tabla 2, se reportan las frecuencias por categoría y por cada uno de los métodos analizado. En el caso del DP2, el municipio con la mejor cobertura de los servicios de salud es Acapulco y es el único clasificado como Muy alta. Por contrario, los municipios clasificados como de Muy baja cobertura de servicios de salud son 10, de los cuales cuatro corresponde a la región de la Montaña, dos a la Costa Chica, tres a la región Norte y uno a la región Centro.

Tabla No. 2. Número de municipios por categoría, según método de clasificación.

No.	Categoría	DP2	CP	Clúster	k-medias
1	Muy baja	10	19	4	5
2	Baja	20	10	24	31
3	Media	30	33	23	34
4	Alta	20	18	19	9
5	Muy alta	1	1	11	2
	Totales	81	81	81	81

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Método de análisis de componentes principales

Para realizar la clasificación en este caso, se aplicó a la base de datos la rutina de análisis de componentes principales del paquete estadístico SPSS. Para establecer una jerarquización de los municipios se utilizó únicamente la primera componente principal la cual explica el 72.24% de la varianza total. Con el valor asignado mediante esta componente se traduce en una categoría de las antes señalada.

Nuevamente por este método, el municipio de Acapulco únicamente logra la categoría Muy alta en la cobertura de los servicios de salud. En el caso de la categoría Muy baja cobertura de los servicios de salud existe 19 municipios. La distribución de estos por región son: la Montaña 8, Costa Chica 4, Centro 1 y 6 de la región Norte. Dentro de estos 19 municipios están contenidos los 10 municipios clasificados de Muy baja cobertura por el método de DP2.

3.2.3 Análisis de clúster

Este método de clasificación a diferencia de los anteriores, directamente construye los conjuntos clasificados de acuerdo a los datos. Esta clasificación se realiza en el software libre R con el paquete estadístico Clúster.

El método clasifica como Muy alta la cobertura de los servicios de salud a 11 municipios del estado de Guerrero, uno de los cuales es el municipio de Acapulco. En este grupo se encuentran los tres municipios turísticos que conforman el llamado Triángulo del Sol: Acapulco, Taxco y Zihuatanejo. Estos 11 municipios distribuidos por región: Acapulco; dos de Costa Chica, dos de Costa Grande, tres de la región Norte, uno de la región Centro (Chilpancingo, capital del estado), uno de Tierra Caliente y uno de la Montaña. En el caso de los clasificados como Muy baja cobertura se encuentran cuatro: Cochoapa el Grande (Montaña), Iliatenco (Montaña), José Joaquín Herrera (Centro) y Juchitán (Costa Chica).

3.2.4 K-medias

La clasificación mediante el método de k-medias fue realizado en el paquete estadístico SPSS. Al igual que en los anteriores métodos se seleccionó el número de grupos igual a cinco, para realizar la comparación entre las distintas metodologías.

En este caso clasifica como Muy alta la cobertura de los servicios de salud a los municipios de Acapulco y Chilpancingo, los cuales son los núcleos poblacionales más grandes del estado de Guerrero y los más importantes en términos económicos. Para el caso de los nueve municipios clasificados como de Alta cobertura, estos junto con los dos anteriores son exactamente los 11 municipios que el método PAM, clasifico como de Muy alta cobertura.

Los cinco municipios clasificados por este método como de Muy baja cobertura son: Cochoapa el Grande e Iliatenco de la región de la Montaña, Juchitán y Marquelia de la región de Costa Chica y de la región centro el municipio de José Joaquín Herrera.

3.3 ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN GENERAL

Los cuatro métodos coinciden en clasificar como de Muy alta cobertura al municipio de Acapulco, que por mucho es el municipio más importante del estado por su infraestructura de salud, por su economía como centro turístico, el mayor generador de ingresos fiscales y por ser el núcleo poblacional más grande. Excluyendo al municipio de Acapulco de los clasificados por el método de análisis de clúster como de Muy alta cobertura, los otros 10 municipios son clasificados como de Alta cobertura por los métodos de DP2 y componentes principales, el método de k-medias los clasifica de igual forma excluyendo al Municipio de Chilpancingo que lo clasifica como de Muy alta cobertura. Estos resultados permiten asegurar que estos 11 municipios son los que tienen la mejor cobertura de los servicios de salud en el estado de Guerrero.

Por el contrario, los municipios que son clasificados como de Muy baja cobertura por los cuatro métodos son: Cochoapa el Grande (Montaña), Iliatenco (Montaña), José Joaquín Herrera (Centro) y

Juchitán (Costa Chica). Los métodos de componentes principales y DP2, coinciden en clasificar a 10 municipios como de Muy baja cobertura, además de los cuatro antes señalados los restantes seis son: Alpoyeca (Montaña), Atlamajalcingo (Montaña), Gral. Canuto A. Neri (Norte), Ixcateopan de Cuauhtémoc (Norte), Marquelia (Costa Chica) y Pedro Ascencio Alquisiras (Norte).

Por región, se encuentra que en la Costa Grande de ocho municipios que la constituyen, siete están clasificados como Media, Alta y Muy alta cobertura y sólo uno (Coahuayutla) como de Baja cobertura. Por el contrario, la región de la Montaña que la constituyen 19 municipios, solamente Tlapa está clasificado como Alta o Muy alta y los 18 restantes se clasifican como Media, Baja o Muy baja cobertura de servicios de salud. La región de la Montaña es considerada como la que tiene mayores carencias en los distintos ámbitos sociales.

En esta sección se ha realizado un análisis comparativo de los cuatro métodos en las categorías extremas: Muy baja y Muy alta cobertura. Ahora se realiza el análisis comparativo de las clasificaciones realizadas por el método DP2 y análisis de clúster en las categorías Baja, Media y Alta. En el caso de la categoría Baja existen 18 municipios donde ambos métodos coinciden en su clasificación; en el caso de la categoría Media, existen 21 coincidencias; finalmente, en la categoría Alta existen 10 coincidencias (En la Tabla 1 del Anexo se presentan todos los municipios clasificados por los cuatro métodos).

3.4 EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN

Los cuatro métodos de clasificación que se han aplicado a la base de datos de la cobertura de la atención primaria de la salud, los dos primeros ACP y DP2 en primera instancia se calculan un resumen y después se obtiene la clasificación; en el caso de los métodos PAM y k-medias son métodos que directamente realizan la clasificación. Por esta razón, al realizar el cálculo del H(S) para cada método se obtienen valores muy diferenciados, estos se proporcionan en la Tabla 3. Los cálculos fueron realizados con un programa escrito en el paquete estadístico R.

Tabla 3. Evaluación de los métodos de clasificación mediante H(S).

Método	H(S)	Método	H(S)
DP2	47.86	PAM	56.76
ACP	44.90	K-medias	78.03

Según estos valores del estadístico H(S) la mejor clasificación es realizada por el DP2 comparativamente con la clasificación realizada sobre el Análisis de Componentes Principales. Por otro lado, la clasificación realizada por el método de K-medias es mejor que la realizada mediante el análisis de clúster.

4 CONCLUSIONES

Un parámetro importante que consideran las políticas de salud pública para mejorar la infraestructura es el número de habitantes por municipio. En este sentido se puede asegurar que los métodos de clasificación, en general, han clasificado adecuadamente a los municipios del estado de Guerrero, ya que los cuatro métodos coinciden en clasificar como de Muy alta y Alta la atención primaria de la salud a 12 municipios con un número mayor a 60,000 habitantes, con excepción de los municipios de Chilapa y Técpan de Galeana que el método de k-medias los clasifico con la categoría Media. Por el contrario, aquellos municipios con una cantidad menor a 26,000 habitantes los han clasificado con las categorías de Baja y Muy baja.

Para reforzar la afirmación anterior, los cuatro métodos coinciden en clasificar los municipios de Acapulco, Chilpancingo e Iguala como los que tienen mejor cobertura de atención primaria a la salud. Además, también coinciden en clasificar los municipios de Cochoapa el Grande (Montaña), Iliatenco (Montaña), José Joaquín Herrera (Montaña) y Juchitán (Costa Chica) de Muy Baja cobertura de atención primaria a la salud.

REFERENCIAS

- [1] BUSTOS, A. (2011): Niveles de marginación: una estrategia multivariada de clasificación. **Revista Internacional Estadística y Geografía**. INEGI.
- [2] JOHNSON DC. (1998): **Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos**. Ed. Thompson Editors.
- [3] KAUFMAN, L. Y ROUSSEEUW, P.J. (2005): **Finding Groups in Data. An Introduction to Cluster Analysis**. John Wiley & Sons.
- [4] KUMATE, J. Y BARNARD, A. (1988): “La Atención de Cobertura de los Servicios de Salud”, II. Cobertura por servicios de Atención Médica Primaria en México. **Gaceta Médica de México**.
- [5] PENA, J.B. (1977): Problemas de la medición del bienestar y conceptos afines. Una aplicación al Caso Español, **Madrid, INE**.
- [6] PENA, J. B. (1978): “La Distancia P: un Método para la Medición del Nivel de Bienestar”. **Revista Española de Economía**, **8**, pp. 49–89.
- [7] R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- [8] VALENCIA G., JOSÉ M., SERRANO (1990): Indicadores compuestos para la atención primaria a la salud. **El caso de México**; **32:552-565**.
- [9] Zarzosa, P. (dir.), Molpeceres, M. M., Pérez, A., Prada, M. D., Prieto, M. M., Rodríguez, C. y Zarzosa, F. (2005). La Calidad de Vida en los Municipios de la Provincia de Valladolid. **Diputación Provincial de Valladolid, Valladolid. España**

➤

Tabla 1. Clasificación de los municipios del estado de Guerrero, por medio de cuatro métodos.

No.	Municipio	Población	DP2	CP1	Clúster	k-medias
			Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
1	Acapulco	780,251	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
2	Acatepec	32,768	Media	Media	Alta	Media
3	Ahuacuotzingo	25,015	Media	Media	Media	Media
4	Ajuchitlan del Progreso	38,108	Media	Media	Alta	Media
5	Alcozauca de Guerrero	18,917	Media	Media	Media	Media
6	Alpoyeca	6,460	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja
7	Apaxtla	12,287	Baja	Baja	Baja	Baja
8	Arcelia	31,972	Media	Media	Alta	Media
9	Atenango del Río	8,251	Baja	Muy baja	Baja	Baja
10	Atlamajalcingo del Monte	5,706	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja
11	Atlixac	26,329	Media	Media	Media	Media
12	Atoyac de Alvarez	61,220	Alta	Alta	Muy alta	Alta
13	Ayutla de los Libres	62,540	Alta	Alta	Muy alta	Alta
14	Azoyú	14,384	Media	Media	Media	Baja
15	Benito Juárez	15,016	Media	Media	Media	Baja
16	Buenavista de Cuellar	12,682	Baja	Baja	Baja	Baja
17	Chilapa de Álvarez	120,255	Alta	Alta	Alta	Media
18	Chilpancingo de los Bravo	238,283	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
19	Coahuayutla de José Ma. Izazaga	12,989	Baja	Baja	Baja	Baja
20	Cochoapa el Grande	18,778	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
21	Cocula	14,692	Media	Media	Media	Baja
22	Copala	13,603	Baja	Baja	Media	Baja
23	Copalillo	14,450	Baja	Baja	Baja	Baja
24	Copanatoyac	18,774	Media	Media	Media	Media
25	Coyuca de Benítez	73,401	Alta	Alta	Alta	Media
26	Coyuca de Catalán	41,073	Alta	Alta	Muy alta	Alta
27	Cuajinicuilapa	25,889	Media	Media	Media	Media
28	Cualác	6,986	Baja	Muy baja	Baja	Baja
29	Cuautepec	15,113	Baja	Muy baja	Baja	Baja
30	Cuetzala del Progreso	9,163	Baja	Muy baja	Baja	Baja
31	Cutzamala de Pinzón	21,301	Media	Media	Media	Baja
32	Eduardo Neri	46,063	Alta	Alta	Alta	Media
33	Florencio Villarreal	20,148	Media	Media	Media	Baja
34	General Canuto A. Neri	6,301	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja

No.	Municipio	Población	DP2	CP1	Clúster	k-medias
			Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
35	General Heliodoro Castillo	36,580	Alta	Alta	Alta	Media
36	Huamuxtitlan	14,264	Media	Media	Media	Media
37	Huitzuc de los Figueroa	37,328	Alta	Alta	Muy alta	Alta
38	Iguala de la Independencia	138,847	Alta	Alta	Muy alta	Alta
39	Igualapa	10,815	Baja	Muy baja	Baja	Baja
40	Iliatenco	10,480	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
41	Ixcateopan de Cuauhtémoc	6,564	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja
42	José Joaquín de Herrera	15,675	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
43	Juan R Escudero	24,324	Media	Media	Media	Media
44	Juchitán	24,709	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
45	La Unión de Isidoro Montes de Oca	29,564	Media	Media	Alta	Media
46	Leonardo Bravo	12,806	Media	Media	Media	Media
47	Malinaltepec	7,160	Media	Media	Alta	Media
48	Marquelia	25,354	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy baja
49	Mártir de Cuilapa	17,687	Media	Media	Media	Baja
50	Metlatónoc	18,973	Media	Media	Media	Media
51	Mochitlán	11,364	Baja	Baja	Baja	Baja
52	Olinalá	24,672	Media	Media	Alta	Media
53	Ometepec	61,087	Alta	Alta	Muy alta	Alta
54	Pedro Ascencio Alquisiras	6,978	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja
55	Petatlán	44,885	Alta	Alta	Alta	Media
56	Pilcaya	11,558	Baja	Muy baja	Baja	Baja
57	Pungarabato	36,706	Media	Media	Alta	Media
58	Quechultenango	34,663	Media	Media	Alta	Media
59	San Luis Acatlán	42,181	Media	Media	Alta	Media
60	San Marcos	48,483	Alta	Media	Alta	Media
61	San Miguel Totolapan	28,006	Media	Media	Media	Media
62	Taxco de Alarcón	103,477	Alta	Alta	Muy alta	Alta
63	Tecoanapa	44,076	Alta	Media	Alta	Media
64	Técpán de Galeana	61,909	Alta	Alta	Alta	Media
65	Teloloapan	53,684	Alta	Alta	Alta	Media
66	Tepecoacuilco de Trujano	30,321	Media	Media	Media	Media
67	Tetipac	13,104	Baja	Baja	Baja	Baja
68	Tixtla de Guerrero	39,737	Alta	Alta	Alta	Media
69	Tlacoachistlahuaca	21,195	Baja	Media	Media	Baja
70	Tlacoapa	9,943	Baja	Muy baja	Baja	Baja

No.	Municipio	Población	DP2	CP1	Clúster	k-medias
			Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
71	Tlalchapa	11,492	Baja	Baja	Baja	Baja
72	Tlalixtaquilla de Maldonado	7,060	Baja	Muy baja	Baja	Baja
73	Tlapa de Comonfort	80,450	Alta	Alta	Muy alta	Alta
74	Tlapehuala	21,776	Media	Media	Media	Media
75	Xalpatláhuac	12,213	Baja	Baja	Baja	Baja
76	Xochihuehuetlán	6,968	Baja	Muy baja	Baja	Baja
77	Xochistlahuaca	28,044	Media	Media	Media	Media
78	Zapotitlán Tablas	10,510	Baja	Baja	Baja	Baja
79	Zihuatanejo de Azueta	117,442	Alta	Alta	Muy alta	Alta
80	Zirándaro	18,054	Media	Media	Media	Media
81	Zitlala	22,584	Media	Media	Media	Media