

DISTRIBUCION OPTIMA DE POBLACION EN EL ESPACIO. ¿UTOPIA O REALIDAD?

Por: Alfonso Vegara Gómez*

1. INTRODUCCION

Desde el trabajo de Auerbach (1) (1913) han aparecido un considerable número de estudios referentes a distribución y tamaño de ciudades, por ejemplo, "the rank-size rule", de Zipf (2), en 1949, la distribución logonormal de ciudades por tamaños de Pareto, ... (un resumen sistemático puede encontrarse en Richardson 1973) (3).

Para tratar de explicar esta serie de "leyes" empíricas han sido propuestos por diversos autores una serie de modelos, tales como "entropy model" (Curry, 1964) (4), "the order statistics model" (Okabe, 1979) (5), "central place theory" (Beckmann, 1958) (6), "stochastic theory" (Simon, 1955) (7) y otros similares.

*Dr. Arquitecto y Economista. Profesor de Planificación Urbana de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra.

(1) Auerbach, F., 1913: "Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration". Petermann's Geographische Mitteilungen 59 (1), 74-77.

(2) Zipf, G. K., 1949: "Human Behavior and the Principle of Least Effort". Addison-Wesley, Cambridge, Mass.

(3) Richardson, H. W., 1973: "The Economics of Urban Size" (Saxon House, Teakfield, Famborough, Hauts).

(4) Curry, L., 1964: "The Random spatial economy: An exploration in settlement theory". Ann. Assoc. Am. Geogr. págs. 138-146.

(5) Okabe, A., 1979: "An expected rank-size rule: a theoretical relationships between the rank-size rule and city size distributions". Regional Science and Urban Economics (9), págs. 31-40.

(6) Beckmann, M. J., 1958: "City hierarchies and distribution of city sizes". Econ. Dev. and Cult. Change (6), págs. 243-248.

(7) Simon H., 1955: "On a class of skew distribution functions". Biométrie (42), páginas 425-440.

Sin embargo, en estos modelos, el aspecto espacial de la distribución rango tamaño no ha sido siempre tratado de forma explícita.

Podemos decir que el campo teórico encargado de orientar las decisiones tendentes a mejorar los sistemas de ciudades está aún en estado precario.

Es innegable que en las últimas décadas se ha realizado un enorme esfuerzo, por parte de gran número de investigadores de la Ciencia Regional, tendente a justificar teóricamente las pautas de los asentamientos humanos, pero pocos han sido los intentos serios de esbozar modelos coherentes que sugieran caminos a los responsables de la Ordenación del Territorio.

Después de la Teoría del Central Place, formulada hace ya medio siglo, no encontramos en la literatura sobre el tema otras alternativas de jerarquización y distribución de los sistemas de ciudades que aporten nuevas luces para resolver un problema tan claro y apremiante como es el de la organización de las estructuras territoriales.

Cualquier decisión de inversión por parte de la Administración, cualquier programa de mejora de infraestructuras, cualquier medida de promoción industrial..., siempre tendrá unos efectos espaciales.

Si no tenemos puntos de apoyo teóricos para valorar los efectos positivos o negativos de cada una de esas medidas sobre la organización territorial actual, difícilmente podremos proponer medidas alternativas encaminadas a mejorar la relación entre hombre y medio ambiente.

Hoy día tenemos el compromiso histórico de realizar un gran esfuerzo para esclarecer los caminos y los objetivos de la Ordenación del Territorio.

La ausencia de un legado teórico consolidado es una realidad, pero la necesidad imperiosa de tener que decidir, hoy y ahora, sobre ciertas cuestiones básicas de la organización territorial, no perdona estos vacíos de la doctrina y nos exige una actitud valiente y emprendedora.

En esta línea pretende estar el enfoque de este trabajo de investigación que con todas sus limitaciones y restricciones pretende ofrecer luz sobre estas cuestiones de distribución de la población en el espacio.

Es sobradamente conocido que el desarrollo económico trae consigo un progresivo enriquecimiento de las relaciones económicas, sociales y culturales.

Además, se suele sostener frecuentemente, que el citado desarrollo económico se produce mediante la difusión de las innovaciones.

Concluimos, pues, reconociendo la enorme importancia de las posibilidades de conexión para facilitar el progreso y posibilitar el desarrollo armónico de la actividad humana.

Esta necesidad de interacción a todos los niveles es lo que ha provocado la enorme concentración de la población y de la actividad económica en determinados puntos del territorio.

El límite a este beneficio de interacción, derivado de la concentración, está en el deterioro ambiental, económico y humano que provoca la excesiva congestión.

En definitiva, un sistema de asentamientos de población que permitiera una gran interacción sin incurrir en fuertes costos de congestión cumpliría, simultáneamente, los objetivos de accesibilidad, demandados por las actividades económicas, y los de poca densidad, requeridos para el bienestar humano.

En el presente artículo nos proponemos aplicar un modelo de optimización de la distribución espacial de ciudades que maximice el "beneficio de interacción" y minimice, simultáneamente, el "costo de congestión", dadas unas determinadas condiciones geográficas, como distancia entre ciudades, tamaño de las mismas, etc.

Mediante este modelo de optimización (8) obtendremos una distribución óptima de población para la provincia de Alicante, que, aunque esté sujeta a las restricciones de las hipótesis de partida, no cabe duda que servirá para dar luz a los responsables de la Ordenación del Territorio.

2. FORMALIZACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTO

Consideremos una determinada región (cerrada), cuya población total P conocemos y supon-

(8) Un tratamiento similar de estas cuestiones puede encontrarse en el artículo "Optimal distribution of city sizes in a region", escrito por el profesor Tabuchi, T., de la Universidad de Harvard, y publicado en "Environment and Planning A." 1982, volume 14, págs. 21-32.

gamos que la citada población necesariamente reside en una de las n ciudades de la región.

Se trata de localizar la población P en n ciudades, procurando optimizar una combinación lineal de las variables: "beneficio de interacción" y "costo de congestión".

El "beneficio de interacción" hace referencia a las ventajas derivadas de la accesibilidad entre ciudades, con la comodidad que implica una fácil conexión e intercambio de información.

Matemáticamente, el beneficio de interacción recibido por un habitante en la ciudad i se considera proporcional a la accesibilidad.

$\sum_{j=1}^n G \frac{P_j}{d_{ij}^\lambda}$ de la ciudad i , donde P_j es la población de ciudad j ; d_{ij} es la distancia entre las ciudades i y j (d_{ii} viene dado por el promedio de distancia urbana, tal y como desarrolla Koshizuka, 1978) (9).

G = coeficiente de proporcionalidad.
 λ = exponente de la variable distancia.

Ambos son positivos y constantes.

El "beneficio de interacción" de la ciudad i puede, pues, expresarse como

$$A_i = \sum_{j=1}^n G \frac{P_j}{d_{ij}^\lambda} P_i, \quad (i=1, \dots, n) \quad [I]$$

Hasta cierto punto, el citado "beneficio de interacción" puede ser considerado como la suma total de las atracciones entre núcleos, calculadas en base a un modelo gravitatorio; diríamos que la maximización de esta variable implica maximización de flujos y de interacción entre las ciudades de la región sometida a análisis.

El "costo de congestión" hace referencia a aspectos tales como contaminación atmosférica, ruidos, deterioro ambiental, atascos de tráfico, etc.

Matemáticamente puede considerarse que el "costo de congestión" percibido por un habitante de la ciudad i es proporcional a la densidad de población (P_i/S_i) de la ciudad i , donde:

S_i = área habitable de ciudad i .
 P_i = población de la ciudad i .

El "costo de congestión" de la ciudad i vendrá dado por:

$$C_i = \frac{P_i}{S_i} P_i, \quad i=1, \dots, n \quad [II]$$

Así pues, con el "beneficio de interacción" A_i y el "costo de congestión" C_i , estamos en condiciones de poder definir la función objetivo como una combinación lineal del beneficio total de interacción $\sum_{i=1}^n A_i$ y el coste total de congestión $\sum_{i=1}^n C_i$.

(9) Koshizuka, T., 1978: "On the random distance within an area". Journal of the Operations Research Society of Japan 21 (2), págs. 302-319.

Función objetivo a maximizar

$$\Phi = K' \sum_{i,j=1}^n \frac{P_i P_j}{d_{ij}^\lambda} = G \sum_{i,j=1}^n \frac{P_i P_j}{d_{ij}^\lambda} - \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2}{S_i} = K' \sum_{i,j=1}^n \frac{P_i P_j}{d_{ij}^\lambda} - \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2}{S_i} \quad \text{[III]}$$

En la expresión anterior, téngase en cuenta que

$$\sum_{i=1}^n P_i = P \quad \text{[IV]}$$

$$P_i > 0 \quad i=1, \dots, n \quad \text{[V]}$$

El problema de optimización planteado en la ecuación [III] adopta la forma de programación cuadrática.

El parámetro ($K = K'G$) indica el grado relativo de importancia concedido a las variables "beneficio de interacción" y "costo de congestión"; por tanto, representa un elemento clave en la formalización y aplicación de este modelo que pretende maximizar el "beneficio de interacción", desde el punto de vista de las actividades económicas, y minimizar el "costo de congestión", atendiendo a las actividades humanas en general.

Las ecuaciones [III] y [IV] pueden, asimismo, expresarse como funciones de Lagrange de la siguiente forma:

$$L = kp^T Dp - p^T Sp (p^T - t^T) \quad \mu \quad \text{[VI]}$$

donde:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & & & d_{1n} \\ & \ddots & & \\ & & d_{ij} & \\ & & & \ddots \\ d_{n1} & & & & d_{nn} \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} S^{-1} & & 0 \\ & S_i^{-1} & \\ 0 & & S_n^{-1} \end{bmatrix}$$

$$p^T = (P_1, \dots, P_n), \quad t^T = \left(\frac{P}{n}, \dots, \frac{P}{n} \right)$$

$$\mu^T = (\mu, \dots, \mu).$$

p^T = es el vector transpuesto de p .

μ = es el multiplicador de Lagrange.

Tomando la primera derivada de la ecuación [VI] con respecto a p , la condición de optimización viene dada por la expresión:

$$2kDp - 2Sp + \mu = 0 \quad \text{[VII]}$$

Resolviendo esta ecuación, la distribución óptima de población p puede expresarse:

$$p^* = 1/2 (S - KD)^{-1} \mu$$

Obsérvese que la ecuación [VIII] es condición necesaria.

No obstante, la condición necesaria y suficiente para optimizar la distribución de población conforme a los criterios inicialmente expuestos es que el determinante de la matriz ($S - KD$) no sea

cero y que la matriz ($S - KD$) no sea negativa (10) (ver Konno y Yamashita, 1978).

Además, debe cumplirse la ecuación [V], es decir, que las poblaciones de cada ciudad deben ser positivas.

La condición de no negatividad de p es la misma que la condición de Hawkins-Simon (11), que viene dada por $|H_\kappa| > 0$:

$$K = 1, \dots, n \quad \text{[IX]}$$

donde $H = S - KD$ y

$$H_\kappa = \begin{bmatrix} \frac{1}{S_i} - \frac{K}{d_{11}^\lambda} & \frac{-K}{d_{12}^\lambda} & \dots & \frac{K}{d_{1n}^\lambda} \\ \frac{-K}{d_{21}^\lambda} & \frac{1}{S_2} - \frac{K}{d_{22}^\lambda} & \dots & \frac{K}{d_{2n}^\lambda} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{-K}{d_{\kappa 1}^\lambda} & \frac{K}{d_{\kappa 2}^\lambda} & \dots & \frac{1}{S_\kappa} - \frac{K}{d_{\kappa \kappa}^\lambda} \end{bmatrix}$$

$$K = 1, \dots, n.$$

Como se ha visto en la ecuación [IX], la condición de no negatividad depende del parámetro K , ya que S_i y d_{ij} son valores dados; por tanto, el intervalo de valores de K puede analizarse a la luz de la condición de no negatividad de la población p .

Multiplicando los dos términos de la ecuación [VII] por S^{-1} , obtenemos:

$$2K Mp - 2Ip + 8 = 0 \quad \text{[X]}$$

donde:

$$M = \begin{bmatrix} \frac{S1}{d_{11}^\lambda} & \frac{S1}{d_{12}^\lambda} & \dots & \frac{S1}{d_{1n}^\lambda} \\ \frac{S2}{d_{21}^\lambda} & \frac{S2}{d_{22}^\lambda} & \dots & \frac{S2}{d_{2n}^\lambda} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{Sn}{d_{n1}^\lambda} & \frac{Sn}{d_{n2}^\lambda} & \dots & \frac{Sn}{d_{nn}^\lambda} \end{bmatrix} \quad \gamma = \begin{bmatrix} S_1 \mu \\ S_2 \mu \\ \dots \\ S_n \mu \end{bmatrix}$$

I es la matriz unitaria ($n \times n$)

De la ecuación [X] podemos obtener:

$$\left(\frac{1}{K} I - M \right) p = \frac{1}{2K} 8 \quad \text{[XI]}$$

(10) Konno, H., Yamashita, H., 1978: "Hisenkei Keikakuno (Programación no lineal) (Nikkagiren, Tokyo).

(11) El desarrollo matemático de esta condición puede encontrarse en el apéndice del artículo de Tabuchi, T. 1982, *op. cit.*, págs. 31-32, y también en Kant, T., 1979: "Bekutoru to Gyoretsu" (Vectores y Matrices) (Shinyosha, Tokyo), págs. 143-146.

Este problema puede resolverse por el teorema de Frobenius, que indica que el intervalo de valores admisibles para K está determinado por el máximo

valor propio de M (12) y que $\frac{1}{\sigma(M)} > K > 0$,

donde $\sigma(M)$ es el mayor de los valores propios de M .

Con este intervalo de valores de K , puede garantizarse que existe una solución óptima p^* de la ecuación [VIII].

3. APLICACION DEL MODELO A LA PROVINCIA DE ALICANTE

3.1. Elección de las unidades de análisis

Las unidades que hemos elegido para aplicar el modelo de optimización que comentamos han sido obtenidas mediante otro modelo gravitatorio probabilístico (13), y responden a las áreas de influencia de los núcleos urbanos de rango de cabecera comarcal o subcomarcal de la provincia de Alicante.

De esta forma, las implicaciones derivadas de las conclusiones de este artículo resultarán operativas, ya que se referirán a unidades funcionales organizadas, cada una de ellas, por su centro comarcal o subcomarcal.

Sin duda alguna, el nivel de precisión en el análisis hubiera sido mayor si hubiéramos elegido la escala municipal.

No obstante, la masa de información que hubiese sido necesario procesar nos hacía inabordable el planteamiento. Hay 140 municipios en Alicante y las matrices de cálculo resultaban (140×140).

En otros estudios se ha abordado la elección de las unidades de análisis mediante la reticulación del espacio a analizar; sin embargo, la masa de datos estadísticos disponibles se basa en las divisiones administrativas y, lo que es más importante, los resultados estarían aplicados a unas parcelas geométricas de territorio sin contenido económico ni organización funcional.

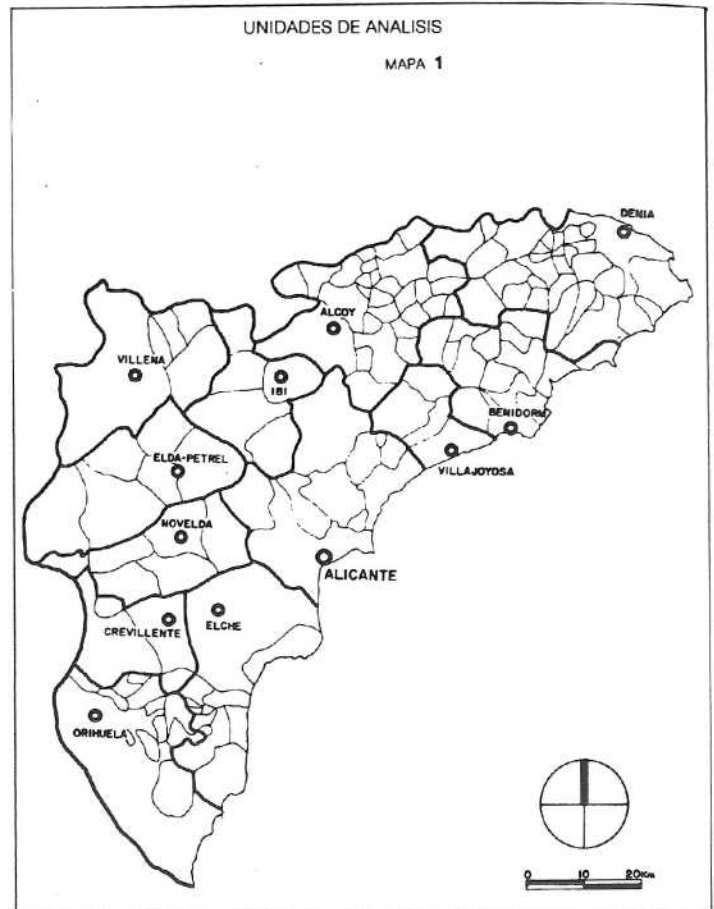
La relación de unidades de análisis elegidas:

1. Area de Alicante.
2. Area de Elche.
3. Area de Alcoy.
4. Area de Elda-Petrel.
6. Area de Benidorm.
7. Area de Denia.
8. Area de Orihuela.
9. Area de Villajoyosa.
10. Area de Crevillente.
11. Area de Novelda.
12. Area de Ibi.

En el mapa adjunto puede observarse la delimitación exacta de las áreas consideradas.

(12) Nikaido, F., 1960: "Introduction to Stes and Mappings in Modern Economics" (Baifukan, Tokio).

(13) Puede verse el citado modelo en Vegara Gómez, Alfonso. "El Sistema de Ciudades de Alicante". En prensa. Alicante, 1983.



3.2. Tratamiento de la variable: distancia

En el modelo propuesto, independientemente de los parámetros, aparecen tres variables: poblaciones, superficies y distancias.

Cuando por razones operativas establecemos un nivel de agregación, como el elegido por nosotros para el caso de Alicante, la agregación de poblaciones y superficies no plantea ningún problema metodológico; en cambio, surgen una serie de dificultades con relación a la distancia que conviene exponer detalladamente.

dij: Hace referencia a la distancia entre las ciudades *i* y *j*.

En nuestro caso, debido a que existe un conjunto de ciudades para cada unidad de análisis, se dificulta la medición directa de la variable distancia.

El profesor Tabuchi (14), cuando aplica su modelo al caso de Japón, considera *dij* como la distancia entre las poblaciones mayores de las dos unidades de análisis *i* y *j*, aunque manifiesta el inevitable sesgo que ello conlleva.

Nosotros, pretendiendo aumentar algo más la precisión de esta medición, hemos calculado los centros de gravedad poblacionales de cada unidad de análisis y hemos corregido las distancias medidas por carretera entre los núcleos más importantes de cada par de unidades de análisis, en base a los resultados del cálculo de los centros de gravedad.

(14) Tabuchi, T., 1982, *op. cit.*, págs. 24-28.

El procedimiento seguido para la determinación de los citados centros de gravedad ha sido el siguiente:

$$X_G = \frac{\sum^n P_i x_i}{\sum^n P_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum^n P_i y_i}{\sum^n P_i}$$

X_g = abscisa del centro de gravedad de una cierta unidad de análisis.

Y_g = ordenada del centro de gravedad de la unidad de análisis en cuestión.

P_i = población del núcleo i , correspondiente a la unidad de análisis.

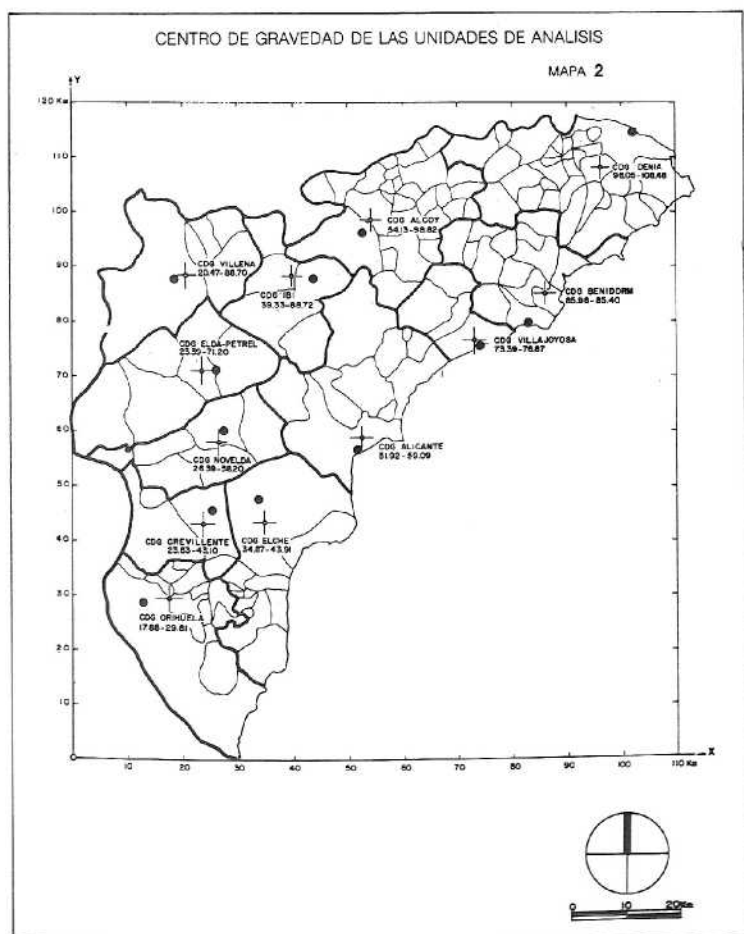
x_i = abscisa del núcleo i .

y_i = ordenada del núcleo i .

n = número de núcleos de la unidad de análisis

En el mapa 2 siguiente se observa la situación geográfica de los centros de gravedad calculados con arreglo a las ecuaciones expuestas.

Cuando el núcleo principal de población de la unidad de análisis tiene un peso relativo muy fuerte, como pasa con Alicante, Elche, etc., los centros de gravedad suelen estar próximos a los núcleos principales, pero en todo caso depende también de la situación y peso de los restantes núcleos.



Otra metodología diferente requiere el tratamiento de las distancias d_{ii} ; es decir, de las distancias internas de cada unidad de análisis.

Estas son las encargadas de poner de manifiesto la estructura espacial interna de cada ente regional analizado.

Un tratamiento superficial de estas cuestiones invalidaría la expresividad empírica de este modelo, rigurosamente formalizado a nivel teórico.

Algunos tratamientos de d_{ii} pueden verse en Koshizuka (15).

Proponemos medir la distancia de la siguiente forma:

$$d = \frac{\sum^n P_i d_i}{\sum^n P_i}$$

d = distancia interna de la unidad de análisis.

d_i = distancia entre el núcleo i y el núcleo principal de población de la unidad de análisis (medida por carretera).

P_i = Población del núcleo i .

n = número de núcleos de la unidad de análisis.

La lógica del procedimiento de medición estriba en que el núcleo principal de población de cada unidad de análisis ejerce una gran atracción sobre su territorio tributario, generándose una dependencia funcional que justifica este tratamiento de las distancias internas.

Pero para que estas distancias fueran significativas y expresivas de la realidad a la que se refieren, era necesario ponderarlas con sus pesos poblacionales y recoger así en este indicador de distancia interna una información certera de la disposición espacial y peso específico de cada núcleo de la unidad de análisis.

Como veremos, el modelo de optimización que proponemos es muy sensible a la variable distancia, por lo que estas cuestiones resultan básicas para los resultados de distribución óptima de población.

3.3. Determinación de las poblaciones óptimas

Tras haber obtenido en el apartado 2 la distribución óptima de población en un contexto teórico, trataremos de examinar las implicaciones empíricas utilizando los datos de la provincia de Alicante.

Anteriormente, justificamos la elección de las unidades de análisis (ap. 3.1) y el tratamiento dado a la variable distancia (ap. 3.2).

Sin embargo, quedan por definir dos parámetros del modelo: " λ " y " K ", que no pueden obtenerse a través de los datos estadísticos.

En realidad, el valor de " λ " no es posible determinarlo definitivamente, ya que varía para cada función urbana y para cada ente territorial. Se han realizado muchos estudios sobre el tema que han determinado el valor de este parámetro para cada tipo de actividad humana. Nosotros adoptaremos $\lambda = 2$ (el valor original del modelo de gra-

(15) Koshizuka, T., 1978, *op. cit.*

vedad de Isaac Newton), al igual que hace el profesor Tabuchi, cuando aplica su modelo al caso de Japón.

Hubiera sido interesante analizar el impacto de los cambios de γ en los resultados del modelo, pero hemos preferido dejar abierto este campo para futuros trabajos de investigación.

Vimos en la ecuación [VIII], del ap. 2, que las poblaciones óptimas de cada unidad de análisis podíamos obtenerlas así: $p^* = 1/2 (S - KD)^{-1} \mu$

P^* = vector de poblaciones óptimas.

μ = multiplicador de Lagrange.

$$S = \begin{bmatrix} S_1^{-1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & S_n^{-1} \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} d_{11}^{-\lambda} & & & & \\ & \ddots & & & \\ & & d_{ij}^{-\lambda} & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & d_{nn}^{-\lambda} \end{bmatrix}$$

K = parámetro.

Para proceder al cálculo de las poblaciones óptimas necesitamos especificar el parámetro K .

Como es casi imposible determinar el valor de K dentro del intervalo $0 < K < 1/\sigma(M)$, éste se dividió en 5 segmentos iguales:

$$Km = \frac{m-1}{5} \frac{1}{\sigma(M)}; \quad m = 1, \dots, 6$$

Estos segmentos, antes de completar el cálculo de las densidades óptimas definitivas, fueron sometidos al siguiente análisis:

Se calcularon P_m ($m = 1, \dots, 6$) obtenidos para cada valor de Km y esto sirvió de base para la determinación del Km real.

El parámetro K significa el grado relativo de importancia concedido a las variables "beneficio de interacción" y "costo de congestión".

Un incremento de K favorece la concentración de la población.

Definamos, seguidamente, Nm como:

$$Nm = [P^* - P_m] = \left[\sum_{i=1}^{12} (P_i - P_m)^2 \right]^{1/2};$$

$$m = 1, \dots, 6$$

Esta nueva variable introducida nos permite comparar la similitud entre la distribución actual de población (consideraremos el año 1981) y cada una de las 6 óptimas distribuciones P_m^* ($m = 1, \dots, 6$).

Calculados los valores de Nm , obtuvimos los siguientes resultados:

m	Nm
1	579.577
2	545.870
3	493.879
4	415.788
5	378.070
6	1.608.833

Observamos que el menor valor de Nm se da para $m = 5$.

De todas las distribuciones óptimas elegiremos la P_5 como la definitiva, por ser la más cercana a la distribución de población actual.

A continuación exponemos los resultados de las poblaciones óptimas obtenidos en base a los criterios anteriormente establecidos.

Unidades de Análisis	Población en 1981	Población óptima
Area de Alicante.....	315.421	357.129
Area de Elche.....	209.173	75.165
Area de Alcoy.....	92.256	89.605
Area de Elda-Petrel....	97.187	95.065
Area de Villena.....	34.799	170.691
Area de Benidorm.....	65.311	46.077
Area de Denia.....	87.652	80.973
Area de Orihuela.....	104.528	87.719
Area de Villajoyosa....	22.784	30.080
Area de Crevillente....	33.654	26.119
Area de Novelda.....	45.578	47.681
Area de Ibi.....	40.254	42.288

4. ¿UTOPIA O REALIDAD?

Cuando planteamos un problema de optimización surgen, inmediatamente, una serie de cuestiones y dudas, tanto a cerca de la validez conceptual de lo que se propone como referentes, incluso, a la legitimidad misma de la denominación.

Es innegable que cualquier óptimo es relativo, no ya por la exactitud del desarrollo matemático de la función a optimizar, ni por la posibilidad de su determinación, sino porque el término óptimo siempre vendrá referido a un contexto determinado y no tendrá sentido fuera de él.

Aunque en este artículo hayamos adoptado el término "óptimo" no quiere decir que concedamos validez absoluta a los resultados del modelo, sino que, desde el punto de vista de las variables consideradas, conseguimos una optimización matemática.

El hecho de que hayamos obtenido una distribución óptima de población en la provincia de Alicante, significa que la citada distribución optimiza, simultáneamente, el "beneficio de interacción provincial" y el "costo de congestión", y no que tales poblaciones resulten ser objetivamente las idóneas desde todos los puntos de vista adoptables.

Sin embargo, las variables consideradas son esenciales a la hora de conseguir una buena organización de los asentamientos humanos.

El mejor modelo no es el más complejo ni el que incorpora más masa de información, un modelo válido debe contener las variables significativas y prescindir de las que no lo son.

A continuación procedemos a analizar los resultados del modelo de optimización propuesto, con objeto de extraer conclusiones válidas para la ordenación del sistema urbano alicantino.

En primer lugar, estudiaremos las tendencias del crecimiento poblacional en las unidades de análisis

a la luz de las poblaciones óptimas, determinadas anteriormente.

Los gráficos siguientes son muy elocuentes de la concordancia entre la evolución del crecimiento poblacional de cada unidad de análisis y el tamaño óptimo de su población.

Las áreas de Alcoy, Elda-Petrel, Denia, Novelda e Ibi presentan una evolución muy coherente con el tamaño óptimo de su población.

En estas áreas urbanas, el conjunto de factores que han propiciado el crecimiento poblacional han actuado de forma equilibrada y compatible con una óptima distribución de la población en el espacio.

El área de Alicante, que es la básica para la adecuada estructuración del sistema urbano provincial, ha registrado en el período analizado (1920-1981) un crecimiento poblacional sin precedentes que ha posibilitado, en gran medida, un acercamiento de la distribución espacial de la población hacia el óptimo calculado.

No obstante, todavía se requiere una mayor absorción de población en dicha área urbana para seguir optimizando el modelo de asentamientos.

El área de Elche presenta una de las mayores incoherencias de la distribución de población en la provincia de Alicante, ya que ha estado creciendo durante todo el período considerado y, especialmente, en las dos últimas décadas, a un ritmo muy fuerte y, en realidad, la población óptima requerida en esa área urbana es muy inferior a la actual.

El área de Benidorm se ha mantenido hasta 1970 con una población muy próxima a la óptima calculada, pero el despegue turístico producido en la última década ha hecho que creciera su población más allá de los límites deseables.

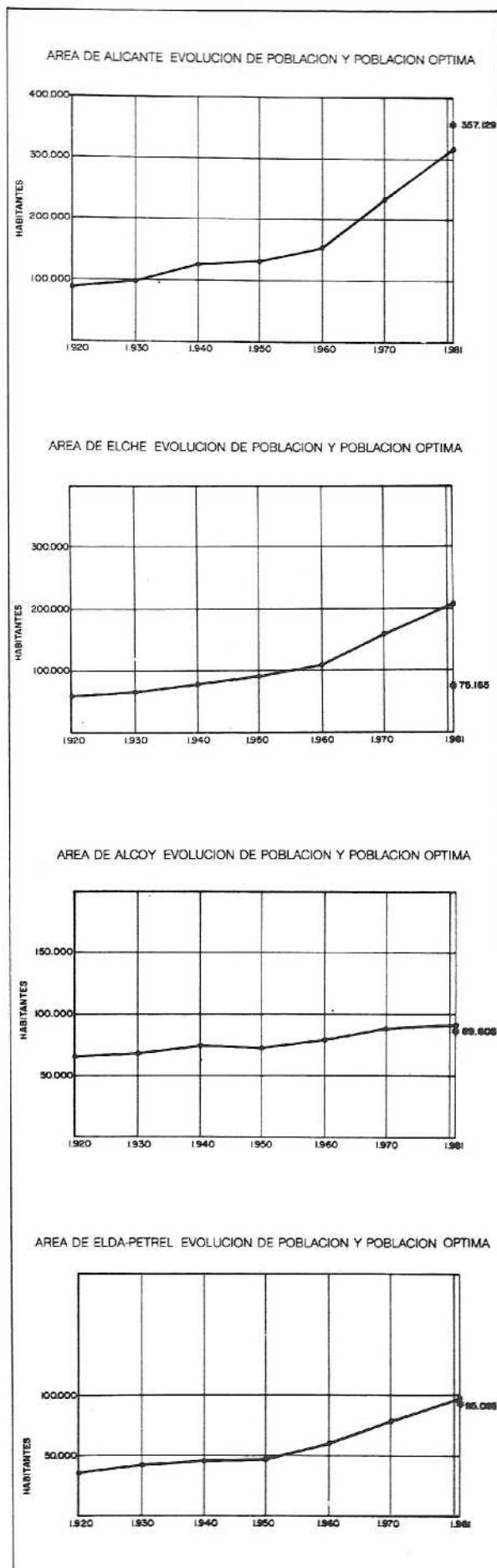
Una dinámica similar ha seguido el área de Crevillente, pero, en este caso, debido a un fuerte despegue del sector industrial.

El área de Orihuela ha seguido una dinámica poblacional caracterizada por unas tasas de crecimiento muy constantes y a un nivel levemente inferior al del crecimiento vegetativo de la población.

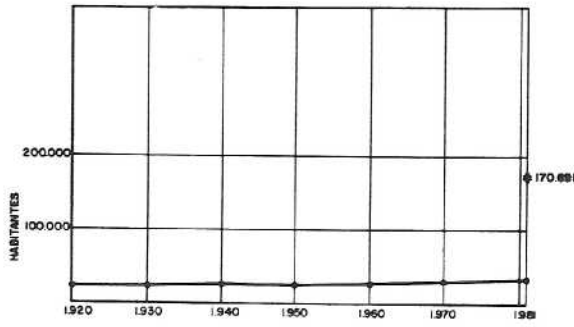
En 1981 contaba con una población que superaba a su óptima en un 20 por 100. Esto es explicable por el hecho de que el modelo propuesto considera regiones cerradas y, en este caso, por la proximidad de Murcia, el área de Orihuela goza de una accesibilidad mayor de la que le corresponde por la estricta aplicación de este modelo de optimización.

El área de Villajoyosa presenta una población estacionaria desde 1900 a 1960, a partir de entonces se observa un crecimiento significativo que no ha sido capaz de elevar la población de esta área urbana hasta la requerida por el modelo de optimización.

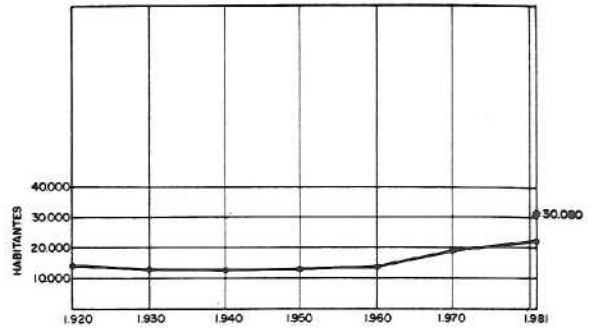
Es curioso destacar que las áreas de Villajoyosa y Benidorm, de hecho, están bastante integradas, y juntas constituyen la comarca de la Marina Baixa; pues bien, la población que requiere el área de Villajoyosa para alcanzar su óptimo es muy similar a la que le sobra a Benidorm para obtener el suyo; de modo que, consideradas conjuntamente, suman la población óptima calculada en nuestro modelo de optimización.



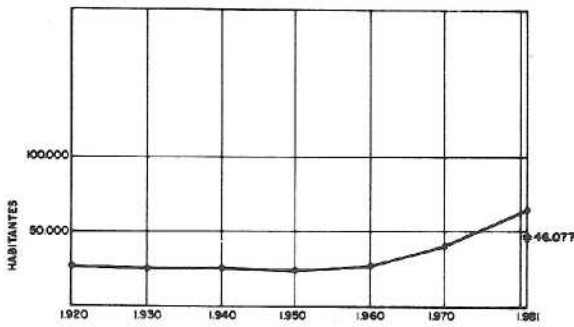
AREA DE VILLENA EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



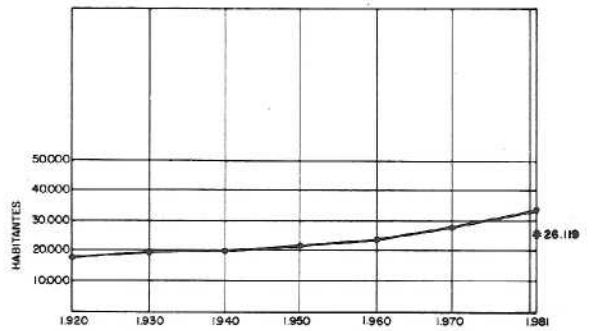
AREA DE VILLAJYOSA EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



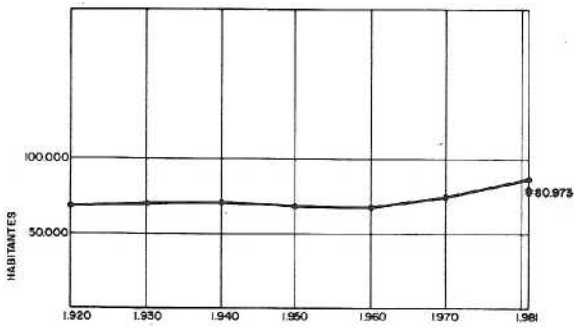
AREA DE BENIDORM EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



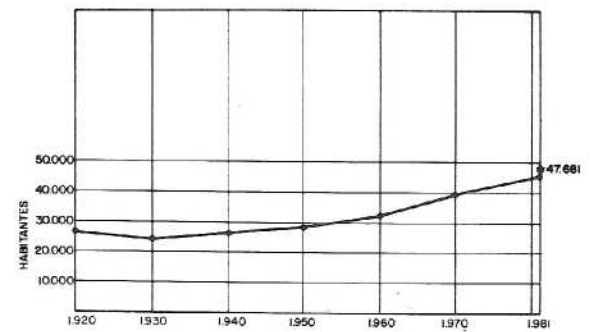
AREA DE CREVILLENTE EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



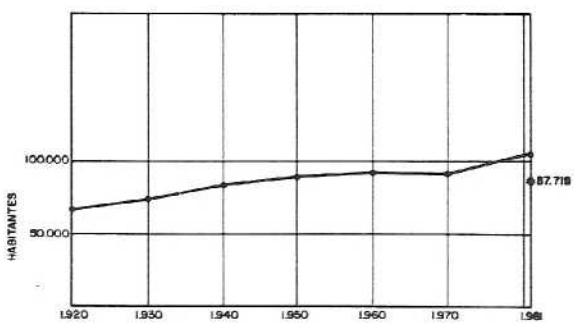
AREA DE DENIA EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



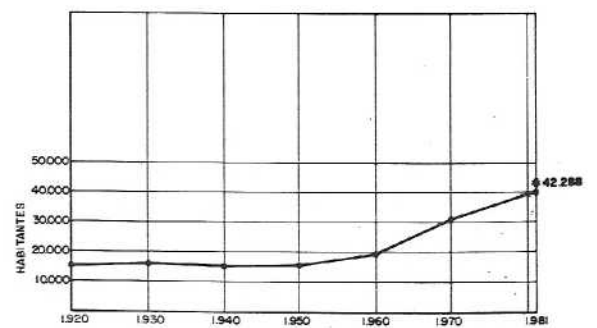
AREA DE NOVELDA EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



AREA DE ORIHUELA EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA

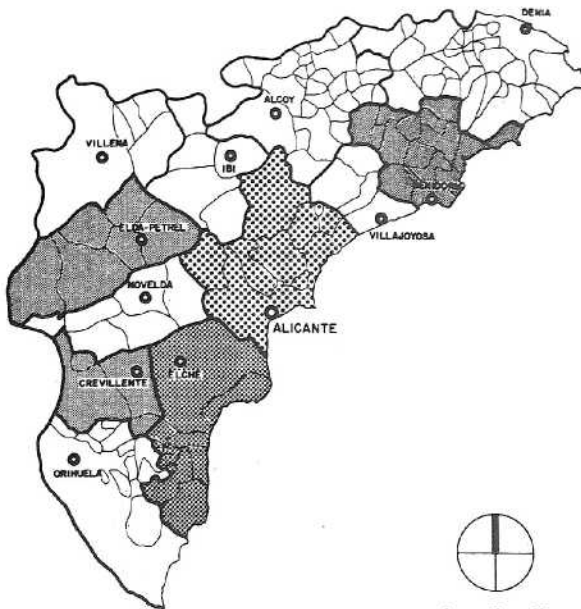


AREA DE IBI EVOLUCION DE POBLACION Y POBLACION OPTIMA



DISTRIBUCION ACTUAL DE DENSIDADES EN LA PROVINCIA DE ALICANTE

MAPA 3

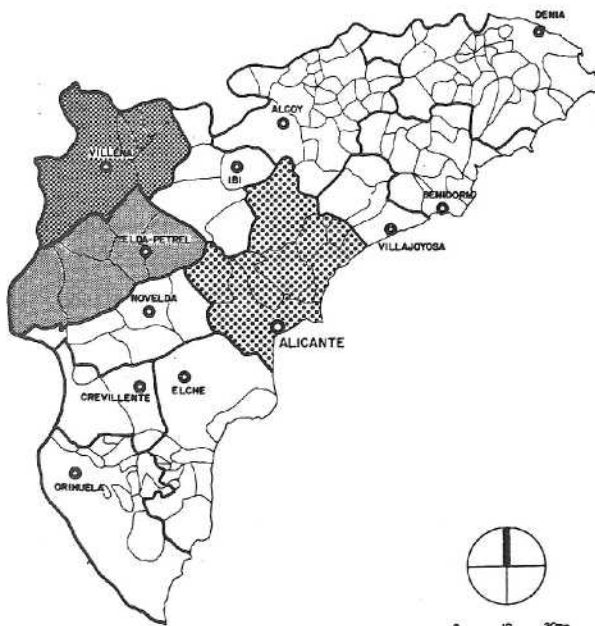


INTERVALOS DE DENSIDADES

	$D < 160$
	$160 \leq D < 300$
	$300 \leq D < 450$
	$450 \leq D$

DISTRIBUCION OPTIMA DE DENSIDADES EN LA PROVINCIA DE ALICANTE

MAPA 4



INTERVALOS DE DENSIDADES

	$D < 160$
	$160 \leq D < 300$
	$300 \leq D < 450$
	$450 \leq D$

Por último, sólo nos queda comentar el área de Villena, que, según los resultados del modelo, tiene vocación de desempeñar un papel clave para la óptima estructuración del sistema poblacional alicantino.

El área de Villena presenta una población estacionaria desde 1920 a 1981 y a un nivel muy inferior al requerido para que el conjunto provincial responda al óptimo detectado.

Finalmente, hemos confeccionado los mapas 3, 4 y 5, que expresan las densidades actuales, las óptimas y las diferencias entre unas y otras.

Obsérvese en el mapa 4 que las mayores densidades provinciales se dan en las unidades de análisis situadas en la carretera nacional Alicante-Madrid.

Esta vía, de carácter nacional, constituye uno de

COMPARACION ENTRE POBLACION ACTUAL Y OPTIMA

MAPA 5



	$0.8 < \frac{D_{act}}{D_{opt}} < 1.1$	DEBE PERMANECER SU POBLACION
	$1.1 < \frac{D_{act}}{D_{opt}} < 1.5$	DEBE CRECER SU POBLACION
	$\frac{D_{act}}{D_{opt}} < 0.8$	DEBE DISMINUIR SU POBLACION

los canales de máxima accesibilidad y podemos observar que por su situación es un eje de simetría del territorio de la provincia de Alicante.

En el área de Alicante aparece la mayor densidad óptima provincial y, curiosamente, se halla en la confluencia de los canales de máxima accesibilidad de la provincia.

Dicho mapa expresa, claramente, que existen dos áreas de fuerte densidad poblacional: Alicante y Villena. El área de Elda-Petrel también tiene una fuerte densidad, aunque no tan alta como las anteriores.

Para concluir, hemos grafiado en el mapa 5 las zonas que con arreglo a este modelo de optimización deben mantener, incrementar o disminuir su población.

El objetivo esencial de este artículo no ha sido la obtención de los resultados empíricos que hemos expuesto, sino el proponer una metodología susceptible de constituir un valioso instrumento en la búsqueda de directrices para la Ordenación del Territorio.