

Lurralde	11	1988	p. 315-327	ISSN 0211-5891
----------	----	------	------------	----------------

CDU 911.375

DIVERSIDAD DE FUNCIONES EN SISTEMAS DE LUGARES CENTRALES*

Recibido: 1987-12-31

Joseba JUARISTI

Departamento de Geografía - Universidad del País Vasco
Facultad de Filología y Geografía e Historia
c/Marqués de Urquijo s/n.º - 01006 VITORIA - GASTEIZ

RESUMEN: Diversidad de funciones en sistemas de lugares centrales.

El concepto de incertidumbre utilizado en la teoría de la información puede aplicarse como una medida de la diversidad de funciones en sistemas de lugares centrales. La diversidad se relaciona tanto con el comportamiento de los consumidores en compras múltiples como con el uso de servicios y compras redundantes.

En este artículo se examinan algunas características de sistemas de lugares centrales clásicos desde el punto de vista de la diversidad y sus relaciones con medidas de la centralidad.

Palabras Clave: Teoría de lugares centrales, Incertidumbre, Fórmula de Shannon, Sistema de Lösch, Sistema de lugares centrales de Tinbergen.

ABSTRACT: Diversity of functions in central place systems.

The concept of uncertainty used in information theory can be applied as a measure of diversity of functions in central place systems. Diversity is both related with multipurpose consumer's behaviour and with redundant use of services and purchase of goods.

In this paper some implicit characteristics of classical central place systems are examined from the point of view of diversity and its relations with centrality measures.

Key Words: Central Place Theory, Uncertainty, Shannon's formula, Lösch system, Tinbergen Central Place System.

LABURPENA: Erdiguneen sistemetan funtzioen desberdintasuna.

Informazio teorian erabiltzen den zalantzen kontzeptoa, erdiguneen sistemetan funtzioen desberdintasunaren neurketa gisa baliagarritzat jo dezakegu. Desberdintasun hau erlazionatzen da konsumatzaileen jokabidearekin, nahiz anitz-erosketetan, nahiz serbitzuen erabilpen eta gainezko erosketetan.

Artikulo honetan erdiguneen sistema klasikoen ezaugarri batzuk, erdikortasunaren neurketekin dituen harremanen eta desberdintasunaren ikuspuntutik aztertzen dira.

(*) Este artículo fue presentado como comunicación al simposio W4, sobre Modelos Matemáticos de la Unión Geográfica Internacional. Madrid. Agosto 1986. En la Introducción se han realizado algunos pequeños cambios.

1. Introducción.

Aunque la noción de diversidad, tomada de la teoría de la información ha sido abundantemente utilizada en ecología de campo (desde Margalef, en 1958), y existen diferentes manuales al uso que permiten una fácil introducción a las medidas de la diversidad (Pielou, 1975; Magurran, 1987), su utilización en Geografía urbana es aun incipiente, teniendo aquí un amplio campo de aplicaciones. Estas aplicaciones suponen una cierta innovación conceptual, que va más allá de la utilización de la estadística de la información a problemas geográficos. Una revisión de las utilidades de la teoría de la información en Geografía puede encontrarse en Juaristi (1984).

Desde el punto de vista urbano, el concepto de diversidad tiene dos significaciones precisas. En primer lugar, aplicado a la estructura económica de las ciudades los criterios de diversidad sirven como técnica de clasificación de las ciudades en niveles tróficos —siguiendo la analogía ecológica— suponiendo que los grupos de ciudades así obtenidos tengan una dinámica similar, como si se tratara de especies dentro de un ecosistema, tal como lo proponen Dendrinós y Mullally (1985). Un ejemplo de este tipo de aplicaciones se encuentra en Juaristi (1985 a). No obstante, también son posibles las aplicaciones a la estructura interna de la ciudad, para describir las áreas de comercio al por menor, como en González (1986).

Una segunda significación de la diversidad entra en el campo de las teorías de lugares centrales, donde la diversidad sirve como parámetro para calibrar las diferentes medidas de centralidad. Habitualmente las medidas de centralidad toman la forma de sumatorios de las probabilidades de utilización, por parte de los consumidores, de bienes y servicios individuales, en especial el conocido índice de Davies (1967). Estas medidas ignoran el efecto agregado de las funciones presentes en un lugar central, esto es, la atracción que puede suponer la presencia conjunta de bienes y servicios para su adquisición o utilización por parte del consumidor.

Esta idea, que aparece en algunos de los primeros intentos de corrección y adaptación de las teorías de lugares centrales, como en Baumol e Ide (1956), se ha tratado de desarrollar recientemente a nivel microeconómico (Thill, 1985). Aquí, sin embargo, utilizamos los índices de diversidad dentro de un enfoque "macro" del sistema urbano, como criterio de clasificación de los lugares centrales.

En este artículo se considera, por tanto, esta segunda significación. Tomando como ejemplo dos sistemas bien conocidos de lugares centrales: el sistema de Lösch y un sistema inclusivo del tipo de Tinbergen, se examinará en los mismos la distribución de la diversidad como una cualidad implícita de los mismos. Ello nos podría ayudar a comprender la evolución que han tenido ciertas formas de detallismo, en las que existe toda una combinación de modalidades de diversidad y centralidad. Así, las grandes superficies de venta (hipers, supers, etc.) operan con diversidades altas, pero con productos que por lo general son de baja centralidad. Por el contrario, las tiendas de artículos de lujo del centro de la ciudad operan con una diversidad de productos baja, pero productos que tienen una alta centralidad (en términos de área de influencia, por ejemplo).

2. Diversidad y teoría de lugares centrales.

La diversidad de productos, o de bienes y servicios, que ofrece el mercado tiene un efecto catalizador sobre los consumidores.

El consumidor, limitado por su presupuesto individual, por sus necesidades, por sus hábitos culturales, por su capacidad de transporte y almacenaje, etc., acude a lugares de mercado —lugares centrales— en los que las posibilidades de *decisión* sobre la adquisición de bienes son aparentemente ilimitadas. El número de posibilidades de elección depende del número de bienes y servicios que ofrece un lugar central. Así, un lugar que ofrezca un único producto ofrece dos posibilidades (adquirirlo o no adquirirlo), un lugar que ofrezca dos productos: A y B, por ejemplo, ofrece cuatro posibilidades; adquirir A, adquirir B, adquirir A y B conjuntamente, o no adquirir ninguno. El número de posibilidades de adquisición, sin tener en cuenta las cantidades o unidades de productos adquiridos, puede comprobarse que es igual a 2^n , siendo n el número de productos presentes en el lugar central. Así, un lugar que ofrezca 10 productos supondrá un total de 1024 posibilidades, y un lugar que ofrezca 20 productos superará el millón de posibilidades de decisión.

Resulta evidente que ningún consumidor es capaz de realizar un repaso de todas sus posibilidades de adquisición, sino que estará orientado hacia un haz determinado de productos, si bien, según el concepto de excedente le quedará un margen de adquisición de algún producto redundante respecto a sus elecciones principales. La utilización por parte del consumidor de su excedente en otros productos tendrá lógicamente un campo de situaciones de decisión menor que 2^n , pero aún así, bastante amplio. Es aquí donde la diversidad tiene el papel de crear un clima de posibilidades de elección, en un lugar en el que pueden darse las aplicaciones múltiples de un presupuesto limitado. Por otra parte, la diversidad supone información sobre el mercado, tanto sobre la variedad de productos como de los precios de los mismos, y esa información es siempre parte de la utilidad de los consumidores.

Pero la diversidad no sólo tiene sentido en las compras múltiples, sino que su significado entraría dentro de la teoría de lugares centrales más tradicional. Los estudios empíricos demuestran que muchas funciones de poca centralidad aumentan de tamaño y número con el tamaño de las ciudades (por ejemplo, venta de periódicos, cafeterías, restaurantes, etc.), lo que indica que muchos desplazamientos realizados con un único propósito (por ejemplo, acudir a un notario, a un especialista médico, etc.) supone la utilización de funciones redundantes respecto a la función principal. En este aspecto pueden desarrollarse medidas específicas de diversidad, tal como se propone en Juaristi (1985 b).

3. Centralidad y Diversidad.

La fórmula de diversidad aquí planteada es el conocido índice de Shannon. Básicamente la fórmula es el sumatorio con signo negativo de la probabilidad multiplicada por el logaritmo de dicha probabilidad. Como tal fórmula describe la incertidumbre en función de unas probabilidades establecidas *a priori*.

Estas probabilidades se identifican aquí con la centralidad, de tal forma que la fórmula aquí describe la composición de funciones (o si se quiere, de bienes y servicios, "productos", o haces de bienes y servicios) y la centralidad o probabilidad regional de cada una de ellas. Así pues, la diversidad puede expresarse como sigue:

$$H_j = - \sum_{i=1}^n \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \log_2 \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \quad (1)$$

dónde

H_j es la diversidad de funciones en el lugar j .

n es el número de funciones presentes en el lugar j .

c_{ij} es la centralidad de la función i en el lugar j .

$\sum_{i=1}^n c_{ij}$ es la centralidad total del lugar j , de tal forma que

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} = 1 \quad (2)$$

y cumple la condición de que si cada

$$c_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n}, \text{ entonces}$$

$$H_j \text{ max} = - \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \log_2 \frac{1}{n} = \log_2 n \quad (3)$$

En este punto es necesario señalar el significado de c_{ij} , ya que existen muchos conceptos de centralidad, y muchas formas operativas de calcularla (ver, por ejemplo, King, 1984). Al menos se requieren dos propiedades de c_{ij} .

Primero, c_{ij} debe considerarse como una probabilidad *a priori*, basada en la abundancia o escasez de la función i en el sistema regional. Por ejemplo, c_{ij} puede tomar la forma

$$c_{ij} = Z_{ij} \frac{K}{Z_i} \quad (4)$$

donde

Z_i es el número de establecimientos que distribuyen la función i en la región.

Z_{ij} es el número de establecimientos que distribuyen la función i en el lugar j .

K es una constante que puede tomar diferentes dimensiones, tales como un valor fijo (por ejemplo, igual a 100) o ser cualificado de acuerdo con la función i (por ejemplo, proporción de la población que utiliza la función i , o proporción media de la renta utilizada en la función i).

En segundo lugar, c_{ij} debe ser una probabilidad independiente, no compartida, en el sentido que la centralidad de la función i en el lugar j no depende de la presencia de otras funciones en el mismo lugar central. Muchos índices de centralidad, como el de Davies (1967) cumplen estas condiciones.

4. Propiedades de la diversidad.

La diversidad, en sentido estricto, no es una cualidad necesaria de los lugares centrales. Incluso podrían pensarse, al menos en teoría, sistemas de lugares centrales en los que cada lugar tuviera una única función, y en ese caso la diversidad de cada centro sería nula. Sin embargo, las diferentes teorías mantienen hipótesis sobre la forma en que se combinan los bienes y servicios sobre retículas de puntos, para producir una estructura jerárquica de centros y de funciones. Así pues, la diversidad es una cualidad implícita de los sistemas de lugares centrales.

El significado de la fórmula (1), supone:

- Que la diversidad de un centro es mayor en la medida que el número de funciones que contiene es mayor.
- Para un centro con un número de funciones determinado, la diversidad será máxima cuando todas las funciones tengan el mismo valor de centralidad.

En relación con el concepto de incertidumbre probabilística, cuando la diversidad de un centro con n funciones es máxima (esto es, $H_j = \log n$), la incertidumbre de uno acerca del propósito de los consumidores que acuden a ese centro es máxima. Pero cuando una o pocas funciones destacan por sus valores de centralidad sobre el resto de las funciones del centro, entonces la incertidumbre tiende a ser menor y los propósitos de los consumidores son "mejor" conocidos. Esta situación puede describirse cuando los índices de Redundancia o de Ganancia de Información tienden a un máximo. Donde la Redundancia R_j es,

$$R_j = 1 - \frac{H_j}{\log_2 n} \quad (5)$$

Y la Ganancia de Información I_j es

$$I_j = \sum_{i=1}^n \left[\frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \right] \log_2 \left[\frac{n c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \right] \quad (6)$$

En otras palabras, puede decirse que la fórmula (1) describe la composición funcional de un centro en términos de mayor o menor especialización. Los centros diversificados tienden a una máxima incertidumbre y los centros especializados tienden a una redundancia máxima o a una ganancia de información máxima.

Con un conocimiento imperfecto del mercado los consumidores tienen una imagen de los centros en términos de tamaño —o número de funciones— y de especialización funcional, y ahí la diversidad tiene sentido como medida de la información.

En los siguientes apartados se analizarán las propiedades de diversidad de dos sistemas de lugares centrales teóricos: el sistema de Lösch y un modelo inclusivo del tipo de Tinbergen.

5. El sistema de Lösch.

Consideramos aquí el sistema de Lösch como bien construido desde los supuestos de la utilidad de los productores. El análisis de la diversidad se realizará en un sector de 60° del paisaje loschiano alrededor de la primera ciudad —la metrópolis— que incluye completamente un sector “pobre” de centros y un sector “rico” de centros, considerando un total de 150 funciones. El sistema se construye siguiendo el método de Beavon y Mabin (1975), reproducido también en Beavon (1981).

El número total de centros comprendido en el sector de 60° es de 312, y la combinación de funciones por la superposición de redes produce una estructura jerárquica en términos de número de centros y número de funciones con una clara primacía de la metrópolis, que contiene 150 funciones, en comparación con otros centros (un centro con 11 funciones, 3 con 9, 4 con 8, 6 con 7, 28 con 5, 43 con 4, 43 con 3 y 64 con 2). Existen además centros sin diversidad, esto es 61 centros con una única función, y otros 61 sin ninguna función central.

Dado uno de los supuestos de Lösch, un sistema de asentamientos discreto, con igual población en cada asentamiento e igual renta por unidad consumidora (familia), una medida de la centralidad en este sistema podría ser el número de asentamientos que son servidos por el centro en consideración, esto es, el sumatorio de los *números de Lösch* de consumidores efectivos. Por ejemplo, la función número 1 sirve a 3 asentamientos, y la función número 2 sirve a 4 asentamientos. Un centro que contenga únicamente las funciones 1 y 2 tendrá un valor de centra-

alidad de $3 + 4 = 7$. Aunque habitualmente los números de Lösch se escriben como n_i^* , aquí los escribiremos como m_{ij} para evitar confusiones con el número de funciones que coinciden en un centro. Así, la centralidad de un lugar j en el sistema de Lösch será,

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} \tag{7}$$

El subíndice i , escrito en el sumatorio $i=1$, indica un ordinal (desde la función primera hasta la n) y no identifica el número de Lösch.

Así, por ejemplo, la centralidad de la metrópolis, en la que coinciden 150 funciones será,

$$\sum_{i=1}^{150} m_{ij} = 3 + 4 + 7 + 9 + \dots + 507 + 508 + 511 = 36.379.$$

Sustituyendo c_{ij} por m_{ij} en (1), obtenemos la diversidad H_j .

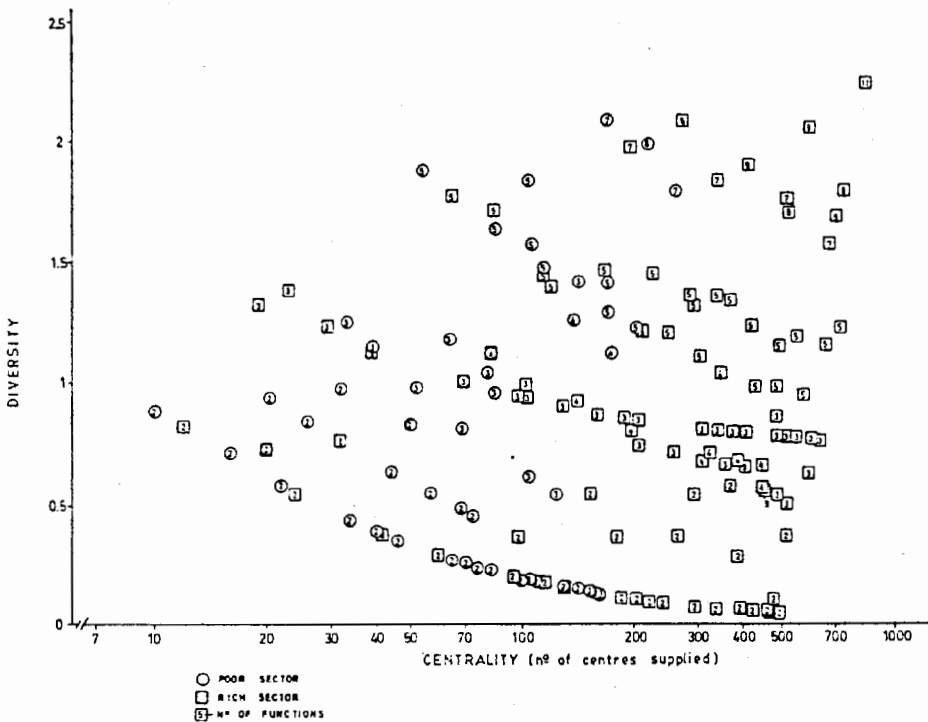


FIG. 1

Los valores de la centralidad y la diversidad de los centros en el sector de 60° están representados en la figura n.º 1. El esquema de puntos muestra una relación negativa entre la diversidad y la centralidad para un número determinado de funciones, y puede observarse que los centros del sector "pobre" alcanzan los valores más altos de diversidad con funciones de centralidad más bajas.

La figura n.º 2 muestra las distribuciones rango-tamaño de la diversidad máxima de los centros, esto es, el número de funciones (distribución a), y la distribución de la diversidad real de los centros (distribución b), que produce una distribución continua de los centros, en relación con la idea "intuitiva" (siguiendo a Parr, 1973), de que el sistema de Lösch producía una distribución no-escalonada de los centros

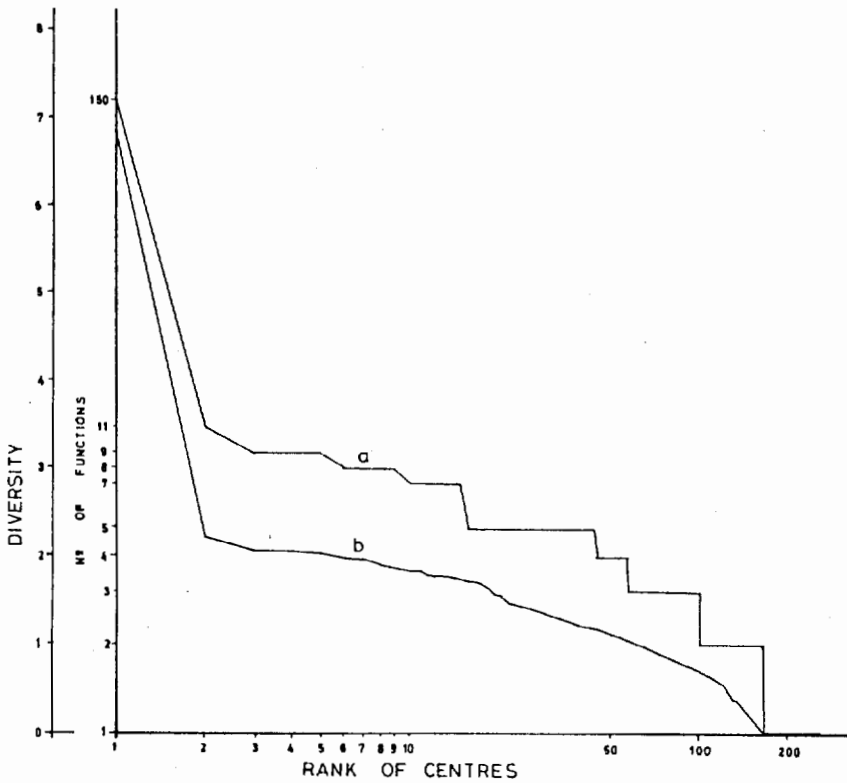


FIG. 2

Curiosamente, la idea de los geógrafos acerca del sector rico y el sector pobre de centros es más conocida en términos de número de funciones que coinciden en cada centro, y por ende, en términos de diversidad, en especial a partir del gráfico de Haggett (1965), basado en el gráfico de Lösch (1954, p. 127, fig. 32). No obstante, las diferencias en cuanto a los valores de centralidad mostrarían un contraste mucho más drástico.

El concepto de diversidad añade una nueva propiedad al sistema de Lösch. El sector pobre es pobre en términos de centralidad, pero los centros en este sector son diversificados. El sector rico es rico en términos de centralidad, pero las funciones de baja centralidad aquí tienen un papel redundante, esto es los centros del sector rico son centros especializados. La excepción aquí es la metrópolis, con alta centralidad (36.379) y alta diversidad (6,94 bits).

La figura n.º 3 muestra los valores de redundancia en el sistema descrito para un número determinado de funciones. El espectro de redundancia es mayor para centros con pocas funciones, esto es, hay una gama más amplia en las combinaciones de valores de centralidad de sus funciones. Los valores más bajos se alcanzan en centros con 2 y 3 funciones y en la metrópolis.

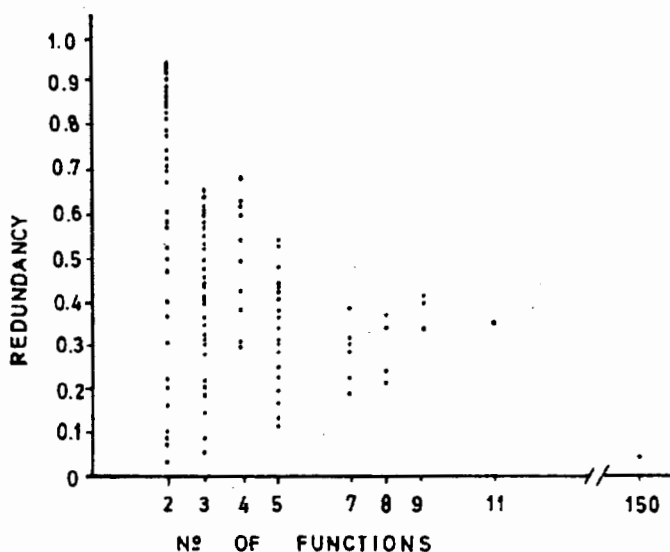


FIG. 3

6. Un modelo inclusivo.

Se analiza ahora la diversidad de funciones en un modelo inclusivo del tipo de Tinbergen (Tinbergen, 1961), en el sentido de que el sistema cuenta con n centros y n funciones (industrias en el artículo original). El centro que ocupa el primer lugar de la jerarquía tiene n funciones, y el centro que ocupa el puesto más bajo tiene sólo una función. El modelo es inclusivo ya que el centro que tiene la función n_i , tiene también la función n_{i-1} , n_{i-2} , ..., 1.

En este modelo el número de niveles jerárquicos es igual al del número de centros, de tal forma que cada centro tiene una función más que el centro inmediato inferior en la jerarquía, y una función menos que el centro inmediatamente superior en la jerarquía.

En este caso, no hacemos ninguna consideración sobre la distribución espacial de los centros, y añadimos los siguientes supuestos:

1. Todas las funciones tienen los mismos valores de centralidad a nivel regional. Por ejemplo: $c_1 = c_2 = c_3 = \dots = c_n = 100$. Esta situación sucede cuando todos los individuos utilizan la misma proporción de su renta en el producto, o servicio n.º 1, 2, 3, ..., n.
2. La centralidad de cada función puede ser dividida de forma continua. Esto es, el número de establecimientos que distribuyen las funciones puede ser ilimitado para cumplir este supuesto.
3. La centralidad de cada función se distribuye de acuerdo con el tamaño de población de los centros, de tal forma que, sea p_j la población del centro j , sea $\sum_{j=1}^n p_{ij}$ la población total de los centros que distribuyen la función i .

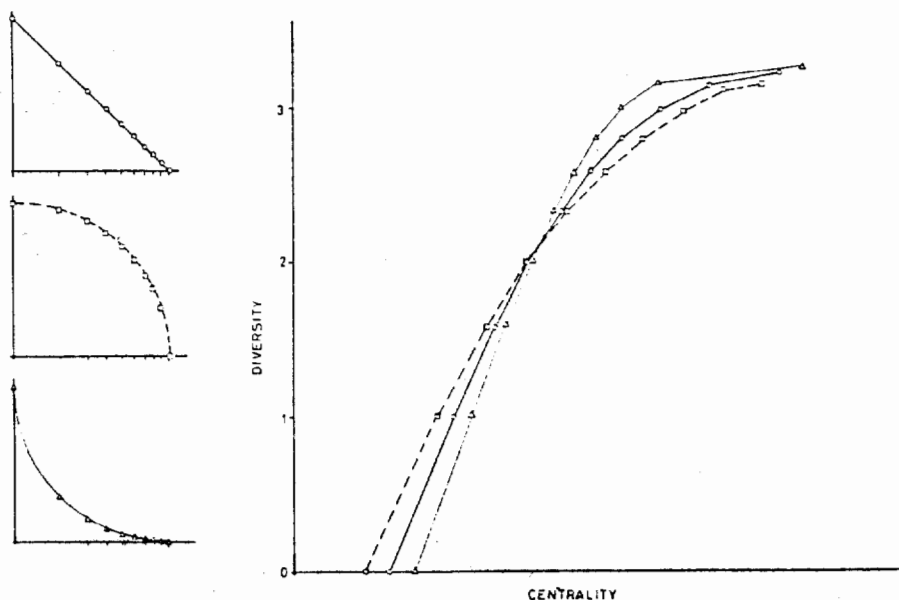


FIG. 4

Entonces, la centralidad de la función i en el lugar j , será

$$c_{ij} = \frac{p_j \sum_{j=1}^n c_{ij}}{\sum_{j=1}^n p_{ij}} \quad (8)$$

4. La población de los centros viene dada, considerando en este ejemplo tres tipos de distribución rango-tamaño:
- una distribución regular con pendiente igual a -1 .
 - una distribución rango-tamaño convexa.
 - una distribución cóncava, o de primacía.

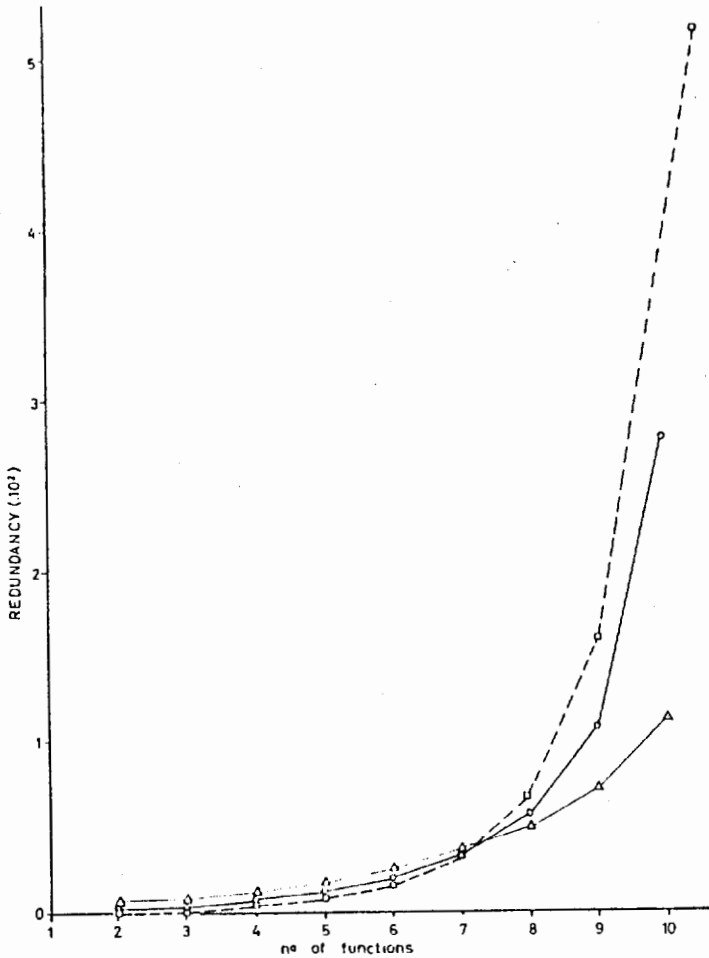


FIG. 5

Para este ejemplo se ha tomado un sistema sencillo de 10 lugares y 10 funciones. Los valores de centralidad y diversidad están representados en la figura n.º 4. En todos los modelos la relación entre centralidad y diversidad es convexa, esto es, la diversidad tiende a ser estable al aumentar el tamaño urbano. Por otra parte, la diversidad aumenta rápidamente con pocas funciones en los niveles más bajos de la jerarquía, lo que en un sentido dinámico supondría que en las primeras etapas de crecimiento de un lugar central, la diversidad aumentaría más rápidamente que la centralidad.

En este modelo inclusivo la redundancia es más baja que en el sistema de Lösch. La figura n.º 5 muestra la distribución de la redundancia en los tres casos. Esta distribución sugiere que un modelo de este tipo que tienda a maximizar la diversidad deberá tener una distribución rango-tamaño de la población que sea cóncava en los rangos más altos y convexa en los rangos más bajos.

7. Conclusiones.

La diversidad de funciones expresada a través de medidas de incertidumbre describe la estructura de la centralidad de los asentamientos en sistemas de lugares centrales. La principales propiedades de la diversidad están implícitas en la teoría de la información. Así pues,

- La diversidad puede aumentar con pocas funciones, y con funciones de baja centralidad. En sistemas urbanos una interpretación de ésto es el desarrollo de centros con muchas funciones de baja centralidad.
- La diversidad tiende a ser estable en centros con muchas funciones, y por tanto, pocas funciones añadidas a un lugar central con alta diversidad implican un aumento muy pequeño de su diversidad, mientras que añadidas a un centro de baja diversidad suponen un mayor aumento proporcional de su diversidad.
- En el sistema de Lösch la diversidad de los rangos medios y bajos en la jerarquía es “sacrificada” a favor de la metrópolis, pero también la diversidad del sector rico es sacrificada a favor de su centralidad.
- En los modelos inclusivos la redundancia aumenta con el tamaño urbano. En una analogía informacional puede decirse que la percepción humana funciona de forma similar: las grandes ciudades ofrecen más funciones, pero también funciones más redundantes respecto a los propósitos de los consumidores.

8. BIBLIOGRAFIA.

- BAUMOL, W. J. e IDE, E. A. (1956): “Variety in retailing”. *Management Science*. Vol. 3, pp. 93-103.
- BEAVON, K. S. O. (1981): *Geografía de las actividades terciarias*’. Oikos Tau. Barcelona.

- BEAVON, K. S. O. y MABIN, A. S. (1975): "The Lösch system of market areas. Derivation and Extension". *Geographical Analysis*. Vol. 7. pp. 131-151.
- DAVIES, W. K. D. (1967): "Centrality and the Central Place Hierarchy". *Urban Studies*, Vol 4. pp. 61-79.
- DENDRINOS, D. S. y MULLALLY, H. A. (1985): "*Urban evolution: studies in mathematical ecology of cities*". Oxford University Press. Oxford.
- GONZALEZ GONZALEZ, M. J. (1986): "La teoría de la información en Geografía", en Métodos Cuantitativos en Geografía: Enseñanza, Investigación y Planeamiento. Grupo de Métodos Cuantitativos en Geografía. Asociación de Geógrafos Españoles. Madrid, pp. 343-352.
- HAGGETT, P. (1965): "*Locational Analysis in Human Geography*". Arnold. Londres.
- JUARISTI, J. (1984): "La teoría de la información en Geografía. Aspectos introductorios". *Lurralde* n.º 7, pp. 219-241.
- JUARISTI, J. (1985 a): "Sobre diversidad urbana. Estructuras de actividad en las ciudades de la Comunidad Autónoma del País Vasco". *Lurralde*. n.º 8. pp. 209-218.
- JUARISTI, J. (1985 b): "*La estructura urbana de Vizcaya*". Servicio Editorial. Universidad del País Vasco. Bilbao.
- KING, L. J. (1984): "Central Place Theory". *Scientific Geography Series*. Sage. Londres.
- LÖSCH, A. (1954): "*The Economics of Location*". Yale University Press. New Haven. Coneticutt.
- MAGURRAN, A. (1987): "*Eccological Diversity and its Measurement*". Croom Helm. Londres.
- MARGALEF, D. R. (1958): "Information Theory in Ecology". *General Systems*. Vol. 3, pp. 36-71.
- PARR, J. B. (1973): "Structure and Size in the Urban System of Lösch". *Economic Geography*. vol. 49. pp. 185-212.
- PIELOU, E. C. (1975): "*Ecological Diversity*". Wiley. Nueva York.
- THILL, J. C. (1985): "Demand in Space and Multipurpose Shopping: a Theoretical Approach". *Geographical Analysis*, vol. 17, pp. 114-129.
- TINBERGEN, J. (1961): "The Spatial Dispersion of Production: A Hypothesis". *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, vol. 4, pp. 412-419.