

Capítulo 2

Antes de introducirnos y abordar la exposición de los distintos modelos es necesario puntualizar lo que a partir de este momento se va a entender como “modelo”. Estas consideraciones previas son, a nuestro juicio, fundamentales, ya que el concepto expresado por la palabra “modelo” adquiere distintas connotaciones en función del contexto y el momento en el se aplique.

Una primera aproximación, muy ilustrativa, es la ofrecida por **Juan Antonio Cebrián** quien expone el concepto de modelo en los siguientes términos (Cebrián, J.A., 1994: 279-282):

(...) un rompecabezas que recuerda, explica, simula,...
la realidad, siempre mucho más compleja que él, siempre
de dimensiones más reducidas (...)

Siguiendo a **Benjamin Reif** puede definirse un modelo de una situación (objeto, acontecimiento, proceso o sistema) como (Reif, B., 1973: 107):

(...) una representación de nuestro nivel de conocimiento de la situación concreta real correspondiente. (...) Los modelos son ideales en la medida que incorporan menos complejidad de la que corresponde a las situaciones reales, y, en consecuencia, simplifican las operaciones de investigación.

Son dos sus características más importantes: los modelos sólo representan las propiedades más relevantes de la realidad que trata de modelar; y los modelos son parte o la totalidad de una teoría (Reif, B., 1973: 108). A raíz de la vinculación teoría-modelo, **Antoine S. Bailly** define a los modelos como (Bailly, A. S., 1978: 19):

(...) un modelo es una copia, a escala reducida, del mundo; una aplicación experimental basada en una teoría. Es un filtro a través del cual se ve al mundo. Si aquel es bueno, nos permitirá captar una realidad estructurada en lo que antes se nos aparecía como un caos.

Para Bailly el método experimental de las ciencias sociales implica la verificación de la teoría a través de los modelos derivados de la misma. El modelo, continúa

Bailly en clara alusión a su vinculación en contextos urbanos, “(...) se basa en la teoría y tiene como objeto hacernos conocer mejor los comportamientos de los sistemas urbanos” (Bailly, A.S., 1978: 245).

Una definición más concisa es la apuntada por **Colin Lee** quien se manifiesta en los siguientes términos (Lee, C., 1978: 20):

(...) un modelo es una representación de la realidad, una expresión simplificada y generalizada de las características principales de una situación del mundo real. Es decir, es una abstracción de la realidad, que se utiliza para obtener una imagen conceptual a fin de reducir la variedad y complejidad del mundo real a un nivel que podamos entender y especificar.

Colin Lee incluye el *proceso de abstracción* en la definición del modelo y que deberá entenderse en el sentido weberiano del análisis de los fenómenos sociales. Tal y como expone **Max Weber**, cuando aspiramos al conocimiento de un fenómeno social, y por tanto histórico, únicamente una parte finita de la infinita multitud de fenómenos y aspectos de todo tipo que se dan simultáneamente, es significativa para explicar el fenómeno objeto de estudio. Es labor del investigador la abstracción de la realidad de dichos aspectos significativos. Abstracción, por otro lado, necesaria en cualquier proceso de análisis de fenómenos sociales y que incluye la elaboración de conceptos que sean capaces de explicar la realidad. En este sentido, la elaboración de modelos es una forma de análisis de la realidad (Weber, M., 1977: 44-47).

Todos los modelos que exponemos a continuación responden a la definición de modelo como una simplificación inteligible de la realidad obtenida tras un proceso de abstracción. Y también, todos ellos deben considerarse como el estudio científico de una realidad social y económica en el sentido propuesto por Weber que concibe la investigación de la realidad social a realizar por el estudioso de las Ciencias Sociales como la selección de aquellos aspectos del universo infinito de fenómenos que se producen simultáneamente en la historia, de tal forma que explique el comportamiento socioeconómico objeto de estudio.

De ahora en adelante, consideraremos el concepto de modelo en el sentido expresado en la cuarta y última definición, esto es: un modelo es una representación simplificada de la realidad que trata de reproducir en el campo de lo “abstracto” el mundo real.

1.- Clasificación y Tipología

Según la propiedad o característica de los modelos en que nos fijemos podemos obtener diferentes clasificaciones de los modelos existentes. Así Benjamín Reif adoptará la clasificación enunciada por Echenique¹ quien expone una tipología jerarquizada, en la que cada uno de los niveles implica un mayor grado de abstracción (Reif, B., 1973: 112-114):

Modelos Físicos	Modelos Icónicos Modelos Analógicos
Modelos Conceptuales	Modelos Verbales Modelos Simbólicos

Los modelos físicos representan las características físicas de la realidad por la propia característica u otra análoga. Los modelos físicos los subdivide en icónicos y analógicos. Ackoff² presenta a los **modelos icónicos** como aquellos que “representan las propiedades relevantes del fenómeno real mediante la misma propiedad, con una simple transformación a escala”; mientras que los **modelos analógicos** los define como aquellos que “representan una propiedad por otra”, esto es, además de alterar el tamaño simplifican otras propiedades. Los planos arquitectónicos o urbanísticos, e incluso una fotografía, son dos buenos representantes de los primeros; mientras que un mapa lo es de los segundos.

En los **modelos conceptuales**, Echenique expone que “(...) las características relevantes están representadas por conceptos (simbólicos o lingüísticos)”. Según representen las características hablaremos de: modelos **verbales** cuando la descripción del fenómeno real se hace en términos lógicos utilizando elementos del lenguaje; y de modelos **simbólicos** cuando las propiedades del fenómeno real se representan y expresan por símbolos.

Cuando estos símbolos son cuantitativos nos encontramos ante los modelos matemáticos. Los **modelos matemáticos** se definen como: “(...) un grupo de ecuaciones cuya solución explica o predice cambios en el estado del sistema (...) (Reif, B., 1973: 112). Cuando la abstracción se realiza aplicando el método analítico-matemático, nos encontramos ante lo que hemos denominado modelo formal. El modelo matemático, respecto al conceptual, es capaz de: establecer predicciones,

1. Echenique, M., 1968: “Models: a discussion”. *Land Use and Built Form Studies*, WP, n° 6, citado por Reif, B., 1978: *Modelos en la planificación de ciudades y regiones*. Madrid, IEAL, pp.113.

2. Ackoff, R. L., 1968: *Scientific Method*. Nueva York, John Wiley and Sons, Inc., citado por Reif, B., 1978, *Op. cit.*, pp. 113.

comprobar su validez en distintas situaciones o a partir de la introducción de nuevos datos y, si representa fidedignamente la información introducida, podrá explicar mejor el modelo conceptual o teórico que representa (Serra, P., 1996: 786).

Diferentes teorías de interpretación de la realidad social, como la Teoría General de Sistemas, el marxismo o, la evolución de las distintas teorías urbanas desde una perspectiva histórica, pueden considerarse como modelos verbales en el sentido estricto de la última tipología ofrecida. Como hemos manifestado, el modelo para ser válido o significativo, no ha de ser exclusivamente cuantitativo. Sin embargo, el interés se centra, en nuestro caso, en la trayectoria histórica de los modelos simbólicos matemáticos, esto es, aquellos en los que las propiedades de la realidad se representan y expresan simbólicamente en términos cuantitativos, aplicados a fenómenos urbanos que son los que tienen especial interés en el marco de la presente investigación. En consecuencia, son los modelos simbólicos de tipo matemático los que van a recibir un tratamiento más detallado en este capítulo ya que a éstos se encuentra ligada la metodología de análisis propuesta para la definición del modelo socio-demográfico de la ciudad de Alicante.

Los **modelos matemáticos** , pueden adoptar distintas clasificaciones.

En primer lugar, los modelos matemáticos pueden ser clasificados en globales o parciales según los aspectos que desarrollan (Derycke, P.H., 1979: 190; Reif, B., 1973: 217-218). Los **modelos globales** presentan una modelización en torno a la globalidad del sistema territorial. Por su parte, los **modelos parciales** abarcarían determinados aspectos del sistema territorial. Los modelos parciales, a su vez, pueden arrojar mayor o menor complejidad y/o generalidad, lo que dependerá del mayor o menor número de subsistemas del sistema territorial que contemple. Los modelos globales que se han propuesto contemplan e interrelacionan varios modelos parciales, pero dada la inmensa cantidad de información y de relaciones que tienen que contemplar están condenados al fracaso.

Según la metodología matemática adoptada para representar los fenómenos territoriales y urbanos pueden distinguirse, fundamentalmente, los siguientes modelos: **analíticos**, **gravitacionales**, **probabilísticos**, de **programación** y, los modelos **estadísticos** o **econométricos** (Derycke, P.H., 1979; Derycke, P.H., 1983; Bailly A.S., 1978; Lee, C., 1973; Reif, B., 1978; McLoughlin, J.B., 1875). Las principales características y diferencias entre cada uno de ellos se presentan a continuación.

- Los **modelos analíticos** utilizan ecuaciones en las que la variable cuyo valor pretende obtenerse es una función directa de otras variables en forma de una ecuación o sistema de ecuaciones clásico. De esta forma, dando valores a las variables

independientes podrá calcularse, analíticamente, el valor de la variable dependiente objeto de la modelización.

- Los **modelos gravitacionales** utilizan una ecuación análoga a la de la gravedad para tratar de explicar los fenómenos objeto de modelización. En el caso de que la transposición de la ecuación se haga únicamente por comparación, pero sin quedar demostrado el cumplimiento de la ley en el fenómeno urbano o territorial al que se aplica, se trata de una analogía y no tendrá ninguna validez científica porque su aplicación es solo una hipótesis de trabajo y no una ley contrastada. En el supuesto contrario, esto es, en el caso de que sí se cumpla la ley gravitatoria en el fenómeno urbano o territorial, estaríamos ante un isomorfismo con validez científica. Los modelos gravitacionales se aplican a fenómenos en los que pueden identificarse, y en consecuencia definirse, fuerzas atractivas y fuerzas separativas de cuya interacción se deriva una situación de equilibrio que determina el estado del sistema.

- Los **modelos probabilísticos** o estocásticos plantean los fenómenos en términos de probabilidad. Es decir, la probabilidad de que se produzcan determinadas consecuencias, dependerá de la probabilidad de que se produzcan determinadas situaciones. Los modelos probabilísticos se oponen a los deterministas: mientras que los primeros se asocian a las ciencias sociales, los segundos lo hacen a las ciencias naturales.

- Los **modelos de programación** modelizan, normalmente, los fenómenos mediante el uso de la programación lineal. Se aplican tanto para modelizar fenómenos de comportamiento individual (microanálisis) como para la toma de decisiones con respecto a variables agregadas (macroanálisis)³.

- Los **modelos** de tipo **estadístico** o **econométricos** se sirven de la teoría económica clásica. Son, por ello, simultáneamente, instrumentos de análisis e instrumentos de modelización. No son determinísticos por cuanto establecen un margen de error a través de los conceptos de intervalo de confianza y nivel de significación.

Paralelamente, es posible realizar una tercera clasificación atendiendo a las bases teóricas que sustentan la construcción del modelo. Así tenemos los siguientes modelos: de interacción espacial, modelos de programación, modelos de interacción

3. El microanálisis trata de explicar el fenómeno a partir del comportamiento individual para llegar a determinar la situación generada por el conjunto de individuos como unión de dichos comportamientos individuales. Por su parte, el macroanálisis trata de explicar los fenómenos analizando el comportamiento de las variables agregadas o del conjunto de individuos considerado como un todo con un comportamiento propio. Los modelos de programación lineal en el campo del microanálisis consideran habitualmente que el comportamiento individual es tal que maximiza o minimiza determinada variable generalmente ligada al gasto de las unidades familiares. Este tipo de modelos son también deterministas.

general y, los basados en la dinámica de sistemas (Derycke, P.H., 1979; Derycke, P.H., 1983; Bailly A.S., 1978; Lee, C., 1973; Reif, B., 1978; McLoughlin, J.B., 1875).

- Los **modelos de interacción espacial** se basan en la consideración de las actividades que se realizan en los distintos puntos del territorio representados mediante la zonificación del mismo. El estado del sistema urbano se determina a través del estudio de éstas interacciones que fundamentalmente consiste en el transporte de personas entre las distintas zonas (aplicando cualquier metodología descrita en la anterior clasificación).

- Los **modelos de programación** se basan en la maximización o minimización de una determinada variable cumpliéndose una serie de condicionantes.

- Los **modelos** que se basan en la **dinámica de sistemas** tratan de establecer las variables del sistema y las relaciones entre ellas mediante ecuaciones simples, generalmente lineales aunque no necesariamente, de forma que se explique la evolución del sistema a través de ellas.

- Los **modelos de interacción general** suponen un análisis de las comunidades humanas en donde se aplica el concepto de ecosistema. En ellos se trata de determinar todas las interacciones que se producen entre los recursos y actividades existentes, así como de las actividades entre sí. Las interacciones existentes no necesariamente se describen mediante la simbología matemática, aunque sí la mayoría de ellos, de ahí que este tipo de modelos no sean siempre modelos matemáticos.

2.- Descripción de los principales Modelos Espaciales

En este apartado se realiza un recorrido histórico a través de las principales modelos espaciales. El camino recorrido por el pensamiento espacial es largo y muy fecundo. Sin embargo, habría que esperar a la revolución industrial y a sus repercusiones en la escena urbana para que la preocupación en torno a la ciudad, su ámbito espacial y sus relaciones, cobraran verdadero protagonismo y fueran objeto de una desenfadada pero prolífica producción teórica y modelística.

Del conjunto de teorías y modelos que en torno al espacio urbano se han formulado, en estas líneas solo nos ocuparemos de los modelos matemáticos, de gran relevancia en Ciencias Sociales en tanto que se convierten en el medio a partir del cual demostrar los distintos y respectivos constructos teóricos. Importantes modelos

verbales y/o teorías espaciales que han jalonado la historia del pensamiento urbano, y de gran trascendencia en la investigación sociológica, no quedan recogidos en este apartado pues ello supondría alejarnos de los objetivos de esta exposición.

La preocupación y el interés por las cuestiones espaciales ha sido centro de investigación y controversia para utópicos, idealistas, visionarios y reformadores sociales; posteriormente fueron arquitectos, ingenieros, sociólogos y geógrafos los que centraron sus intereses en la cuestión urbana; y por último, fueron los economistas los que tomaron como objeto de estudio la ciudad. Pese a su tardía incorporación, es a los economistas a los que debemos las principales formulaciones matemáticas en torno a la ciudad y a sus implicaciones espaciales: el análisis económico espacial se ha caracterizado desde sus orígenes, por ser una disciplina de elevado grado de abstracción y con tendencia a la formulación matemática (Derycke, P.H., 1971: 45).

Los modelos que exponemos, pues, pertenecen principalmente al pensamiento económico enunciados, fundamentalmente, a partir de la segunda mitad de este siglo aunque fueron muchos sus precedentes. Excepción a este esquema general, lo constituyen las teorías y modelos espaciales de la Escuela de Chicago. A los modelos formulados en su seno se les dedica un apartado *ex profeso* aun participando de las teorías de la organización del espacio urbano enunciadas también desde la economía, y ello por varias razones: en primer lugar, porque desde la ecología humana se formularán los primeros modelos espaciales matemáticos de carácter sociológico siendo la metodología por ellos desarrollada, consolidada y enriquecida con el tiempo, el soporte metodológico seguido en esta investigación; y en segundo lugar, porque la ecología humana, tal y como pusimos de manifiesto en el apartado precedente, constituye el marco teórico sobre el cual se enunciará el modelo socio-demográfico para la ciudad de Alicante.

Por último, y antes de abordar explícitamente los distintos modelos espaciales, no nos debe extrañar, que para cada uno de ellos podamos identificar ejemplos propios de la ordenación del territorio y el urbanismo. La planificación urbana, y por extensión la ordenación territorial, son las disciplinas que al tener por objeto la “racionalización” y “ordenación” de los distintos espacios, ya sean urbanos o regionales, más se han interesado por el desarrollo y aplicación de modelos que no sólo ofrecieran más y mejor información sobre el ámbito a actuar, sino que además fueran herramientas de aplicación y seguimiento de sus actuaciones. Son éstos los que ocuparán nuestro máximo interés pues recogen en sus planteamientos la variable espacio, elemento destacado en esta investigación.

Los primeros modelos simbólicos matemáticos aplicados a fenómenos espaciales los encontramos en el siglo pasado (XIX) y como no podía ser de otra manera

adaptados y aplicados al espacio rural en donde la agricultura era el sector dominante. **Heinrich von Thünen**, y su obra *El Estado aislado* (1826) es considerado el fundador de la teoría económica espacial. Von Thünen a partir de unos supuestos que no dejan de ser ideales (y que por otra parte se repetirán en sucesivos modelos), elabora un sistema de ordenación de cultivos. El modelo para la localización de las actividades agrícolas responde a una distribución en círculos concéntricos, caracterizados, para cada producto, por: los precios de venta en la ciudad (punto central del sistema); los costes de producción; las técnicas agronómicas aplicadas; y, las tarifas del transporte (Derycke, P.H., 1983: 96).

Durante el primer tercio del siglo XX, **Alfred Weber** (1909) y **Palander** (1935), ambos pertenecientes a la escuela alemana, fueron los autores que desarrollarían los primigenios modelos de localización, en este caso, aplicados al espacio urbano e industrial, ante el nuevo contexto dominado por la actividad industrial.

En 1909 Alfred Weber enuncia la *Teoría de la Localización Industrial* en donde proponía un modelo matemático explicativo que, analítica o geoméricamente, identificaba el emplazamiento óptimo de una empresa industrial minimizando los costes de transporte. De este modo, se determina el sistema de producción industrial. La actividad fabril se situaría en el interior del triángulo de localización formado por: dos lugares distintos de extracción de la materia prima y un único lugar de salida del producto final (la ciudad centro) (Derycke, P.H., 1983: 112-113).

Las críticas a un modelo que sólo contemplaba una única variable para la localización industrial, coste del transporte, hicieron que fuera ampliada por Alfred Weber. Su actualización reiteraba la importancia del transporte aunque, y siempre de forma subsidiaria, contemplaría la variación espacial de salarios y las economías de escala derivadas de la concentración como factores a considerar en su teoría de localización industrial.

Palander completó el modelo de localización industrial propuesto por Alfred Weber. Su modelo matemático pretendía delimitar los límites de las áreas de mercado o zonas de influencia de los productos en situación de concurrencia espacial.

El modelo matemático propuesto por Alfred Weber fue el germen en este tipo de metodología explicativa, pero habría que esperar hasta finales de la década de los 20 para encontrar una mayor representación de éstos.

William Reilly, a partir de las investigaciones cuantitativas llevadas a cabo en los años 30 sobre las zonas de atracción comercial de las ciudades americanas, propone la *Ley de Reilly*, también denominada, la *Ley de la gravitación del comercio al por menor* o, *Ley de la atracción comercial* (Derycke, P.H., 1971: 56; Derycke,

P.H., 1983: 160; Reif, B., 1978: 186-187). En ella, aplicando propiedades físicas al análisis urbano, se explica el ámbito de influencia comercial de las ciudades en los años comprendidos entre 1929 y 1931, y por extensión, las áreas sobre las que los centros comerciales ejercen su dominio. En concreto, es el concepto de gravedad de Newton⁴ el que viene a explicar la influencia ejercida (áreas de influencia) por las ciudades, u otros polos de atracción, convirtiéndose en un modelo de localización.

La Ley de Reilly, hereda y desarrolla los postulados de sus precursores (de hecho es considerada como un caso particular del modelo de Palander), hasta el punto de convertirse en la abanderada de los modelos gravitatorios o gravitacionales. Los modelos gravitatorios cuentan con una extensa aplicación en el ámbito de los transportes, o como en el caso de la ley de Reilly, en el campo del comercio. Durante décadas ha sido la base en los análisis de interacción entre actividades humanas, concepto derivado del de gravedad de Newton (Lee, C., 1975: 82). Por ello, es frecuente encontrar en la bibliografía especializada a este grupo de modelos bajo distintas denominaciones; o bien se les presenta como modelos gravitacionales, como hasta aquí se ha hecho; o bien se les enuncia como modelos de interacción, tal es el caso de Benjamín Reif (Reif, B., 1978: 201)⁵.

Georges Kingsley Zipf, en 1949, haría extensible la ley gravitacional a otros fenómenos que implican relaciones interurbanas, esto es, interacción (Derycke, P.H., 1971: 62; Derycke, P.H., 1983: 170-171). La Ley de Zipf establece que el número de desplazamientos (número de viajeros por rutas, ferrocarriles y autocares entre dos localidades, toneladas de mercancías transportadas,...) entre dos puntos, es proporcional a la distancia que les separa, variando esta distancia según el tipo de transporte elegido.

Los modelos de Weber, Palander y Reilly se centraron en el análisis de una o dos ciudades. Sin embargo, con el tiempo, el incremento e intensificación de las relaciones comerciales impuestas por el desarrollo industrial y tecnológico, motivó la

4. La ley de gravitación universal de Newton establece que: "dos cuerpos en el universo se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia".

5. Los primeros modelos gravitacionales se basan en que la interacción entre dos áreas (dos puntos de concentración o dos centros focales) o la fuerza de atracción comercial manifiesta a partir de las ventas al detalle, está directamente relacionada (es proporcional) con el tamaño de las zonas (función de tamaño de las poblaciones de los centros), e inversamente proporcional con la distancia que les separa (función de distancia) (Lee, C., 1975, *Op. cit.*, pp. 82; Reif, B., 1978, *Op. cit.*, pp. 182; Derycke, P.H., 1971, *Op. cit.*, pp. 57). De este modo, los modelos de gravedad parten de la premisa que cuando la distancia entre dos zonas aumenta, su interacción disminuye. Este enunciado sería utilizado por Converse (1938) quien determinaría una fórmula para delimitar las fronteras de las dos ciudades tomadas en el análisis (Derycke, P.H., 1983, *Op. cit.*, pp. 162).

necesidad de incluir en los análisis, teorías y modelos, el conjunto de ciudades, pues solo así se proporcionaría una imagen aproximada de las redes y los polos urbanos⁶ del momento. El geógrafo alemán **W. Christaller** iniciaría con su teoría de *Lugares Centrales* (1933) el análisis jerárquico de las ciudades, siendo el primero que expresaría matemáticamente (pues teóricamente las primeras formulaciones son atribuibles a Von Thünen) la teoría sobre la red hexagonal de ciudades. (Bailly, A. S., 1973: 30).

El modelo matemático del Sistema de Ciudades de Christaller expuesto en su teoría sobre la Red Hexagonal de ciudades, tal y como enunciaran Von Thünen, Palader y Weber, continua con la idea de un polo o punto central que ejerce su influencia sobre el área circundante. En su caso, no considera la distribución y organización del espacio y actividades rurales o industriales, sino la localización de actividades de intercambio y la distribución de las funciones terciarias en la estructura de las redes urbanas (Bailly, A.S., 1978: 31-32; Derycke, P.H., 1983: 174).

Christaller define la estructura urbana organizada en torno a siete niveles jerárquicos (Derycke, P.H., 1971: 64-68; Derycke, P.H., 1983: 174-176). La estructura elemental, y con ello el primer nivel organizativo, está constituida por un triángulo equilátero situándose en su interior los centros urbanos elementales (distribuidos por todo el espacio abastecido). Esta estructura geométrica asegura que las distancias respecto a este centro no excedan de la hora andando o de los cuatro kilómetros que miden cada uno de sus lados. Al agruparse los triángulos forman el segundo nivel, cuya figura corresponde, en este caso, a un hexágono. Su interior está ocupado por un lugar central de rango superior.

En un sistema de lugares centrales jerarquizados se vinculan la dimensión de las ciudades, la jerarquía de servicios ofrecidos y la amplitud del área de influencia: el centro del primer nivel jerárquico está ocupado por el núcleo rural, que ofrece servicios básicos a la comunidad rural y su función es la de mercado de ventas de los productos agrícolas; en un segundo nivel, el centro además de las funciones desarrolladas por el lugar central inferior, desempeña funciones propias como las de comercio al por menor. Esta jerarquía continúa hasta el séptimo nivel ocupado por la metrópoli regional, quien además de asumir todas las funciones anteriores, tiene asignadas las suyas propias (Derycke, P.H., 1983: 182). En este sistema, las áreas de influencia de los centros de niveles inferiores se insertan en la de los de nivel superior según la regla de orden tres: cada nivel posee tres veces más ciudades que

6. El nuevo contexto que se estaba viviendo imponía la actualización y adaptación de los modelos espaciales enunciados hasta el momento. Al respecto, no deja de ser sintomático, el hecho de que distintos trabajos, independientes entre sí, surgieran, casi coincidiendo en el tiempo, desarrollando la nueva situación.

su superior, correspondiendo cada tamaño a una jerarquía y a una determinada oferta de bienes y servicios (Bailly, A.S., 1978: 33-35).

Con posterioridad a Chistaller, otros autores como **August Lösch** (1940) y **Beckmann** (1958) desarrollaron con éxito sus propios modelos y teorías guardando ciertas semejanzas con la formulación matemática del primero.

Lösch analizaría independientemente la localización agrícola, la localización industrial y los emplazamientos de las ciudades, para concluir, a modo de síntesis, en un sistema especializado de equilibrio general. Tal y como definiera Chistaller, la estructura hexagonal regular es la que se adapta al espacio del mercado, incorporando sectores muy ricos y pobres en los centros de producción o ciudades (Derycke, P.H., 1983: 120-125). Muchas fueron sus semejanzas, pero también las fueron sus diferencias. En ambos modelos las dimensiones del hexágono ideal y de las áreas de influencia difieren: Lösch parte de la granja para elaborar su esquema e ir integrando áreas de influencia cada vez mayores; Christaller parte de la unidad mayor, la capital, hasta llegar a los niveles inferiores. Christaller asume que los centros de orden superior asimilan las funciones de los niveles inferiores; mientras que para Lösch es la especialización de los niveles inferiores la que permite la provisión a los niveles superiores (Bailly, A.S., 1978: 40-41).

Por su parte, Beckmann supo dotar de mayor rigor científico a las teorías de la jerarquía urbana al hallar la ecuación que permitía asignar la población de la ciudad según el nivel ocupado en la jerarquía: el tamaño de la ciudad y de la población abarcada evoluciona de forma exponencial de acuerdo con el lugar que ocupa en la jerarquía (Derycke, P.H., 1983: 178; Bailly, A. S., 1978: 43).

En último lugar, y antes de abordar los modelos de los “herederos” de estos precursores o “fundadores” del análisis espacial⁷ (desarrollados a partir de la década de los cincuenta), la *Ley de rango-tamaño* (“rank-size”) ocupa, por su trascendencia y reiterada aplicación en labores de planificación territorial, un lugar destacado en este recorrido histórico o los modelos espaciales matemáticos (Racionero, L., 1986; Capel, H., 1983).

La Ley rango-tamaño, aunque enunciada con anterioridad por Singer y Gibrat, fue desarrollada por **Georges Kingsley Zipf** en 1949. En ella, se establece una relación matemática, basada en la jerarquía de ciudades según el tamaño de la población. La dimensión de todas las ciudades se puede deducir, así como la población en su conjunto, a partir del conocimiento de la población total en la ciudad

7. Es Pierre-Henri quien realiza la distinción entre “fundadores” y “herederos” en la exposición histórica que sobre el pensamiento económico espacial recoge en su obra (Derycke, P.H., 1983, *Op. cit.*, pp. 105).

más grande o principal (Derycke, P.H., 1971: 72-73; Derycke, P.H., 1983: 190-191).

La Ley de **Pareto**, es otro modelo basado en la jerarquía de ciudades según el tamaño de la población. El modelo que de ella se deriva, guarda muchas similitudes con la Ley rango-tamaño, pues establece una relación matemática entre las poblaciones de las ciudades de un territorio, siendo posible deducir el número de ciudades con una determinada población a partir del conocimiento de la población de la ciudad más grande o líder. El modelo de Pareto viene aplicándose indistintamente en evaluación de fenómenos económicos como en análisis de jerarquía de ciudades o sistema de ciudades (Richardson, H.W., 1975: ¿??; Derycke, P.H., 1983: 198).

En síntesis, y en virtud a lo expuesto, Von Thünen, Weber y Palander, y Christaller y Lösch son considerados los fundadores⁸ del análisis económico espacial rural, industrial y regional respectivamente (Derycke, P.H., 1983: 105). Bailly junto con Derycke sitúan en estos autores los cimientos de las teorías de lugares centrales y jerarquía de ciudades (Derycke, P.H., 1971: 55-76; Bailly, A.S., 1978: 29-30). A ellos debemos los primeros modelos matemáticos espaciales, y a ellos han mirado un nutrido número de pensadores a la hora de desarrollar sus propios modelos, algunos recogidos en las líneas que siguen, intentando superar las hipótesis restrictivas que los convertían en modelos irreales. Son los herederos.

Los modelos derivados de las teorías de la jerarquía urbana, al privilegiar las funciones comerciales y de servicios que entre sus sistema urbano se producían, ignoraban otros factores necesarios de introducir. Estas deficiencias se subrayaban en los modelos cuyo propósito era la síntesis, en su globalidad, del sistema socio-espacial. Para paliar estas deficiencias, iniciada la segunda mitad del presente siglo, **W. Leontief**, a partir de una concepción de interdependencia económica enuncia su teoría general de la producción de la que deriva, como técnica de análisis económico urbano, las tablas nacionales *input-output* (Bailly, A.S., 1978: 70)

Las tablas "*Input-output*" de contabilidad nacional y regional, se presentan en este recorrido histórico, como los primeros modelos explicativos de la economía re-

8. Pese a que Von Thünen, Weber, Palander, Christaller y Lösch son considerados los fundadores del análisis espacial, William Petty, Richard Cantillon y James Steuart han sido sus verdaderos precursores (Derycke, P.H., 1971, Op. cit., pp. 46). William Petty precursor del análisis empírico moderno, fundador de la Aritmética Política, se caracterizó por: investigar los factores de desarrollo económico de la ciudad de Londres que tomo como referente; y sus constantes referencias al espacio estructurado por las ciudades, las industrias y el desarrollo desigual. Por su parte Richard Cantillon combina el análisis económico y sociológico en sus postulados en torno a la formación y dimensión de los asentamientos poblacionales. Por último, James Steuart sintetizará las posturas de Petty y Cantillon, adelantándose en definir la estructura del paisaje rural en círculos concéntricos (Derycke, P.H., 1983 Op. cit., pp. 83- 89).

gional, al permitirnos profundizar en los mecanismos económicos que se dan en el interior de las regiones metropolitanas. Las tablas reflejan: el circuito de producción y consumo entre los distintos sectores económicos (lo que nos permite llevar a cabo la evolución del sistema económico, los cambios a introducir para inducir el incremento en la producción de algún sector determinado,...); los flujos monetarios; y, la contabilidad social tomando como unidad de análisis la familia (Bailly, A.S., 1978: 71-75; McLoughlin, J.B., 1971: 231-232). Su gran difusión y aplicación se vive a partir de la década de los 60 cuando la irrupción de la informática permitirá un mejor, y más rápido tratamiento y análisis de la matriz contribuyendo a la desagregación de la información (Richardson, H.W., 1975: 150-151).

De la introducción de la nueva tecnología se beneficiarían no solo las tablas de Leontief, sino en general la metodología de modelos matemáticos. Es a partir de la década de los 60 cuando se produce una eclosión en el desarrollo de los modelos matemáticos aplicados a los fenómenos espaciales. El desarrollo de la informática proporciona la posibilidad, hasta ahora inédita, de “manipular” un importante volumen de datos y variables, y de realizar en un tiempo reducido, operaciones matemáticas precisas, aspecto necesario para la investigación de modelos complejos de la realidad (sociales, urbanos,...).

Las posibilidades que se asociaron al uso del ordenador, junto con la consolidación de las teorías sistémicas y la crítica a los planteamientos reduccionistas o excesivamente académicos, llevaron a la elaboración de modelos cuya pretensión fue la de explicar de una forma holista la evolución del territorio, de la ciudad y de la localización de los diferentes usos que en la misma se producían. Estos deseos pronto se vieron truncados al valorar negativamente la aportación de la nueva tecnología, por lo menos en esos incipientes momentos de su aplicación.

A diferencia de los modelos enunciados hasta ahora, los modelos dictados a instancias de la nueva tecnología, son más complejos en sus expresiones matemáticas pues incluyen, en su definición, una mayor cantidad de datos y variables, impensable hasta la década de los 60. A continuación se presentan los modelos más importantes surgidos en esta época, acompañados por una breve descripción de sus características más sobresalientes. En ellos se observa cómo en el proceso general de construcción de modelos se ha incorporado y generalizado una nueva etapa: la de simulación⁹.

Una vez que los modelos y teorías de jerarquía urbana se han consolidado, la preocupación por las cuestiones espaciales se centrará en el análisis de la organi-

9. El método de la simulación ha podido desarrollarse tras el triunfo de la informática. La simulación infiere dinamismo al modelo previamente definido, pues implica modelizar una situación en la que los elementos son representados a partir de procesos lógicos y aritméticos (bajo esquemas simples y reiterativos) ejecutados por el ordenador. Su finalidad es la predecir el comportamiento

zación intraurbana. Las teorías de localización sistémicas o interurbanas dan paso a la exposición de las teorías de localización urbana u organización del espacio urbano. Las perspectivas o puntos de vista adoptados a la hora de explicar la distribución y localización urbana son muchos, lo que nos lleva, una vez transcurrido este periodo de interés por la organización urbana, a un cúmulo de interpretaciones que no dejan de ser parciales.

Los modelos clásicos sobre la organización del espacio urbano, representados por los autores de la Escuela de Chicago y la ecología humana son desarrollados con más profusión en el apartado que sigue a éste, pues de ellos derivan algunos de nuestros objetivos e hipótesis de trabajo. Los modelos explicativos de la organización urbana que exponemos a continuación son los basados en: las densidades urbanas, en las rentas, en las teorías económicas del espacio urbano (localización de diversas actividades urbanas), precio del suelo, y, en particular, en la incidencia del transporte en los precios del suelo.

En 1951 **Colin Clark**, apoyado en el supuesto ecológico según el cual la densidad residencial decrece a medida que nos alejamos del centro, enuncia la *Ley de Clark*. Esta ley da paso a un modelo matemático en el que por primera vez se relaciona la densidad de población con la distancia respecto al centro (Derycke, P.H., 1983: 255; Bailly, A.S., 1978: 120-121). Su *gradiente* de densidad fue validado en múltiples ocasiones, aunque su verificación en países en vías de desarrollo, en donde las comunidades étnicas viven muy agrupadas, no se produjo.

El modelo de **Lowdon Wingo** se desarrolla en 1961 en su obra sobre los transportes y la utilización del suelo urbano (*Transportation and Urban Land*). Es un modelo global, que se convirtió con el tiempo, en el punto de partida de la investigación de la modelística de los sesenta (Derycke, P.H., 1983: 345). Wingo elabora los fundamentos para una teoría económica espacial a partir de los costes que se producen en materia de transportes a consecuencia de las migraciones pendulares (desplazamiento de los trabajadores desde su lugar de residencia al trabajo) (Bailly, A.S., 1978: 130, 137). Para Wingo, son los costes en el transporte los que determinan las rentas, las densidades y, la utilización del suelo. En consecuencia, éstos son los factores que explican la organización interna de la ciudad. El modelo determinista de Wingo concluye con el cálculo de la densidad de la población en distintos puntos de la superficie urbana.

Los postulados de Wingo han sido incluidos por otros autores en sus análisis económicos, entre los que destacamos a **William Alonso** (1960-1964) y **Richard Muth** (1961). El modelo de Alonso es mucho más general que el de Wingo pues

dinámico de los procesos sociales tal y como se manifiestan en la realidad (Santos, J.A., 1994, Op. cit., pp. 711-726).

lo somete a distintas fases hasta llegar a establecer la formulación matemática del equilibrio espacial. El modelo de Wingo, junto con el de Alonso, marca el inicio en el uso de los modelos globales explicativos de localización de los usos en el espacio (Derycke, P.H., 1979: 345).

El modelo de Alonso parte del hecho de que los criterios de maximización de la renta y minimización de los costes difieren según los agentes económicos (o lo que es lo mismo, en la formulación de los precios del suelo no sólo participan las unidades familiares). En su análisis y en su modelo se suceden tres etapas: determinación del equilibrio residencial de las familias; determinación del equilibrio industrial en zonas urbanas y de los agricultores en las rurales; y, determinación del equilibrio y estructura de los precios del suelo combinando las preferencias de los distintos agentes (Bailly, A.S., 1978: 133-134; Derycke, P.H., 1983: 348-350).

Por su parte, Muth, a partir de 1961 desarrollaría varios modelos. Interesado por explicar la localización residencial y los valores del suelo, propone modelos básicamente deterministas y elaborados a partir de las teorías de Von Thünen (Derycke, P.H., 1983: 354-355).

Los modelos de los franceses **Gérard Maarek** (1964) y **René Mayer** (1965) y de **Edwin Mills** (1967) completan y mejoran algunos aspectos de los modelos de los americanos Wingo y Alonso (Derycke, P.H., 1971: 135-139; Derycke, P.H., 1983: 351-355):

El modelo de Maarek intenta explicar la formación del valor del suelo y de su propia evolución para ciudades que pasan por un rápido proceso de expansión espacial. Para ello, utiliza la programación lineal maximizando una función de satisfacción que depende del tiempo libre, de la localización, de la residencia y su superficie y de la cantidad de otros bienes y servicios. Impone condicionantes como el coste de construcción, la distribución de las rentas y el tiempo de desplazamiento.

El modelo de Mayer, de tipo determinista, trata de explicar el valor del suelo en función de una serie de características del terreno y del tiempo de desplazamiento al centro urbano.

En último lugar, el modelo de Mills, también un modelo determinista, complejo en cuanto a su planteamiento y resolución, analiza la coincidencia de tres tipos de actividades en la utilización del suelo: bienes exportables o productos de la actividad básica de la ciudad; transporte en el interior de la ciudad y, vivienda y bienes de consumo corrientes en los hogares.

Frente a estos modelos en los que se vinculan los precios del suelo o rentas urbanas con la organización del espacio urbano, se alza la corriente *neo-marxista*. Su crítica a los modelos económicos neoclásicos la fundamenta en la ausencia de consideraciones de carácter social en sus modelos. La obra del sociólogo francés **Henri Lefebvre** guiará e influenciará la participación de aquellos que se sintieron atraídos por esta nueva perspectiva.

Entre ellos podemos destacar dos líneas de trabajo: en primer lugar los más ortodoxos muestran preocupación por recuperar los postulados marxistas; y un segundo grupo, sirviéndose de la perspectiva y método de análisis marxista, lo llevaron a la práctica en distintos aspectos urbanos. En el primer grupo, destacan las aportaciones de **Alquier** y **Lojkin** quienes a partir de 1971 actualizarían las ideas de Marx sobre la renta territorial; y a **Cristian Topalov** (1973) y **Alain Lipietz** (1974), quienes participaron en la redefinición del espacio urbano. Por su parte, en el segundo grupo destacan: **Manuel Castells** y **Francis Godards** y sus investigaciones en torno a los procesos de renovación urbana y movimientos vecinales; a **Ascher** y **Lacoste** y sus estudios sobre la construcción de viviendas; y a **Edmond Preteceille** quien pondría en práctica los juegos de simulación urbana (Derycke, P.H., 1983: 362-374). No obstante, pese a la riqueza de estas aportaciones, éstas no se han manifestado en modelos matemáticos: la teoría neo-marxista sobre la formación del precio del suelo no deja de ser un modelo conceptual verbal sobre el valor del suelo. Por esta razón no nos extendemos en ellos.

Después de esta breve nota aclaratoria, otro modelo sobre la organización del espacio de gran relevancia y trascendencia es el que se desarrolló en el seno de la compañía *Fenn Jersey Transportation Study*, gracias a las aportaciones de **John Herbert** y **Benjamín Stevens**. El modelo se inicia en 1960 y sigue las indicaciones de Wingo y Alonso relativas a la incidencia de los costes del transporte en los valores del suelo. Concluye en 1961.

El modelo proponía determinar la utilización óptima del espacio asignando el mejor de los posibles emplazamientos a las distintas actividades (empleo industrial, población y residencias, empleo comercial y servicios corrientes, transportes y otros empleos). La diversidad de ámbitos que abarcaba le conduciría a ser clasificado como un modelo general, pese a que posteriormente solo se desarrollaría el modelo referente a la localización residencial (Derycke, P.H., 1971: 191).

Dados los problemas encontrados a la hora de poner en práctica este modelo de carácter general, entre 1964 y 1965 las investigaciones adquieren dos líneas de trabajo: por una parte se pretende la elaboración de un modelo general fruto de la combinación de los modelos de Herbert y Stevens y de Ira Lowry (del que hablaremos a continuación); y de otra, algunos miembros del equipo optaron por la in-

vestigación, mediante regresión múltiple, de las variables explicativas de los modelos parciales implícitos en el general y que constituyen, por sí mismos, modelos estadísticos de distintos aspectos de la realidad urbana y territorial (Derycke, P.H., 1971: 192-194).

Tal fue el caso de los modelos de **Seidman**, elaborados a partir de 1964, en el seno de la Penn Jersey Transportation Study. Seidman desglosará el modelo general de Herbert y Stevens en siete submodelos: modelo RESLOC, para la localización de las residencias; modelo SPACEC I, para el consumo del espacio residencial; modelo LINTA, para la localización de las industrias; modelo SPACE II, para el consumo del espacio industrial; modelo BALFLO, para la localización del resto de las actividades; modelo SPACE II B, para el consumo del espacio por el resto de las actividades, y modelo SPACEC III para el consumo del espacio por las vías de comunicación.

Al margen de los modelos parciales que Seidman desarrolló a partir del modelo general de la Penn Jersey, ya hemos comentado como a partir de éste llegó a desarrollarse, también como modelo parcial, el de localización residencial. Este proponía la simulación del comportamiento de los distintos tipos familiares en la elección de la localización de sus viviendas. Es un modelo de programación lineal basado en el microanálisis para la elección de la residencia. En él se simula el comportamiento del cabeza de familia en el momento de elegir residencia. Considera que una familia intenta maximizar la diferencia entre el presupuesto familiar destinado a residencia y el coste de adquisición del conjunto residencial deseado. Las familias y los conjuntos residenciales son considerados de forma desagregada: los primeros, según gustos y presupuestos; y los segundos, según tipos residenciales y zonas (clasificadas según coste de construcción, nivel de confort y del transporte respecto a otras zonas). Por último, deben cumplirse dos condicionantes: no se pueden alojar en cada zona más familias de las que permite la suma de los terrenos disponibles en la misma; y, todas las familias deben ser alojadas (Derycke, P.H., 1971: 200-201; Reif, B., 1973: 271-276; Bailly, A.S., 1978: 136).

El modelo de **Ira S. Lowry** (1962-1963), el cual recibiría su nombre, fue publicado en 1964 formando parte de un sistema de modelos que, promovidos por la Rand Corporation, tenían por finalidad generar alternativas y ayudar en la toma de decisiones en la Renovación Integral de Pittsburgh. Estamos, pues, ante un modelo de vocación planificadora cimentado a partir de la teoría de base económica. Para ésta, el motor de transformación de la estructura urbana es el cambio en el empleo de las industrias básicas de la zona, ya que directamente afecta a los niveles de población y empleo, e indirectamente a la demanda de servicios. El modelo, enunciado a partir de una ecuación gravitatoria, es capaz de predecir y localizar el empleo no básico (dependiendo de los costes de transportes residencia-trabajo) y, la

población a partir del empleo básico (actividades industriales y manufactureras) (Reif, B., 1973: 305; Lee, C., 1975: 123-149; McLoughlin, J.B., 1971: 280-283).

Con posterioridad, Garin incorporó notables mejoras sobre el modelo inicial, dando lugar al **modelo de Garin-Lowry** (1966), un clásico dentro de la teoría de modelos (Reif, B., 1973: 339-358).

El modelo de **F. Stuart Chapin, Jr. Shirley, F. Weiss y Thomas G. Donnelly** (1964), elaborado en el Centro de Estudios Urbanos y Regionales de la Universidad de Carolina del Norte, es un buen ejemplo de modelo probabilístico del desarrollo residencial pues parte de la hipótesis de que el azar juega un importante papel en la toma de decisiones. El objetivo del modelo era localizar nuevos desarrollos en las zonas que experimentaban un crecimiento (Reif, B. 1973: pp. 236-239).

El modelo se basa en el concepto de estructura urbana para el que el cambio urbano se produce después de complejas cadenas de decisiones asociadas al desarrollo del suelo urbano. Para que el modelo pueda desarrollarse es necesario procesar las operaciones de forma mecánicas, esto es, por ordenador. De este modo, la distribución de los “factores esenciales” (decisiones concernientes al desarrollo privado y público en fabricación y/o transporte) se simulan con operaciones manuales; mientras que las “repercusiones secundarias”, motivadas por las primeras, (desarrollo residencial y redistribución de la población) se simulan por medio de un ordenador, previa formulación matemática (McLoughlin, J.B., 1971: 276-277).

No todos los autores preocupados por el análisis, teorización y modelización de la estructura y pautas de localización urbana, centraron su análisis en la actividad residencial. Otros, también desde una perspectiva fragmentada de la realidad urbana, propusieron sus modelos tomando como núcleo de análisis otras actividades urbanas. Este es el caso del modelo de **T. R. Lakshmanan y Walter G. Hansen**, que en 1964, expondrían su modelo potencial para la distribución del comercio al por menor. Su finalidad no fue generar pautas de localización o tamaños de los futuros desarrollos del suelo, tal y como hasta ahora hemos expuesto, sino evaluar los resultados arrojados por distintas alternativas (Reif, B., 1973: 251).

Como su propio enunciado nos deja intuir, se denomina potencial porque para explicar la distribución del comercio, calcula el potencial de cada zona con respecto a la localización en la misma del comercio al por menor (Reif, B. 1973: 251-254). Para asignar el flujo de gastos que los consumidores asumen al acceder al centro comercial (una de sus hipótesis de trabajo fue que éstos acceden a aquellos centros comerciales más próximos), y así poder estimar las ventas de cada centro

(sumando los flujos de gastos de todas las zonas en cada centro), utiliza una función de tipo gravitatorio (Lee, C. 1975: 108-109).

Los modelos de tráfico, concebidos a partir de los años sesenta, son hoy considerados como los estudios clásicos de transporte o modelo de cuatro fases, en alusión a las cuatro fases de las que constan, a saber: (1) determinación de la generación y de la atracción de los viajes según zonas; (2) distribución de los viajes por motivos; (3) distribución de los viajes según modo de transporte; y, (4) asignación de los viajes entre zonas a la red (Derycke, P.H., 1971: 205, 213-214).

Han sido muchos los modelos que han desarrollado distintos aspectos del esquema general apuntado provocando la diversidad metodológica para su cálculo. Todos, en mayor o menor medida, se basan en los conceptos de atracción y generación de viajes de cada zona. El más conocido es el modelo gravitacional el cual establece que: los viajes producidos entre dos zonas son directamente proporcionales a los viajes generados por una y los atraídos por la otra e, inversamente proporcionales, a una función de coste (tiempo que se tarda en ir de una zona a otra), o bien, una función generalizada de coste (considerando el máximo de factores que influyen en la realización del viaje como la congestión del tráfico, los tiempos de espera, los tiempos de aparcamiento, la comodidad,...) (Derycke, P.H., 1971: 220-224.; Lee, C., 1973: 114-115).

El modelo de **Kenneth J. Schlager** (1965) fue elaborado para el Estudio del Transporte y Usos del Suelo llevado a cabo por la *Comisión de Planeamiento Regional de Southeastern* (Wisconsin). Modelo global de marcado carácter urbanístico, se apoya matemáticamente en la programación lineal para evaluar distintas alternativas de planeamiento de forma que se minimicen los costes totales de inversión, pública y privada, satisfaciendo ciertas restricciones (Reif, B., 1973: 379-389).

El modelo EMPIRIC (1965), desarrollado por **Donald M. Hill**, fue elaborado para el *Boston Regional Planning Project* con la finalidad de desarrollar un plan de ordenación global de la región del Gran Boston. Es un modelo estadístico de regresión múltiple lineal incremental, esto es, las variables dependientes e independientes del modelo son diferencias o valores diferenciales o incrementales de las distintas variables consideradas (Reif, B., 1973: 295-304).

El modelo de **Czamanki** (1965), fue aplicado para la previsión del crecimiento demográfico de Baltimore. Es un modelo estadístico formado por un sistema de ecuaciones lineales donde la población total de la ciudad depende del empleo total existente. El empleo total se descompone en tres sumandos: empleo en actividades básicas (o de orientación geográfica); empleo en actividades no básicas (o de orien-

tación urbana); y, empleo en actividades complementarias de las industrias básicas. El empleo de las actividades no básicas se considera función lineal de la población total, y el empleo de las actividades complementarias de las industrias básicas es función lineal del empleo en las mismas. Son funciones de regresión lineales con retardo temporal de forma que las variables dependientes son función de las variables independientes en un momento anterior del tiempo (Derycke, P.H., 1971: 181-184).

El modelo de **J. B. MaLoughlin**, expuesto en la obra del mismo autor *Leicester and Leicestershire Sub-Regional Planning Study* de 1969, es un modelo global basado en una simulación del sistema urbano a través de varios modelos parciales entrelazados entre sí (MaLoughlin, J. B., 1971: 147-159).

En la década de los setenta nos encontramos con la definición de los modelos econométricos para la obtención del valor del suelo en función de diversas variables explicativas. Todos ellos participan de una metodología estadística o econométrica de regresión múltiple. Entre éstos nos encontramos con: El modelo de **Brigham** para Los Angeles (1964); el modelo de **Yeates** para Chicago (1910-1960); el modelo de **Sordo Cedeño** para Méjico (1937-1970); el modelo de **Vandermotten** y **Rothstein-Farrell** para Bruselas (1968-1970); y, el modelo de **Dutailly** para París (1966-1968) (Derycke, P.H., 1979: 319-336).

2.1.- Los modelos de la ecología humana.

Coincidiendo en el tiempo, aunque desde distintos puntos de vista, la preocupación en torno a la ciudad supera el ámbito de lo excepcional, reivindicando un mayor protagonismo el análisis teórico y empírico en torno a ella. En el apartado anterior, centramos nuestro interés en las distintas teorías y modelos espaciales enunciados desde la economía urbana y la geografía enfatizando, respectivamente, el espacio *geométrico* y *funcional*. La exposición que en torno al espacio urbano, por definición multidisciplinar, estamos llevando a cabo, debe ser completada con la aportación sociológica. Esta se circunscribe a modelos de organización urbana, destacando, en este caso, el espacio urbano *diferenciado*.

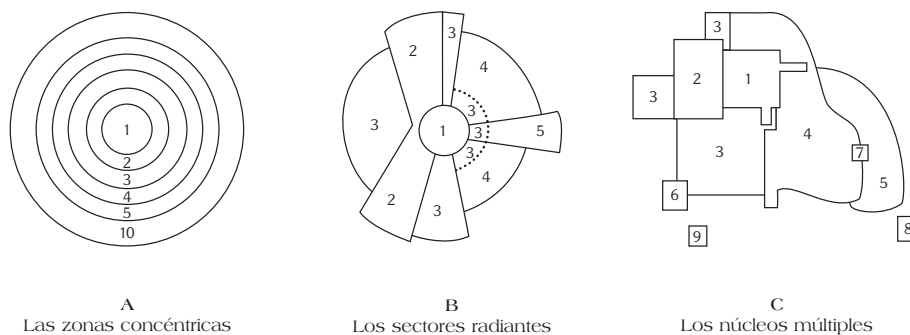
A principios del presente siglo las consecuencias sociales y morfológicas que la industrialización introdujo adquirieron tal relevancia que desde el punto de vista académico no pudo ignorarse. No obstante, la perspectiva desde la que fue abordada difirió, según el contexto en que se desarrollara (Bettin, G., 1982: 72). En Alemania **Max Weber** llevaría a cabo un análisis teórico de la ciudad basado en el méto-

do histórico-comparativo. En Inglaterra se asumió una perspectiva intervencionista consolidándose la *social welfare survey*. Mientras que en América, particularmente en la Universidad de Chicago, se iniciaría de una forma sistemática el análisis empírico para la comprensión y descripción de las emergentes formas sociales y urbanas, al ser consideradas a las ciudades norteamericanas de la década de los cincuenta como representantes de la “nueva urbanización” (Timms, D., 1976: 215). Son, pues, los modelos de la escuela de Chicago a los que dedicamos una mayor atención, puesto que son los modelos simbólicos del tipo matemático más afines al propósito de esta investigación, esto es, la definición del modelo socio-demográfico de la ciudad de Alicante.

El análisis y comprensión de las características sociológicas en distintas unidades de análisis, prolifera a partir de la década de los veinte desde la perspectiva de la *ecología humana*. Los modelos socio-espaciales enunciados siguiendo los postulados de la teoría clásica ecológica, centraron inicialmente su interés en el análisis de la estructura espacial de las ciudades. En este sentido, son los modelos clásicos sobre la estructura intra-urbana y desarrollo urbano, esto es, de los aspectos espaciales de la diferenciación residencial y/o estructura urbana, de Burgess, Hoyt, Harris y Ullman, claros exponentes de estas primeras aportaciones.

Ernest W. Burgess presenta en 1925 el modelo de *Círculos Concéntricos* como un modelo ideal de crecimiento o expansión urbana representable por “una serie de círculos concéntricos numerables, que designarían tanto las zonas sucesivas de expansión urbana como los tipos de áreas diferenciadas en el proceso de expansión” (Burgess, E. W., 1925: 71). El modelo de Burgess es una abstracción estática de un proceso dinámico: el ascenso de las clases más acomodadas se constata con la ocupación de los espacios más dignos, en detrimento del desplazamiento al que someten a los menos afortunados (Bailly, A.S., 1978: 113-114).

Figura 2.1:
Los Modelos Clásicos de Estructura Urbana



A
Las zonas concéntricas

B
Los sectores radiales

C
Los núcleos múltiples

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. C.B.D. | 6. Industria pesada. |
| 2. Zona de transición. | 7. Centro de negocios secundario. |
| 3. Residencias de las clases populares. | 8. Residencia suburbana. |
| 4. Residencias de las clases medias. | 9. Industria suburbana. |
| 5. Residencias de las clases burguesas. | 10. Zona de emigraciones pendulares. |

Fuente: A.-
Burgues, E.
W. (1925).

"El crecimiento de la ciudad: introducción a un proyecto de investigación" en G.A. Theodorson (compil.) (1974), *Estudios de Ecología Humana*. Barcelona, Labor, pp. 72 y 76. B y C.- Harris, C.D. y Ullman, E.D., 1945, "The Nature of Cities", en Hatt, P. K. y Rein, A. J. Jr. (eds.). 1957, *Cities and Society*. New York, The Free Press, pp. 237-247.

Según este modelo, la estructura de la ciudad se comprende a partir de cinco anillos concéntricos (ver Figura 2.1: modelo A): (1) distrito comercial central; (2) zona de transición; (3) zona de residencia de obreros industriales; (4) zona de alta residencia; y, (5) zona exterior. Esta estructura intra-urbana, fruto de un proceso ecológico de crecimiento, responde a los conceptos de: *expansión-sucesión* (tendencia de cada zona interior a extender su zona mediante una invasión en la zona exterior inmediata), y de sus antagónicos *concentración-descentralización* (los grupos y usos que pueden competir, optarán por ocupar los lugares centrales, mientras que aquellos que no puedan hacerlo son segregados hacia las zonas más exteriores) (Burgess, E. W., 1925: 72-73).

Las críticas al modelo de Burgess se centran en:

- Se cuestiona la validez empírica de la "zona" como herramienta clasificatoria. Los test empíricos a los que se ha sometido el modelo han dado resultados contradictorios. Así, Davie en su trabajo *El modelo del crecimiento urbano*, pone a prueba el modelo aplicándolo a la ciudad de New Haven. El estudio manifiesta que sus veintidós áreas "no se ajustan a un modelo de círculos concéntricos". Ninguna de estas coronas es homogénea en ningún sentido" (Davie, M. R., 1938: 157). Por su parte, Zorbaugh, en su exposición sobre áreas naturales, hará extensible a "to-

das las ciudades americanas” el modelo de expansión de círculos concéntricos (Zorbaugh, H. W., 1926: 85)¹⁰.

- Ausencia de coherencia entre atributos de tipo familiar y el resto de atributos enunciados por Burgess.
- Inconsistencia teórico e instrumental en el concepto de “área natural”.
- Modelo excesivamente generalista, lo que le ha convertido en un modelo “ideal”. Burgess inicialmente lo hizo extensible a cualquier ciudad o pueblo. Posteriormente rectificó y lo circunscribió a la ciudades norteamericanas con vocación comercial-industrial (Timms, D., 1976: 375-377).

El modelo de Burgess fue el punto de partida para otros investigadores. Entre ellos, **Homer Hoyt** quien en 1939 propuso el modelo de **Sectores Radiantes**. La *teoría de los sectores* completa al modelo de Burgess pues propone un diagrama en el que los límites impuestos por los círculos concéntricos de Burgess se interrumpen y se amplían del centro a la periferia¹¹, adoptando formas irregulares (ver Figura 2.1: modelo B).

El **Modelo Sectorial** nace en el seno de la *Administración Federal del Gobierno americano*. Su finalidad, a diferencia del modelo de Burgess, es eminentemente práctica. Busca ser una generalidad empírica susceptible de ser utilizada en el proceso de toma de decisiones (de naturaleza exclusivamente financiera) asociadas a las políticas de planificación. Teniendo en cuenta este origen, resulta lógico observar que las únicas variables utilizadas por el modelo para caracterizar las distintas zonas, fueran los niveles de renta y las posibilidades de pago asociadas a ellos (Timms, D., 1976: 388). El nivel de renta constituye el punto central de este modelo desde el que se enuncia la estructura y diferenciación urbana.

Para Hoyt el cambio urbano obedece a una teoría sectorial (Hoyt, H., 1939: 116). El cambio, la movilidad y el crecimiento, tienen como principal motor la supuesta atracción ejercida por las “élites” (clases sociales con mayor poder adquisitivo). Son éstas las que emplazadas inicialmente en el centro de la ciudad, su área de empleo, se irán desplazando a lo largo de las principales y más rápidas vías de comunicación, en busca de mejores enclaves que el obsoleto y congestionado cen-

10. Una exposición en la que se contrastan diferentes estudios en los que se aplica el modelo de Burgess en diferentes culturas y procesos históricos, se encuentra en Timms, D., 1976, *Op. cit.*, pp. 378-384.

11. Los modelos de Burgess y Hoyt comparten el concepto de gradiente, basado en la hipótesis ecológica de que la comunidad se organiza en función de un centro dominante a partir del cual, y según se incremente la distancia respecto a él, ésta disminuye.

tro. Esta expansión, que sigue la forma de una cuña, obedece a un movimiento centrípeto, del centro a la periferia, y en ella se libera un espacio que deteriorado será ocupado por capas de menor poder adquisitivo (Bailly, A. S., 1978: 177). Pese a ello, “la tendencia natural de las áreas de renta elevada es la de desplazarse hacia la periferia, pero sin abandonar el sector en el que primitivamente se localizaba” (Hoyt, H., 1939: 117-119).

Del conjunto de críticas que el modelo de extensión radial de las áreas sectoriales recabó, nosotros destacamos: la visión simplificada del sistema de estratificación social de la ciudad al considerar exclusivamente el papel desempeñado por los líderes; y la ambigua definición del concepto “sector”, pieza clave en su modelo explicativo (Timms, D., 1976: 390-393).

Por último, y dentro de los modelos hoy considerados como clásicos, el modelo de **Núcleos Múltiples** cierra esta visión estructural aportada desde la ecología humana clásica. Inicialmente desarrollado por **Mackenzie** (1933) fueron los geógrafos **Harris** y **Ullman** los que lo desarrollaron (Racine, J. B., 1972: 197). La *teoría de núcleos múltiples* ha sido considerada por algunos autores como el boceto de una teoría con pretensiones generalistas, que toma a los modelos de círculos concéntricos y sectorial, como punto de referencia (Timms, D., 1976: 365)

La teoría de núcleos múltiples sugiere que la expansión de la ciudad no se produce a partir de un único distrito central, como así apuntaron las respectivas tesis de Burgess y Hoyt. Para Harris y Ullman, la estructura urbana se desarrolla a partir de núcleos múltiples (Harris, C. D., y Ullman, E. D., 1945: 244-245). Para sus autores, cuatro son los factores, que combinados, motivan el desarrollo de núcleos independientes: (1) existen actividades que requieren servicios y una planificación específica; (2) actividades semejantes se agrupan intentando beneficiarse de las economías de aglomeración que generan; (3) actividades incompatibles se emplazarán guardando cierta distancia; y, (4) todas las actividades quedan sometidas al proceso de selección espacial que el precio del suelo impone (Bailly, A.S, 1978: 119).

Este modelo, igual que sus predecesores, refleja la expansión ecológica, y en él los autores identifican las áreas homogéneas más comunes, asociando éstas a los distintos núcleos múltiples (ver Figura 2.1: modelo C). Es en este hecho, en la gran variedad tipológica y en el elevado número de núcleos, donde el modelo ha sido más cuestionado, crítica que ha dificultado su generalización.

La propia dinámica de la nueva disciplina llevaría a completar el enfoque estructuralista con las aportaciones de **Eshref Shevky** y sus colaboradores **Wendell Bell** y **Williams**: su interés se centraba en el análisis y descripción de la estructura social de la ciudad (áreas sociales) (Shevky, E. y Bell, W., 1955). El modelo de **Áreas So-**

ciales relacionaría la ecología urbana con los estudios más generales del cambio sociocultural: diferenciación social es sinónimo del proceso de modernización y de un amplio conjunto de características afines a la sociedad, y no solo un proceso exclusivamente urbano (Timms, D., 1976: 215-216). Ambas perspectivas, comparten el hecho de que, en última instancia, proponían modelos descriptivos de diferenciación y estratificación social.

Antecedentes inmediatos al modelo de áreas sociales, lo constituyen los estudios en torno a las **comunidades** (llevados a cabo por Abderson, Thrasher, Wirth y Zorbaugh), junto con los que posteriormente tomaron como unidad de análisis los **barrios** o **vecindarios urbanos** (de la mano de Foley y Whyte, fundamentalmente). Estas aportaciones ofrecieron, inicialmente, importante información respecto a distintos temas de interés sociológico, a saber: vida social en enclaves culturales y raciales específicos, organización informal, e identificación con la comunidad, entre otros¹².

No obstante, pronto se apreciaron sus limitaciones analíticas, comparativas y metodológicas, en tanto que suponían investigaciones relativas a subáreas urbanas ajenas al contexto o sistema social en el que estaban inmersas. Una solución fue la tipología urbana propuesta por **Shevky** y sus colaboradores **Williams** y **Bell**¹³ y que se presentaba, respecto al anterior enfoque, como una metodología enfocada a “comprender las agregaciones urbanas no en cuanto unidades aisladas, autosuficientes, sino en cuanto partes de un sistema de relaciones más extenso” (Shevky, E. y Bell, W., 1955: 378)¹⁴.

El modelo de áreas sociales se enuncia como si de una teoría deductiva se tratase (ver Tabla 2.1). Los autores parten de la observación de determinados cambios introducidos con el advenimiento de la ciudad industrial. Las sociedades modernas

12. Una exposición sobre las distintas teorías sociológicas en torno a la comunidad (modelo de comunidad social system, modelo de acción comunitaria, y modelo de responsabilidad limitada) se encuentra en Leonardo, J. J., 1989: *Estructura urbana y diferenciación residencial: el caso de Bilbao*. Madrid, CIS, cfr. pp. 75-123.

13. La presentación original del modelo de áreas sociales data de 1949, fecha en la que Shevky y William exponen *The Social Areas of Los Angeles*. Pero no sería hasta 1955 cuando Shevky y Bell ofrecieran un modelo más estructurado y elaborado, superando las deficiencias del primero. *Social Area Analysis (1955)* se redacta a partir de una serie de investigaciones que con iguales punto de partida y metodología, los autores llevaron a cabo en San Francisco en 1953 (Timms, D., 1976, *Op. cit.*, pp.216-218).

14. Una exposición de investigaciones realizadas desde la perspectiva del modelo de Area Social se encuentra en Timms, D., 1976, *Op. cit.*, pp. 261-263. En España también contamos con experiencias de este tipo. Así Cristina Jiménez (1987) y Carmen Ocaña (1984) aplican este modelo en las ciudades de Madrid y Málaga respectivamente.

reflejan un *cambio de escala*¹⁵ respecto a las primitivas, lo que se traduce en una serie de cambios en los modelos de diferenciación residencial, en la complejidad de la organización y en el grado e intensidad de las relaciones. A partir de este concepto se articula el proceso lógico que lleva a los autores a establecer tres factores subyacentes en el origen de la diferenciación social. La hipótesis de partida es la posibilidad de abordar el análisis de la diferenciación social en las comunidades urbanas en términos de *espacio-atributos*, en donde los atributos son las dimensiones diferenciales básicas de individuos y grupos en un momento determinado, o lo que es lo mismo, son los factores básicos (constructos analíticos) en la diferenciación y estratificación de las ciudades.

Paralelamente a los constructos analíticos, los autores establecen de una forma lógica, un sistema de indicadores estadísticos que les permita analizar sus suposiciones¹⁶. Los índices rango-social (o nivel de vida), urbanización (o modo de vida) y segregación (o grupo étnico), ejemplifican y representan los cambios estructurales “susceptibles de servir de conceptos descriptivos y analíticos en el estudio de la moderna estructura social” (Shevky, E., y Bell, W., 1955: 379).

Esquemáticamente, este proceso deductivo se refleja en el siguiente cuadro:

Tabla 2.1:
Proceso analítico en la construcción de Índices

Postulados de la sociedad industrial	Estadísticas de las tendencias sociales	Cambios en la estructura de una sociedad	Construcciones analíticas, dimensiones o factores	Sistema de medición de las categorías (índices)		
Cambios en la gama e intensidad de relaciones	Transformación en las distribución de las tareas	Cambios en el abanico de ocupaciones basados en la producción	Rango social	Ocupación, grado escolar, alquiler	Índice I	Áreas Sociales
Diferenciación de funciones	Transformación de la estructura productiva	Cambios en los modos de vida: incorporación de la mujer al trabajo	Urbanización	Fecundidad, mujeres activas, unidades de alojamiento unifamiliares	Índice II	
Complejidad en la organización	Movilidad creciente entre la población	Redistribución espacial: aislamiento y segregación de grupos	Segregación	Grupos raciales y nacionales	Índice III	

Fuente: Elaboración propia. Simplificación de Shevky, E. y Bell, W., 1955: “Análisis de área social”. en G. A. Theodorson (compil.), 1974: *Estudios de Ecología Humana*. Barcelona, Labor, pp. 380-381

15. Wilson y Wilson, autores de este concepto, definen *escala social* o *escala de una sociedad* como “el número de personas que están relacionadas entre sí y la intensidad de estas relaciones” (Wilson, G. y Wilson, M., 1945: *The Analysis of Social Change*. Cambridge, pp. 25, citado por Timms, D., 1976, *Op. cit.*, pp. 218. A su vez, los resultados esperados con la aplicación del con-

El objetivo perseguido era, pues, reflejar los cambios acaecidos en las sociedades modernas a partir de la tipología urbana definida por:

(1) Adscripción a cada unidad censal con el valor correspondiente en cada factor (puntuaciones factoriales).

(2) Agregación de las áreas censales o tipos según la semejanza de los valores en los tres índices conjuntamente considerados. Cada una de las agrupaciones o tipos finales resultantes, por extensión, reciben el nombre de **área social** y denota (Shevky, E., y Bell, W., 1955: 389):

(...) la forma en que agrupamos un conjunto de unidades en unidades más extensas basadas en su semejanza respecto a las características sociales. (...) el área social contiene generalmente individuos de un mismo nivel de vida, un mismo modo de vida y una misma procedencia étnica.

A su vez, la representación conjunta de todas las áreas sociales, agrupaciones de población que forman tipos sociales, nos ofrece la oportunidad de observar el **modelo de área social**, esto es, la exposición de la organización social de las modernas ciudades a partir de su **mapa social** (Timms, D., 1976: 332-333).

Inicialmente concebida como una metodología con mayor capacidad descriptiva y analítica respecto a los estudios en subáreas (comunidades, barrios o vecindarios), la tipología urbana de Shevky se presenta como una técnica clasificatoria para la construcción de tipos sociales con poblaciones en unidades censales.

La elaboración de la tipología urbana se realiza a partir del diagrama de espacio social en donde, y en función de los valores adoptados por cada unidad censal en los distintos índices, se clasificarán las subunidades del análisis obteniendo, finalmente, series de tipos de área sociales. El diagrama es una tabla de doble entrada en la que de forma arbitraria se sitúan los índices rango social y estatus familiar (divididos en cuatro intervalos correspondiendo a los valores de las puntuaciones estandarizadas). Ubicando en este espacio las secciones en función del valor adscrito

cepto de escala creciente, se identifican con la proposición de Wirth respecto a los rasgos característicos de las sociedades de escala grande (sociedades modernas) respecto a las de escala pequeña (sociedades tradicionales). Wirth identifica como factores causantes del desarrollo social al tamaño, densidad, heterogeneidad y agregación urbana, criterio no compartido por Shevky y Bell (Timms, D., 1976, Op. cit., pp. 219-220).

16. La descripción y proceso de construcción analítica de cada uno de estos índices son desarrollados con mayor detalle en el apartado "Indicadores Sociales y Modelos Urbanos" incluido en el Capítulo 4 de esta Tesis, Indicadores Sociales. En estas líneas nos limitamos a exponer los modelos sociales que en el seno de la ecología humana se desarrollaron.

en los dos índices, se obtiene una tipología de dieciséis áreas sociales que se incrementa hasta treinta y dos cuando se considera simultáneamente el estatus étnico (Timms, D., 1976: 238-239).

Esta tipología de áreas sociales, originariamente carecía de vinculaciones con el espacio geográfico. Pese a ello, su representación cartográfica en los municipios de Málaga (Ocaña, C., 1984: 294-294) y Madrid (Jiménez, C. B., 1987: 64-67), ofrecen una imagen global de la realidad social y ayuda a entender el proceso de crecimiento implícito en las ciudades de la mano de las relaciones sociales y espaciales. No obstante, se constata la reducida significación del modelo en tanto que no refleja fidedignamente las respectivas realidades sociales.

El análisis de áreas sociales fue el primer intento de verificar empíricamente las hipótesis que bajo un punto de vista teórico enunciaron los modelos de la comunidad. Es más, algunos autores se sirvieron de la tipología enunciada a partir de la aplicación del modelo de áreas sociales, para llevar a cabo posteriormente estudios sobre comunidades urbanas. Así, Bell (1958), utilizará la tipología de áreas para seleccionar aquellas unidades censales más próximas a sus supuestos de trabajo sometiénolas, posteriormente, a un análisis sobre participación y aislamiento social en las comunidades urbanas.

Las críticas sobre el modelo de Areas Sociales se centran en dos de sus supuestos fundamentales:

- El término *escala social*, clave sobre el que se articula toda la teoría del modelo, se presenta no sólo ambiguo en su definición sino que además no se argumenta su relación con las pautas de diferenciación social. Es tal la importancia que se otorga al concepto de escala social (sinónimo de cambios económicos, que impulsados por las innovaciones tecnológicas, actúan como motor de transformación en las sociedades tradicionales) que ha sido tachado el modelo de determinismo económico, pues ignora aspectos tan relevantes como los conflictos de poder y/o organizaciones distintas a las supuestas por el modelo.

- En segundo lugar, no se expone con claridad las relaciones entre los efectos de la modernización (aspectos de la escala social creciente o ejes de diferenciación), y los factores residenciales. A su vez, tampoco hay una explicación analítica que constata la validez de la relación entre índices e indicadores (Timms, D., 1976: 241-243).

El modelo de la *Ecología Factorial*, más que un modelo, es una técnica de análisis. Pretende demostrar, de un modo objetivo, los factores o dimensiones básicas

que Shevky y sus colaboradores enunciaron, sin respaldo teórico ni empírico, como básicas en los estudios de diferenciación.

Las técnicas del **análisis factorial**¹⁷ hay que situarlas como colofón al breve recorrido que por los modelos espaciales, fundamentalmente los matemáticos o formales, hemos realizado en este capítulo. Si bien, el análisis factorial no es un modelo, sino una técnica estadística de análisis, sí que constituye una importante herramienta de trabajo aplicada en el campo del urbanismo, fundamentalmente al análisis de los aspectos sociológicos y su vinculación o interrelación con el espacio. El análisis factorial constituye un instrumento matemático de análisis muy sofisticado que implica el uso de las matemáticas y la estadística en el campo del análisis de los fenómenos socio-urbanos.

La réplica a la serie de investigaciones que en distintos contextos y tiempos se realizaron, siguiendo los supuestos del modelo de áreas sociales, se ha basado, fundamentalmente, en la aplicación del conjunto de técnicas conocidas como análisis factorial sobre una gran variedad de datos que supuestamente explican la diferenciación residencial. Entre ellos destacamos los trabajos llevados a cabo por los equipos de **Van Arsdol** y **Schmid**, cuya finalidad fue ratificar empíricamente la generalidad de los índices del modelo de área social urbana (Van Arsdol, M., et al. 1958; Schmid, Calvin F., et. al. 1958). Para ello se sirvieron de las técnicas de análisis factorial, que en la década de los cincuenta ya contaba con gran aceptación¹⁸.

Fruto de esta serie de estudios se denominó **ecología factorial** a “la aplicación del análisis factorial a los datos que describe la diferenciación residencial de la población, generalmente la urbana” (Timms, D., 1976: 100).

Los fundamentos empíricos del modelo de áreas sociales, una vez consolidada la ecología factorial en el estudio de la diferenciaciones residencial y social, fueron abandonados, básicamente, por las limitación metodológicas que presentaba, superadas a su vez, con la ecología factorial. En este sentido, la ecología factorial ratificó las hipótesis que cimentaron el modelo de áreas sociales y que tan duramente fueron cuestionadas. El alcance de sus conclusiones hizo que estas técnicas tomaran el relevo en el análisis de este tipo de investigaciones, asumiendo todo el protagonismo¹⁹. A partir de este nutrido número de investigaciones llevadas a término, las principales conclusiones son:

17. Las consideraciones técnicas y metodológicas relativas a las técnicas de Análisis Factorial se encuentran ampliamente desarrolladas en el apartado ‘El análisis Factorial y la construcción de Indicadores Sociales’ del Capítulo 4, Indicadores Sociales, de esta Tesis.

18. Una exposición de investigaciones cuyo objetivo fue validar empíricamente el modelo de Áreas Sociales se puede ver en Timms, D., 1976, Op. cit., pp. 260-304.

19. La exposición y comparación de las principales investigaciones llevadas a cabo en ámbito español con aplicación de la ecología factorial se encuentran en el apartado ‘Experiencias españolas

• El análisis factorial, permite validar la supuesta estructura residencial, implícita en las sociedades modernas, enunciada por el modelo de Áreas Sociales. La comparación de un amplio número de investigaciones en diferentes contextos ha demostrado que se produce una invarianza factorial, esto es, consistencia de los factores en todas ellas.

- La estructura factorial evidencia que son cuatro las dimensiones implícitas en el concepto de diferenciación social, a saber: estatus socioeconómico o rango social; tipos familiares; estatus étnico; y movilidad o urbanismo. De todos ellos, el factor rango social parece ser universal y aunque el estatus familiar también esté muy extendido, no es tan generalizable como el primero. Los factores estatus étnico y movilidad, pese a ser menos recurrentes, sí se pueden incluir como aspectos generales de diferenciación.

- No obstante, y pese a que los índices estatus socioeconómico y familismo son los más universales, tienen una fuerte diferenciación interna y distintos grados de independencia.

- Esta estructura factorial compartida en la gran mayoría de las investigaciones no ignora la existencia de factores específicos que respondan a circunstancias culturales y sociales particulares. Así, la ecología factorial, establece una serie de factores de diferenciación más específicos fruto de circunstancias particulares, o bien, fruto de la inclusión de indicadores atípicos en el análisis: “comunidades comerciales tradicionales”; “tamaño y densidad”; “construcciones en la década de los cuarenta”; “viajes al trabajo en coche”; y “criminalidad atípica”, son algunos de ellos.

• El análisis factorial, a partir de los coeficientes asociados a él, permite validar las relaciones que entre dimensiones (o conceptos teóricos) e indicadores y, entre indicadores e índices, estableció de un modo impreciso el modelo de Áreas Sociales.

- El factor (o índice) *estatus socioeconómico* muestra una fuerte correlación con los indicadores que se refieren a: ocupación (clasificada como porcentajes de directivos o profesionales y de trabajadores no manuales); educación (niveles de educación); renta y tipo de vivienda habitada.

en la aplicación de Indicadores Sociales en el Análisis Urbano’, del Capítulo 4. Indicadores Sociales, de esta Tesis.

Las investigaciones llevadas a cabo a nivel internacional las recoge Timms, D., 1976, Op. cit. pp. 102-105.

- El factor (o índice) *familismo* está fuertemente correlacionado con indicadores que hacen referencia a: la estructura demográfica, composición familiar, fecundidad y, estado civil y profesional de las mujeres. La relación con este conjunto de indicadores ha hecho que este factor fuera denominado de diferentes maneras: “estatus familiar”, “primera etapa del ciclo familiar”, “procreación” y “suburbanismo”, son algunas de estas denominaciones.

- El factor *estatus étnico*, está vinculado a la proporción de población no blanca. Los factores estatus étnico y familismo se ven influenciados por el número de indicadores característicos de estos índices que participen en el análisis, de tal manera que a mayor número de características incluidas, el índice unitario tiende a fraccionarse en distintos subfactores.

- Por último, los indicadores asociados a la *movilidad de la población*, quedan incluidos en otro factor (o índice) denominado *urbanismo*. Los indicadores fuertemente correlacionados con el factor urbanismo son: proporción de propietarios de las viviendas que habitan; proporción de solteros o separados; y movilidad de población (indicadores no frecuentes en las estadísticas oficiales).

- El hecho de que se haya dado la invarianza factorial en un número importante de investigaciones, pese a que los indicadores incluidos en los análisis no siempre coincidieran, nos permite explicar la diferenciación residencial en términos de factores y no de indicadores individuales. La ecología factorial se presenta como la técnica más idónea para estructurar una batería de indicadores de gran importancia e interés (Timms, D., 1976: 101-114).

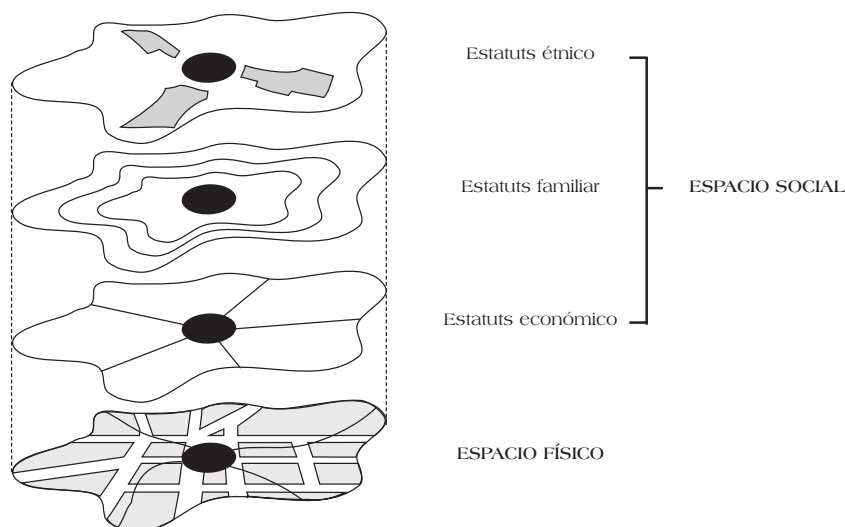
El análisis ecológico factorial, al presentarse como una técnica de análisis cuantitativa, ha obviado la inclusión en sus análisis de variables de tipo cualitativo, de gran importancia en los estudios de diferenciación como posteriormente argumentaron los principales detractores de la ecología humana clásica. Esta es, no obstante, una de las más reiteradas críticas que suele hacerse sobre la operacionalización de los conceptos en el proceso de medición de las Ciencias Sociales, puesto que la gran mayoría de indicadores e índices, tienen su origen en variables de tipo objetivo o cuantitativo, desechando, las de corte subjetivo. Al análisis factorial, se le ha reprochado la ausencia de un marco teórico a partir del cual definiera sus conceptos e indicadores, lo que explica su incorporación como técnica operativa en los estudios de diferenciación social bajo los supuestos del modelo de Áreas Sociales (Leonardo, J. J., 1989: 157-158).

Las limitaciones argumentadas a cada uno de los modelos expuestos, la concepción de que el análisis de la diferenciación residencial debía abordarse desde

una perspectiva multidimensional, junto con las posibilidades de análisis introducidas de la mano de los ordenadores, motivó a algunos autores a abordar el tema desde un enfoque sistémico (Racine, J. B. 1972: 197-198). De esta manera, se irá consolidando y estructurando la idea, originaria de Berry (1965), de que el espacio social se puede definir superponiendo las tres tramas de estructura espacial definidas por Burgess, Hoyt, Harris y Ullman, y no solo a partir de alguna de ellas: los modelos clásicos son complementarios. **Berry** supuso que las divisiones resultantes de la superposición conjunta de los diagramas de círculos concéntricos y radial en el plano de la ciudad, ofrecía unidades perfectamente diferenciadas según sus características sociológicas: si se analizan las áreas delimitadas por los círculos, encontramos similitud en las características familiares; mientras que en el análisis de los sectores dibujados por los radios, la homogeneidad responde a las características económicas (Berry, B. J. L., 1965: 115-116).

El **modelo compuesto** de Berry fue sistematizado por **Murdie** (Murdie, R. A., 1971). Murdie relacionó los modelos clásicos de la estructura urbana con las tipologías factoriales de las áreas sociales de la siguiente manera: el rango social se distribuye de forma sectorial, el familismo o urbanización de forma concéntrica y el factor de segregación de forma polinuclear. Esta relación compuesta la dejó expresada de forma visual en el siguiente gráfico:

Figura 2.2:
Las tres dimensiones independientes del espacio social



Fuente: Racine, J. B. 1972: "Ecología factorial y ecosistemas espaciales", en Bourgoigne, G. E. (compil.), 1976, *Perspectivas en Ecología Humana*. Madrid. IEAL, pp. 199.

El análisis y comprobación de este nuevo modelo se realizó aplicando las técnicas de análisis multivariable. Este análisis no solo ofrece la posibilidad de estructurar e integrar en el análisis toda la información implícita en el supuesto enunciado, sino que además se presenta como un "test de validez de una teoría explicativa formalizada en términos de modelos matemático" (Racine, J. B., 19972: 197-198).

La validez del modelo se realizó sometiéndolo a la técnica de *análisis de varianza*. El objetivo era (Timms, D., 1976: 396) identificar los efectos que las delimitaciones espaciales tenían sobre los índices de rango social y estatus familiar (de forma marginal se analizó las consecuencias en los índices estatus étnico o en las características de movilidad o estatus migratorio)²⁰.

Las investigaciones realizadas bajo estos supuestos avalan las hipótesis de trabajo: los modelos sectoriales y concéntricos son complementarios; el rango social se asocia a una estructura sectorial mientras que el estatus familiar y étnico se identifican con zonas concéntricas. No obstante, pese a esta generalización, no hay que olvidar que el efecto de los datos secundarios difiere en los ámbitos de estudio, y que el resultado de los análisis varía en función del tamaño de la unidad de análisis sometida a comprobación (Timms, D., 1976: 400-402).

La aplicación de este modelo en el ámbito español se circunscribe al estudio de Jiménez Blasco en Madrid (Jiménez, C. B., 1987: 158-166). La autora aplicando un análisis de varianza pretende verificar si los factores de diferenciación residencial identificados para la ciudad de Madrid se ajustan al modelo compuesto de Berry. Del análisis se desprende que: el rango social tiene una estructura zonal; el envejecimiento de la población se adapta a un modelo concéntrico; y que ambos no se ajustan a una estructura de núcleos múltiples.

3.- Crítica a los modelos

Si bien es cierto que con la definición y aplicación de modelos a los fenómenos de la realidad social se obtuvo una mayor riqueza analítica, explicativa, y por que no, predictiva, éstos no quedaron exentos de críticas. El uso de modelos tanto en las ciencias experimentales como en las ciencias sociales ha sido y es extenso. Sin embargo, en el campo de las primeras, la realidad susceptible de ser modelada es mucho más compleja e indeterminada que en las experimentales: mientras que en

20. Aplicación de la técnica de análisis de varianza en estudios de diferenciación residencial urbana según el modelo compuesto de Benrry se encuentran en Timms, D., 1976, *Op. cit.*, pp.396-422.

las ciencias naturales es posible contrastar los modelos a través de experimentos, en las ciencias sociales no lo es en un vasto número de casos. Por otro lado, los fenómenos socio-espaciales contemplan una serie de particularidades que no hay que olvidar:

- *Son fenómenos históricos*, es decir, se producen en un momento determinado del tiempo y son fruto de la evolución de una situación preexistente.
- *Son irreversibles*, una vez realizada una acción, se produce una nueva situación y las nuevas acciones actúan sobre la nueva situación.
- *Son irrepetibles*. Nunca pueden darse dos situaciones iguales porque al variar el espacio y el tiempo en el que se producen ni las características espaciales ni los agentes sociales que actúan son los mismos. Es cierto, que pueden repetirse comportamientos dentro de los agentes sociales o situaciones espaciales semejantes en determinados aspectos.
- *Son complejos*, en el sentido de que intervienen una gran cantidad de variables que actúan simultáneamente. Normalmente los efectos producidos por las variables consideradas de forma aislada no son difíciles de comprender. El problema reside en la conjunción de innumerables variables actuando simultáneamente. Se produce una deficiencia de información: es prácticamente imposible conocer todas las variables de todo tipo que en un momento dado del tiempo han influido en que se produzca tal situación en los términos en los que se ha dado. No obstante, cuanto más información se contemple, mejor y más puede comprenderse el fenómeno objeto de estudio.

En consecuencia, la crítica al uso de modelos es en realidad la crítica que puede efectuarse a la modelización como metodología habitual en las ciencias sociales y que podemos resumir en los aspectos presentados por la propia definición de lo que es un modelo:

- En primer lugar, un modelo es una representación de la realidad, no es la realidad, ni tampoco pretende serlo. La representación de la realidad será tanto más perfecta cuanto más se aproxime a una relación de isomorfismo, esto es, la que hay entre la realidad y la simbología que la representa. En ciencias como la física sí se da esta relación isomórfica explicándose la realidad a través de las propiedades de los símbolos que la representan. En ciencias sociales, actualmente, no existen modelos matemáticos, o no, que lleguen a tal perfección consiguiéndolo sólo de forma aproximada.

- Esta representación es simplificada, es decir, ante la complejidad de la realidad se opta deliberadamente por representar parte de la misma despreciando, a juicio del autor del modelo, aquellos aspectos que considera “no representativos”. En este proceso de simplificación se puede dar el caso de despreciar variables que realmente tengan influencia en los procesos sometidos a estudio. No resulta fácil señalar qué variables son prescindibles. Ante esta situación, y en algunos casos, se opta por incorporar más variables en el modelo, lo que, en contrapartida, supone una mayor complejidad del modelo y su menos comprensibilidad. La experiencia, en este sentido, ha demostrado que no siempre se consigue una mayor aproximación a la realidad. Como consecuencia de lo expuesto se puede producir dos situaciones: (1) o bien se incurre en una insuficiencia de información al seleccionar aquellas variables de los fenómenos socio-espaciales considerados más significativos o relevantes para explicar el fenómeno; o bien, (2) se introducen variables agregadas, más fáciles de obtener, con lo que eliminamos la complejidad del mundo real.

- La representación ha de ser inteligible, lo que permitirá, a la postre, que sea útil. De poco servirá un modelo complejo pero costoso de diseñar y de utilizar por los destinatarios de los mismos.

- Puesto que todo modelo es fruto de la abstracción, cabe la posibilidad de incluir errores derivados de la formación de los autores, puesto que la abstracción es un proceso subjetivo y los aspectos de la realidad que se consideran varían de uno a otro autor.

- Por último, destacar el hecho de que los procesos socioeconómicos no son deterministas. Existe una capacidad de decisión de los agentes sociales, capacidad que los modelos recogen aunque de forma distinta. La acción variante de los agentes sociales se ha venido introduciendo de distinta manera: se introduce en el modelo las distintas posibilidades de acción; se adopta un comportamiento determinado, fijo e inamovible, o bien se ajusta el modelo según las particularidades.

Considerando específicamente los modelos matemáticos aplicados a los fenómenos socio-urbanísticos, podemos añadir a lo expuesto:

- La mayoría de los modelos se apoyan en variables agregadas, por ser éstas las más fáciles de obtener, como ya hemos apuntado, buscando en ello una simplificación de cálculos.

- Las variables y las relaciones incorporadas en los modelos responden, básicamente, a modelos lineales, cuando los fenómenos supuestamente lineales, no son mayoritarios en la realidad. Incluso para aquellos fenómenos que sí manifiestan una

relación lineal, su comportamiento con el paso del tiempo no tiene por que ser lineal.

- Son modelos básicamente estáticos, con lo que su utilidad se limita al momento en el que ha sido definido y a la serie de datos incorporados en el mismo.
- Los modelos son mayoritariamente parciales, lo que impide que las relaciones entre las partes queden reflejadas.

Pese a sus limitaciones a los modelos matemáticos, les podemos atribuir dos ventajas, fundamentalmente, derivadas de su utilización:

- Permiten un tratamiento y análisis más riguroso de los fenómenos socioeconómicos así como el estudio de su evolución.
- Puede informatizarse, lo que incrementa las posibilidades de su explotación, minimizando esfuerzo y tiempo (Lee, C., 1975: 182-184).

4.- Modelos en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Las limitaciones y restricción de los modelos expuestos se han visto superadas con la entrada de paquetes estadísticos e informáticos de mayor empaque que los primigenios. Los modelos generados en las décadas de los 80 y 90 reemplazan a los de las décadas 50', 60' y 70', y a su presentación dedicamos la exposición de este apartado.

Con la revolución informática la construcción de modelos, y a partir de éstos la simulación, se ha desarrollado a un ritmo acelerado. La versatilidad del ordenador ha hecho posible que la definición de modelos funcione bajo esquemas simples y reiterados, con un coste de tiempo e inversión reducidos (Santos, J.A., 1994: 711 y 727).

Del importante avance tecnológico que en las últimas décadas se ha producido, solo presentamos la aportación de los Sistemas de Información Geográfica, conocidos también por sus siglas "SIG", y de éstos aquí solo recogemos, de forma su-

21. En Capítulo 7, *Sistemas de Información Geográfica (SIGs): pasado, presente y futuro*, se da cuenta de los distintos ámbitos en los que se ha desarrollado la nueva tecnología y se ofrece información respecto a las innovaciones introducidas con su aplicación en la definición de sus respectivos modelos.

cinta, su aportación en los procesos generales de formación de modelos²¹. En los capítulos que siguen a éste se puede encontrar una exposición detallada en torno a la nueva tecnología, que abarca desde los distintos ámbitos en los que se vienen aplicando, hasta los fundamentos operativos de la tecnología SIG.

Sin perjuicio de ofrecer posteriormente una definición más extensa en torno a la nueva tecnología, presentamos a los SIGs como gestores de bases de datos que incorporan la particularidad, diferenciándoles del conjunto de bases de datos existentes en el mercado, de reflejar la información por ellos gestionada sobre cualquier soporte gráfico (plano, mapa,...). La incorporación de la variable espacial facilita el análisis del modelo sometido a examen representándolo espacialmente con lo que, además, la observación de pautas de distribución, e incluso de tendencias, son fáciles de apreciar. Los SIGs se han aprovechado del desarrollo vivido por la tecnología informática, incorporando un importante número de funciones que permiten la gestión y análisis de grandes bases de datos alfanuméricos.

En modelado cartográfico, bajo entorno SIG, diferenciamos entre modelado descriptivo y predictivo. Los **modelos descriptivos** tienen como finalidad describir la información espacial (Barredo, J.I., 1996: 33). Este nivel de simulación es abordado por la gran mayoría de los SIGs en el mercado al ser las funciones de introducción, almacenamiento y visualización, básicas en estos *softwares* (Serra, P., 1996: 795). No solo es posible establecer modelos descriptivos con tecnología SIG, sino que éstos son de mayor calidad que los desarrollados hasta la intromisión de la nueva herramienta. La aportación fundamental reside en el hecho de poder introducir en la descripción del fenómeno, proceso o situación, el mayor número de variables que participan en él, posibilidad que con los medios tradicionales era extremadamente compleja, si no imposible. La tecnología SIG facilita la integración de la información representando los fenómenos de un modo más cercano a la realidad, lo que nos lleva, a una mayor comprensión del tema de estudio.

Una vez definido el modelo descriptivo, pues entre ellos se manifiesta una relación secuencial, será posible establecer el modelo prescriptivo y, que no habrá que confundir con el modelo predictivo (Serra, P., 1996: 776-777). Mientras que el **modelo predictivo** se basa en la aplicación de funciones de geo-estadística inferencial para simular aspectos físicos (crecimiento urbano, propagación de fuegos,...) una vez que conocemos el comportamiento de las variables; los **modelos prescriptivos** están ligados a los modelos de localización de centros y ubicación de recursos y, a los modelos *alocate-locate* en los que participan múltiples criterios y objetivos en conflicto.

En la exposición de las aplicaciones con tecnología SIG vimos el creciente potencial de la nueva herramienta en la definición de modelos. Para la gran mayoría

de las más recientes aplicaciones lo importante era llegar a definir modelos situacionales o descriptivos a partir de los cuales predecir comportamientos. Los modelos predictivos podrán contestar cuestiones del tipo de: ¿cuál será la distribución espacial de la población de continuar la actual tendencia? Para estos casos, la tecnología SIG pone a nuestro servicio la posibilidad de tomar nuestras decisiones en función, y controlando, las distintas variables que, de hecho, intervienen en la vida misma. La simulación de futuribles situaciones con tecnología SIG nos acercan cada vez más a los procesos reales. Y es que la modelización no se va a ceñir a criterios únicos (escenario tendencial) tal y como tradicionalmente venía desarrollándose, sino que, del mismo modo que nos acercábamos más a la comprensión de la realidad a partir de una descripción en la que cada vez es más fácil introducir todas las variables que describen el fenómeno, las predicciones y proyecciones también se acercarán más (al escenario tendencial le acompaña escenarios alternativos). Esta es otra de las ventajas que nos ofrece el mundo de los SIG, puesto que, con anterioridad la elección partía de la posibilidad de combinar poca información tanto en cantidad como en diversidad.

Por su parte, los modelos prescriptivos encierran una mayor complejidad espacial en tanto que la solución a su problemática no es única (escenario tendencial o alternativo) sino que la cuestión, implícitamente, encierra un proceso de toma de decisiones como consecuencia de la existencia de varios criterios de partida y objetivos a conseguir, muchas veces en conflicto. A ellos corresponde resolver cuestiones del tipo de:

- Elección y trazado del trayecto más óptimo, que no corto, en caso de emergencia. Información del tipo de: densidad de tráfico, número de semáforos, sentido de la circulación, tránsito peatonal, existencia de obras, hora del día,... pueden hacer que la condición, a priori, más determinante como es que la distancia pase a ocupar un segundo puesto;
- Determinar la localización óptima para un conjunto de servicios planificando su oferta en función del acceso equitativo (coste en conducir, andar, distancia,...) es otro buen ejemplo de este tipo de modelos.

A los modelos, además de los propósitos u objetivos, les diferencia la metodología desarrollada en su definición: los modelos descriptivos y predictivos se basan en un proceso deductivo (son modelos que aportan una única solución al problema); los prescriptivos, además de contar con las dos fases implícitas en la metodología deductiva (planteamiento de problemas y generación de solución) se le añade una tercera, como es la evaluación de las soluciones y toma de decisiones (Barredo, J. I., 1996: 36). Es precisamente por esta inclusión en la metodología de definición de modelos, por la que los SIGs vinculados a la definición de modelos

prescriptivos no son tan frecuentes como los anteriores (Serra, P., 1996: 796).

En la resolución de cuestiones espaciales complejas como las descritas (accesibilidad y localización), los SIG deberán integrar sus funciones, en espera de que la situación tecnológica y de mercado cambie, con otras herramientas ajenas al mismo. Algunos autores como Barredo y Bosque, a tenor del balance positivo arrojado, han visto en el matrimonio SIG y **Técnicas de Decisión Multicriterio** la simbiosis más acertada para estos propósitos (Barredo, J.I. y Bosque, J., 1995: 661; Barredo, J.I., 1996: 36). La ventaja introducida, en este sentido, con un SIG es la posibilidad de incluir juicios o distintos niveles de importancia o valoración, e incluso múltiples factores y criterios, al conjunto de datos de partida, incrementado las posibilidades en la resolución de problemas complejos y espaciales.

Los procesos de toma de decisiones se han analizado tradicionalmente bajo el **paradigma de optimización**. El “centro decisor” establece un orden de prioridades o soluciones factibles. Una vez establecido el sistema de prioridades se elegirá como solución, elección óptima, aquella que dentro de la escala ocupa el mayor grado de deseabilidad, grado que, a su vez, viene definido por un único criterio de preferencia *múltiple* (Romero, C., 1993: 17-30).

El desarrollo de la *Teoría de Decisión Multicriterio* niega el hecho de que en la vida real las decisiones se tomen en torno a una única condición, sino por la combinación de varias: en los fenómenos sociales y en los naturales, se consideran, cada vez más, la pluralidad de elementos que intervienen. El paradigma monocriterio queda obsoleto y se reemplaza por la noción de *decisión multicriterio* u *objetivos*. Bajo esta nueva perspectiva la elección a partir de un único criterio constituye un caso particular del enfoque multicriterio.

Las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) nos permiten “(...) obtener un conjunto de alternativas (jerarquizadas) que representan posibles soluciones para problemas de decisión, en nuestro caso, asociados a datos espaciales” (Barredo, J.I. y Bosque, J., 1996: 638) en función de los objetivos y criterios de partida.

Las técnicas de EMC establecen, la existencia de un problema de decisión, cuando hay que considerar los objetivos y criterios que delimitan el problema evaluado. El ejemplo más reiterado en estos casos es el de la definición del modelo de capacidad de acogida de usos, esto es, determinar el emplazamiento más idóneo para distintos usos (objetivo múltiple) o para uno de ellos en concreto (objetivo único) en un ámbito territorial (normalmente un municipio).

Los criterios (factores y limitantes) en el modelado espacial se introducen como estratos de información de la base de datos del SIG. Una vez asignados los valores

de capacidad a las categorías de cada variable y, los pesos a los factores la combinación, a partir de las operaciones propias de los SIG, de las nuevas capas introducidas generarán una nueva capa en la que se indica la capacidad específica de cada lugar del territorio, obteniendo el ya citado modelo de capacidad de acogida (Barredo, J.I. y Bosque, J., 1995: 639).

La aportación de la tecnología SIG al proceso de modelización la ha sintetizado Pau Serra en los puntos siguientes:

- La aplicación de los SIGs incorporan un *mayor pragmatismo*. En la mayoría de los casos, los modelos quedaban reclusos al “uso” y “disfrute” en los ámbitos académicos dada la complejidad extrema en sus formulaciones teóricas y metodológica. Los modelos diseñados a estancia de los SIGs no obvian estos requisitos, es más, solo se podrá aspirar a un buen modelo teniéndolos en cuenta, pero han introducido una mayor flexibilidad en la relación usuario y ordenador, ejecutando éste muchas de las funciones que antes solo especialistas de la informática podían desempeñar. Los paquetes informáticos, cada vez más interactivos y sencillos de manipular, se ponen al servicio de especialistas que desde cualquier disciplina quieran introducirlos en sus quehaceres cotidianos.
- Los SIG no solo incorporan sino que enfatizan los *aspectos cualitativos* frecuentemente ignorados en los modelos clásicos. La presentación de modelos a partir de ecuaciones matemáticas no dejaba apreciar aspectos solo perceptibles a partir de su visualización espacial. Los modelos construidos con tecnología SIG subrayan los aspectos espaciales, lo que les hace más cualitativos y, en consecuencia, más comprensibles y pragmáticos. Las cuestiones matemáticas, para los SIGs, se convierten en rutinas operativas que apenas encierran dificultad.
- Puesto que una de sus particularidades es el tratamiento, gestión y actualización de importantes bases de datos con la mínima inversión en tiempo, los modelos SIGs pueden ser diseñados a *corto plazo*, revisando y actualizando la situación que tratan de modelar casi a tiempo real.
- El *ámbito de aplicación* de los SIGs no está limitado, de tal suerte que se podrá someter a análisis desde la mínima unidad de análisis hasta la más grande. Los SIGs también pueden efectuar sus análisis a partir de la agregación de distintas unidades de análisis lo que permite la generación de modelos microsociales y macrosociales.
- Los SIG ofrecen la posibilidad de *integrar información* de distinta procedencia y naturaleza lo que facilita la integración y relación en un modelo matemático, de submodelos o modelos que hasta el momento solo se enunciaban de forma parcial.

La posibilidad de incorporar a los modelos socio-demográficos, definidos hasta ahora, la variable espacial, ya los mejora considerablemente; la mejora se incrementa si a ésta le unimos la posibilidad de introducir información de corte económica; y así sucesivamente. La flexibilidad en el tratamiento de la información incorpora riqueza explicativa, descriptiva y predictiva al conjunto de modelos.

- Los SIG consideran la *variable temporal* ausente en la casi totalidad de los modelos clásicos. Su inclusión permite simular situaciones futuras, o distintas posibilidades, evaluando o prediciendo posibles consecuencias. Para los programas modestos en los que sus funciones de simulación son bastante restrictivas, la simple comparación de la representación espacial del modelo en distintos periodos introduce una mayor capacidad de análisis a medio plazo. La cuantificación, tanto de las variables que intervienen en el proceso como de los resultados que se obtendrán como consecuencia de aplicar las distintas alternativas de actuación planteadas es la mayor virtud de los modelos. En este sentido, los SIG permiten incluir las particularidades con las que los distintos agentes urbanos participan modelando en su conjunto, y no de forma aislada como se venían haciendo, la realidad.

- Y por último, los SIG introducen la posibilidad de considerar la *variable medioambiental*, de gran trascendencia para los actuales modelos de corte urbanísticos o territoriales (Serra, P., 1996: 792-795).