

# Una definición para los sistemas espaciales en geografía y ordenación territorial. Aplicación a los sistemas portuarios<sup>(\*)</sup>

Por **JOSE LUIS ZUBIETA IRUN**

Dr. Ingeniero de Caminos  
Economista

Profesor de la Ordenación del Territorio de la E.T.S.  
Ingenieros de Caminos de Madrid.

*Se presenta una definición para los sistemas que se utilizan en el análisis geográfico y ordenación del territorio, en el marco de un paradigma de estas disciplinas basado en la Teoría General de Sistemas. Seguidamente se particulariza esa definición para aplicarla al caso de los puertos, lo que permite disponer de una visión para el estudio y planificación de los sistemas portuarios.*

## 1. INTRODUCCION

El enfoque de sistemas de análisis geográfico e, incluso, la utilización de los métodos de estudio que implica la Teoría General de Sistemas, se pueden considerar consolidados en las distintas escuelas o tendencias de la geografía cuantitativa mundial, como ya se vislumbraba en los comienzos de la "quantitative revolution" en los ámbitos científicos anglosajones de los últimos años cincuenta. Hoy en día hay suficientes motivos para identificar el paradigma de la nueva geografía con la operacionalidad de la T.G.S., avanzando desde el paradigma basado en modelos que propusieran Chorley y Haggett (1967).

De otra parte, los planificadores urbanos y regionales, y no solamente los teóricos, han adoptado de una forma general una visión de sistemas en sus métodos de trabajo, como lo demuestran dos manuales tan conocidos en nuestro país como los de McLuoghlin (1969) y Chadwick (1971) o los trabajos de Echenique (1972) y (1975), por citar sólo algunos. Asimismo, la bibliografía en castellano cuenta ya con algunos trabajos de distintos aspectos de este acercamiento epistemológico, pues, además de

diversas traducciones, hay que recordar las interesantes aportaciones de Murcia (1978) y Quesada (1978).

Sin embargo, tanto en el campo de la geografía o el análisis territorial como en el planeamiento espacial, la utilización práctica de los métodos de sistemas no pasa de ser muy tímida en aspectos que consideramos fundamentales como son los definitorios o la inserción en sistemas más amplios. En otras palabras, no se han formulado hasta la fecha, que sepamos, definiciones rigurosas de sistemas espaciales o sistemas de planificación territorial que identifiquen plenamente todos sus elementos y relaciones.

El amplio desarrollo en los últimos años de la T.G.S., que ha dado lugar a planteamientos muy rigurosos del concepto de sistema, permite abordar con bagaje suficiente una formulación de los sistemas en el sentido indicado. Este quiere ser el objetivo principal de este trabajo.

Tras exponer una interpretación de la definición de Ropohl-Laszlo, se particulariza ésta para un caso particular que consideramos ilustrativo: los sistemas portuarios, entendidos como sistemas geográficos o espaciales. Creemos que esta aplicación permite una sencilla generalización del método definitorio a cualquier sistema espacial susceptible de planificación que sirva de marco teórico común en el paradigma de las ciencias del territorio.

(\* Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de Octubre de 1981.

2. LA DEFINICION DEL ROPOHL-LASZLO

Las difundidas definiciones de Bertalanffy (1950) o Hall y Fagen (1956) —que sencillamente identifican a un sistema con un conjunto de objetos junto con las relaciones entre ellos y entre sus atributos—, o las poco más complejas de Mesarovich (1964), Optner (1965) o Klir y Valach (1967), entre otras, a pesar de su indudable importancia en las teorías de sistemas de los últimos años, quedan oscurecidas en cuanto a su generalidad por la propuesta por Ropohl (1973) y publicada por primera vez por Laszlo (1975). Nosotros la hemos explicado y matizado recientemente, Zubietta (1978), y la transcribimos sucintamente a continuación bajo la denominación de definición de Ropohl-Laszlo.

Para alcanzar la definición del sistema Ropohl-Laszlo parte de la descripción de éste por:

$$S = (\alpha, \varphi, \sigma, \pi) \quad [1]$$

con los significados que se verán a continuación.

En primer lugar se consideran en el sistema un conjunto  $\xi$  de parámetros  $X_i$  que representa a los elementos del mismo y un conjunto  $\eta$  de relaciones  $Y_k$  entre  $\xi$  (productos cartesianos):

$$\begin{aligned} \xi &= |X_i| & X_i &= |x_{ij}| & [2] \\ \eta &= |Y_k| & Y_k &\in X \times X_i & (*) [3] \end{aligned}$$

Los atributos de esos elementos, denominados  $A_i$ , constituyen el conjunto  $\alpha$ , que forma parte del sistema:

$$|A_i| = \alpha \quad \alpha \in S \quad [4]$$

Un atributo es una propiedad o característica de los elementos del sistema y se compone de los valores  $a_{ij}$ :

$$A_i = |a_{ij}| \quad [5]$$

Las relaciones entre los atributos  $A_i$  de un sistema  $S$  constituyen las funciones  $F_j$ . El conjunto de estas funciones es  $\varphi$ :

$$|F_j| = \varphi \quad \varphi \in S \quad [6]$$

El conjunto de atributos y el conjunto de funciones describen conjuntamente los aspectos funcionales del sistema.

Los aspectos estructurales del sistema son descritos por las relaciones entre los subsistemas  $S_*$ , el sistema  $S$  y los suprasistemas  $S^*$ . El conjunto de subsistemas  $S_*$  es  $\sigma$ , formado a partir de un con-

(\*) Con otra simbología habrían de escribirse estos productos:  $\eta = \xi \times \xi$  formados por los pares ordenados  $(X_i, X_i)$

$$\text{junto básico } \beta: \quad |S_*| = \sigma \quad \sigma \in S \quad \sigma \subset \beta \quad [7]$$

En éste último punto se acepta el concepto habitual de subsistencia como descrito a partir de un subconjunto del conjunto de elementos del sistema de referencia, que por sí mismo, cumpla las condiciones del sistema. De esta forma los subsistemas pueden describirse como sistemas en el nivel  $(L-1)$ , siendo  $(L)$  el nivel del sistema. El conjunto de sus atributos es  $\alpha_*$  y el conjunto de sus funciones  $\varphi_*$ . Los subsistemas se componen de sus propios subsistemas, el conjunto de los cuales es  $\sigma_*$ , formado a partir del conjunto básico  $\beta_*$ :

$$\begin{aligned} \beta &= \beta^{(L)} \\ \beta_* &= \beta^{(L-1)}, \text{ etc.} \\ S &= S^{(L)} \\ S_* &= S^{(L-1)} \end{aligned} \quad [8]$$

La diferencia entre el conjunto básico  $\beta$  y el conjunto  $\sigma$  de subsistemas define el entorno  $\gamma$  del sistema  $S$ :

$$\gamma = \beta - \sigma \quad [9]$$

El conjunto  $\sigma$  de los subsistemas  $S_*^{(L-1)}$  es otro componente en el sistema  $S$ ; el conjunto de sistemas  $S^{(L)}$  es un componente en el suprasistema  $S_*^{(L+1)}$

$$|S_*^{(L-1)}| \in S^{(L)} \implies |S^{(L)}| \in S_*^{(L+1)} \quad [10]$$

Esta relación define una jerarquía de sistemas. Tal jerarquía se compone de sistemas concretos cuando el conjunto  $\alpha$  de atributos no es vacío y cuando el conjunto  $\sigma$  de subsistemas tampoco lo es.

En un sistema  $S$ , cada subsistema  $S_*$  tiene al menos un atributo  $A_{*i}$ . Las relaciones  $P_q$  entre los atributos  $A_{*i}$  dan lugar a los productos cartesianos:

$$P_q \in X \times A_{*-ki} \quad [11]$$

El conjunto  $\pi$  de relaciones  $P_q$  es la estructura del sistema  $S$ :

$$|P_q| = \pi \quad \pi \in S \quad [12]$$

Un sistema concreto, en definitiva, puede ser definido, como se dijo en un principio, por:

$$S = (\alpha, \varphi, \sigma, \pi) \quad [13]$$

donde  $\alpha$  es el conjunto de atributos  $A_i$ ,  $\varphi$  el conjunto de funciones  $F_j$  entre el conjunto  $\alpha$  de atributos,  $\sigma$  el conjunto de subsistemas  $S_*$  y  $\pi$  el conjunto de relaciones entre el conjunto  $\sigma$  de subsistemas.

Un estado temporal de  $S$  se caracteriza por unos

valores numéricos definidos de  $\alpha$ ,  $\varphi$ ,  $\sigma$  y  $\pi$ , se denomina  $S_t$  y queda determinado por su interacción con el entorno.

Con la terminología de Ropohl-Laszlo pueden definirse estas relaciones con el entorno en los sistemas abiertos, es decir, aquellos que tienen sus fronteras permeables, filtrando energía, materia o información entre uno y otro, como son los que aquí nos interesan.

La materia, energía o información que se originan en el entorno y afectan a la estructura del sistema y su función, componen los inputs  $P_m$ . La materia, energía o información originados por el sistema afectando al entorno componen los outputs  $P_n$ .  $P_m$  es en parte determinado por  $P_n$ , desde que  $P_n$  actúa sobre  $\gamma$ , que origina  $P_m$ :

$$P_m = P_n \gamma \quad [14]$$

Los outputs  $P_n$  son un producto conjunto de  $P_m$  y del estado dado del sistema  $S_t$ :

$$P_n = P_m S_t \quad [15]$$

En definitiva, cualquier variable es conjuntamente determinada por el flujo circular:

$$S_t \implies P_n \implies \gamma \implies P_m \implies S_t' \implies P_n' \dots \quad [16]$$

### 3. LOS SISTEMAS PORTUARIOS

#### 3.1 Los puertos como elementos de un sistema.

El origen etimológico de la palabra puerto ("portus", puerta), referido tanto a los puertos marítimos como a los de montaña, lo define ya como un lugar de paso entre dos medios geográficos con características distintas.

El puerto marítimo (o fluvial), que aquí nos ocupa, puede entenderse por tanto como un elemento del espacio geográfico, entendiendo este concepto de "espacio" en el sentido de Dollfus (1976), como ámbito natural modificable y ordenable.

En geografía cuantitativa y en concreto en análisis locacional, el puerto puede también analizarse como un nudo (o "nodo"), vértice de las redes (o "lattices") de un espacio topológico (\*); estas redes corresponderán tanto al transporte terrestre como al marítimo. A pesar del indudable interés de un enfoque como éste, vamos a limitarnos en una pri-

mera visión a una definición de puerto que lo identifica con el lugar donde se concretan las relaciones entre las comunicaciones terrestres y marítimas. Las matizaciones a esta definición han de hacerse en base a una descripción de las funciones portuarias, que veremos más adelante.

Pero antes conviene repasar distintas clasificaciones posibles de los puertos entre las que destaquemos la más útil a nuestros efectos. Las clasificaciones pueden ser muchas, diferenciándose fundamentalmente por su objeto, desde las geomorfológicas a las administrativas, pasando por las funcionales. Recogemos las siguientes:

- a) Clasificación de puertos por su situación geográfica.
  - Puertos exteriores.
  - Puertos interiores.
- b) Clasificación según las condiciones naturales de su ubicación.
  - Puertos naturales.
  - Puertos artificiales.
  - Puertos parcialmente artificiales.
- c) Clasificaciones administrativas.
  - c.1 Por la autoridad portuaria.
    - Autoridad estatal.
    - Autoridad provincial.
    - Autoridad municipal o local.
    - Autoridad particular.
    - Autoridad mixta.
  - c.2 Clasificación legal.
 

Distinta según los países, como la anterior. Así pueden señalarse, puertos de interés general, de refugio, de interés local, deportivos, etc.
- d) Clasificación por sus funciones.
  - Puertos militares.
  - Puertos deportivos.
  - Puertos pesqueros.
  - Puertos de refugio.
  - Puertos de avituallamiento.
  - Puertos comerciales e industriales.

A excepción de las clasificaciones administrativas, todas tienen interés desde la geografía. Sólo la última, en cambio, es válida para un estudio sistémico de los puertos en análisis territorial.

Aceptando la definición y nomenclatura de sistemas de Ropohl-Laszlo desarrollada en el apartado 2, los objetos o elementos del sistema serán el conjunto de todos los puertos en el ámbito geográfico del estudio. Este conjunto se representa:

$$\xi = \{X_i\} \quad [17]$$

(\*) Véase por ejemplo Chorley y Haggett (1967), pp. 29 y ss. y Haggett (1965), pp. 104 y ss. y 114 y ss.

Si se tiene en cuenta que un mismo puerto puede estar compuesto de áreas de servicios diferentes, se entiende el significado de la expresión que completa la definición del conjunto  $\zeta$ :

$$X = \{x_j\} \quad [18]$$

En este caso el subíndice "j" haría referencia a estas distintas áreas y tendría carácter espacial.

Podría pensarse también en un puerto, elemento del sistema, que sumara las funciones de un puerto comercial, deportivo y pesquero. En este caso el subíndice anterior podría representar estas diferentes funciones, independientemente de que utilizaran o no ciertas áreas de servicio comunes.

Con la última clasificación de puertos pueden además identificarse con facilidad subsistemas  $S_*$  del sistema de puertos  $S$ . Así, el conjunto de puertos militares compondría un subsistema del sistema general, el conjunto de puertos deportivos otro subsistema, etc.

También cabe pensar en subsistemas zonales del sistema puertos. En un sistema de puertos de ámbito nacional, las diferentes costas del país pueden definir diferentes subsistemas, al considerar el conjunto de puertos localizados en cada una de ellas. En un sistema de ámbito continental, los subsistemas pueden representar al conjunto de puertos de cada país, de cada mar, etc.

Con la nomenclatura anterior, al conjunto de los subsistemas de puertos se le denomina:

$$\sigma = \{S_*\} \quad \sigma \in S \quad [19]$$

conjunto que pertenece al sistema.

### 3.2 Las funciones portuarias como definidoras de los atributos de los elementos del sistema.

Como hemos dicho nos valemos de la última clasificación de los puertos del apartado anterior para un análisis de los mismos en teoría de sistemas.

Aquella clasificación admite un agrupamiento de las funciones no comerciales: militares, deportivas, pesqueras, de refugio y avituallamiento, distinguiéndolas de las comerciales e industriales. Es claro que en muchos casos un mismo puerto abarcará varias de estas funciones, tanto de un grupo como del otro. La razón de la distinción se debe al énfasis que ha de darse aquí a las últimas, más directamente relacionadas con la actividad transporte.

Ciertos autores consideran a estas últimas fun-

ciones diferentes y otros esencialmente la misma, por cuanto la función industrial portuaria no tiene sentido sin la comercial como consecuencia inmediata. En cambio sí es posible pensar en un puerto comercial puro que no albergue actividades industriales de ningún tipo. Así Verlaque (1975) entiende la actividad industrial portuaria como una subfunción de los puertos comerciales, paralelamente a la función de tránsito (\*), mientras que Bird (1971) distingue claramente la actividad comercial (concepto de puerto como "gateway"), de aquellas otras en las que el puerto aparece como terminal de almacenamiento o receptor de materias primas utilizadas como "inputs" de procesos industriales en el área del puerto (\*\*). Estos métodos expositivos diferentes en esos autores, se refieren, sin embargo, a una misma idea clasificatoria.

Aunque las funciones no comerciales vayan a quedar marginadas del siguiente proceso definitorio conviene dejar constancia de la relación, a veces de importancia, de estas funciones con las comerciales e industriales:

- a) Las funciones de los puertos militares con las derivadas de la industria de construcción y reparación naval.
- b) La relación de la actividad pesquera con las industrias derivadas, ubicadas en el área del puerto y con la comercialización por vía marítima de productos congelados.
- c) La comercialización de los productos base en los puertos de avituallamiento, que exigen a veces terminales de almacenamiento e, incluso, transformación.

Retenemos, por tanto, estas funciones portuarias, aunque no les dediquemos atención explícita, en cuanto en algún caso pueden ser generadoras de las actividades comprendidas en las funciones comerciales e industriales.

Tampoco hacemos aquí especial descripción a la actividad industrial portuaria explicada por la teoría económica de la localización de lo que hemos hablado en otro lugar(\*\*); no hay que destacar la fuerte interrelación entre esta actividad y el resto de las mencionadas.

Hay que admitir con Weigend (1958), que la función primaria de los puertos es transferir mercancías (y personas) desde los buques a tierra o a los medios de transporte terrestre y viceversa; en cuanto a

(\*) Op. cit. pp. 153 y ss.

(\*\*) Op. cit. pp. 15 y ss.

(\*\*\*) Véase Zubieta (1978), pp. 64 a 71.

esta función, representan un eslabón en la cadena de transporte. Esta actividad primaria de transporte implica la que hemos considerado como fundamental, la función comercial. Que las actividades industriales, de almacenamiento o puramente de tránsito se consideren o no como subfunciones de la función comercial, carece, como ya hemos dicho, de relevancia.

La función comercial, entendida desde ahora como paralela a la industrial, es la que da lugar al mayor número de subactividades en los puertos. Enumeramos, sin entrar en detalles, las más destacadas:

- a) Carga, descarga, estiba, desestiba, apilado, desapilado, depósito, almacenaje, etc, que implican movimientos físicos de las mercancías.
- b) Otras operaciones con las mercancías de carácter más específicamente comercial, como clasificación, separación de calidades, agrupamiento, distribución, etc.
- c) Actividades de compra-venta y otras transacciones comerciales.
- d) Contratación, consigna y tránsito de mercancías.
- e) Otras actividades relacionadas con las anteriores como reconocimiento de aduana, sanidad, etc.

En definitiva hemos considerado a las funciones portuarias como definidoras de los atributos o características de los elementos del sistema. De estas funciones hemos destacado dos fundamentalmente, la comercial y la industrial.

La función comercial puede medirse, en su forma mas grosera, por las mercancías cargadas y descargadas en el puerto y el movimiento de pasajeros. Así tendremos identificado un primer atributo del elemento puerto en este conjunto de tráficos de mercancías o viajeros entrados o salidos. El número de buques entrados y salidos en puerto, puede ser otra manera de concretar el atributo correspondiente a la función comercial.

La función industrial implica una actividad productiva que consume unos "inputs" y produce unos "outputs". La producción del conjunto industrial localizado en el puerto representa otro atributo del puerto como elemento del sistema.

Los dos atributos definidos cabe sean cuantificados en unidades físicas o monetarias, pero el segundo, por su carácter de actividad transformadora, da

lugar a una posible cuantificación diferente en término de valor añadido.

No es difícil extender el concepto de atributo a cada una de las restantes funciones consideradas como no comerciales. Así tendríamos la cantidad de pesca descargada para la función pesquera, la carga total de vituallas para los de avituallamiento, etcétera.

Con la nomenclatura en sistemas que venimos utilizando, estos atributos constituyen un conjunto del sistema:

$$\alpha = |A_i| \quad A_i = |a_{ij}| \quad \alpha \in S \quad [20]$$

$A_i$  representa el conjunto de atributos del puerto o elemento "i" y el subíndice "j" en los " $a_{ij}$ " hace referencia, como ya vimos en 3.1, a cada una de las funciones concretadas ahora en atributos. Por poner un ejemplo, " $a_{ij}$ " podría medir el tonelaje total de mercancías entradas o salidas en un año por el puerto "i", cuando "j" representase el atributo correspondiente a la función comercial.

### 3.3. El entorno del sistema

La igualdad [9] ha definido el entorno de un sistema en general, que en expresión más sencilla puede también identificarse con el conjunto de todos los sistemas que se relacionan con el estudiado.

En un sistema geográfico abierto, como es el sistema de puertos, su entorno tiene singular importancia. Lo analizaremos a continuación someramente, refiriendo los espacios geográficos relacionados con uno de los elementos del sistema, es decir con un puerto:

- a) "Hinterland", espacio terrestre contiguo al puerto y que se pueda considerar como zona de influencia del mismo. En el análisis más sencillo, esta influencia se limitará por el origen o destino de las mercancías movidas por el puerto.
- b) "Foreland", espacio terrestre conectado con el puerto por medio de los medios de transporte marítimo. Comprende, por tanto, el conjunto de puertos que mantienen algún tráfico con el de referencia y sus hinterlands respectivos.
- c) El espacio marítimo que une un puerto con su foreland.

Algunos autores, no hacen diferencia entre estos dos últimos espacios. Así Op de Beeck (1976) diferencia el hinterland o espacio continental del espa-

cio marino, que se denomina "meereslage", compuesto de su "avant-pays" (sinónimo de foreland) y su acceso a mar abierta.

Sin entrar en una discusión sobre el tema, nos parece más correcta, al menos desde el punto de vista geográfico la triple diferenciación espacial; al igual que el hinterland y el foreland cumplen las condiciones de modificable y ordenable de Dollfus, el espacio marítimo intermedio es susceptible de ordenación.

Refiriéndonos ahora al conjunto de puertos como sistema, la identificación de su entorno "j" no es difícil. Estará formado por:

- a) El conjunto de hinterlands de los puertos que componen el sistema.
- b) Los puertos (con sus hinterlands) que no forman parte del sistema, pero mantienen tráfico con aquellos.
- c) El espacio marítimo que une todos los puertos anteriores.

Obsérvese cómo puede sustituirse b), por el conjunto de los forelands de los puertos del sistema, excluidos los ya considerados en a).

Con la nomenclatura del Ropohl-Laszlo puede analizarse más profundamente el entorno del sistema de puertos. Al igual que  $\sigma$  representa el conjunto de subsistemas del sistema de puertos,  $\beta_j$ , conjunto en el que está incluido  $\sigma$ , representa o puede representar el conjunto de subsistemas de sistemas distintos pero relacionados con el del estudio.

Así, el conjunto  $\beta_j$  contará entre sus elementos los subsistemas del sistema "espacio marítimo" que componen el apartado c) de la definición anterior del entorno.

Subsistemas del sistema de ciudades serán también elementos de  $\beta_j$ , no solamente recogiendo las ciudades anejas a los puertos, sino las de sus hinterlands.

En la misma forma puede pensarse en otros elementos del conjunto  $\beta_j$ , subsistemas de los sistemas industriales, agrícolas, sociales, etc., insertos en los distintos hinterlands referidos en a) y b) de la citada definición.

Como sistema abierto que es el sistema de puertos, existe intercambio entre sus elementos y el entorno. Esencialmente este intercambio se concreta en las mercancías o viajeros que entran o salen del puerto. Es decir, que del triple conjunto, materia, energía e información que componen los elementos

filtrables en un sistema abierto, en este caso es el primero el de mayor entidad. No hay que olvidar, sin embargo, la relación de información, que en forma de innovaciones tecnológicas o de otro tipo, supone otra relación de los puertos con su hinterland.

Con la terminología que venimos utilizando y tal como vimos en [14] y [15],  $P_m$  componen los inputs del sistema procedentes del entorno. En un ejemplo que materialice esta exposición, este  $P_m$  podría ser el conjunto de mercancías llegadas a los puertos del sistema en un cierto período de tiempo, procediendo de su entorno.  $P_n$  serían igualmente las mercancías salidas de los puertos por vía marítima o terrestre hacia su entorno, es decir los outputs del sistema.

La interacción entre  $P_m$  y  $P_n$  es clara. Así los  $P_n$ , pueden ser materias primas para industrias localizadas en el hinterland del puerto que las recibe, determinando la producción de esas industrias que, a su vez, forma los  $P_m$  al ser exportada esta producción por el puerto. Es decir  $P_n$  está actuando sobre el entorno "j" tal que  $P_m = P_n$ .

Las importaciones y exportaciones por los puertos del sistema modifican el estado del sistema ( $S_1$ ) pues pueden obligarle a modificar sus elementos físicos, muelles, armamento, etc. y en cualquier caso alteran sus atributos. De todas maneras se justifica el flujo de influencias circular, ya señalado en [16].

Cualquier otro ejemplo para los inputs y outputs, nos llevaría a idéntica conclusión demostrativa de esa expresión.

### 3.4. Definición sintética del sistema

Con las ideas anteriores puede ya realizarse una definición completa del sistema de puertos, que resume lo dicho y lo complete con los elementos del sistema que no hemos mencionado todavía. La definición se entiende general, es decir sin referir a un ámbito geográfico concreto y, por lo tanto válida para cualquier sistema de puertos.

Los objetos o elementos del sistema son los puertos que forman parte de él:

$$j = |X_i| \quad X_i = |x_{ij}| \quad [21]$$

representando el subíndice "j" a distintas áreas del puerto o sus diferentes funciones.

Las relaciones entre los elementos (productos cartesianos) forman el conjunto  $\eta$ :

$$\eta = |Y_k| \quad Y_k \in xX_i \quad [22]$$

representan los tráficos entre los distintos puertos del sistema, cuando se considera su función comercial, y definen las matrices de orígenes y destinos de esos tráficos. Para otras funciones portuarias, en concreto la industria, estas relaciones parecen más difíciles de identificar.

Los atributos de los elementos, conjunto  $\alpha$ :

$$\alpha = \left\{ A_i \right\} \quad A_i = \left\{ a_{ij} \right\} \quad [23]$$

se refieren a las funciones portuarias. Para la función comercial representan los movimientos totales de mercancías en el puerto, para la función industrial, la producción total, etc., como hemos visto con más detalle.

Entre los atributos  $A_i$  existen relaciones que constituyen las funciones  $F_j$ , que componen el conjunto  $\varphi$ , que forma parte del sistema:

$$\varphi = \left\{ F_j \right\} \quad [24]$$

En el sistema de puertos estas funciones se identifican, entre otras, con las relaciones jerárquicas, que se estudian por medio de modelos horizontales tipo regla rango - tamaño, distribución de Pareto, etcétera. (\*).

Los conjuntos  $\alpha$  y  $\varphi$ , describen los aspectos funcionales del sistema de puertos.

Los aspectos estructurales se describen por las relaciones entre los subsistemas  $S_*$ , el sistema  $S$  y los suprasistemas  $S^*$ . Acerca de los subsistemas y el conjunto de los mismos, no parece necesario insistir. Los suprasistemas  $S^*$  se identifican fácilmente, sobre todo en una distribución zonal; en este caso el suprasistema de un sistema nacional, podía ser un sistema continental, mundial, o el compuesto por todos los puertos de diversos países en una misma zona geográfico-marítima, etc.

En el sistema de puertos cada subsistema  $S_*$  tiene al menos un atributo que se denomina  $A_{*i}$ . Así en el subsistema de puertos comerciales, existirá el atributo correspondiente a esa función, o en el subsistema de puertos pesqueros existirá el atributo que representa la pesca desembarcada en cada puerto. En los subsistemas zonales se mantiene más de un atributo.

Las relaciones  $P_q$  entre esos atributos  $A_{*i}$  dan lugar a los productos cartesianos, cuyo conjunto es el último elemento del sistema:

$$\pi = \left\{ P_q \right\} \quad P_q \in X A_{*ki} \quad [25]$$

(\*) En otro lugar, Zubietta (1978), hemos estudiado ampliamente estos modelos y demostrado el cumplimiento de estas relaciones de jerarquía en el caso de subsistemas zonales de los puertos españoles.

Para los subsistemas funcionales, los subíndices "k" e "i" se refieren a funciones distintas y los productos cartesianos representan las interrelaciones entre ambas, por ejemplo la influencia en la carga total movida por un puerto, de la pesca descargada en él o en otro del sistema ("k" referido a la función comercial, "i" referido a la función pesquera).

Para los subsistemas zonales, las funciones podrían ser cualesquiera, no dos determinadas como antes, y los productos cartesianos representar la interacción de los tráficos de los puertos de un subsistema en los de los puertos de otro subsistema.

## BIBLIOGRAFIA

- BERTALANFFY, L., von (1950). "An Outline of General Systems Theory", *British Journal of the philosophy of Science*, (pp. 139-164).
- BIRD, J., (1971). "Seaports and seaport terminals", Hutchinson University Library, London.
- CHADWICK, G. F., (1971). "A systems view of planning. Towards a theory of the urban and regional planning process", Pergamon Press, Oxford.  
Trad. esp. "Una visión sistemática del planeamiento", Gustavo Gili, Barcelona 1973.
- CHORLEY, R. J; y HAGGET, P. (1967). "Modelos, Paradigmas y la Nueva Geografía", en "Socio-Economic Models in Geography", (R. J. Chorley y P. Hagget edit.) Methuen Co., London.  
Trad. esp. "La Geografía y los Modelos Socioeconómicos", Inst. de Estudios de Admón. Local, Madrid 1971.
- DOLLFUS, O., (1976). "L'espace géographique", Presses Universitaires de France, París.  
Trad. esp. "El espacio geográfico". Oikos Tau, Barcelona 1976.
- ECHENIQUE, M., (1972) "Urban space and structures" Cambridge University Press. London.  
Trad. Esp. "La estructura del espacio urbano", Gustavo Gili, Barcelona 1975.
- HAGGET, P. (1965) "Locational Analysis in Human Geography" E. Arnolds Publishers, London.  
Trad. esp. "Análisis locacional en la geografía humana", Gustavo Gili, Barcelona 1976.
- HALL, A. D. y FAGEN, R. E; (1956). "Definition of System", *General Systems*, vol. 1, (pp. 18-29).
- KLIR, J. y VALACH, M; (1967). "Cybernetic Models", Iliffe Books, London.
- LASZLO, E. (1975). "The Meaning and Significance of General System Theory", *Behavioral Science*, vol. 20, n° 1 January, (pp. 9-24).
- MURCIA, E. (1978). "El paradigma sistemático en Geografía y Ordenación del Territorio". *Ciudad y Territorio*, vol. 1 (pp. 35-50).
- MESAROVIC, M. D; (1964). "Foundations for a General Systems Theory" en "Views on General Systems Theory" (M. S. Mesarovic edit.), John Wiley & Sons, New York, (pp. 1-24).

- McLOUGHLIN, J. B., (1969). "Urban and Regional Planning A Systems Approach", Faber and Faber, London.  
Trad. esp. "Planificación urbana y regional. Un enfoque de sistemas", Inst. de Estudios de Admón. Local, Madrid 1971.
- OP DE BEECK, R., (1976). "Le port d'Anvers et son horizon marin", Transports, n.º 218, décembre, (pp. 495-509).
- OPTNER, S. L., (1965). "System Analysis for Business and Industrial Problem Solving", Prentice Hall Inc., New York.
- QUESADA, S., (1978). "La teoría de sistemas y la geografía humana", Geocritica, vol. 17, septiembre, Barcelona.
- ROPOHL, G., (1973). "Einführung in die allgemeine Systemtheorie" Karlsruhe (mimeografiado).  
Citado por LASZLO (1975).
- VERLAQUE, CH., (1975). "Géographie des Transports Maritimes" Doin édit., Paris.
- WEIGEND, G. G., (1958). "Some elements in the study of port geography", The Geographical Review, vol. 48, n.º 2, (pp. 185-200).
- ZUBIETA, J. L., (1978). "Teoría de los sistemas portuarios" Tesis doctoral. E. T. S. Ing. de Caminos, Madrid.