

La zona de extracción está a la cota de 20 m, y se emplean para la excavación tres grúas-palas de 1 y 2 y $\frac{1}{4}$ m³, unas movidas a vapor y otras con motor de aceite. Con ellas se cargan los trenes, formados por siete locomotoras de 180 CV y sesenta y tres vagonetas metálicas de 5,50 m de capacidad cada una y vertido semiautomático. Estos trenes circulan por una rampa al 5 por 100 cuando bajan material de rellenos, y pasan sobre ella por puentes de hormigón para ir a la estación de machaqueo, de capacidad de trabajo de 700 m³ en ocho horas y formada por muelas, cilindros y bolas, elevadores y transportadores, clasificadores, básculas automáticas y movimiento total eléctrico, mediante una energía de 650 CV que suministra en alta la Sociedad de Electricidad de Las Palmas.

Los productos fabricados se almacenan en silos, de 2 000 m³ de capacidad y de hormigón armado, que permiten el paso, por su parte inferior, de unos pequeños trenes, constituidos por automotores Diesel y vagonetas, que los conducen a una hormigonera, de capacidad de 30 m³ por hora, instalada al pie de una torre metálica, de 60 m de altura, y que, por medio de un elevador, lleva el hormigón al principio de una canal giratoria que abanica el taller de bloques, situado en los terrenos ya ganados al mar con el terraplén.

Se construyeron primeramente bloques huecos sin fondo, de hormigón y de 15 toneladas, los que se superponían y rellenaban en obra con el mismo hormigón, sistema necesario para el avance y construcción del primer relleno, y para lo que aún no se

disponía de las grúas titanés, de las que hoy hay una instalada, de 90 toneladas y 50 en su extremidad y 15 m de pluma, estando para venir otra, de igual potencia y 27 m de alcance, la que se dedicará al dique aislado, mientras la actual construye los muros de muelle.

Se dispone de dos puentes-grúas, uno para los moldes metálicos y el otro para los bloques, los que se transportan, por medio de carretones especiales sobre seis ejes y una locomotora de vapor, hasta los titanés.

Los bloques son de seis dimensiones y pesos desde 26 a 92 toneladas, y hay que fabricar al día y colocar en obra hasta 600 m³ para terminar la obra en el plazo señalado, que es el de ocho años, a contar de su comienzo.

Se emplean en la actualidad cuatrocientos obreros, y de ellos quince buzos.

Falta proyectar la urbanización del muelle, dotándolo de depósitos de aceites pesados, almacenes, muelles, grúas y toda clase de medios de descarga y transporte, alumbrado, locales para servicios, etc., trabajos en los que se ocupa la Dirección facultativa.

Se abrigarán con estas obras 180 hectáreas más que en la actualidad, y se dispondrá de una línea de atraque de 2 612 m, pudiendo con facilidad hacer sus operaciones toda clase de buques en espacio completamente abrigado, y adelantándose nuestra nación a la competencia que le hacen los puertos franceses de Dakar y Casablanca, en la costa de Africa, y los portugueses de Cabo Verde y Funchal, en las islas vecinas.

Julio RODRIGUEZ DE RODA
Ingeniero director de los puertos de
La Luz y Las Palmas.

La Economía matemática

I

La primera cuestión que se ofrece al investigador científico cuando intenta la aplicación de los métodos cuantitativos a la determinación de las leyes por las que se rige un fenómeno físico cualquiera, es descubrir y diferenciar todos los elementos en cuya distinta apariencia en el tiempo consiste el fenómeno, y ver si dichos elementos pueden ser representados por símbolos matemáticos en consonancia con ellos.

Estos elementos son siempre muy numerosos y de muy distinta índole. Si hubieran de tenerse en cuenta todos ellos, el problema sería de una dificultad extraordinaria y en muchos casos completamente inabordable. Hay que proceder con la debida separación, agrupando las variables que pueden sufrir variaciones por acciones de igual naturaleza, estableciéndose así una primera clasificación de las ciencias físicas.

Dentro de cada fenómeno especial cabe todavía establecer una segunda clasificación.

Puede hacerse un primer estudio del problema utilizando solamente los elementos esenciales del fenómeno, eliminando todo aquello que no sea propiamente fundamental; y un segundo estudio complementario, en el que se concreten los resultados del anterior, agregando las variables eliminadas que con las fundamentales integran el fenómeno to-

tal. Es construir un esquema con las líneas principales, creando una ciencia *pura*, a base de un fenómeno ideal, puramente abstracto, para trazar después con mayor claridad y acierto el esquema más complejo del fenómeno real y concreto de la ciencia *aplicada*.

Las leyes de un fenómeno no son otra cosa que relaciones de mutua dependencia entre las distintas variables que lo simbolizan, y para llevar a efecto su investigación pueden emplearse dos métodos: el *inductivo* y el *deductivo*. Es propio el primero de las ciencias de *experimentación* y de las de *pura observación*; corresponde el segundo a las ciencias *racionales*.

El método deductivo es el de las ciencias más perfeccionadas, y parte de tesis sentadas *a priori*, postulados o principios, para deducir de ellos por mero razonamiento las leyes del fenómeno. En las ciencias de experimentación se procede de otro modo: después de separar y diferenciar las variables o parámetros del fenómeno, el experimentador altera voluntariamente las condiciones de éste y observa y determina las variaciones que sufren estos parámetros, registra sus valores y fija, finalmente, las relaciones que entre ellos se descubren.

En las ciencias de observación pura, los fenómenos se desarrollan en regiones en las cuales el observador no puede ejercer su poder; no le es dado, como al experimentador, alterar y modificar las condiciones del

fenómeno; ha de limitarse al estudio del hecho observado en su conjunto, y descubrir la ley por razonamiento.

De que así ocurra no debe deducirse que el método de observación y el deductivo se confunden; hay entre ellos una inmensa distancia: la que hay entre la deducción y la inducción. En el método racional puro o deductivo se parte de un principio; en el de observación pura el razonamiento se combina con la observación y en parte interviene la *imaginación*.

Estudiemos ahora las características del fenómeno económico, y propongámonos examinar hasta qué punto es posible la aplicación del programa, cuyos términos generales acabamos de exponer, a la investigación de sus leyes.

Los actos que el hombre realiza para procurarse las cosas que satisfacen sus necesidades y gustos son de una condición especial que los distingue entre los demás de orden social: son actos que se producen como consecuencia de un razonamiento lógico, ya que la circunstancia de poder repetirse permite la rectificación del error a que un primer impulso más instintivo que razonador pudiera conducir; y así, por modificaciones sucesivas, llegan a ser completamente lógicos.

Otra condición característica es la de que no encuentran directamente su causa en las manifestaciones del mundo exterior, sino únicamente en las reacciones psicológicas que estas manifestaciones provocan en los hombres.

Dependen, pues, los fenómenos económicos del estado de espíritu de los hombres, y esta intervención de la voluntad humana parece estar en oposición con la existencia de leyes, con todo lo que suponga uniformidad y permanencia; porque si el hombre es libre de escoger en sus determinaciones el camino que estima más conveniente entre los muchos que pueden presentársele, y modificar a su antojo los acontecimientos, ¿cómo descubrir la constitución íntima del fenómeno, y mucho menos afirmar la existencia de leyes que lo rijan?

La objeción es grave, pero es fácilmente rebatible. No son los fenómenos económicos individuales los que son objeto de estudio en la ciencia económica, sino los colectivos, en los cuales podemos decir que todas las acciones individuales se funden en una acción media, resultante de un gran número de acciones aisladas y simultáneas. Es algo así como las acciones que un líquido ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene, y que siendo todas ellas debidas al choque incesante de moléculas que se mueven en diferentes direcciones, con distintas velocidades y variando la violencia del choque en cada instante, todo se funde en un efecto único global rigurosamente constante: la presión.

Los fenómenos colectivos se producen, pues, con completa independencia de la voluntad individual, y como la observación descubre en ellos uniformidades y permanencias, no se puede dudar de que existen leyes económicas.

Veamos el método más adecuado para su investigación.

Dos son las variables fundamentales de todo fenómeno económico: la *riqueza* y el *valor*.

Para el economista matemático, *riqueza* es todo aquello material o inmaterial que satisface nuestras necesidades y gustos y que sólo puede adquirirse por producción o por cambio. *Valor* es una abstracción

que se revela a nuestros sentidos por una manifestación concreta: el *precio*.

Ambas variables son cantidades medibles, tienen su unidad de medida y pueden expresarse, por lo tanto, numéricamente; las relaciones que entre ellas existen y con otras que de ellas mismas se derivan, son relaciones de mutua dependencia, son lo que se llama en lenguaje matemático *funciones*.

¿Cómo estudiar estas funciones? La lógica ordinaria sólo puede aplicarse cuando se trata de relaciones de causa a efecto; las relaciones de mutua dependencia han de ser estudiadas valiéndose de la lógica matemática, ya que para poder ser rigurosamente representadas y analizadas es preciso valerse del simbolismo y razonamiento matemáticos.

Pero las matemáticas pueden ser utilizadas de dos modos distintos, según sea el método de investigación empleado. Si se pretende el estudio del fenómeno concreto característico de la Economía aplicada, o sea la resolución del problema en toda su complejidad natural, el método inductivo de observación pura parece el indicado. Sin embargo, los resultados que así se obtienen son siempre vagas generalizaciones, que enseñan muy poco en lo que afecta a las relaciones de íntima dependencia que entre las variables del fenómeno existen, pues basados estos resultados en las estadísticas económicas, no se dispone, hasta ahora al menos, de este precioso instrumento de investigación en condiciones suficientes de exactitud y número. Son pocas, en efecto, y no muy bien ordenadas y concebidas las estadísticas de que se puede hoy disponer. Si así no fuese, si las estadísticas ofrecieran al economista registros minuciosos y bien orientados, previa una elección acertada de las variables que constituyen el fenómeno concreto a estudiar, auxiliándose del cálculo de probabilidades para hacer las observaciones y discutir los resultados, no hay duda de que podría llegarse al establecimiento de las leyes económicas con bastante exactitud. Pero esto, cuya posibilidad teórica es evidente, no pasa de ser en la actualidad una aspiración.

No es el fenómeno concreto en toda su complicación real el que debe ser estudiado en un primer intento. Como ya se ha dicho anteriormente, debe procurarse por partes, comenzando por el estudio del fenómeno, teniendo en cuenta sus elementos esenciales, que es el objeto de la ciencia pura, y para esto el método deductivo, partiendo de conceptos apriorísticos, es el que ofrece más amplio campo al razonamiento matemático. Nada impide que, una vez determinada la ley en el fenómeno abstracto de la ciencia pura, se compruebe su valor práctico en las aplicaciones, para modificarla y, si es preciso, hasta desecharla, desechando la hipótesis o principio admitido para su investigación.

Las bases o convenios sobre que fundan los economistas sus razonamientos para establecer las leyes económicas se condensan en un solo principio: el del interés personal o principio hedonístico, según el cual, «el hombre busca constantemente lo que él cree ser la más grande satisfacción de sus necesidades, por los medios que él considera que le producen menor fatiga». En pocas palabras: busca la *máxima satisfacción* con el *mínimo esfuerzo*.

La Economía pura basada en este solo y único principio, no puede tener ciertamente la pretensión de que sus proposiciones y teorías sean el fiel reflejo de la realidad económica; muchas de las cuestiones

por ésta planteadas permanecen extrañas a tal principio, y aun en aquellas donde es posible su aplicación, las teorías en él fundadas representan, sin duda, una parte de la realidad, pero no toda la realidad. Por eso hemos de insistir sobre lo dicho anteriormente: el método de observación ha de acompañar constantemente al método racional, no obstante todo el poder de razonamiento y deducción de este último.

Pero no porque ciertas cuestiones de la realidad económica sean difícilmente explicables por el principio hedonístico, ha de considerarse éste inexacto y las leyes, por tanto, en él fundadas sin ningún interés práctico, según afirman sus detractores. Ciertamente que la ciencia económica, al comparar las sensaciones que el hombre experimenta, funda sus teorías en que el predominante, si no el único impulso que a éste mueve en sus actos, es llegar a poseer las combinaciones que le procuran sensaciones personales las más agradables; pero esto, lejos de ser inexacto, es de una realidad evidente y perfectamente humana. Salvo casos de excepción, esa es la tendencia general del hombre medio, del que puede representarnos la colectividad, el *homo economicus* de los clásicos.

Podría fundarse una teoría tomando como base el *altruismo*, «si se pudiera definir de una manera rigurosa lo que este término significa»; pero hasta el momento actual nada ha aparecido que nos oriente por tal camino. El principio hedonístico se nos ofrece hoy como el único medio de llegar al conocimiento de las relaciones existentes entre los distintos elementos de los fenómenos económicos; hemos de aceptarle, pues, sin que esto quiera decir que las teorías en él fundadas sean inatacables ni de alcance universal, ni que puedan surgir otras que mejor expliquen los hechos.

El problema que se plantea al adoptar el método matemático en la investigación de las leyes económicas es un vasto problema de máximos, y la primera cuestión que surge es la siguiente: La satisfacción, ¿es susceptible de medida? En el sentido estricto de la palabra, en modo alguno, porque no es posible decir lo que es una suma de dos satisfacciones; pero de un modo indirecto la satisfacción es medible, ya que existen cosas *efectivamente* medibles, que crecen y decrecen con la satisfacción. Tampoco el calor sensible es susceptible de medida, porque no se puede decir lo que es la suma de dos impresiones de calor; pero se puede tomar por medida la temperatura, las indicaciones de un termómetro, toda vez que el mercurio se dilata tanto más cuanto el calor que sentimos es más intenso.

Pero hay más: la teoría de la elección que más adelante expondremos nos da el medio de reemplazar el concepto de que la satisfacción es medible, por varias definiciones matemáticas. El campo se presenta, pues, más despejado a la investigación, y las dudas que pudiera despertar la exactitud de aquel concepto, completamente desvanecidas.

En suma: la aplicación de las matemáticas a la Economía política es posible. En el curso de estos artículos se verá en qué condiciones y hasta qué punto es útil esta aplicación.

Pero no hemos de terminar este primer artículo sin hacer mención de las críticas lanzadas contra el método por los economistas *literarios* y por los propios matemáticos, y el juicio que nos merecen semejantes críticas.

Afirman los primeros que la Economía política no

es materia propia del análisis matemático; lanzan la afirmación, sin demostrarlo, y es natural que así sea. El haber considerado desde sus comienzos esta ciencia como una rama de la Sociología es causa de que se la haya mirado siempre como ciencia propia de políticos, juristas y filósofos, y no están las inteligencias orientadas en esta clase de conocimientos en aptitud de penetrar en la ciencia de los números, bien distinta de las que sirvieron de base a su formación y desarrollo.

¿Cómo hacerles ver, por ejemplo, que el punto donde tiene lugar el equilibrio económico en un mercado es uno de aquellos en donde la demanda de una de las mercancías es igual a la oferta? El economista matemático formula tan conocida proposición con un rigor y una precisión de que no tienen la menor noción los economistas no matemáticos, pues ellos no pueden conocer las condiciones que justifican el teorema y las restricciones que lleva consigo.

Sin duda por ésta y otras varias proposiciones semejantes de vulgar conocimiento, hay muchos que reprochan al método matemático el no haber descubierto nada nuevo, y es verdad—dice Pareto—en un cierto sentido, «porque para el ignorante que no tiene de ciertas cosas la menor noción, nada puede ser ni verdadero ni nuevo. Cuando se desconocen la existencia de ciertos problemas no se siente la necesidad de buscar la solución».

La utilidad, además, del método al estudiar los fenómenos de la producción, de la circulación, de lo que hoy se llama Economía de los capitales, salta a la vista; y es de lamentar que, no obstante sus ventajas, se sigan escribiendo libros y más libros de Economía, exclusivamente literarios, y se persista en tratar los problemas netamente matemáticos de esta ciencia, valiéndose de largos y embarazosos discursos, para dar a conocer, muchas veces, lo que una simple fórmula o expresión algebraica o un sencillo trazo geométrico descubre y pone de manifiesto con radiante claridad.

Nada de esto importa ni ofrece especial interés. Lo que importa y sí debe ser objeto de singular atención, son las observaciones y reparos presentados por los mismos matemáticos, alguno de los cuales ha llegado hasta la mofa en sus argumentos y críticas. Pero también son éstas fácilmente rebatibles, si se observa que todos esos matemáticos han revelado poseer ideas muy superficiales de las cosas económicas, al afirmar, como lo hacen, que siendo el objeto de la economía matemática encontrar relaciones numéricas *precisas* entre las cantidades que en ella se manejan, o presentar éstas como funciones *determinadas* unas de otras, el método debe rechazarse, toda vez que no se ha llegado a realizar tal objeto.

No son ésas en la hora presente las pretensiones de la escuela matemática. Sería un error querer encerrar la única utilidad del método en la determinación de esas relaciones y funciones en la forma arriba indicada; a ello podrá llegarse cuando se conozcan mejor, si esto es posible, las leyes según las cuales actúan los hombres. Por el momento, la economía matemática se ha limitado a establecer funciones de las que son conocidas algunas propiedades generales, las suficientes, sin embargo, para poder fundar una teoría que ha permitido demostrar con todo rigor y exactitud leyes y principios que hasta ahora no habían sido sino vagamente formulados; con ella se han

descubierto nuevas relaciones y se han desvanecido muchos errores en que han estado incurriendo por largo tiempo los economistas del antiguo sistema.

No hay que olvidar que la economía matemática, aunque ya bastante adelantada, está todavía en sus principios, y aun cuando así no fuese, es una equivocación suponer que el fin de sus aspiraciones es crear una mecánica social que permita prever cuantitativamente todos los fenómenos económicos. Su principal servicio en las aplicaciones es, por ahora al menos, limpiar el campo de falsas teorías, o de teorías solamente exactas en condiciones imprecisas, señalando los errores allí donde existan, proporcionando,

en suma, un excelente procedimiento de crítica, ya que una proposición inexacta en las hipótesis simplificadas de que parte no podrá ser nunca exacta en las condiciones más complejas de la realidad.

Es ésta una labor negativa, ciertamente; pero desde el momento que para realizarla posee medios de expresar con rigor las relaciones de dependencia mutua entre los distintos elementos que integran el fenómeno económico; que puede precisar las condiciones y fijar los límites de aplicación de los teoremas, demostrándolos con toda la exactitud que es peculiar del método, su labor es fructífera, y la economía matemática tiene un lugar señalado en el cuadro de las ciencias físicomatemáticas.

Carlos DE ORDUÑA

Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Instalaciones de saneamiento para estaciones y dependencias ferroviarias

Uno de los extremos que más suele descuidarse en los proyectos y obras de instalaciones ferroviarias es el de la eliminación, en buenas condiciones higiénicas, de las aguas residuales de las mismas (viviendas, dormitorios, retretes, depósitos, etc.) en forma a completar un buen servicio de abastecimiento de aguas que, hasta ahora, tampoco ha merecido una exagerada atención por parte de los técnicos de las Empresas ferroviarias, preocupados solamente, o al menos con atención preferente, por los suministros de agua a las locomotoras, cosa que, desde luego, es esencial a la explotación ferroviaria.

La importancia de atender debidamente a mejorar las condiciones higiénicas de las instalaciones férreas no creo sea preciso encarecerla, puesto que de ellas depende la salubridad de los empleados y la posibilidad de sustraerles a multitud de enfermedades evitables y con ello rebajar los índices de mortalidad. La disminución de las enfermedades evitables traerá aparejado, no sólo el mayor rendimiento del empleado por el menor número de bajas por enfermedad (que si se consultan las estadísticas se puede apreciar que es una buena partida de sueldos desaprovechados), sino un mejor aprovechamiento de las energías y facultades de los agentes al verse libres de las secuelas que casi todas las enfermedades llevan consigo, que tanto debilitan las energías de los atacados.

La rebaja del índice de mortalidad vendrá a disminuir la cifra de óbitos y a descargar en proporción la cantidad de pensiones que con arreglo a los reglamentos han de ser abonadas.

Por interés material, pues, aunque sólo sea, las Compañías ferroviarias tienen necesidad de prestar atención preferente a la salubridad de sus instalaciones; pero además, por razones de ética social, tienen también la obligación de prestar el máximo interés a todo lo que redunde en beneficio de la salud de sus agentes, y por eso es de desear que la tendencia que va exteriorizándose en ellas a realizar obras de abastecimiento y saneamiento, y a preverlas en sus proyectos, se acentúe y se llegue a organizar a la perfección el servicio técnicosanitario a base de una íntima colaboración de ingenieros y médicos que se completen en sus esfuerzos y alcancen las soluciones

más adecuadas en cada caso, a las que seguramente no llegarán si sus esfuerzos son dispersos y no existe la debida penetración.

De acuerdo con este criterio, recibí órdenes de la Jefatura de revisar las instalaciones depuradoras de aguas residuales que se vienen empleando hasta ahora en la Compañía, y proponer las modificaciones que se precisará introducir para que éstas sean realmente instalaciones depuradoras y sirvan para sanear nuestras estaciones y grupos de viviendas, y, en su virtud, procedí a efectuar un detenido estudio sanitario, que me ha conducido a las conclusiones siguientes:

Las instalaciones que hoy día se efectúan en nuestros edificios, retretes, etc., para depuración de las aguas residuales son totalmente ineficaces desde el punto de vista higiénico, no sólo porque con ellas no se consigue efectuar la depuración mínima exigible bacteriológicamente, sino porque su capacidad no se determina científicamente con arreglo a las necesidades que han de servir.

En efecto, los depósitos que se construyen hoy día para recepción de las materias fecales no son más que unos simples fosos Mouras, cuyo empleo hoy día va quedando relegado como un recuerdo histórico en la evolución de las instalaciones de depuración, a pesar del gran predicamento que llegaron a tener tiempo atrás, por no permitir que en ellos se realice el ciclo completo de una depuración biológica racional.

Este ciclo debe constar realmente de tres fases principales, que son:

- 1.^a Eliminación de las sustancias en suspensión.
- 2.^a Desagregación y solubilización de la materia orgánica del agua residual; y
- 3.^a Oxidación de esa materia orgánica.

La primera fase, que se opera mediante una sencilla decantación, es claro que es cumplida por cualquier sistema de foso: negro, Mouras o séptico.

La segunda fase, es decir, la labor de desintegración y solubilización de la materia orgánica, llevada a cabo por los microbios anaerobios, se realiza en iguales condiciones en un foso Mouras, cuya característica esencial es el cierre hermético al aire, que en