

LOS ESTADISTICOS: FUNCIONES, PROFESION Y PERSPECTIVAS

Francisco Azorín Poch

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA

1. INTRODUCCION

El vigésimoquinto aniversario de la Ley de Estadística es, sin duda, ocasión oportuna para tratar algunos aspectos del oficio, las actividades y las orientaciones de los estadísticos. Ante la dificultad de precisar los conceptos, situaremos a los estadísticos como profesionales y en relación con sus funciones y su título académico o administrativo, entre las ocupaciones colindantes, buscando en lo posible su “género próximo” y su “diferencia específica”, y consideraremos los siguientes tipos de estadísticos:

- a) Matemáticos—probabilistas, estadísticos—matemáticos teóricos, etc. (1)
- b) Estadísticos matemáticos aplicados, ingenieros estadísticos, analistas de datos, etc.
- c) Directores de operaciones de recogida de grandes masas de datos; de la preparación, realización y presentación de censos y encuestas, y organización y funcionamiento de servicios de estadísticas permanentes y periódicas.

(1) M.G. Kendall (1968) llama la atención sobre el riesgo de disociar los estadísticos teóricos, los prácticos y los que recogen y describen los datos. J.L. Folks (1970), al ocuparse de este tema coincide con la opinión de G. E. P. Box en considerar que fué una gran equivocación la inversión del término “estadística matemática”, y combate las distinciones artificiales entre estadística inferencial y descriptiva.

d) Auxiliares, ayudantes, calculistas, ejecutores de trabajos estadísticos.

Y las siguientes actividades colindantes:

a) Matemáticos "puros".

b) Ingenieros matemáticos, matemáticos aplicados e ingenieros industriales (en el sentido que se da a ésta profesión en los EE. UU. y otros países).

c) Investigadores de operaciones.

d) Especialistas en dirección, organización y métodos empresariales; en ciencias de la organización, control, administración, y gestión de empresas (management sciences), etc.

e) Actuarios, matemáticos del seguro.

f) Ciberneticos, analistas y diseñadores de sistemas, informáticos, ingenieros de control, programadores de computación (1), etc.

Conviene advertir que las técnicas metodológicas que se establecen en las listas de miembros de la Asociación Americana de Estadísticos (American Statistical Association), a saber; técnicas metodológicas en general, planificación de encuestas estadísticas o recogida de datos, recopilación o dirección de la recopilación de datos estadísticos, muestreo, diseño de experimentos, métodos de docimasía, ensayo, test, etc., predicciones y proyecciones, investigación sobre métodos o teoría de la estadística, control de calidad, investigación operativa, presentación visual, elaboración o procesamiento de datos, métodos de computación, incluidos análisis de sistemas y programación general, organización y administración estadística, pueden distribuirse, según su nivel, entre los epígrafes antes indicados, con referencia a los diferentes tipos de estadísticos.

Por otra parte deben citarse los cultivadores de las diferentes "metrías"; biómetras (2), económetras, sociómetras, psicómetras, politómetras, y como ha dicho M.G. Kendall (1968) "etceterómetras". Así como biólogos, economistas, sociólogos y, en general, todos los científicos, ingenieros y técnicos que hacen uso en sentido amplio del diseño de experimentos y observaciones, análisis de datos, inferencias, predicciones, proyecciones, prognosis y diferentes metodologías estadísticas en varios campos.

En todo caso, sea para actividades específicas, generales, mixtas o colindan-

(1) Emplearemos los términos computación y computador, como sinónimos de cálculo electrónico, ordenador, etc.

(2) Como hemos dicho en otras ocasiones, nos parece preferible decir biómetra, económetra, etc., en lugar de biometrista, econometrista, etc., lo mismo que se dice geómetra y no geometrista, y también entomólogo y no entomologista, etc.

tes, la definición de la profesionalidad de los estadísticos como tales es un problema de larga historia y solución difícil. Para citar un ejemplo, en Gran Bretaña, el Institute of Statisticians, que ha tenido como presidentes a Lord Beveridge, a M.G. Kendall, etc., no incluye a todos los estadísticos británicos propiamente dichos, aunque como ocurre con otros institutos y doctas corporaciones, incluida la Royal Statistical Society sí puede decirse:

“ni son todos los que están, ni están todos los que son
pero entre el estar y el ser, hay cierta correlación”.

¡No deja de ser interesante, a este respecto, atender a lo que ocurre con otras actividades, como las de investigador operativo, emparentadas con la de estadístico (así lo indica, por ejemplo en España, el nombre de Instituto de Investigación Operativa y Estadística, del C.S de I.C., y la conexión de muchos estadísticos con la Sociedad Española de Investigación Operativa).

En un artículo de T. E. Caywood (1970), se dice que la ORSA (Operational Research Society of America) fue requerida para hacer un estudio de sus características profesionales, en vista de las diferencias que existen entre sus afiliados y otros profesionales tradicionalmente establecidos, como médicos, abogados, y aún los que responden preferentemente a títulos académicos, como biólogos, físicos o matemáticos, o bien economistas, psicólogos o sociólogos. Según dicho artículo, en algunos lugares se considera al investigador operativo como una especialidad básicamente matemática del ingeniero industrial en sentido americano; ésto es, un especialista que se dedica preferentemente a problemas matemáticos de optimización, fiabilidad, etc. más que a problemas específicos, ni de organización, administración de empresas, contabilidad general de costos, sistemas de precios, flujos de información, planificación y evaluación económica y social, etc. En cambio en otros lugares se acentúa la distinción entre los ingenieros, que aplican las tecnologías por sus efectos directos, y los investigadores operativos, que se preocupan principalmente del análisis de las consecuencias de diferentes tecnologías.

Para facilitar tales trabajos se realizan encuestas relativas a la utilización de los conocimientos adquiridos en los cursos académicos. Se ve así la importancia fundamental que tiene la sólida formación matemática para el investigador operativo, y como es preferible una buena base en teoría general de la probabilidad antes que estudios más especializados, por ejemplo en técnicas aplicables a problemas de colas o tiempos de espera. La extensión de estos resultados a los profesionales estadísticos es inmediata. En cuanto al uso que se hace de las disciplinas estudiadas, ocuparon porcentajes superiores al 10 % la teoría de la probabilidad y la inferencia estadística, el análisis de costos y beneficios, las técnicas de simulación y la programación matemática. Es grande la utilidad de estas encuestas, que se realizan también en España y otros países para establecer los conocimientos empleados y los que se echan de menos en el desarrollo de la profesión, y contribuir así a la mejor adecuación de

los planes de estudio y a la fijación y corrección de objetivos.

2. *FUNCION Y PROFESION DE LOS ESTADISTICOS*

Sin entrar en los problemas de la formación académica y complementaria de los estadísticos, sobre los cuales pueden consultarse, por ejemplo, un artículo de J.L. Folks (1970), otro de A. Birnbaum (1971) y el informe del Departamento de Estadística de la Universidad de Chicago (1971), y las referencias clásicas de H. Hotelling, J. Wishart, etc. así como las de Ríos, Wold, etc., publicadas en T. de E. e I.O., nos limitaremos a mencionar la carrera completa de estadístico, que se cursa en algunos países de habla española, por ejemplo, en la Universidad Central de Venezuela, Caracas; en la Universidad de Rosario, Argentina, etc; y lo que es más frecuente, los diplomas a profesionales y graduados, como los que concede el Centro Interamericano de Enseñanza de la Estadística (CIENES), de Santiago de Chile, y la Escuela de Estadística de la Universidad de Madrid.

Caso especial son los ingresos por concurso u oposición en los cuerpos de funcionarios de estadística. En cuanto al entrenamiento o preparación complementario, bien sabido es que suele adquirirse de manera circunstancial, con la asistencia a cursillos o seminarios o sobre la misma marcha del trabajo, de manera muy ligada a la actividad que se desarrolla en cada caso.

En un folleto editado por la American Statistical Association, redactado por el profesor Bernard G. Greenberg y colaboradores, en 1962, sobre las carreras de estadísticos en los EE.UU., se recogen en forma expresiva varios tipos de carrera o actividad profesional. Por ejemplo, la carrera de un consultor privado, cuyo principal instrumento es el conocimiento y experiencia en las aplicaciones de la teoría y métodos estadísticos. Este consultor estudió primero ciencias matemáticas y físicas, y después estadística matemática, en parte en la Universidad y en parte en cursos especiales y por sí mismo. Efectuó tareas tan diversas como inventario de materiales en procesos de fabricación, costos de instalación y equipos, investigación de mercados, comparación del tráfico por carretera y por ferrocarril, problemas psicológicos de enfermos y lisiados, hábitos de fumadores y alcohólicos, etc. Según este consultor, encontraba mayor atractivo en la variedad y libertad de su trabajo que en la enseñanza oficial o como funcionario público.

Otra carrera es la de un funcionario de la Oficina de Censos, en Washington. Tiene sólida formación estadístico-matemática y analiza las fuentes de error de los resultados de censos y encuestas y la metodología a seguir en cada caso. Otros funcionarios, con formación predominante en ciencias sociales: sociología, demografía, economía, etc., complementan su trabajo ocupándose de la evolución de la familia en el país, de los cambios en la composición de la población activa, y de las diferentes fuentes y tipos de renta o ingreso de los individuos y grupos familiares.

La tercera carrera que se describe es la de un director de investigaciones económicas de una gran empresa agrícola e industrial. Inició su actividad con evaluaciones de la situación económica y perspectivas de la compañía; examinó informes sobre número y tamaño de fincas rústicas, ingresos proporcionados por cosechas, subsidios y precios, así como números índices, estudios de tendencia, etc. Su misión no es solamente recoger, examinar y describir datos, sino también formular recomendaciones sobre producción, organización y ventas. En 20 años no ha cesado de renovar sus conocimientos, ya que ha necesitado emplear métodos de investigación operativa, al ocuparse de problemas concretos como el de determinación de la dimensión óptima de ciertos productos para hacer mínimo el desperdicio y facilitar su manejo; decidir sobre el número óptimo de trabajadores en actividades de fuerte oscilación estacional, etc.

La cuarta carrera es la de un bio-estadístico, que como profesor de universidad se dedica a la investigación, enseñanza y consultas, con libertad para concentrarse en su actividad preferida, que es la de consulta, porque le permite relacionarse con personas de mentalidad creadora, que exploran zonas fronterizas de la biología y la medicina. Así, en un mismo día se reunió con un médico preocupado de ensayar la efectividad de cierto fármaco, con un investigador de la relación entre el acné juvenil y los alimentos yodados, etc. Otro día discutió los problemas psicológicos de los enfermeros, y las razones que impulsan a algunos médicos a enviar a sus pacientes a hospitales grandes, etc.

La quinta es la carrera de un econométra que se dedicó largo tiempo y con exclusividad a la investigación, pero volvió a la enseñanza universitaria buscando el estímulo de la discusión con estudiantes jóvenes, así como la satisfacción que le proporciona dirigir tesis doctorales, ayudando a la incorporación de nuevos científicos al cuerpo académico.

Por último, se cita el caso de un químico especializado en biología vegetal, que en su entusiasmo por el manejo y observación de datos reales, se interesó cada vez más por el diseño de experimentos y el análisis estadístico, consiguiendo una beca para ampliar estudios de tal especialidad en el extranjero, y dedicándose actualmente a estos problemas en un laboratorio oficial.

A estos ejemplos, podríamos añadir como experiencia personal, la actividad de un asesor regional en muestreo, de asistencia técnica con un organismo internacional. Debe colaborar en el diseño de sistemas de encuestas en varios países, con funcionarios de diferentes ministerios o instituciones; discutir la realización de muestras complementarias o suplementarias de censos; ayudar en la obtención de muestras que anticipen los resultados censales completos, aconsejar sobre la organización y funcionamiento de oficinas de muestreo en institutos o direcciones de estadística, oficinas de planificación, y otros centros, etc.

O el trabajo en un centro de proyecciones económicas, también en un or-

ganismo internacional, en donde se requiere estimar las relaciones entre las principales variables macroeconómicas en modelos adecuados a los requerimientos y disponibilidad de datos estadísticos, y presentar resultados a corto, medio y largo plazo. Estudiar problemas específicos, como el que se refiere a los efectos de la evolución desfavorable de la relación de intercambio, que pone de manifiesto la situación de inferioridad de los países en desarrollo que exportan materias primas e importan productos manufacturados; examinar problemas relativos a la integración de las economías de los países en mercados comunes; localización óptima de centros de producción y distribución, etc.

Con respecto a la actividad de los estadísticos y profesionales afines, Bancroft (1970) ha escrito sobre los beneficios no monetarios y monetarios que pueden recibir, considerando las siguientes opciones profesionales parecidas a las enunciadas al comienzo de la introducción para las personas que tienen vocación por las disciplinas analíticas y cuantitativas:

a) Tipos de actividad:

Matemáticos puros y aplicados;
Investigadores operativos;
Estadísticos teóricos y matemáticos o aplicados y metodológicos. (1)
Especialistas en análisis numérico y ciencias de la computación;
Cultivadores de otras ciencias, cuya actividad tenga contenido predominante matemático.

b) Sector en que se ejerce la actividad:

Actividades privadas, comerciales, industriales, etc.
Actividades públicas, como funcionarios del gobierno o instituciones oficiales.
Actividades autónomas en el campo académico, etc.

Entre los beneficios no monetarios, destaca la satisfacción intelectual de colaborar en problemas de gran importancia para la sociedad, como el del pauperismo o pobreza de las poblaciones marginales, las perturbaciones del medio ambiente, la insatisfacción y desorientación de amplios sectores juveniles y minoritarios, etc., que forman parte de la selección de objetivos o métodos de planificación, de las que se trata más adelante.

En cuanto a las satisfacciones monetarias, se comentan los cuadros del registro nacional de personal científico y técnico, de los EE.UU., según los cuales el sueldo mediano en 1968, de matemáticos, físicos, biólogos, economistas, etc, ex-

(1) Ya en la introducción se puso de manifiesto el riesgo de la separación de los estadísticos teóricos y prácticos.

cedió al de los estadísticos, si bien llama la atención sobre la dificultad de establecer distinciones, ya que la definición de científico-matemático adoptada por la American Mathematical Society abarca matemáticos, estadísticos y científicos de la computación, que cumplan las condiciones siguientes:

- a) Título universitario elemental (Bachelor) en matemáticas, estadísticas, o ciencias de la computación, con cuatro o más años de experiencia profesional.
- b) Título universitario medio (Master), con dos o más años de experiencia profesional.
- c) Título universitario superior (Ph. D.), o el equivalente de experiencia profesional.

Otro estudio, con referencias bibliográficas, sobre los atractivos no monetarios de los profesionales mediante un análisis de costos y beneficios, puede verse en K.C. Kehrer (1967).

Hay que tener en cuenta, por otra parte, las tendencias más recientes y las fluctuaciones o cambios previsibles en estas tendencias en cuanto a la demanda de los diversos tipos de actividad. La revista "Minerva" viene publicando artículos sobre la formación y funciones de diferentes tipos de profesionales y sobre los criterios de elección de actividad científica, como los propuestos por Weinsberg, con base en los méritos científicos, tecnológicos y sociales. Hutchinson (1970) llama la atención sobre la insatisfactoria condición de los científicos en Gran Bretaña, en contraste con la favorable perspectiva de hace un par de decenios. (1) Es interesante asimismo el artículo de Sir Roy Allen (1970) sobre las insatisfactorias perspectivas de los estadísticos profesionales.

3. ACTIVIDADES DE PROFESIONALES COLINDANTES CON LOS ESTADÍSTICOS.

Entre las actividades colindantes, ya mencionadas en la introducción, consideraremos en conjunto, por la dificultad de separarlas, las de investigador operativo, ingeniero matemático y matemático aplicado. Próximas a estas actividades están las del ingeniero industrial, en sentido americano, y las de especialistas en dirección, control, manejo de empresas, gerencia, organización y métodos, etc.

La investigación operativa está, como se ha dicho, muy ligada a las actividades estadísticas, ya que gran parte de los problemas que trata de resolver son de índole estocástica, y se basan en la observación, experimentación y análisis estadísticos.

En cuanto a los ingenieros matemáticos y matemáticos aplicados, es evi-

(1) Véase, por ejemplo, F. Azorín (1953).

dente que su campo de posibles aplicaciones es muy extenso y se refiere tanto a problemas estocásticos como a problemas determinísticos. J.S. Hunter, en la obra de D.G. Watts y colaboradores (1968), ha destacado la diferencia entre los ingenieros anteriores y posteriores a la segunda guerra mundial, cualesquiera que sean sus especialidades. Antes de la guerra, la mayor parte de los ingenieros usaban tablas y formularios relativos en su mayor parte a modelos estáticos, y carecían generalmente de sólida preparación estadística, ya que si se estudiaba estadística en alguna escuela era como asignatura complementaria, generalmente en el último año de la carrera, o en unión de la economía y hasta de la legislación. En la actualidad, dice Hunter, es probable que el ingeniero cite más la ecuación de Maxwell que el ciclo de Carnot, y en su aprendizaje, enfocado a los aspectos dinámicos, suele incluirse al menos un curso de estadística y probabilidades al comienzo de su carrera. Hunter insiste en la necesidad de convencer desde el principio a los ingenieros del significado de la estadística como conjunto de reglas formales de la experimentación, en su relación con los puntos de vista cuantitativos del método científico, cualquiera que sea su campo de aplicación y como base de las diversas técnicas. Y en cuanto al contenido de los cursos insiste en la importancia de no limitarse a los ajustes mínimo-cuadráticos y algunos otros elementos descriptivos, sino introducir en cuanto sea posible los procesos estocásticos y el análisis espectral. Y de tener siempre en cuenta la importancia de la asignatura como medio de comunicación entre ingenieros y estadísticos. Esto sin prescindir de otros medios de comunicación, constituidos por revistas, como *Technometrics* (Washington, D.C.). *Trabajos de Estadística e I.O.* (Madrid), *cuadernos de Estadística aplicada e I.O.* (Barcelona), etc., y la intensificación de los contactos personales, el intercambio de preguntas y respuestas y la contribución al planteamiento y solución de problemas mediante la consulta mutua.

Un caso de características peculiares es el de los especialistas superiores en computación, en cuanto a su situación propia, y en relación con los estadísticos. Oettinger, en la mencionada obra de Watts (1968), destaca tres aspectos de su actividad:

- 1) el que enlaza con la matemática pura, por ejemplo en las teorías de autómatas y de lenguajes abstractos.
- 2) el algorítmico, al ocuparse del sistema notacional, a menudo no considerado por los matemáticos puros, estudiando la "manipulabilidad" de un sistema notacional, la "traducibilidad" entre lenguajes, etc., con lo cual se plantea un problema de eficiencia, es decir, la ingeniería, en la aplicación de conocimientos a objetivos humanos que hay que conseguir de manera moral y satisfactoria, y
- 3) la colaboración en campos de aplicación muy diferentes, con trabajos que apenas podrían efectuarse sin el auxilio de computación.

Por eso considera apropiado el nombre de científicos e ingenieros de la

computación. Destaca que el ingeniero actual tal vez no tenga el halo heroico de otros tiempos, pero continúa manteniéndose su prestigio en cuanto a las características de eficiencia. Al tenerlas en cuenta se evitarían, por ejemplo, programas de computación que pueden tener gran atractivo en sí mismo pero ser de comprensión difícil y poco prácticos. El especialista debería, pues, ser matemático, en cuanto a su base teórica; científico en sentido amplio, por la necesidad de investigar fenómenos reales, e ingeniero en el diseño de instrumentos eficientes; y se trataría de acabar con el divorcio que aún existe entre los Departamentos tradicionales de matemáticas, los de ingeniería electrónica, y los de computación. Bien conocidas son las dificultades que surgen por la incomprensión de algunas Escuelas, Facultades o Departamentos universitarios rígidos, aparte de los rozamientos de carácter personal; y la separación que tanto ha dificultado el aprovechamiento de fuentes de energía y la fecundación debida a las influencias mútuas de las diferentes actividades.

Hay que partir, sin duda, de una base matemática común, aunque se mantengan algunas diferencias. Por ejemplo, mayor extensión y profundidad de los estudios algebraicos y combinatorios, para los que se dedican a los problemas de utilización, programación, equipo ligero, etc. (soft-ware); en análisis, para el físico matemático; en física fundamental, para los especialistas en la ferretería, electrónica--mecánica o maquinística, esto es en el equipo interno (hard-ware), pero tratando de poner término a la incomprensión y el esnobismo de los que se consideran "puros" frente a los "rutinarios aplicados", o a la de los que se consideran "útiles y prácticos" frente a la "presunción e inutilidad de los "abstractos".

En este aspecto conviene dedicar alguna atención a las relaciones entre las estadística y la llamada informática.

4. ESTADISTICA E INFORMATICA

Según parece, el nombre de informática (informatique) se debe a Philippe Dreyfus (1), quien en 1962 designó así a la concepción, realización y utilización óptima de los computadores u ordenadores, para facilitar la obtención, comunicación, almacenamiento, recuperación, manipulación y uso de informaciones (2) Los informáticos, o ingenieros informáticos, se dividen en "lógicos", especialistas en el equipo ligero o "software" de base; "analistas", especialistas en el "software" de aplicación, y "físicos", especialistas en la concepción y realización del equipo electró-

(1) Ingeniero de la Escuela de Física y Química, con gran experiencia en la empresa privada iniciador con R. Lattes de la Société d'Informatique Appliquée (S.I.A.). etc.

(2) Véase, por ejemplo, la revista "Economie Appliquée" (Archive de l'ISEA, vol. 22, 1969), dedicada a "L'Informatique et les activités humaines" y a los sistemas integrados (MIAGE o IMIS integrated management information system), en los Departamentos de Informática de los Institutos Universitarios, y Tecnológicos (I.U.T.) establecidos primero en Grenoble y Montpellier, y que hoy pasan de diez, en Francia.

nico—magnético—mecánico o “hardware”. La “red de informática” incluye los medios de acceso a los bancos de datos y a las baterías de programas, así como el uso eficiente de equipos muy diversificados. En el discurso de Sixto Ríos en la sesión inaugural de la 5ª Reunión Nacional de Investigación Operativa, se habla del gran impulso que se está dando en España a la enseñanza de la informática, y de la tendencia que muestran algunas empresas a sustituir el nombre de investigación operativa por el de “informática de gestión”; así como a la necesidad de que la investigación operativa tenga en cuenta el fenómeno informático, si no quiere quedarse en circuito cerrado y sin posibilidades de expansión.

Por otra parte se ha empleado el término “ingenieros de información” (information engineer, según E.C. Berkeley, 1971) (1) para designar personas que servirían de puente entre las tecnologías más avanzadas y los requerimientos del ser humano, y darían luz sobre los problemas que exigen solución urgente en beneficio de la humanidad y del planeta. En la “Revue de l’Institut de Sociologie,” de la Universidad de Bruselas (1970–71), R. Clause, bajo el título: “L’Ingenieur et l’Information”, trata de los diferentes problemas de comunicación social, y M. Lattes se ocupa de información e informática, poniendo de manifiesto la creciente importancia de estos factores en la evolución de la sociedad humana. Sobre el entrenamiento en estas disciplinas son bien conocidos de los estadísticos del INE los cursos complementarios de enfoque informático, así como las enseñanzas universitarias y los seminarios sobre tales temas. En Francia, el Institut de Recherches d’Informatique et d’Automatique, y otros centros, dan cursos para la formación del informático (informaticien).

Las relaciones entre estadísticas, informática y disciplinas afines se ponen de manifiesto, por ejemplo, en el siguiente programa de un reciente symposium sobre computadores y desarrollo económico:

a) *Bancos de datos y recogida de datos para computadores.* Papel de las estadísticas socioeconómicas en las políticas y controles. Necesidad de cooperación entre las empresas, el gobierno y otras instituciones para la constitución de bancos de datos micro y macroeconómicos. Aspectos metodológicos de los sistemas de información. Recogida, procesamiento y manipulación de datos brutos. Preparación e integración de los bancos de datos socioeconómicos. Trabajo de las Oficinas o Institutos Nacionales de Estadística.

(1) En este mismo sentido se habla de la nueva necesidad de sabiduría (wisdom) y no nueva tecnología o especialización científica. No bastan las tecnologías, ni tal vez lo que se ha llamado problemática (E. Jaques, Introduction au problema de la connaissance: branche du savoir qui se preoccupe de la recherche, de la formulation et de la classification systematique des problemes relatifs soit a un domain particulier de la connaissance, soit a son ensemble.) porque la formulación de preguntas o temas de investigación ya implica establecer prioridades y sugiere en consecuencia una estrategia, una política y unos valores explícitos o tácitos. (Ver G. Myrdal, 1970).

b) Modelos de simulación en computadores. Construcción de modelos. Formulación de problemas. Requerimientos de datos. Problemas de identificación y estimación. Validación estadística de los resultados. Métodos de simulación y su relación con las técnicas de computación. Discusión de modelos específicos aplicados a países determinados.

c) Juegos y modelos de simulación. Construcción de modelos. La teoría de juegos como instrumento para la evaluación de políticas. Aplicaciones a problemas industriales y de comercio internacional.

d) Utilización del computador para la investigación económica. Tecnologías y metodologías actuales y futuras en la computación. La pre-programación en las aplicaciones. La economía del procesamiento de datos y de los sistemas de comunicación, teleprocesamiento, tiempo real, participación de tiempos (time sharing), sistemas de información generalizada. El computador como instrumento para la experimentación y control de políticas.

e) Técnicas de programación analítica. Construcción de modelos. Modelos de optimización. Restricciones analíticas en la formulación de problemas. Discusión general de modelos de ecuaciones simultáneas, lineales, no lineales, de programación entera y de insumo-producto. Requerimientos de datos. Aplicaciones específicas.

f) Modelos macroeconómicos. Construcción de modelos. Modelos económicos industriales y nacionales. Requerimientos de datos. Problemas de identificación y estimación. Evaluación de políticas y predicciones económicas. Modelos específicos aplicados.

g) Aplicaciones generales del computador a problemas de desarrollo económico. Discusión de varias aplicaciones de los computadores en la planificación económica. Comparaciones de precios internacionales, modelos de transporte, modelos educacionales, modelos ecológicos, modelos de urbanización.

Muller (1970), al tratar de los computadores como instrumento del análisis de datos, propone una función de respuesta que depende de los siguientes componentes o factores en mútua interacción:

- 1) individuos que intervienen en el proceso;
- 2) aplicaciones;
- 3) medio ambiente;
- 4) fuentes, identificación, adquisición, evolución de la calidad y almacenamiento de datos;
- 5) requerimientos sobre tiempo de respuesta;
- 6) técnicas de análisis estadístico que pueden aplicarse;
- 7) algoritmos de computación, y
- 8) facilidades de computación en cuanto a personal y equipo ("hardware" y 'software').

Al considerar los diferentes aspectos que relacionan la estadística y la computación, clasifica las aplicaciones del computador al análisis de datos según que se refiera a predicción, estimación, explicación, exploración, descripción, resumen o control. Subraya la importancia que tiene para el estadístico el conocimiento de los algoritmos de cálculo más adecuados a cada caso. El ejemplo clásico es el cálculo de la varianza, en el cual es preferible emplear

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 \text{ en lugar de } \sum x_i^2 - n(\sum x_i / n)^2 ,$$

para evitar el posible exceso sobre la capacidad, de la suma de cuadrados de los datos originales. Sin embargo, la primera fórmula exige procesar los datos dos veces, una de ellas para obtener la media muestral, y el número de veces que se procesa puede constituir una restricción. En general, la necesidad de emplear algoritmos y técnicas estadísticas adecuadas surge en relación a alguno de los siguientes aspectos:

- Error de: truncamiento
- discretización
- redondeo
- imprecisión de la operación debido al equipo
- matriz de datos mal condicionada
- pérdida o ausencia de observaciones (missing data)
- escalamiento de observaciones

Especial interés tiene al uso de transformaciones auxiliares del análisis, y el tratamiento de los residuos, desarrollado por Anscombe, Tukey y otros.

En cuanto a los problemas relacionados con el empleo de los bancos o grandes archivos de datos, a los que antes se hizo referencia, conviene tener en cuenta que la situación es cualitativamente distinta a la de las pequeñas colecciones de datos, y las técnicas para manejarlos. Muller distingue en cuanto al uso de datos de los bancos, si es en serie, en paralelo o mixto, y describe un sistema, el STAT JOB, para efectuar su análisis en computador, discutiendo sus ventajas, deficiencias y posible perfeccionamiento.

Otras consideraciones de interés sobre las relaciones entre computación y estadística, en sus aspectos históricos, actuales y futuros, puede verse en Cooper (1969), y en J.L. Sánchez Crespo y J. Segura (1969) en cuanto a la importancia de los grados de mecanización en la planificación de las estadísticas.

Pasemos ahora a considerar con algún detalle las características de la colaboración de los estadísticos en la planificación socio-económica, ya indicadas antes al tratar de sus actividades profesionales.

5. LOS ESTADISTICOS Y LA PLANIFICACION SOCIO-ECONOMICA.

Tiene interés permanente el contraste entre los puntos de vista extremos sobre el valor y justificación de la ciencia en general, y de la estadística en particular.

Según el primer punto de vista, lo principal es conocer, entender, explicar, satisfacer la curiosidad intelectual; el deseo de saber verdades, de aprehender la belleza y sublimidad de ciertas estructuras, patrones, modelos o teorías. Esta ha sido, por ejemplo, la posición 'pura' del matemático Hardy (1948) frente a la posición 'utilitaria' de L. Hogben. En la segunda posición, la importancia de la ciencia está en la utilidad de sus aplicaciones, y en particular en la mejor organización de la sociedad. Para Hardy, la matemática pura se destaca entre todas las disciplinas científicas y frente a la "trivialidad" de la matemática aplicada. Además, dice, los matemáticos puros tienen al menos la conciencia clara de no haber contribuido a 'aplicaciones' tan indeseables como la guerra y la propaganda de causas injustas.

En Estadística, la oposición antes planteada se ha traducido en históricas polémicas sobre la primacía de la "inferencia para saber" sobre la "decisión para actuar". Es conocida la dificultad que tienen estos problemas axiológicos, aunque es evidente su importancia.

En todo caso trátase de objetivos prácticos o teóricos, surge la necesidad de programar o planear para conseguirlos. Y mantiene toda su actualidad el famoso hexámetro dactílico de Quintiliano: "Quis, quid, ubi, quibus auxiliis, cur, quomodo, quando (quien, qué, dónde, con qué medios, por qué, cómo, cuando). (1)

Complemento a la respuesta a estas interrogaciones básicas es la consideración del sistema general en su concepto amplio de entradas, insumos o influjos, y salidas, productos o eflujos, que describen las acciones para lograr un fin. (2) Sixto Ríos (1970) menciona a este respecto la feliz simbiosis del investigador operativo y el analista de sistemas, que cubre actividades como las de sistemas integrados, gestión automatizada, regulación en tiempo real, control óptimo, etc. Por eso, antes de tratar de la participación del estadístico en un plan o sistema, es útil examinar, aunque sea de pasada, algunos aspectos aclaratorios de tales actividades. Como análisis de sistemas entendemos un conjunto de técnicas para resolver problemas sobre complejos constituidos por componentes interconectados, y que pueden considerarse en

(1) Véase, por ejemplo, una referencia en F. Azorín (1969), pág. 24, y otra en R. Clause (1970). Muller (1970) al tratar de los computadores como instrumento del análisis de datos distingue entre: lo que se desea, lo que se dispone o ya existe, y lo que puede hacerse. Comparese en otro aspecto con el llamado paradigma de la investigación en comunicaciónes: "Who said that to whom with what effect" (quién dijo que a quién y con qué resultado).

(2) El profesor H. Tucker, de Tucson, Arizona, en una conferencia pronunciada en mayo, 1971, en el CIENES, Santiago de Chile, subrayó como aspecto más destacado en la actual tecnología los conceptos y aplicaciones de sistemas, así como después de la segunda gran guerra fue la computación, y anteriormente la eficiencia. Los métodos generales de análisis y resolución en este enfoque serían: 1) optimización, 2) simulación, 3) teoría de juegos, 4) utilidad colectiva y 5) sensibilidad.

forma separada de otros complejos. Caso particular es el análisis de sistemas en computadores u ordenadores, que con frecuencia se denomina simplemente, análisis de sistemas. En este sentido, el analista de sistemas sería un técnico en decisiones sobre la instrumentación y procedimientos más eficientes en cada circunstancia para trabajar con computadores. En el sentido amplio pueden citarse las investigaciones sobre "sistemas generales", y su aplicación a problemas de la sociedad humana, con investigaciones como las de System Development Corporation, relativa a la simulación de grandes organizaciones sociales, y procesos de decisión, como el llamado "proyecto Leviatán", que estudia la realización de una misión definida en un medio parcialmente aleatorio, con gran influencia de la interacción hombre-máquina y con intercambio de información y estructura jerárquica de grupos. Pueden verse comentarios de R. Fortet sobre este tema en la obra de J. Agard (1967). El estadístico tiene un papel de gran importancia en lo que se refiere a estos modelos, especialmente en la estimación de sus parámetros y relaciones, en la inferencia y predicción, y en evaluaciones y proyecciones.

En un campo tan tradicionalmente estadístico como es el de la preparación de indicadores e índices, y el estudio de su posible evolución, se presentan especiales dificultades en la aplicación sociológica. Algunos avances importantes se deben a Lazarsfeld, Guttman y otros, que han desarrollado procedimientos como los escalogramas, derivaciones del análisis de factores, etc. Deben mencionarse asimismo las aportaciones de I. Adelman (1968) y colaboradores. Algunos de estos métodos han sido de fuertes críticas. (1) La elección entre cuantificar inadecuadamente y no cuantificar supone grandes riesgos. A pesar de estas dificultades, dice I.L. Horowitz (1969), así como muchos sociólogos estuvieron esperando que el progreso tecnológico, y los ingenieros, dieran solución a sus problemas, hoy son muchos los ingenieros que se vuelven a los sociólogos en espera de orientación en sus dramáticas opciones.

En todo caso es útil el establecimiento de un lenguaje común entre ingenieros y sociólogos, que integran la terminología de la organización de sistemas y distribución de recursos, con los requerimientos de urgentes cambios económicos, políticos y sociales. Así como antes mencionamos a los ingenieros de información, conviene añadir que se han llamado ingenieros sociales a los técnicos superiores en planificación, programación, instrumentación y realización de los planes a nivel local, regional e internacional. Otra posible denominación sería el de graduados en estudios del desarrollo, título académico que propone Blaisdell (1970). Pero también en estos aspectos hay que atender a llamadas de prudencia ante el posible exceso de confianza

(1) Ver por ejemplo, P.A. Sorokin (1966) y R. Harrod (1970). Dice el primero, literalmente "Die gegenwärtige Soziologie, hat so viele Fakte gesammelt das sie oft nicht weiszt wohin mit ihnen" (Ver: Wirtschafts Wissenschaft 2 feb. 1971, p. 269). Ambos echan de menos una gran capacidad sintetizadora de tantos resultados que se basan en datos numerosos, pero parciales, y que expresan ideas claras y traduzcan la jerga de los especialistas en campos muy limitados, a expresiones inteligibles y significativas.

o "culto del experto" (ver, por ejemplo, E.C. Berkeley, 1969). y de la meritocracia y tecnocracia sin crítica, y de la misma organización de la ayuda técnica a los países (ver S.S. Zarkovic, 1970).

Volviendo a las experiencias positivas, deben mencionarse los trabajos sobre planificación de las estadísticas oficiales (véase por ejemplo, J.L. Sánchez Crespo y J. Segura, 1969), en lo que puede denominarse "planificar estadísticas para planificar la economía," y T.E. Dalenius, 1968). En el Instituto Internacional de Economía Cuantitativa, de Montreal, Canadá (I.I.Q.E., Ecole des Hautes Etudes Commerciales), se efectúan estudios sobre las prioridades de investigación en la planificación del desarrollo socioeconómico. M. Inagaki presenta tres propuestas, a saber:

1. dar orientación más operacional a las investigaciones académicas en este campo;
2. ocuparse con urgencia de las investigaciones sobre los países del "tercer mundo";
3. investigar los problemas de la expresión cuantitativa de diferentes aspectos económicos y sociales, y de la distinción entre los puntos de vista normativo y positivo.

A.K. Dasgupta, aplica el análisis de costos y beneficios a los proyectos con objetivos múltiples, y las transacciones (trade-off) entre objetivos contrapuestos.

J. Tinbergen, que como presidente del Comité de Planificación del Desarrollo instituido por las Naciones Unidas ha proporcionado amplia documentación de apoyo a la Resolución 2626 de la Asamblea General, que establece la Estrategia Internacional en el Segundo Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo, destaca la diferencia entre la cuantificación de las necesidades, de las realizaciones y de los esfuerzos efectuados por los países.

En el mismo Instituto de Montreal, al que corresponden los anteriores trabajos, C. Ayari ha destacado la falta de estadísticos, econométras y economistas del desarrollo, que efectúen estudios de pre-inversiones, análisis de actividades presupuestarias y a corto plazo, y la relación con modelos macroeconómicos de optimización o de programación general.

Cuando los modelos son excesivamente grandes o complicados, suelen requerir procedimientos de simulación. Entre los numerosos trabajos sobre este tema puede señalarse el de S. Mitra (1967), quien denomina estudios simulátricos, o simplemente, simulátrica, a la combinación de la simulación con computador y las técnicas econométricas y de planificación socioeconómica.

C. Moser, director del C.S.O. (Central Statistical Office) del Reino Unido, ha subrayado la necesidad y dificultad de establecer indicadores sociales satisfactorios, y la grave alternativa implicada en los sistemas nacionales de información, ya que su utilización oficial puede ser benéfica o maléfica. Ciertas decisiones pueden originar

insatisfacción y frustración en los ciudadanos y en los científicos y técnicos. Por eso son tan útiles instituciones como las del "ombudsman" o representante, en los países escandinavos, que dan facilidad y flexibilidad a recursos de tipo contencioso y de defensa directa de los individuos frente a posibles abusos del poder y de la burocracia. Se constituye así una retroacción o retroalimentación que permite descubrir a tiempo consecuencias perjudiciales de algunas medidas de política, y permite introducir reajustes adecuados.

En distintos lugares se evidencia el interés creciente por aplicar técnicas estadísticas y de investigación operativa a problemas socioeconómicos y políticos. El programa de la 6ª Conferencia Internacional de I.O., en Irlanda, en 1972, anuncia sesiones de trabajo dedicadas a los siguientes temas:

- 1) sistemas de educación,
- 2) planificación urbana,
- 3) orientación del desarrollo tecnológico,
- 4) problemas supranacionales,
- 5) problemas agropecuarios,
- 6) salud y bienestar,
- 7) prevención de la delincuencia, y
- 8) control de la contaminación del medio ambiente.

Es evidente que tanto la I.O. como la aplicación de técnicas estadísticas, etc. al desarrollo constituyen un progreso tecnológico no incorporado (en el sentido de Solow, 1962) que puede modificar cuantitativa y cualitativamente la evolución.

Otro ejemplo es el Symposium que ha de celebrarse en Washington, D.C. en agosto de 1971, organizado por el Instituto de Tecnología Avanzada (The Institute of Advanced Technology). En estas reuniones, M.G. Kendall tratará de la construcción de modelos con referencia a la economía y los negocios, presentando aplicaciones a mano de obra, procedimientos de simulación, ingresos y gastos, tributación, etc. así como los correspondientes problemas econométricos de especificación, identificación y agregación, y los problemas estadísticos de estimación y validación de los modelos. En el mismo Symposium, G.L. Urban se ocupará de modelos para facilitar decisiones en el sector público, y se discutirán también modelos urbanísticos, de transporte y de cambio social.

Digamos, por último, que algunos autores, como M. Manescu (1967) denominan "planometría" a la disciplina que trata de las medidas y análisis de los fenómenos económicos, para elaborar modelos de previsión que permitan planificar la economía, y consideran como "cibernética económica" el conjunto integrado de planometría e informática. En los equipos de profesionales que trabajan en estos problemas ocupan posición insustituible los estadísticos.

6. CONCLUSIONES.

En esta época de profundos cambios y crisis de valores, se acentúa la ambigüedad intrínseca al mismo concepto de estadístico, y a los aspectos relativos a su función, su oficio y su futuro.

Se ha dicho que la Estadística es la “*ancilla scientiarum*”, o esclava de las ciencias. Tal vez sería mejor denominarla “*ministra scientiarum*”, y eliminar la superioridad con que algunos profesionales o ejecutivos no estadísticos se refieren a los estadísticos que los auxilian y aún a veces les marcan dirección y sentido en sus tareas. En todo caso, el estadístico, en su doble aspecto de analizador y sintetizador de datos y de especialista en el tratamiento del error y de la incertidumbre, ha de seguir desempeñando papel fundamental en la evolución de la ciencia y de la técnica y del gran complejo constituido por la sociedad en sus aspectos económicos, sociales y políticos. El actual “*homo statisticus*”, bien descienda de los estudiosos e investigadores del estado (*status*), como cuerpo político o como situación, coyuntural o estructural; o de los observadores del equilibrio, del balance o balanza (*statera*) de fuerzas y factores múltiples, ha de seguir evolucionando para mejorar su capacidad de *inducción* de las leyes generales subyacentes en la complicada realidad de los cambios, y de *preparación* de leyes escritas, que signifiquen un avance sobre aquella cuyo aniversario hoy con tanta nostalgia y esperanza celebramos.

BIBLIOGRAFIA

- Adelman, I. (1968) and Morris, C.T. "Performance Criterion for Evaluating Economic Development Potential" (Quart. Jour. of Economics, vol 82, n 2, p. 260).
- Agard, J. *et alia* (1970) "Les méthodes de simulation" (Dunod, Paris).
- Allen, R. (1970) "On official Statistics and Official Statisticians" JRSSA Vol. 133 pag. 509.
- Azorín Poch, F. (1953) "Los funcionarios científicos y los estadísticos oficiales en Gran Bretaña". (5º Suplemento al Boletín del INE, año 14, Madrid).
- Azorín Poch, F. (1969) "Curso de Muestreo y Aplicaciones" (Aguilar, Madrid).
- Bancroft, T.A. (1970) "What Rewards May a Statistician Expect?" (The Amer. Statistician, vol 4, p. 8)
- Berkeley, E.C. (1969) "The Cult of the Expert" (Computers and Automation, vol. 18, p. 5).
- Berkeley, E.C. (1971) "Editorial" (Computers and Automation, vol, 20, p. 2).
- Birnbaum, A (1971) "A perspective for Strengthening Scholarship in Statistics" The Amer. Stat. Vol. 25 nº 3 p. 14.
- Blaisdell, W.M. (1970) "Defining National Development: a Proposal". (Rev. del Desarrollo Internacional nº 2, p. 40).
- Caywood, T.E. (1970) "How can we Improve O.R.? (O.R., vol.18, pág.569)
- Clause, R. (1970) "Le processus de la Communication sociale". (Rev. de l'Inst. de Sociologie, Univ. de Bruxelles).
- Cooper, B.E. (1969) "Statistical Computing — Past, Present and Future" (The Statistician, vol. 19. nº 2, pág 125).
- Dalenius, T.E. (1968) "Official Statistics and their Uses" (Rev. 151. vol 36, 2)
- Folks, J.L. (1970) "Some Prior Probabilities on the Future of Statistics" (The American Statistician Vol 24, pág. 10).
- Francis, I (1970) Véase Book Reviews, sobre la obra de D.G. Watts (1970), en Jour. Amer. Stat. Assoc., vol.65, Págs1677.
- Frey, B.S. (1970) "Models of Perfect Competition and Pure Democracy". (Econ. Appl., vol. 23., pág. 736)
- Greenberg, B.G. *et alia* (1962) "Careers in Statistics". (The Amer. Stat. Assoc. and the Inst. of Math. Stat)
- Hardy, G.H. (1968) "A Mathematician's Apology" (Cambridge University Press)
- Harrod, R. (1970) "Sociology, Words and Mystery" (Mac Millan)
- Horowitz, I.L. (1969) "Engineering and sociological perspectives on development — interdisciplinary — constraints in social forecasting" (Intern. Social Science J. vol. 21, pág. 545)

- Hutchison E. (1970) "Scientists as an inferior class: the early years of the DSIR (Dept^o of Sc. and Ind. Res.) (Minerva, vol. 28, pág. 426).
- Jantsch, F. (1968) "La previsión tecnologíca" (OCDE, Paris).
- Kaysen, C. (Chairman of the Comitée, 1969). "Report of the Task Force on the Storage and Access to Government Statistics" (The Amer. Statistics" (The Amer. Statistician, vol. 23, pág. 11)
- Kehrer, K.C. (1967) "Human Resources Development Planning"(AID Discussion Paper 15, Dept. of State, Washington D.C.)
- Kendall, M.G. (1968) "On the Future of Statistics — A Second Look" (Jour Roy. Stat. Soc. A., vol. 131, Pág. 181 y en Estad. Española, vol. 41 y 42).
- Kruskal, W.C. (1971) "Mathematical Sciences and Social Sciences". (The Amer. Statisticien. vol. 25, pág. 27).
- Lawrence, J.R. (1966) "O.R. and the Social Sciences". Tavistock Press.
- Mittra,, S. (1967) "Simulation and Development Planning" (Asian Inst. for Econ. Development and Planning).
- Moser, C.A. (1969) "An integrated system of social and demographic statistics" (Conf. Europ. Stat. 273).
- Moser, C.A. (1970) The Economist, Dec. 19, pág. 24.
- Muller, M.E. (1970) "Computers as an Instrument for Data Analysis" (Technometrics, vol. 12, p. 59).
- Myrdal, G. (1970) "Objectivity in Social Research" Duckworth London
- Rios, S. (1970) "Evolución de la I.O. en España (T. de E. y de I.O., vol. 21, pág. 145).
- Sánchez—Crespo J.L. y Segura, J.) (1969) "Algunas notas sobre la planificación de las estadísticas oficiales"(Estadística Española, vol. 42, pág. 89).
- Solow, R.M. (1962) "Technical Progress. Capital Formation and Economic Growth" (The Amer. Econ. Rev. proc., vol. 52, pág. 76).
- Sorokin, P.A. (1966) "Sociological Theories of Today" "Harper and Row).
- Tinbergen, J. and Boss, H. "Mathematical Models for Economic Growth" (Mc Graw Hill. Traducción española en ed. Aguilar)
- Tukey, J.W. (1962) "The Future of Data Anlysis (Ann. Math. Stat, vol. 33, pág. 1).
- Watts, D.G. (1968) "The Future of Satictics" (Academic Press)
- Manescu, M. (1967) "Preocupari cu privire la tecnica de elaborare a modelelor cibernetice in economic" (Preocupaciones con respecto a la técnica de elaboración de los modelos cibernéticos en economía)

- University of Chicago, Department of Statistics (1971) en Revolutia stiintifica si tehnica contemporana” (Inst. de Fil. al Acad. Rep. Sc. Romania, Bucuresti)
 “Report of the Evaluation Committé” The Amer. Stat. Vol. 25 n^o 3, pág. 17
- Weinberg, A. (1953) “Criteria for Scientific Choice (Minerva, 1, pág.159)
- Unrisd (1966) “Cost — Benefit Analysis of Social Projects” Report of a Meeting of Experts held in Rome, 1965, Geneva.
- Welch, B.L. (1970) “Statistics: a Vocational or a Cultural Study” JRSS, A, vol. 133, pág. 531.
- Zarkovic, S.S. (1970) “Le programme des Nations Unies pour le Developpe-ment” (Presses Universitaires de France).
- Zuckerman, S. (1970) “Beyond the Ivory “Tower” (Weidenfeld and Nicolson)