

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estadística  
Curso Introducción A Los Métodos Estadísticos  
Profesor: Roberto Behar Gutiérrez

---

**OPORTUNIDAD DE APRENDIZAJE N.º 1**

---

**Fecha máxima de subir el informe OA-1, Miércoles marzo 15-2023 a las 10 pm**

**Notas:**

El informe debe ser subido al Campus en pdf (un solo informe por grupo) a más tardar el miércoles próximo a las 10 pm.

El archivo debe empezar con OA1- seguido de los apellidos en orden alfabético, de los integrantes del grupo separados por guiones. Ejemplo, OA1 -BARRAGAN-GOMEZ-ZAPATA

El amor y las ganas de aprender y la honestidad, son los ingredientes que siempre deben estar presentes al momento de estar trabajando en la *Oportunidad de Aprendizaje* (OA).

**Recomendaciones**

El informe debe ser muy bien presentado, con muy buena redacción, los gráficos deben contener un título muy claro y entendible para un público no muy experto en Estadística. Recuerde que el título es la síntesis de sus conclusiones. Los ejes con sus nombres y unidades. Si su gráfico es a color, siempre tome en consideración que alguien lo imprimirá en blanco y negro y en esa circunstancia, quedarán perdidas todas las descripciones que usted haya hecho refiriéndose a la “curva azul” comparada con la “amarilla”, por lo tanto se recomienda que las curvas estén construidas con diferentes marcas, o numeradas de tal forma que en su redacción usted pueda decir “La curva N.º 1”, o la curva de las estrellitas o de los asteriscos.

No incluya como parte del título el nombre técnico del gráfico. Por ejemplo “Histograma de las estaturas ...”, el histograma y el BoxPlot, etc. Ya se están viendo, ambos pretenden referirse a las frecuencias, entonces puede decir: “Comparación de las distribuciones de frecuencias de las estaturas según sexo”.

Incluya siempre las referencias bibliográficas que consulte, usando las normas APA.

## **SITUACION N°1**

Cada uno de los tres integrantes del grupo, de manera independiente, debe lanzar aleatoriamente, 200 veces, una moneda de \$500, e ir registrando el resultado “Número Acumulado de “CARAS”, que después usted convertirá en porcentaje.

De esta manera en su equipo resultarán tres (3) series de 200 resultados independientes, mismos que usted integrará en un solo archivo, que constará de dos columnas cada una de ellas con 600 valores, así: La primera columna tendrá 200 unos (1), 200 dos (2) y 200 tres (3), que identifican a los tres miembros del equipo y la segunda columna tendrá los porcentajes acumulados de “caras”, correspondientes a cada uno. Luego usted debe hacer un gráfico cartesiano, en cuyo eje horizontal, se identifica el número del lanzamiento (i), por supuesto (i) variará desde  $i=1$  hasta  $i=200$  y en el eje vertical, su correspondiente porcentaje acumulado de caras,  $P_i$ . De esta manera en un mismo plano cartesiano, se apreciarán las curvas de las tres series.

- Observe muy bien los gráficos, analice su comportamiento y concluya, con generosidad.
- Intente estimar el porcentaje de veces que salió “Cara”, justo cuando llevaba 100 lanzamientos con cada una de las curvas, repítalo con  $i=200$  y haga las comparaciones respectivas para cada curva. Comente y concluya con generosidad.

A continuación, una ilustración:

Lanzamiento i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Resultado	C	S	C	C	S	S	C	C	C	S		
Nº de caras $N_c$	1	1	2	3	3	3	4	5	6	6		
% de caras $P_c$ $= (N_c/i) * 100\%$	100%	50%	66,6%	75%	60%	50%	57%	62,5%	...	...		

Por ejemplo el valor sombreado en gris, 66,6%, corresponde al lanzamiento número  $i=3$ , y hasta ese momento han salido 2 caras, lo cual representa una proporción de  $2/3$ , que escrito en porcentaje es 66,6%.

El valor sombreado en amarillo, 60%, corresponde al lanzamiento número  $i=5$ , y hasta ese momento han salido 3 caras, lo cual representa una proporción de  $3/5$ , que escrito en porcentaje es 60%.

## **SITUACION N°2**

Las frecuencias son la mejor manera de responder preguntas sobre fenómenos que tienen su curso en medio de la variabilidad y la incertidumbre, son insuperables.

Sabemos que el origen de la probabilidad data del siglo XVII, con el famoso juego de los puntos, que propuso el Conde de Mere a Pascal y Fermat. Pero .....

### **¿Desde cuándo el ser humano usó las frecuencias para tomar decisiones?**

Debemos empezar por decir que lo que se conoce hoy como “Método Científico” y que intentaremos caracterizar más adelante en su concepción actual, es el resultado de un largo proceso que data de la antigüedad.

(Feyerabend, 2015)<sup>1</sup> citando a (Markshak, 1971), afirma que el *Sinanthropus Pekinensis* de Chou-kou-tien vivió hace unos 500.000 años y utilizó el fuego. ¿Qué tipo de saber requiere el uso del fuego? Markshak pone en evidencia los procesos inferenciales y de sistematización de experiencias que implica el dominio y domesticación del fuego, que significó aumentar las opciones de sobrevivencia, expansión y desarrollo. Para dar una idea de la aplicación exitosa del proceso de inducción e inferencia, Feyerabend, a partir de Markshak, presenta textualmente algunos de los aprendizajes que muy probablemente se requirieron en este proceso de dominio del fuego:

“Hemos de admitir que un cerebro capaz de mantener una cultura del fuego, es capaz de aprender que la madera húmeda no arde tan bien como la seca; que la madera de la primavera o del otoño, abundante en resina, es probable que no arda tan rápidamente como la madera muerta o la de invierno; que un raspado, un corte de los troncos en primavera puede ensuciar o pegar la mano; que la hierba verde o las ramas no arden tan bien como la hierba seca; que la leña con hojas del verano despidе mucho humo; que la leña debe resguardarse de la lluvia; qué no hay que estar cerca del fuego contra la dirección del viento; que la

---

<sup>1</sup> Feyerabend, P. (2015). *Filosofía Natural. Una historia de nuestras ideas sobre la Naturaleza, desde la edad de piedra hasta la era de la física cuántica* (Primera ed.). (J. Chamorro Mielke, Trad.) Bogotá, Colombia: Penguin Random House. Grupo Editorial S.A.S.

leña que al romperla hace mucho ruido es la que mejor arde; que el fuego está especialmente indicado con el frío invernal; que por la noche proporciona Luz y calor además da seguridad puesto que la mayoría de los animales salvajes evitan su encuentro; que necesitan un sitio fuera del alcance de los vientos fuertes, de las lluvias intensas de la nieve copiosa; que es preciso alimentarlo permanentemente, se duerme en las brasas y puede morir, pero puede revivir con el aliento; que despiden airado pavesas y más luz cuando hay grasa animal; que se muere con el agua; murmura sisea y crepita, pues su voz cambia mucho; se consume porque reduce a una gran cantidad de leña a gris ceniza al tiempo que asciende al cielo y acaba desapareciendo en el aire; ...”

Este listado parcial de aprendizajes acerca de la cultura del fuego, que se ha obtenido de (Markshack, 1971), implica indudablemente un esfuerzo de generalización, producto de la observación cuidadosa, de categorización, de sistematización de experiencias y de descripción, para la toma de decisiones. Estamos hablando de hace medio millón de años. Estos procesos son absolutamente familiares para nosotros hoy en día, al momento de hacer referencia a un “Método Científico”, o la *búsqueda de regularidades, con la intención de generalizar (Proceso Inductivo)*

Parece ser que el chip de la inducción estadística, lo tenemos sembrado en la genética desde hace mucho tiempo y el registro de “la frecuencia” con la cual ocurre un evento, es la madre del conocimiento empírico.

Todo este preámbulo, es para decir que estudiar la Distribución de Frecuencias y su madre la Distribución de Probabilidad, es un ejercicio rentable en el proceso de búsqueda del conocimiento y ellas merecen todo nuestro respeto y sobre todo nuestra atención.

Como planteamos en la primera clase, uno de los campos más importantes de problemas de los Métodos Estadísticos, es “La estimación de cantidades poblacionales” o estimación de parámetros. En esta dirección tenemos una muy buena noticia: La Función de Distribución Empírica, es decir la que se construye con una muestra de tamaño  $n$ , converge en probabilidad a la Función de Distribución Poblacional, o Función de Distribución

Probabilidad. Este importante resultado, nos dice que la Función de Distribución Empírica, a medida que se aumenta el tamaño  $n$ , de la muestra, se parece más a la Función de Distribución Poblacional, hasta confundirse con ella cuando  $n$  tiende a infinito. Este maravilloso resultado, se conoce como Teorema de Glivenko-Cantelli y puede enunciarse de siguiente manera la

**Teorema 1.1 (Glivenko-Cantelli)** Sea  $X_1, \dots, X_n$  una colección de v.a.i. con distribución común  $F$  y sea  $\hat{F}_n(x) = \hat{F}_n(x, \omega)$  la función de distribución empírica correspondiente. Entonces

con probabilidad 1. 
$$\sup_x |\hat{F}_n(x) - F(x)| \rightarrow 0$$

Para  $x$  fijo,

¿En qué nos ayuda, este resultado?

Si asintóticamente, la *Función de Distribución Empírica* se confunde con la Función de Distribución Poblacional, entonces todos los parámetros basados en esta, se parecerán a los homólogos de la Función de Distribución Empírica, resultando de esta manera un Método para estimar los parámetros poblacionales, igualando los momentos muestrales a sus respectivos momentos poblacionales, este Método, tiene nombre propio: **Método de los Momentos para la Estimación de Parámetros.**

## MÉTODO DE LOS MOMENTOS PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.

**Método de momentos:** La idea básica consiste en igualar ciertas características muestrales con las correspondientes características poblacionales. Recordemos la siguiente definición.

Definición: Sea  $X$  una v.a. con función de probabilidad puntual  $p_X(x)$  en el caso discreto o función de densidad  $f_X(x)$  en el caso continuo. Se denomina **momento de orden  $k$**  ( $k \in \mathbb{N}$ ) o momento poblacional de orden  $k$  a  $E(X^k)$ , es decir

$$E(X^k) = \begin{cases} \sum_{-\infty}^{\infty} x^k p_X(x) & \text{en el caso discreto} \\ \int_{-\infty}^{\infty} x^k f_X(x) dx & \text{en el caso continuo} \end{cases}$$

si esas esperanzas existen.

Como ya lo evidenciamos con el Teorema de Glivenko-Cantelli, cuando la muestra crece la distribución empírica y la Poblacional son cada vez más parecidas y por lo tanto sus Momentos también se hacen parecidos, así que:

Dada una muestra aleatoria  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , el **momento muestral de orden  $k$**  es

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i^k}{n}$$

#### METODO DE LOS MOMENTOS PARA CONSTRUIR ESTIMADORES DE PARÁMETROS

Definición: Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una m.a. de una distribución con función de probabilidad puntual o función de densidad que depende de  $m$  parámetros  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$ . Los estimadores de momentos de  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$  son los valores  $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_m$  que se obtienen igualando  $m$  momentos poblacionales con los correspondientes momentos muestrales. En

general, se obtienen resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i^k}{n} = E(X^k) \quad k = 1, 2, \dots, m$$

Como son  $m$  parámetros a estimar Se requieren  $m$  ecuaciones

Momento Muestral de Orden  $k$       Momento Poblacional de orden  $k$

El Resultado de la Estimación es la Solución de un sistema de  $m$  ecuaciones Con  $m$  incógnitas

Note que es irrelevante si la Variable Aleatoria es discreta o continua, esto influirá solo en la manera de hacer el cálculo del valor esperado.

Veamos un ejemplo:

#### Ejemplo-1

Ejemplos: 1) Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una m.a. de una distribución exponencial de parámetro  $\lambda$ . Como hay un solo parámetro a estimar, basta plantear una ecuación basada en el primer momento.

En esta situación solo existe un parámetro de interés, por lo tanto solo se requiere de una ecuación, que resulta de igualar el Primer momento muestral con el primer momento poblacional, que en este caso es la media  $E(X)=1/\lambda$ , así que la ecuación será

Media Muestral = Media poblacional

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = E(X) \Rightarrow \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \hat{\lambda} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n X_i} \Rightarrow \hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{X}}$$

Media Poblacional (pointing to  $E(X)$ )  
Media Muestral (pointing to  $\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ )

Con la primera igualdad, no estamos diciendo que el primer momento muestral es igual a primer momento poblacional, **estamos forzando** a que lo sean, como parte del Método de los Momentos.

Note que en al final del despeje de  $\lambda$ , se le coloca una cachucha para indicar que es un estimador, es decir es un valor muestral.

Diremos que

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{X}}$$

Es el estimador del Parámetro  $\lambda$   
Construido con el Método de los Momentos

## **Ejemplo-2**

2) Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una m.a. de una distribución  $\Gamma(\alpha, \lambda)$ . Como hay dos parámetros a estimar, planteamos un sistema de ecuaciones basadas en el primer y en el segundo momento.

Usando que si  $X \sim \Gamma(\alpha, \lambda)$ ,  $E(X) = \frac{\alpha}{\lambda}$  y  $V(X) = \frac{\alpha}{\lambda^2}$  y la relación:

$$V(X) = E(X^2) - (E(X))^2, \quad \text{Para una Distribución Gamma}$$

Igualando los momentos muestrales con los respectivos poblacionales, obtenemos lo siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = E(X) \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} = E(X^2) \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\alpha}{\lambda} \quad \text{ECUACION 1} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} = \frac{\alpha}{\lambda^2} + \left( \frac{\alpha}{\lambda} \right)^2 \quad \text{ECUACION 2} \end{array} \right.$$

Reemplazando  $\frac{\alpha}{\lambda} = \bar{X}$  De la ecuación 1 en la Ecuación 2  
Y despejando  $\lambda$  Poniéndole la gorra

Nos queda:

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{X}}{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} - \bar{X}^2}$$

Finalmente, reemplazando el estimador de  $\lambda$  en la primera ecuación, obtenemos el estimador de  $\alpha$  :



$$\hat{\alpha} = \frac{\overline{X^2}}{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} - \overline{X}^2}$$

### AHORA SI LE TOCÓ TRABAJAR A USTED

Encuentre por el Método de los momentos, el estimador del ( o los) parámetros en los siguientes dos casos:

- a) Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una m.a. de una distribución  $U(0, \theta)$ .
- b) Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una m.a. de una distribución  $U(-\theta, \theta)$ .

Si en este segundo caso, tiene problemas usando el primer momento, entonces use el segundo momento.

### SITUACION Nº3

Lea el artículo de Ted Porter : "LA EMERGENCIA DEL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO" que está a continuación y luego:

- a) Haga sus reflexiones sobre los planteamientos centrales de Ted Porter
- b) Investigue cuales es la diferencia entre un "Muestra Aleatoria" y una "Muestra Representativa"
- c) Opine sobre la verdad o no, de la siguiente afirmación: "Una Muestra Aleatoria, no necesariamente es representativa, pero una Muestra Representativa siempre es Aleatoria.

## "LA EMERGENCIA DEL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO"

Ted Porter

El asunto que trataré hoy es el de mi libro de 1986 "El Auge del Pensamiento Estadístico 1820-1900 (The Rise of Statistical Thinking 1820 - 1900)". En él trataba los alcances de la estadística en una amplia gama de la ciencia, incluyendo la biología y la física, así como las ciencias sociales. Aquí hablaré principalmente sobre estadísticas sociales. Deberíamos prestar atención, de todos modos, al hecho de que el mapa de las disciplinas sociales era diferente en el siglo XIX. La novena edición de la Enciclopedia Británica de 1887, no tiene ni siquiera una voz de "sociología". La voz "Estadística" concede alguna extensión, hasta décadas recientes, a su sujeto matriz: una ciencia política, asociada a los métodos cuantitativos. En 1850 la estadística iba a convertirse, probablemente, en la principal ciencia social. Esta visión era de dominio general y cuando, por ejemplo, los físicos (James Clerk Maxwell) o biólogos (Francis Galton) hablaron de sus investigaciones como estadísticas, estaban haciendo una analogía con el contenido de los métodos de las ciencias sociales.

Lo que yo llamo aquí "Pensamiento Estadístico" aparece antes que nada en las ciencias sociales. ¿Qué es el "Pensamiento Estadístico"? En el nivel más elemental la Estadística significa trabajar con agregados o colecciones, con fenómenos de masas, dejando aparte las consideraciones sobre los individuos. La Estadística estaba unida al nuevo discurso colectivista sobre la "sociedad" que se desarrolla en los comienzos del siglo XIX como una primera versión de la "Ciencia Social". La estadística no presuponía, como hiciera la probabilidad matemática en el siglo XVIII, que los individuos fuesen racionales. Los estadísticos partieron de la información general de los censos y la tabulaciones. Estaban especialmente preocupados por los fenómenos desordenados y variables como el crimen y el suicidio, fenómenos que no podían explicarse muy bien a nivel individual. Así era sorprendente, y de algún modo gratificante, que el orden, ausente entre los individuos, parecía emerger al nivel de lo colectivo. ¿Quién puede decir por qué un individuo elige casarse o quitarse la vida? Sin embargo las cantidades anuales de matrimonios y suicidios eran sorprendentemente estables.

Este punto de vista era bastante innovador en las Ciencias Humanas. También era nuevo para la ciencia en general. El ideal de ciencia fue explicado por Isaac Newton: analizar descendiendo hasta el nivel de la simplicidad, donde se puedan hallar leyes universales y de ellas derivar después el comportamiento de sistemas más complejos. La estadística abandonó la búsqueda de la simplicidad al nivel de los individuos y encontró el orden en los colectivos. Esta fue la aproximación a la que llegó la física del gas, cuando derivó las leyes de la presión y la temperatura partiendo de un modelo clásico de cinemática molecular; y de un modo diferente la biología cuando investigó la transmisión de la variación de los padres a la progenie.

El orden que emerge de los grandes números no nos sorprende actualmente. A comienzos del siglo XIX era visto como algo asombroso. Antes en el siglo XVIII, la regularidad de la proporción de nacimientos de hombres y mujeres era comprendida como una prueba de la providencia divina. A finales de los años 1820, cuando las estadísticas criminales en Francia mostraron una constancia aproximada en el número de crímenes, muchos observadores se sorprendieron. Era como si los hombres y las mujeres fueran dirigidos por un destino maléfico, como si hubiera un presupuesto para el crimen, como lo hay para los impuestos, que tenía que ser exacto sin importar los ánimos o deseos de los hombres y mujeres que cometieron los crímenes. Esta constancia del crimen fue descrita en muchas publicaciones como algo digno de asombro.

Este penoso hecho, de todos modos, pronto fue convertido en una ventaja ideológica de la que ofrezco dos versiones:

La primera es la de Adolphe Quetelet, que era un astrónomo belga convertido en estadístico, que estaba profundamente preocupado por la violencia revolucionaria de su época, y en particular por la acontecida en 1830. Quetelet encontró consuelo en las estadísticas porque desvelaban una estabilidad inesperada en la sociedad. También parecían mostrar que la sociedad respondía a determinadas leyes, que podía haber una Ciencia de la Sociedad. Esa ciencia podía incluso ser predictiva, capaz de descubrir las causas del crimen y proveer los instrumentos para combatirlo. Este punto de vista de la Estadística favoreció la actividad del Estado orientada a la imposición de las condiciones sociales.

El segundo tipo de argumento lo aportó el historiador inglés Henry Thomas Buckle. Buckle fue un gran liberal al estilo inglés. Vio la regularidad estadística como la consecuencia de la ineficacia de las políticas. Las leyes de la estadística, dijo, son inexorables, y ni el individuo ni la intervención pública puede evitarlas. Tampoco se puede evitar el curso de la historia, que tiende a la propiedad privada y a la minimización del papel del Estado.

Las estadísticas de Quetelet estaban vinculadas al censo. Esto significaba contar a toda la gente y no mostrar consideración hacia nadie. Sus teorías por lo menos, formaron conjuntos sociales a partir de material homogéneo. Es necesario distinguir su perspectiva teórica de sus métodos de trabajo, para los cuales, como muchos o la mayoría de los autores que escriben sobre Estadística, estaba preocupado principalmente por las condiciones de los trabajadores de la industria, trabajadores indigentes, mujeres y niños, criminales y otras personas cuyas vidas, parecía que necesitaban ser ordenadas por la acción pública.

Las estadísticas eran un buen ejemplo de una ciencia social del tipo descrito por Michel Foucault. Pero en sus concepciones más teóricas, Quetelet imaginó una mecánica social semejante a la mecánica celestial, una masa de material homogéneo siguiendo un curso a través de la historia. Esta homogeneidad la expresó en su doctrina de "*el hombre Promedio*" l'homme moyen. El modo de investigar la sociedad era el estudio de las propiedades de ese hombre tipo. Quetelet fue tan lejos como para aplicar la teoría de los errores matemáticos

a la variación humana, lo que implicaba que toda desviación respecto al hombre medio no era más que un error.

Quetelet fue un gran experto en la teoría de la probabilidad. Se quejaba a menudo del abuso que de las estadísticas hacían sus contemporáneos, aunque nunca cito a los autores de tales abusos. Discutió que la ignorancia de la probabilidad era la fuente de los errores de esos autores. Es interesante, incluso, que hiciera muy poco uso de la Estadística en sus propios estudios estadísticos. Encontramos muy pocas estimaciones de errores probables y absolutamente ninguna confianza en las muestras. En nuestro siglo, la muestra se ha convertido en una herramienta integral para las estadísticas sociales y su casi ausencia en el siglo XIX es incomprensible.

El puzle llega a ser mayor cuando nos damos cuenta de que hay algunas instancias notables de estimación de la población basadas en muestras en el siglo XVIII. La más conocida de estas es la realizada por Pierre Simon Laplace, un famoso matemático y físico cuyo trabajo sobre la probabilidad fue canónico durante la mayor parte del siglo XIX. Laplace estimó la población francesa partiendo del total de movimientos de la población (recogido sistemáticamente) y de una estimación del promedio de nacimientos. Esta estimación se basaba en una enumeración completa a nivel local. Suponiendo que la ciudad escogida era representativa de toda la población, Laplace podía estimar los errores producidos en semejante estimación. Esta era la base para establecer el tamaño de la población francesa en los últimos años del Antiguo Régimen.

Quetelet estaba desanimado respecto a ese tipo de pruebas por las objeciones de su socio, el barón de Keberberg, quien mostró que las ciudades no eran iguales y que una localidad no puede tomarse como representativa de todo el Estado o nación. Esta objeción, señalada por Stephen Stigler en su libro sobre la historia de la estadística ahora está generalmente enfatizada. Deberíamos observar también que había razones favorables para evitar el muestreo. Además de todo estaba el censo, que aproximadamente después de 1800 o 1820 era instituido por todos los Estados que lo vieron como moderno. Un censo significaba una enumeración completa. ¿por qué fiarse de las estimaciones cuando puedes disponer de una enumeración completa? La estadística llegó a ser una ciencia de precisión. Era también una ciencia objetiva en el sentido en que pretendía depender de los hechos en vez de las opiniones. La exclusión oficial de la "opinión" por la Sociedad Estadística de Londres en los años 1830 es el ejemplo más remarcable de su ideología. Era por supuesto poco factible. Pero la evitación de las meras estimaciones llegó a ser el valor central de las estadísticas. Todo el énfasis puesto en los números y medidas estaba unido a una campaña contra la subjetividad.

El resurgir de la muestra estadística estaba asociado con el Instituto Internacional de Estadística, sucesor de los Congresos estadísticos que Eric Brian discutirá mañana. El triunfo del modelo muestral fue alcanzado por el noruego A.N.Kiaer, en escritos presentados en los últimos años del siglo XIX. Había una seria resistencia. No deberíamos imaginar que la resistencia se debía a la mera ignorancia. Kiaer no pretendía realizar "muestras al azar",

sino muestras "representativas". Esto es, quería encontrar ciudades o países representativos e investigarlos en detalle para adquirir conocimientos en profundidad. Alain Desrosières asocia la emergencia de las muestras al método de la monografía de Frederic Le Play. Esto suponía un estudio minucioso de una familia, normalmente visto como opuesto a las estadísticas. Hubo algunos como Emile Cheysson que intentó combinar las monografías con el estudio estadístico. Kiarer estaba en cierto modo intentando lo mismo. Intentó evitar los defectos de sus muestras comprobando cuidadosamente los resultados locales con los censos estadísticos exhaustivos.

A principios del siglo XX algunos autores empezaron a recomendar el uso de las muestras al azar antes que las representativas. Para los estadísticos trabajar en la tradición de la teoría de las probabilidades era muy convincente, los hechos fortuitos son el prototipo de los cálculos de probabilidad. Sin ellos es complicado saber cómo estimar los errores probables. Algunos estadísticos prefirieron, de todos modos, un tipo de muestra que representara los principales sectores de la sociedad, en términos de sexo, raza, clase, riqueza, profesión, situación geográfica, etc. En muchos casos las distinciones no eran completamente precisas. George Gallup, uno de los pioneros de la opinión sobre el voto, defendió las muestras probabilísticas y tuvo un gran éxito con la predicción de la elección de Franklin Roosevelt en las presidenciales de 1936 en contraste con una encuesta mucho más grande realizada por la revista americana Literary Digest.

Importante fue el papel de Jersey Neyman en 1934 con la definición en términos estadísticos académicos de la solución para muestras estratificadas. No mucho después las muestras probabilísticas se convertirían en el procedimiento standard de los estudios.

#### EL PAPEL DE LA ESTADÍSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA REALIDAD.

El asunto que trato hoy, puede parecer incomprensible. Lo que puede ser construido, podéis objetar, es por esa precisa razón no objetivo. Lo hemos estado padeciendo en los EEUU (y en cualquier otro lugar) a través de lo que llaman las "guerras de la ciencia". Estos conflictos incluyen una reacción de los científicos y otros hacia lo que interpretan como el relativismo antiguo de los sociólogos, antropólogos, estudiantes de letras e historiadores, al escribir sobre la ciencia. Estas discusiones se han extendido al continente europeo; no sé si han generado algún interés en España. En el caso de que lo haya hecho, quiero aclarar que no quiero considerar las leyes de la naturaleza como arbitrarias o fabricadas. Mis pretensiones epistemológicas son muy modestas. En primer lugar la naturaleza y la sociedad son complejas, además los investigadores tienen que elegir qué es interesante y susceptible de investigación. En segundo lugar, el conocimiento está ligado al poder (experimental, tecnológico y administrativo), luego la ciencia no es pasiva, sino que está ligada a los cambios producidos en el mundo. El tercer lugar, la comunicación del conocimiento no es automática, la persuasión y la retórica también interesan a la ciencia. Finalmente, un significado crucial de objetividad es lo que queda cuando se excluye la subjetividad. Esto último constituye mi principal interés hoy. Pero primero quiero hablar un poco sobre otro tipo de significados, sobre cómo enfocamos la objetividad del mundo.

En la ciencia natural este perfil del mundo aparece principalmente en la intersección entre la experimentación y la tecnología. Ian Hacking pone el ejemplo del láser. Este tipo de luz sincronizada probablemente no existe en la naturaleza, aunque por supuesto las leyes de la naturaleza lo permiten. Fue desarrollado en investigaciones militares. De hecho sus aplicaciones están en todos los sitios, desde discos compactos a la cirugía plástica. Los físicos no son los más interesados en él. Cuerpos acelerados libremente sólo existen en los laboratorios y en el espacio exterior. Las corrientes eléctricas son productos tecnológicos. La química está más y más unida a la tecnología que lo ha estado en siglos. ¿Qué es un laboratorio sino un sitio para hacer cosas que no existen en la naturaleza?, y muchas de esas cosas como las corrientes eléctricas y los láseres, han transformado el mundo en que vivimos. En pocas ocasiones la ciencia trata de la naturaleza inalterada. La ciencia trata de la intervención, no sólo, o no principalmente sobre de la verdad.

Las ciencias humanas también son más poderosas de lo que pretenden. Esto, supongo, es solo cierto si tomamos una definición amplia de la ciencia humana, que no esté limitada a la universidad y la academia. Pero ocurre igual con las ciencias naturales- que para ver su poder debemos mirar sus conexiones con el gobierno y los negocios. La cuantificación es uno de los agentes más potentes con los que los científicos sociales reconstruyen el mundo. Pensemos en cómo las prácticas de los sondeos electorales han cambiado las elecciones y además han transformado la política. Cómo son elaboradas y utilizadas las cifras económicas por parte de los gobiernos. Pensemos en la clasificación de la gente según criterios de raza, etnia, ocupación, riqueza, religión. En los Estados Unidos la categoría de "hispanico" une inmigrantes de México con gente cuyos antecesores vinieron de España, Brasil, Argentina o Bolivia. Esta categoría fue el triunfo de una idea política no bien recibida por toda la gente a la que intenta describir. Pero ahora podemos conocer (de los votos e informes que asumen la validez de esa categoría) cómo votan los hispanicos, qué comen, cómo visten, cuando se casan y cómo mueren.

¿Qué tipo de investigaciones se requieren para crear el término hispanico? Tenía que haber algún modo de identificar a esa gente. Tiene que haber cierta estabilidad en los números. Luego era necesario disponer de procedimientos creíbles de estabilidad. En los Estados Unidos discutimos sobre cuantos negros e hispanicos hay, especialmente porque el censo tiende a olvidarlos desproporcionadamente.

Mi último libro "La Verdad en los números" ("Trust in numbers") dedica mucha atención a problemas de cuantificación económica, que creo que son instructivos en varios aspectos. Quiero decir algo sobre el análisis del coste-beneficio. Éste, idealizado, es un modo racional y principalmente mecánico de tomar decisiones sobre inversiones públicas y otras acciones. Con "mecánica" quiero decir que debería ser automático y por tanto dificulte a las personas interesadas alterar el resultado. Esto es, se supone que tiene que ser objetivo en el sentido de excluir deseos subjetivos y prejuicios. Podemos llamar a esto "objetividad mecánica". Podemos verlo como ligado a un esfuerzo por ser impersonal, por anular la individualidad. Mi trabajo reciente trata sobre la carrera del estadístico Karl Pearson, quien expresó su ideal

moral muy intensamente en varios escritos. Yo pienso de todos modos que la disciplina de las reglas de decisión y de inferencia es raramente impuesta por las personas en sí mismas. Esto es, que mucha gente, especialmente élites, valoran su propio juicio y tienen poca inclinación a anularlo. Ser objetivo en este sentido es de algún modo estar estandarizado, volverse intercambiable con otros expertos. ¿Quién quiere sacrificar su propia individualidad? El empuje hacia la objetividad mecánica es principalmente una adaptación a las presiones exteriores de sospecha y desconfianza. Creo que los recuentos son el gran prototipo de esa clase de objetividad. El recuento de impuestos es ejemplar. Allí, todo elemento de vaguedad será explotado para minimizar las obligaciones impositivas. Damos por hecho que la gente hará eso y entonces rápidamente se reconoce la necesidad de analizarlo con detalle. El análisis de coste-beneficio es de algún modo más ambicioso, en cuanto que aspira a la verdad y no a las meras convenciones útiles. A los economistas les gustaría disponer de una base de racionalidad genuina. Pero en temas críticos esto no es fácil. He aquí un ejemplo: muchas decisiones públicas, implicarán decisiones que causarán o prevendrán la pérdida de la vida humana. ¿Cuánto vale la vida? Para los economistas modernos, el principio aquí está claro: el valor de una vida está determinado por el riesgo asociado a esa vida. Pero esa es una magnitud muy difícil de medir. Entonces, a pesar de ese principio claro, los analistas del coste-beneficio usaron una medida diferente durante mucho tiempo que se refiere a cuánto puede ganar una persona. La ventaja de esta última medida era que podía ser estimada cuantitativamente dentro de un modesto margen de error, mientras que el método que se prefería en principio producía valores muy variables. Otro ejemplo es el valor del medio ambiente. Hasta hace poco la defensa del medio ambiente significaba generalmente (entre otras cosas) una negación de la posibilidad de equivalencia con el dinero. Pero en la maquinación de la toma de decisiones burocrática, significaba a menudo que no se le daba valor. Los investigadores sociales ahora están trabajando duro definiendo los métodos de los informes para valorar el medio natural o la diversidad biológica. No veo cómo alguien pueda pensar que estos métodos lleguen en profundidad a la verdad del asunto. Todo lo que podemos esperar realmente es que produzcan números razonablemente predictivos, que estén dentro del margen de lo políticamente aceptable. Esto es, si la objetividad se tomara como verdad estos números nunca podrían ser objetivos. Pero quizás pueden llegar a ser en gran parte impersonales, mínimamente subjetivos, lo que es suficiente para algunos pronósticos.

Mi libro presenta de forma extensa algunos capítulos acerca de los procesos que llevaron a los ingenieros hacia la definición de reglas inflexibles para el análisis del coste-beneficio. Diré solo que parece haberse dado en primera instancia una "American story"; también que los métodos tecnocráticos del análisis del coste-beneficio reflejaron la debilidad y vulnerabilidad de los expertos americanos y no principalmente su fuerza. (Los expertos realmente fuertes no necesitan métodos rigurosos o impersonales para darles credibilidad). Finalmente mencionaré que los capítulos más importantes supusieron gran acrimonia política.

Se asumía generalmente que los expertos no eran imparciales, sino que habían tomado parte en una batalla política. Sus métodos económicos soportaban sus propias posiciones y

entonces parecía necesario definir un grupo de métodos rigurosamente neutrales que estarían incidiendo en todo el mundo.

Quiero terminar reflexionando sobre los métodos estadísticos en las ciencias humanas desde esta perspectiva. El uso de las estadísticas como una herramienta de inferencia en las ciencias sociales data quizás de principios de siglo, pero el gran empuje se dio en el período de la postguerra. Estos esfuerzos estaban asociados con mucho optimismo respecto a que las ciencias sociales podrían volverse auténticamente rigurosas, genuinamente científicas. Quiero sugerir que la exposición política y a veces mucha inseguridad en sí mismos, estaban debajo de ese optimismo. Los científicos sociales supusieron que la objetividad significaba impersonalidad antigua, significaba un medio rechazo. Pero yo no podía dejar mi argumento aquí en un análisis psicológico profundo de las ciencias sociales. Estos no profundizaron en lo más académicamente correcto, más ramas prestigiosas de las ciencias sociales, sino más en áreas aplicadas. En medicina la estadística estaba ligada a las pruebas terapéuticas. Llegó a la psicología desde los test mentales. En los Estados Unidos, al menos la ciencia estaba unida a la autoridad administrativa. La estadística era parte del proceso de las licencias de drogas y de la clasificación de estudiantes de escuela. Su concepto de objetividad estadística, disiento, fue en parte una acomodación a la presión política para los prejuicios, resultados impersonales. Uno debía haber confiado en principio en su juicio experto, pero ese tipo de confianza ha sido sustituido en los EEUU y más recientemente en otros países también. Este curso es sobre métodos cualitativos que no he mencionado. Los practicantes de la sociología cualitativa se beneficiaron, espero, de pensar en las presiones y aspiraciones que han dado forma a la ciencia social cuantitativa. Ellos quizás no quieren dar lo que piden por una objetividad mecánica completa, que ha sido tan influyente en las ciencias sociales cuantitativas. Pero deberían reconocer que la exacta cuantificación no es simplemente una ambición arrogante, sino también una acomodación a un problema de desconfianza. Los números están ligados a las matemáticas y las matemáticas han sido mucho tiempo un paradigma de razonamiento riguroso e impersonal. Las matemáticas son criticadas como inhumanas y admiradas como imparciales. Los métodos cualitativos aspiran a una sensatez y flexibilidad mayores pero se espera también que den evidencia de su imparcialidad.