



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Lecciones Inaugurales

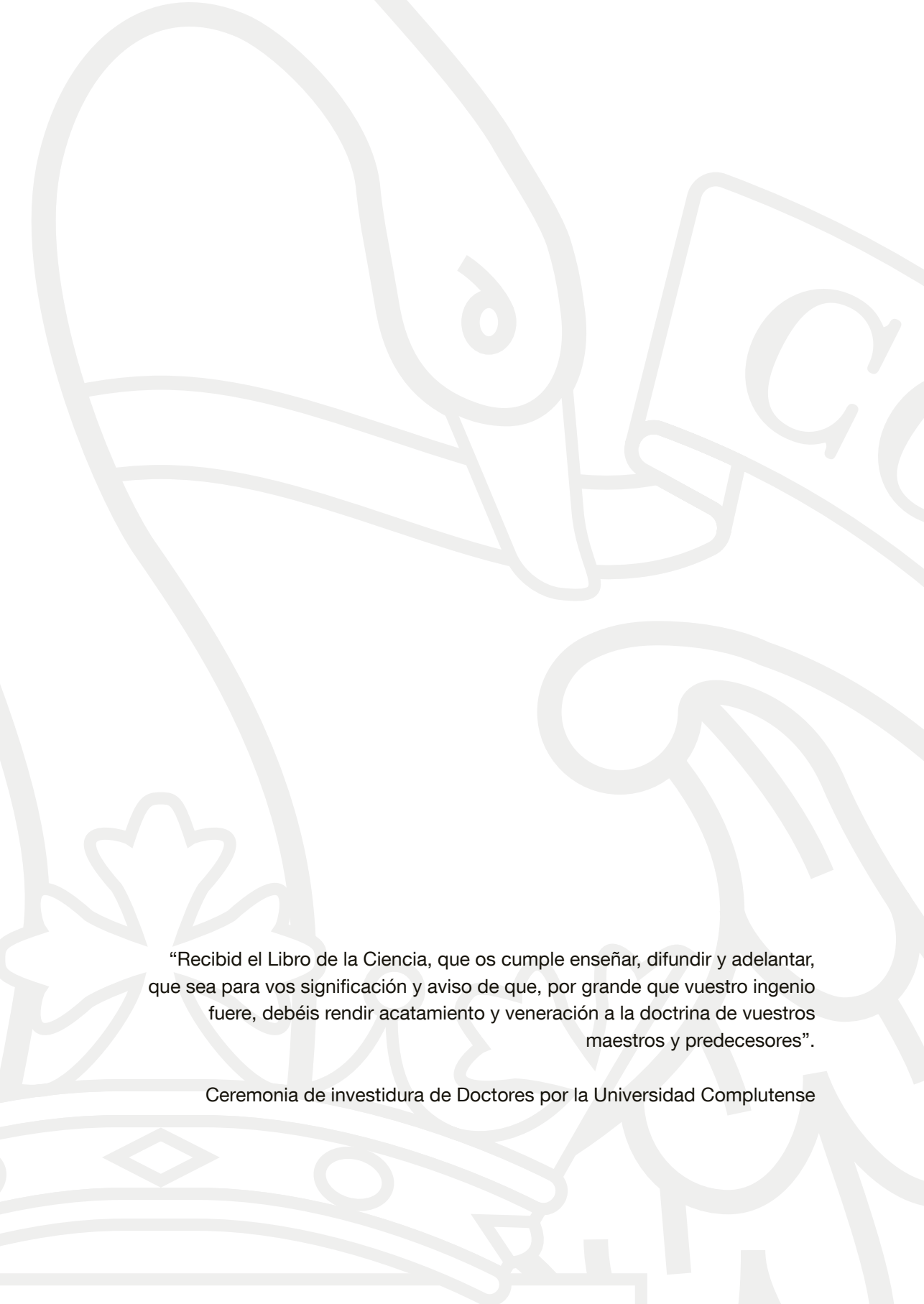
Conrado M. Manuel García

María José Barahona Gomariz

Pedro Alberto Saura Ramos

José Carlos de la Macorra García

Ricardo Peña Marí

A faint, light gray line-art illustration of a figure, likely a scholar or teacher, holding a book and a staff. The figure is positioned in the upper right and lower right areas of the page. The background is white with the faint illustration overlaid.

“Recibid el Libro de la Ciencia, que os cumple enseñar, difundir y adelantar, que sea para vos significación y aviso de que, por grande que vuestro ingenio fuere, debéis rendir acatamiento y veneración a la doctrina de vuestros maestros y predecesores”.

Ceremonia de investidura de Doctores por la Universidad Complutense

Secretaría General de la Universidad Complutense de Madrid

Edición

Departamento de Estudios e Imagen Corporativa. UCM

Impresión

Grafo Industrias Gráficas

Sumario

<i>Presentación del Rector</i>	5
<i>Momentos estelares de la probabilidad y de la estadística</i>	7
Conrado M. Manuel García Curso Académico 2015/2016	
<i>El Trabajo Social: una disciplina y profesión a la luz de la historia</i>	33
María José Barahona Gomariz Curso Académico 2016/2017	
<i>El amanecer del Arte</i>	65
Pedro Alberto Saura Ramos Curso Académico 2017/2018	
<i>Odontología en el siglo XXI: Volver a poner la boca en el cuerpo humano</i>	107
José Carlos de la Macorra García Curso Académico 2018/2019	
<i>Las múltiples caras del algoritmo</i>	133
Ricardo Peña Marí Curso Académico 2019/2020	

Presentación


No les sucede solo a las personas. También los libros tienen sus circunstancias. Es lo que acontece con esta tradición, que sigue la Universidad Complutense de Madrid, de reunir en un volumen las lecciones magistrales que cada año imparten nuestros profesores en la ceremonia de apertura de curso en el Paraninfo de San Bernardo. Una lección magistral no consiste únicamente en hilvanar un discurso perfectamente preparado. Su función tiene que ir más allá de dejar constancia, a través del uso de la palabra precisa y la entonación impecable, de la sapiencia del orador. Tiene que conseguir, por encima de todas las cosas, el deleite, la conmoción y persuadir intelectualmente al auditorio presente en su plática.

Todo ello se alcanza, no cabe duda, gracias a la solvencia intelectual de nuestro claustro de profesores. De ahí surge la necesidad de dejar constancia de este talento en un libro impreso para que las palabras ejemplares no queden perdidas entre las paredes de un aula. Esta es la particularidad que califica como excelente el contenido de estas páginas.

Decía Jorge Luis Borges que “la lectura debe ser una de las formas de la felicidad y no se puede obligar a nadie a ser feliz”. Bajo este argumento, el ingenioso escritor argentino aconsejaba a sus alumnos que si un libro les aburría lo dejaran; y que no debían leerlo porque fuera famoso, ni tampoco moderno o antiguo. Es verdad que a nadie se le puede forzar a ser dichoso, pero sí es obligación de un maestro enseñar a sus discípulos a entender y sentirse en plenitud con el objeto de su docencia. Para alcanzar lo anterior el profesor tiene que implicarse y el alumno debe esforzarse. No hay nada que valga la pena que pueda conseguirse sin esfuerzo. Es el trabajo lo que da valor a aquello que aprendemos. El mejor consejo que se le puede dar a un estudiante para alcanzar su bonanza sería precisamente el anterior: el ser exigente consigo mismo. Como ya afirmó el poeta Horacio en el siglo I a. C., *sapere aude* (atrévete a saber) debería ser el lema de vida que adoptase cualquier estudiante a lo largo de su existencia.

Querido lector, estoy seguro que este objetivo de aprendizaje en la felicidad queda perfectamente logrado con el ejemplar que tiene entre sus manos. Ahora toca su empeño.

Joaquín Goyache
Rector de la Universidad Complutense de Madrid



Momentos estelares de la probabilidad y de la estadística

Conrado M. Manuel García

Catedrático de Escuela Universitaria
de la Facultad de Estudios Estadísticos

LECCIÓN INAUGURAL
Curso Académico 2015/2016

*“To consult the statistician after an experiment is finished
is often merely to ask him to conduct a post mortem examination.
He can perhaps say what the experiment died of”.*

R. A. Fisher (1938)
Presidential Address to the First Indian Statistical Congress

Magnífico Sr. Rector, Dignísimas Autoridades, señores claustales, queridos compañeros, queridos alumnos y personal de la Universidad Complutense, señoras, señores.

Dice el dicho que es de bien nacidos ser agradecidos. No podría, por tanto, comenzar esta Lección Inaugural sin mostrar mi más profunda gratitud a la persona que me ofreció dictarla, la Ilma. Sra. Decana de mi centro, la Facultad de Estudios Estadísticos, así como a mis compañeros que ratificaron su decisión en la Junta de Facultad. Me llena de orgullo y satisfacción esta distinción por un doble motivo: poder participar en este solemne y singular acto académico que anualmente abre la puerta a todos los demás, así como apreciar el reconocimiento profesional y el afecto personal que me profesan mis compañeros. Muchas gracias, por tanto, de nuevo.

Momentos estelares de la probabilidad y de la estadística

Este privilegio, no obstante, tiene aristas cortantes, pues no es fácil atraer el interés de colegas tan doctos y con conocimientos tan dispares como los presentes y, menos aún, si esto se intenta desde la aridez de una disciplina como la Estadística y sus alrededores. He descartado la opción de presentar un tema de investigación con formulaciones teóricas y modelos matemáticos o estadísticos que, aún pudiendo ser más al uso, hubiera sido, sin duda, escasamente agradecido. En su lugar, he preferido sustraer a mi admirado **Stefan Zweig**, grande entre los más grandes escritores del siglo pasado, el título y la estructura de una de sus más celebradas obras, *Momentos estelares de la Humanidad*, para presentar aquí varias miniaturas históricas en las que el protagonismo corresponde a científicos, ideas o situaciones que han supuesto **Momentos estelares de la probabilidad y de la estadística**.

En ellas pretendo divulgar, si es que ello es en realidad necesario, o si no tal vez solo recordar, varios episodios que por su singularidad, por la brillantez de sus protagonistas, por las consecuencias que tuvieron o tendrán para el futuro, o por el hecho de que todos somos un poco adictos a los chismes, espero resulten atractivos. Aunque algunos de los protagonistas aparecen aquí por su vinculación con la Estadística, en realidad fueron científicos en el sentido renacentista del término y posiblemente muchos entre los presentes

los asocien con otras disciplinas. Tanto mejor, porque así me resultará más fácil conseguir su complicidad.

Los monos mecanógrafos de Borel

Émile Borel (1871-1956), junto con **René-Louis Baire** y **Henri Lebesgue**, estableció las bases de la Teoría de la Medida. Borel, además, fue pionero en introducir aplicaciones de dicha teoría a la Probabilidad. También publicó investigaciones en Teoría de Juegos y relacionó la Geometría Hiperbólica con la Relatividad Especial. Sin duda fue un hombre válido y polifacético. En 1913 ideó una parábola para ilustrar un acontecimiento extraordinariamente improbable. En su libro *Mecanique Statistique et Irreversibilité (Mecánica Estadística e Irreversibilidad)*, Borel afirmó que aunque un millón de monos mecanografiaran diez horas diarias era extremadamente improbable que llegaran a escribir algo legible. Y utilizó la metáfora para argumentar sobre la validez de las leyes de la Estadística, de las que afirmó que el hecho de que fueran violadas, siquiera someramente, era aún más inverosímil.

Con el paso del tiempo la idea original de Borel se fue refinando y desde los años 70 fue dada la vuelta para afirmar, en el coloquialmente conocido como “*Teorema de los infinitos monos*” o “*Teorema del mono infinito*”, que si un número infinito de monos inmortales aporrean máquinas de escribir (o teclados de ordenador, no nos vamos a poner exigentes) durante toda la eternidad, alguno acabará escribiendo *El Quijote*. Los ingleses lógicamente piensan que escribirá *Hamlet* y los franceses *El Médico a palos* o *Los miserables*. En realidad no harían falta infinitos simios; bastaría uno solo. En la infinitud del aporreo da igual uno que infinitos. Aparentemente nos ahorraríamos muchos plátanos, pero con la teoría de cardinales en la mano, si los monos son numerables, que lo son, a largo plazo no nos ahorraríamos nada. Si ese mono golpea a lo loco durante un tiempo infinito, llegará a escribir cualquier cosa, incluida esta lección inaugural, la partida de nacimiento de cada uno de ustedes o todos los contratos del fichaje de Neymar.

Pensemos en la demostración de este teorema. Escribir *El Quijote* pulsando teclas al azar es extraordinariamente improbable como afirmó Borel, pero no imposible. Supongamos que el número de símbolos diferentes que aparecen en *El Quijote*, incluyendo mayúsculas, números, blancos, etc. es de 50. Supongamos también que hemos entrenado al mono para que teclee verdaderamente al azar. Esto puede no ser sencillo. Los que diseñan algoritmos para obtener números aleatorios lo saben. Pero pongamos que el mono se deja amaestrar para elegir las sucesivas

teclas de manera aleatoria. Entonces la probabilidad de que las dos primeras teclas que golpee sean la E mayúscula y la n minúscula es $(1/50) \times (1/50)$, o sea 2% por 2% o 0,0004. Teclear “En un” con su blanco sería obviamente más difícil y lo conseguiría con probabilidad 0,0000000032. Esta probabilidad todavía es mayor que la de ganar la primitiva con solo una apuesta. Obtener “En un lugar” tiene una probabilidad del orden de 10 elevado a menos 19. Cada vez es más difícil pero como tiene todo el tiempo del mundo...

Obviamente esta cuestión de la inmortalidad no es baladí. Si teclea a ritmo de una pulsación por segundo (imaginemos que comer plátanos no le hace perder tiempo), cada día tecleará $24 \times 60 \times 60 = 86.400$ caracteres, o sea unas 28 páginas en DIN A4, con letra tamaño 11 puntos e interlineado de 1,15 que es un formato bastante estándar. Por ejemplo, es el que se me pidió para escribir esta lección inaugural. Por lo tanto, en los escritos del mono, que serán sin duda muy indigestos, podemos esperar que aparezca “En” después de pulsar 2.500 teclas o sea después de aproximadamente 42 minutos de trabajo. Para encontrar “En un lugar” tendríamos que esperar casi 62.000 millones de años sin que el simio desfallezca.

Augusto Monterroso escribió un cuento, “*El dinosaurio*”, que pasa por ser el más breve jamás escrito. Tiene 50 caracteres y reza:

“Cuando despertó, el dinosaurio todavía estaba allí”.

Aunque un simio hubiera empezado a teclear el día del origen del universo y al ritmo que hemos descrito hasta hoy mismo, aún le faltarían muchos, muchos periodos de tiempo similares para escribir tal cuento. O cualquier otro de 50 caracteres. Obviamente podemos reducir la espera aumentando el número de monos.

Tratando de llevar las cosas a la práctica, en 2003, unos científicos en Paignton Zoo y en la Universidad de Plymouth en Devon, Inglaterra, dejaron un teclado de ordenador a merced de unos monos durante un mes. Solo consiguieron 5 páginas consecutivas de la letra “S” y que luego apedrearan el teclado y orinaran y defecaran reiteradamente sobre él.

En el mismo año otros científicos prefirieron simular informáticamente una gran población de monos tecleando verdaderamente al azar. Crearon el sitio web *The Monkey Shakespeare Simulator*. Año y medio después encontraron 24 letras consecutivas que formaban un pequeño fragmento de *Enrique VI*. Posteriormente también se obtuvieron 30 letras del *Julio César*.

Esta idea de Borel ha hecho correr tantos ríos de tinta que se ha especulado con la posibilidad de que su metáfora estuviera inspirada en un agrio debate que mantuvieron en Oxford **Thomas Henry Huxley** y el obispo anglicano de esa ciudad, **Samuel Wilberforce**, en la reunión del 30 de junio de 1860 de la British Association for the Advancement of Science. Wilberforce era su vicepresidente y no había encajado muy bien los contenidos de *El origen de las especies*, de Charles Darwin, publicada tan solo unos meses antes. Por su parte, Huxley era un biólogo conocido como el bulldog de Darwin por su interés y habilidad en la defensa de la tesis evolutiva y al que se atribuye el invento del término “agnóstico” así como el promover el estudio de la ciencia desde tal punto de vista. No existe prueba alguna de tal influencia en la parábola de Borel pues el debate no se transcribió en su totalidad. Las notas de Huxley permiten saber que hubo referencia a monos y probablemente de ahí nace la especulación. Tratando de ridiculizar la teoría, el obispo le preguntó a Huxley si descendía del mono por parte de padre o de madre, a lo que Huxley contestó que tener una ascendencia simiesca le parecía preferible a descender de alguien tan descortés como el obispo. Parece que el impacto de sus palabras motivó incluso el desmayo de una dama presente. Es, sin embargo, muy poco verosímil que Huxley hiciera ninguna referencia a máquinas de escribir porque a pesar de que se habían patentado en 1714, no empezaron a comercializarse hasta unos años después del referido debate, con lo que eran prácticamente desconocidas.

Sin embargo, **Jonathan Swift** sí anticipa la idea en su obra *Viajes de Gulliver* donde un profesor de la Academia de Lagado desea crear una lista de todo el conocimiento existente obligando a sus estudiantes a crear textos aleatorios de forma permanente a base de girar las manivelas de un extraño mecanismo.

Otros escritores han explotado la idea con éxito. **Borges** situó en los anaqueles de su *Biblioteca de Babel* todos los libros que pudieran escribirse con un número fijo de símbolos. Recuerdo la gran impresión que me causó esta obra la primera vez que la leí. Cito de memoria pero venía a decir más o menos que habría textos con sentido, pero también salas enteras de obras ilegibles. Habría muchos libros que se diferenciarían en apenas un símbolo o en muy pocos. El saber de la humanidad quedaría garantizado incluso ante guerras o invasiones que devastaran la biblioteca pues por muchos libros que desaparecieran siempre quedarían otros prácticamente iguales.

Borges también vuelve a esta idea en su cuento “*El inmortal*”, argumentando que la inmortalidad de Homero le conduce inexorablemente a escribir *La Odisea*:

“Homero compuso La Odisea; postulado un plazo infinito, con infinitas circunstancias y cambios; lo imposible es no componer, siquiera una vez, La Odisea”.

Michael Ende también utiliza la idea en su exitosa obra *La historia interminable*. Describe un país fantástico cuyos habitantes vigilados por un mono juegan el “*juego de la arbitrariedad*”. Este juego consiste en lanzar dados de letras y recopilar los resultados. Periódicamente surgen textos legibles:

“Si se sigue jugando cien años, mil años, cien mil años, con toda probabilidad saldrá una vez, por casualidad, un poema. Y si se juega eternamente, tendrán que surgir todos los poemas, todas las historias posibles, y luego todas las historias de historias, incluida ésta de la que precisamente estamos hablando”.

Hasta en un episodio de los Simpson, Montgomery Burns tenía en su villa mil monos encerrados en una habitación aporreando máquinas de escribir. Y se castigaba a uno por escribir mal una letra de la obra de Dickens, *Historia de dos ciudades*.

Una de las veces que hice referencia en clase a esta metáfora, un alumno, biólogo, afirmó que ya hubo un *mono* que acertó a escribir *El Quijote*. Se llamaba Cervantes.

Galton, el hombre que medía todo

Sir Francis Galton (1822-1911) fue un hombre polifacético donde los haya: antropólogo, biólogo, geógrafo, meteorólogo, explorador, inventor, psicólogo, eugenista británico y estadístico. Destacó desde pequeño pues a los dos años y medio aprendió a leer y a los cinco podía leer cualquier libro en inglés con tremenda soltura. En su historial académico de juventud sobresalió especialmente en matemáticas, no brillando excesivamente en las demás áreas. Al enorme valor de sus investigaciones hay que añadir el hecho de que las hizo siempre por su cuenta ya que nunca tuvo un puesto en ninguna universidad. No es menos cierto que procedía de una familia acomodada y nunca pasó por apuros económicos.

Las ideas de Galton fueron tan brillantes e influyentes que abrieron el camino a lo que hoy son varias disciplinas diferentes. Era primo por parte de madre de **Charles Darwin** y los planteamientos sobre la evolución de éste condicionaron en

gran medida los intereses investigadores de Galton, las inteligentes preguntas que se hizo y las magníficas respuestas que se dio. Fundó junto con sus discípulos **Karl Pearson** y **Walter Weldon** la revista *Biometrika* para promover el estudio de la Bioestadística.

Regresión a la media

Galton sentó las bases de la ciencia que hoy conocemos como Estadística. Fue el primero en estudiar la vinculación entre variables introduciendo el uso de la recta de regresión y explicando el fenómeno de la regresión a la media en un artículo de finales del siglo XIX. En este trabajo Galton estableció una relación de tipo lineal entre la altura de los padres y la de los hijos, enfatizando el hecho de que los hijos de padres altos son, en media, de menor estatura que sus padres, y que los hijos de padres bajos son, en promedio, más altos que sus padres. Inicialmente este fenómeno recibió el nombre de regresión (vuelta atrás) a la mediocridad y hoy lo conocemos como regresión a la media.

La regresión a la media es observable con frecuencia en nuestras vidas (González, Internet) y nos referimos a ella en múltiples situaciones quizá sin conocer la terminología científica. Cuántos de los aquí presentes, brillantes académicamente desde su infancia, se han frustrado porque sus hijos no tienen mayor rendimiento académico. Sin embargo, los padres que no acabaron el bachillerato tienen en media hijos que les superan en formación.

Solemos decir con frecuencia en referencia a la continuación de una película que nos deslumbró: *“Segundas partes nunca fueron buenas”*. Esta afirmación se puede explicar en términos de la regresión a la media. Si representamos en una nube de puntos las taquillas de la primera y de la segunda parte (utilizando la recaudación como una medida de calidad, lo cual puede ser desde luego discutible) en general, podremos observar el fenómeno. Entre las primeras partes cuya recaudación fue muy alta, la de las segundas partes, en promedio será menor. Pero también lógicamente hay segundas partes que fueron mejor que la primera y eso muchas veces ocurre cuando la primera fue menos exitosa.

Similarmenete, si nos trasladamos al entorno del deporte, los efectos que Galton detectó en las relaciones entre la altura de padres e hijos se pueden observar en la transmisión de la habilidad. El hijo de Messi o el de Cristiano tiene muy difícil superar el listón que le va a dejar su padre y será, si se dedica a ello, casi con toda seguridad, un futbolista menos dotado.

En nuestro entorno investigador, todos nos hemos sorprendido alguna vez por la que considerábamos escasa calidad de un artículo publicado en una revista de alto impacto. **Rousseuw** (1991) analiza el fenómeno. Si un artículo es revisado por tres *referees* y estos emiten una valoración muy positiva del *paper*, el editor decidirá su publicación. Ahora bien, si ese mismo artículo es revisado a continuación por otros tres evaluadores, en promedio, la valoración será menor.

Y si acudimos a nuestro entorno docente, con frecuencia comentamos con compañeros por los pasillos que *“el grupo de este año es infernal, con lo bueno que fue el del año pasado”*. O también: *“menos mal que los alumnos de este año no son tan malos como los del año pasado”*.

La aproximación normal a la distribución binomial

Galton también inventó la máquina que lleva su nombre y que ayuda a comprender la aproximación normal a la distribución binomial. Tal máquina, por contarlo de forma intuitiva, hace algo similar a lo que ocurre cuando una cosechadora, después de segar, lanza el grano desde la tolva a través de su brazo en una era. Si la cosechadora no se mueve hasta que terminan de caer los granos, éstos formarán el típico montón completamente simétrico que recuerda a la distribución normal bivalente y que adorna los aledaños del caserío de cada pueblo de Castilla durante los meses estivales.

Coefficiente de correlación lineal

Galton, por fin, introdujo el concepto de coeficiente de correlación lineal de **Pearson**. Curioso, ¿verdad? Curioso, digo, que lleve el nombre de Pearson. Como hemos dicho, Pearson fue su discípulo y precisó algunas deficiencias en la definición original de Galton. Con él podemos valorar la intensidad y el sentido de la relación lineal entre parejas de variables. El término correlación forma hoy en día parte de discusiones coloquiales.

Los datos estadísticos, que con frecuencia son tan difíciles de obtener, los conseguía en su laboratorio antropométrico inaugurado en la *International Health Exhibition (Feria Internacional de la Salud)* de 1884 y que mantuvo en funcionamiento durante 6 años en Londres. Este laboratorio le permitió recoger una ingente cantidad de datos y cobrar por los informes que realizaba. Un auténtico *consulting* estadístico que le convirtió en ser el primero capaz de cobrar a los sujetos experimentales.

Su interés por la medición fue quizá la característica más notable de todas sus investigaciones. Lo medía todo de manera obsesiva. Era lo que en lenguaje coloquial llamaríamos hoy un auténtico *friki*. Un excéntrico. Y si no me creen, presten atención a algunas de sus inquietudes intelectuales diferentes de las relatadas hasta ahora. Juzguen ustedes.

Mapa de la belleza de las mujeres

En 1859, que ya no era un niño pues contaba con 37 años, se planteó con su primo Darwin (¡que tenía 50!) obtener un mapa de belleza de las mujeres de las islas británicas. **Hugh Aldersey-Williams** en su libro *Anatomías* (Parra, 2013) detalla cómo hacían para tomar los datos de manera discreta. No olvidemos que estamos en la Inglaterra victoriana.

Para obtener los datos de lo que llamaba su “Mapa de la belleza”, cortaba un trozo de papel en forma de un crucifijo. Utilizando una aguja montada en un dedal, perforaba agujeros en el papel para clasificar las “muchachas junto a las que pasaba en las calles o en cualquier otro lugar, como atractivas, indiferentes o repelentes”. Los orificios para las chicas atractivas los hacía en la parte superior de la cruz, los correspondientes a las mujeres corrientes en el palo horizontal, y los de las feas en la base de la cruz. La ventaja de ello era que podía notar al tacto cada parte de la plantilla de papel en su bolsillo y registrar sus datos sin que las féminas de la ciudad que fuera le vieran ni sospecharan que las estaba evaluando.

Como supongo estarán interesados en saber los resultados de un estudio tan peculiar que hoy cerraría un telediario, hemos de decir que ganó Londres y cerró la clasificación Aberdeen, en el noreste de Escocia. Si sus mujeres no eran bellas para los primos, la ciudad es preciosa.

La eficacia de la oración

Otra de sus investigaciones más curiosas y que no estuvo exenta de polémica fue *Statistical Inquiries into the efficacy of prayer (Investigaciones Estadísticas sobre la eficacia de la oración)* de 1872. Galton trató de correlacionar los efectos de la oración con la duración de la vida. Como los clérigos se pasaban la vida orando y laborando, una mayor esperanza de sus vidas podía ser atribuida a los beneficios del rezo. Hay que recordar que Galton era profundamente religioso. Después de recopilar cientos de datos biográficos

llegó a la conclusión de que las expectativas de vida de médicos y abogados eran mayores que las de los clérigos. Hay que decir en su honor que no manipuló los datos para obtener lo que él deseaba, práctica que no acaba de caer en desuso.

De la longitud de las condenas al agua de cada día y otros asuntos

También analizó diez mil sentencias de jueces de la corte británica para hacer una distribución de frecuencias de la **longitud de las condenas**. Además determinó con exactitud y utilizando complicadas fórmulas matemáticas la **cantidad de agua que debía ingerirse** en los diferentes momentos del día para estar perfectamente hidratado.

Cuando asistía a las carreras de caballos, y lo hacía con frecuencia, obtenía distribuciones de frecuencias del **cambio de color en la cara de los asistentes** cuando los caballos se acercaban a la meta. Además diseñó un sombrero cuya parte superior se alzaba con una pera de goma permitiendo ventilar la cabeza en los días en los que el calor acosaba a los espectadores.

Creó un **índice de aburrimiento en los actos sociales**, tan habituales en la Inglaterra victoriana. Concluyó que los asistentes atentos se sentaban erguidos mientras que los aburridos se movían constantemente de delante a atrás y la frecuencia de estos movimientos podía relacionarse con el aburrimiento.

Para analizar las **relaciones y afinidades entre sus invitados** a casa, ideó un artilugio tipo sensor que, colocado bajo las sillas del salón, permitía cuantificar el número de veces que cada persona orientaba sus movimientos hacia cada uno de los demás. Es evidente que ya pensaba en las redes sociales, tan de moda ahora.

También llevó a cabo estudios sobre el **número de optimistas y pesimistas** con cuestionarios apropiados a los que respondían los *clientes* de su laboratorio.

En 1897 publicó nada más ni nada menos que en *Nature* un artículo estableciendo la **longitud que debía tener la soga del ahorcado** para fracturarle el cuello sin decapitarlo. Suena siniestro pero los intereses científicos en diferentes épocas han sido también muy distintos. A partir de los resultados de Galton y de otros científicos y con datos de ejecuciones fallidas, existe una tabla que relaciona peso del condenado con longitud de la soga. Y en la misma revista publicó un artículo sobre como cortar una tarta redonda de una manera científica.

Su afán por descubrir características individuales de las personas le llevó a demostrar que personas diferentes tienen **huellas dactilares diferentes**. Inmediatamente este proceso de identificación, popular hoy en todo el mundo, fue adoptado por Scotland Yard y permitió resolver un elevado número de delitos pendientes en aquel momento.

Ferviente defensor de las ideas de su primo, argumentó con tenacidad que las diferencias de aptitud en los seres humanos eran debidas a la herencia genética. Propuso un método de intervención social, la eugenesia, según el cual la reproducción debía planificarse para maximizar la inteligencia de los nacidos. Socialmente debía aceptarse que los “eminentes” tuvieran muchos hijos y los demás menos. Figuras como **Graham Bell**, **Bernard Shaw** o **Winston Churchill** apoyaron sus ideas. Hoy en día se asocia el uso de ellas con el nazismo y otros regímenes totalitarios. Desde 1970 ningún país del mundo admite la eugenesia en sus políticas.

La significación estadística de la Guinness

William S. Gosset (1876-1937), más conocido por su sobrenombre de **Student**, abrió nuevos caminos en la Estadística para investigadores empíricos. Dio con preguntas clave a las que acertó a dar respuesta. Algunas de ellas fueron posteriormente reformuladas matemáticamente por **Ronald A. Fisher**.

La distinción entre un parámetro poblacional como la media teórica y sus estimadores y sus estimaciones es algo que incluso hoy en día atormenta a los que se acercan por primera vez a la Inferencia Estadística. A principios del siglo XX los estadísticos no se habían planteado esta diferencia. Trabajaban a nivel teórico con muestras tan grandes que podían permitirse el lujo de identificar parámetro y estimación. Cuando se quisieron hacer trabajos empíricos, saltaron las alarmas.

Gosset era el mayor de los cinco hijos de un coronel de ingenieros reales del Imperio Británico. Siguió los pasos de su padre para convertirse en ingeniero real antes de ser rechazado por su gran miopía. Mucho de lo que sigue nos lo cuenta **Jane Fisher Box**, hija de Fisher, en su artículo de 1987. Respecto a la personalidad de Gosset afirma:

“Muy brillante, con altos ideales y un elevado sentido del humor. Tenía el carácter más atractivo que pueda existir; tranquilo, muy amigo de sus amigos, siempre dispuesto a ayudar, paciente y leal. Todo el mundo le

quería y confiaba en él. En el proceloso mundo de los estadísticos se movía siendo amigo de todos”.

Jamás tuvo un empleo como estadístico. Después de graduarse en Química en 1899 obtuvo un puesto como químico cervecero en la fábrica de Guinness de Dublín. Cuando murió en 1937, dirigía a todos los químicos de Guinness. Desempeñando este trabajo es como se convirtió en realidad en un gran estadístico.

En el último cuarto del siglo XIX, Guinness había pasado de ser una empresa familiar irlandesa a producir más de millón y medio de barriles con exportaciones al mundo entero. Irlanda es un país pequeño y todos los que vivían alrededor de la producción y comercio de cebada, lúpulo y malta, amplias poblaciones en el sur y en el este del país, prosperaban y tenían influencia social. En esta época **Cecil Guinness**, gerente de la firma, decidió acabar con el carácter artesanal transmitido de generación en generación y, con tintes de magia negra, en la fabricación de cerveza para introducir una metodología apoyada en el cientifismo. Y para ello puso mucho dinero sobre la mesa. Comenzó a contratar a los químicos más brillantes egresados de Oxford y Cambridge. Otras firmas empleaban químicos ocasionalmente, pero Guinness les concedió un gran peso específico dentro de la empresa. Y una vez que pasaban dos años auspiciados por químicos más veteranos, se les concedía una sección a su cargo con el correspondiente trabajo de investigación. Así que en 1893 se contrató a **Thomas Case**; en 1895 a **Alan McMullen**; en 1897 a **Arthur Jackson**; en 1899 a **E. G. Peake** y a **Gosset**; en 1900 a **Geoffrey Phillpotts** y así sucesivamente. Mientras permanecían solteros, vivían solos en la casa que a tal efecto tenía Guinness en St. James' Gate al lado de la propia factoría de Dublín. Durante las horas de trabajo incluso comían juntos en el salón comedor. Practicaban deportes en los alrededores y conversaban mucho entre ellos. La vida en el fondo seguía siendo muy similar a la de los *colleges* de los que procedían.

Una de las primeras cuestiones que planteó la empresa era cómo mejorar las materias primas, cebada y lúpulo, de manera que además resultaran más baratas. El típico reto realista empresarial que busca conseguir lo imposible. Además se necesitaba determinar qué variedades, qué tipo de cultivo y manipulación de la cosecha, qué condiciones de secado y almacenado proporcionarían una mayor calidad de la cerveza. Parece que realmente hasta entonces la cosa era pura magia y, en esta cerveza, obviamente negra.

Así que en 1899 Guinness empezó un proyecto de experimentación con selección de cultivos, variedades de cebada y lúpulo, así como de fertilizantes. Se consideró

la variedad de ensayos como el más prometedor de los caminos y se fueron incorporando al estudio más y más agricultores de las zonas productivas. La cuestión se convirtió en interés nacional (para entonces Guinness era una empresa pública aunque siguiera dirigida por la familia fundadora) y el propio Ministro de Agricultura irlandés participaba en la toma de decisiones.

La caducidad de la cerveza era otra cuestión de interés. Guinness era una cerveza natural, sin aditivos ni conservantes y sin pasteurizar, que debía mantenerse imperecedera durante su transporte a largas distancias así como durante su almacenamiento a muy diferentes temperaturas, incluso en países de climas tórridos. Todos estos eran los retos que tenían ante sí nuestros jóvenes talentos.

Imaginemos entonces a media docena de investigadores jóvenes, brillantes y enérgicos con mano ancha para tomar decisiones sobre cuestiones como las referidas pero desde una posición de casi total ignorancia. Eso sí, con campos de cebada y lúpulo, laboratorios y hasta una destilería a su disposición.

Lo primero que hicieron fue ponerse a revisar la literatura existente. Y se enteraron de que el lúpulo almacenado a temperatura ambiente se deterioraba al endurecerse su resina, así como de que el lúpulo americano era más barato y con mejor resina que el europeo. Leyeron estudios en los que se argumentaba que la calidad de la cebada dependía del contenido de nitrógeno.

Con estas mimbres empezaron a acumular datos obtenidos de las parcelas de experimentación y de su producción, pero los resultados que encontraban no eran del todo concluyentes o, lo que es peor, con frecuencia no eran capaces de discernir si las diferencias encontradas eran realmente debidas a los tratamientos o podían considerarse puramente aleatorias. Dos dificultades confluían: alta variabilidad y muestras pequeñas. Los enemigos número uno de los estadísticos.

Pero los jóvenes investigadores trabajaban bien juntos. Algunos se habían convertido en auténticos amigos. Y para todos era natural acudir con los problemas de índole numérica a Gosset. Este había cursado asignaturas de matemáticas en Oxford y los demás le consideraban el único dotado para resolver la parte estadística de sus problemas. Por su parte, la bonhomía de Gosset le hacía escuchar con atención sus inquietudes, ir a la raíz de las cuestiones y desde ella tratar de encontrar una solución. Además era perseverante y obsesivo. No cejaba hasta que la obtenía. Cogió el libro de **Aisy** sobre la teoría de errores y

anotó muchas observaciones y dudas en los márgenes. El libro era suyo. En 1904 escribió un artículo de régimen interno sobre los errores estándar. Pero seguía muy confuso y decidió consultar a **Karl Pearson**, que era la voz autorizada de la época en Biometría.

El escaso tamaño muestral seguía siendo su talón de Aquiles. Los experimentos con la cebada se habían llevado a cabo con cuatro parcelas y sembrando una variedad en cada una. La estimación de la media en tal caso es obviamente inexacta y el error de la desviación estándar no puede ignorarse. En 1905 le planteó sus dos dudas principales a Pearson y éste no pudo resolverlas:

1. *¿Cuál debería ser el valor máximo aceptable del error para poder sustituir los parámetros poblacionales por sus estimaciones muestrales?*
2. *¿Qué nivel de probabilidad debemos considerar significativo?*

Se encontraron en la casa de verano de Pearson en julio de 1905. Gosset había vuelto a pasar unos días de vacaciones a Inglaterra con sus padres y pedaleó los 30 Km. que separaban la casa de éstos de la de Pearson. La conversación, no obstante, fue fructífera para Gosset pues Pearson le aclaró todos los métodos de decisión estadística existentes por entonces. **Joan Fisher** (1987) nos recuerda el comentario que Gosset dedicó a Pearson tras la conversación de ambos:

“He was able in about half an hour to put me in the way of learning the practice of nearly all the methods then in use”.

El verano acabó, Gosset volvió a Irlanda y empezó a poner en práctica esos métodos ya como jefe de la destilería experimental, en la que el análisis de los datos era el objetivo principal. El encuentro entre Pearson y Gosset se valoró tanto incluso dentro de la empresa Guinness que ésta le permitió ir a formarse con Pearson en el departamento de éste durante el curso académico 1906-1907 en la University College de Londres. Allí trabajó en la distribución del estadístico t de Student para tamaños muestrales de dos a diez y obtuvo las tablas de probabilidad correspondientes.

Regresó a Guinness justo a tiempo para aportar en el informe sobre siete años de experimentación todo el análisis estadístico. Y Guinness obtuvo su recompensa. Descubrieron que la variedad de cebada Archer era la más apropiada para ser cultivada en Irlanda y decidieron hacerla crecer por toda la isla. Mil barriles de Archer puro danés estaban en venta, los compraron todos y a lo largo de dos cosechas produjeron semillas para toda Irlanda.

En 1908 y utilizando mayoritariamente su tiempo libre, Gosset escribió sus dos famosos artículos sobre el error probable de la media y sobre el coeficiente de correlación (1908a, 1908b). Contra la opinión extendida, según J. Fisher (1987) Guinness sí aceptaba que sus investigadores publicaran artículos científicos. Lo que no se permitía era que aparecieran sus nombres. Las normas de la empresa rezaban:

“It was decided that such publication might be made without the brewer’s names appearing. They would be merely designated Pupil or Student”.

Así que Gosset decidió elegir Student. Posteriormente Fisher se dio cuenta de que faltaba alguna constante en la definición del estadístico t pero esa es ya otra historia.

Lo que hay detrás de una pinta de Guinness...

El carácter de Fisher

Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) es considerado el fundador de la Estadística moderna por sus grandes contribuciones en este campo: el análisis de la varianza, la idea de la máxima verosimilitud, la inferencia estadística y la derivación de varias distribuciones asociadas al muestreo. Pero también destacó como biólogo evolutivo (se dice que en su época fue el mejor después de Darwin) y por sus aportaciones a la genética y a la eugenesia.

Tuvo una juventud desgraciada, pues a los 14 años perdió a su madre y unos años después su padre se arruinó, lo que dificultó el pago de los gastos de formación de él y de sus hermanos. Sin embargo, su excelente rendimiento académico en Harrow, donde incluso llegó a ganar un premio en matemáticas, motivó que Cambridge le becara con 80 libras de la época para cursar estudios de matemáticas y astronomía. Era octubre de 1909. Permanece allí hasta su graduación en 1912. Unos meses antes de graduarse conoce a Gosset (Student). Para entonces Fisher ha publicado su primer artículo: *“On an Absolute Criterion for Fitting Frequency Curves”*, en el que introduce la idea de función de verosimilitud y el método de máxima verosimilitud aunque sin citar el término verosimilitud (*likelihood*). Fisher pide a Gosset que lo lea y, a pesar del carácter bondadoso de Gosset, su valoración fue:

“Hasta donde puedo entenderlo es poco práctico y una manera inútil de mirar a las cosas”.

En sus propias palabras, como cita J. Fisher Box (1987):

“As far as I could understand it, quite unpractical and unserviceable way of looking at things”.

Aquí empezaba la incomprensión que siempre sintió que le profesaban sus evaluadores.

Contadas todas estas cosas por la hija de Fisher, uno lo imagina como un estudiante arrogante que al acercarse al profesor lo predispone, de entrada, en contra. No obstante, era perseverante y brillante y unos meses después mantuvo correspondencia frecuente con Gosset hasta que le hizo ver el error que éste había cometido en la formulación inicial del estadístico t . Era un intercambio de ideas complejo porque Fisher utilizaba un prolijo aparato matemático y Gosset no lo entendía del todo. Sin embargo, de esta correspondencia epistolar nació la afición de Fisher por la teoría de los errores (leyó el manual de Airy sobre el tema como lo había hecho Gosset) y prolongó su interés por los temas estadísticos.

Al acabar en Cambridge, Fisher carecía de recursos para afrontar el futuro y decidió viajar a Canadá, donde encontró trabajo en una granja. Cosas parecidas hacen algunos de nuestros jóvenes hoy en día y nos extraña. Regresó a Londres y obtuvo una plaza de estadístico en la *Mercantile and General Investment Company*. Poco después estalló la Primera Guerra Mundial. De todos es conocido el entusiasmo y la fascinación que generó en la juventud inglesa el alistamiento para defender una noble causa que en Navidad quedaría resuelta. Afortunadamente para él y seguramente para la ciencia, Fisher fue rechazado por escasa agudeza visual. Esta falta de aptitud para el ejército y el motivo mismo es un elemento común entre su biografía y la de Student. Seguro que alguna vez lo comentaron entre ellos. Esquivó así trincheras, barro, enfermedades y descargas de ametralladora..., los iconos de aquella conflagración.

Durante la guerra sirvió a su país enseñando Física y Matemáticas en varias escuelas. Pero nunca destacó por sus habilidades docentes y se consideraba llamado a más altas metas. Así que, interesado profundamente en la eugenesia, y con su experiencia canadiense decidió comprar unos terrenos y montar una granja. Por esta época, todavía en plena Primera Guerra Mundial, conoció a través de la esposa de un amigo de juventud a la hermana de ésta, **Ruth Gratton**, que solo contaba 16 años. Se enamoraron como solo a esas edades

sucede y planearon casarse. La madre de Ruth, viuda, puso el grito en el cielo y decidieron casarse en secreto unos días antes de que la novia cumpliera 17 años. El amor duró y fue fructífero, pues tuvieron 9 hijos, uno de los cuales pereció durante la infancia.

En 1917, unos meses después de la boda, empieza una de las disputas más famosas entre científicos. Pearson publicó un artículo argumentando que Fisher no había sido capaz de distinguir entre verosimilitud y “*probabilidad inversa*” en su trabajo de 1915. Fisher solo estaba empezando su carrera pero aceptó de muy mal talante la crítica y el hecho de que Pearson no le hubiera comentado previamente nada. Por otro lado consideró que la crítica no se ajustaba a la realidad. Se quejó siempre, con cierta petulancia, pero con razón a veces, de las injusticias que sufría cuando sus artículos eran rechazados...

“por matemáticos que no saben de biología y biólogos que no entienden matemáticas”.

Dijo esto en 1918 después de someter a la Royal Society su artículo *On the correlation between relatives on the supposition of mendelian inheritance*. Ninguno de los dos revisores (Pearson era uno de ellos) rechazó el artículo pero expresaron sus reservas y reconocieron que no eran competentes para juzgar algunos aspectos. Fisher decidió enviar el artículo a Transactions of the Royal Society of Edinburg, donde fue aceptado. La relación se volvió todavía más amarga cuando Fisher (como editor de *Biometrika*) desacreditó el uso del test *chi-cuadrado* de Pearson. Fue aún más lejos y afirmó que Fisher había hecho un flaco favor a la Estadística diseminando resultados erróneos. Como consecuencia de ello la Royal Statistical Society se negó a publicar artículos de Fisher y, en represalia, Fisher la abandonó. También Fisher aprovechaba cada oportunidad que tenía para atacar a Pearson incluso después de muerto éste en 1936. Hay odios que se llevan a la tumba.

No obstante, en 1919 cuando ya sus relaciones eran turbias, no sé si porque los enemigos se necesitan, Pearson ofreció a Fisher el puesto de jefe estadístico del laboratorio Galton. Fisher lo rechazó y prefirió aceptar otra oferta que tenía sobre la mesa como estadístico en la Estación Experimental Agrícola de Rothamsted, que era el más antiguo centro de investigación agrícola del Reino Unido. Su afición por la agricultura, así como su animadversión con Pearson, estuvieron en el fondo de esta elección. Aquí hizo sus grandes contribuciones al análisis de la varianza y al diseño de experimentos utilizando datos como los clásicos de la flor iris y sus variedades.

Irónicamente, cuando Pearson se retiró en 1933 de su puesto en la University College, Fisher ocupó su cátedra. En realidad fue peor: la cátedra se duplicó, ocupando Fisher una y la otra el hijo de Pearson, **Egon**. A veces pensamos que cosas así solo ocurren por estos pagos. El resentimiento de Fisher con Pearson (padre) afloraba continuamente y, estando presente el hijo por allí, la atmósfera en la University College se hizo bastante irrespirable (O'Connor y Roberston, 2003).

Fisher se retiró de la Universidad en 1957. En 1959 se trasladó a Adelaida (Australia), donde un cáncer de colon terminó con su vida en 1962.

En Bennett (1989) se describe el carácter de Fisher así:

“Era muy capaz y encantador, cálido con sus amistades. Pero así mismo era víctima, como él mismo reconocía, de un temperamento incontrolable y de su devoción por la verdad en la ciencia, que demostró apasionadamente siendo enemigo implacable de los que le acusaban de propagar errores”.

También Bennett (1989) afirma en relación con sus habilidades y deficiencias:

“Su capacidad de penetración era espectacular, pero sus escritos son difíciles para muchos lectores. Realmente muchos de sus resultados han sido mejor divulgados por otros que fueron capaces de modificar su formulación. Como profesor, Fisher también fue difícil para el estudiante medio. Sus clases rápidamente se vaciaban hasta que solo tres o cuatro estudiantes podían seguir, eso sí, fascinados, el paso. Tampoco fue un gestor muy exitoso; quizá era incapaz de aceptar las limitaciones de las personas normales. Pero con su amplio espectro de interés y la capacidad de penetración de su mente era un conversador muy estimulante y simpático”.

Finalmente su afición a fumar en pipa le hizo perder la perspectiva al negar la relación entre cáncer de pulmón y tabaquismo. También pudo estar influido por sus conflictos personales y profesionales. Además trabajaba como consultor para las tabacaleras. En fin, reproduzco el *abstract* del artículo de **Stolley** (1991):

“R. A. Fisher’s work on lung cancer and smoking is critically reviewed. The controversy is placed in the context of his career and personality. Although Fisher made invaluable contributions to the field of statistics, his analysis of the causal association between lung cancer and smoking was flawed

by an unwillingness to examine the entire body of data available and prematurely drawn conclusions. His views may also have been influenced by personal and professional conflicts, by his work as a consultant to the tobacco industry, and by the fact that he was himself a smoker”.

Me quedo con dos frases de Fisher que en algún momento del curso siempre cito a los alumnos. La primera hace referencia a las consecuencias de la falta de control sobre el diseño del experimento y recopilación de datos por parte del estadístico. Y dice:

“Consultar a un estadístico después de que un experimento haya terminado es, a menudo, como pedirle que haga una autopsia. Quizá lo más que pueda decir es de qué murió el experimento”.

La segunda resulta muy clarificadora sobre el verdadero sentido de la hipótesis nula en los contrastes. Fisher afirmaba:

“La hipótesis nula no se considera aprobada pero puede ser rechazada en el curso de la experimentación. La razón de existir de un experimento es conceder a los hechos la oportunidad de rechazar la hipótesis nula” .

Los Big Data

Borel, Galton, Student, Pearson, Fisher y muchos otros injustamente ignorados en esta Lección Inaugural fueron los artífices de la primera revolución estadística. Algunos como Student y Fisher desarrollaron procedimientos de análisis de datos a partir de las dificultades que planteaba la escasez de información, el bajo tamaño muestral. Exactamente un siglo después tenemos el problema inverso: el análisis de los datos masivos, más habitualmente conocidos por su terminología inglesa, los Big Data.

Hoy en día la sociedad y el mundo empresarial están reclamando la aparición de los científicos que lleven a cabo la segunda revolución estadística, la de los datos masivos. Big Data es un término difuso pero ilustra una nueva era. Los manuales de estadística empezaban introduciendo el concepto de muestra para justificar la reducción del estudio a unos cuantos individuos representativos de la población dado que acceder a toda ella resultaba, en general, impracticable. Pero hoy en día la toma de datos empieza a ser tan accesible y las posibilidades de análisis

tan grandes que ya estamos tratando de estudiar el conjunto masivo de datos para obtener información más precisa, valiosa y sorprendente.

Si una característica define a las personas hoy en día es que somos generadoras de datos. Pasamos el día enviando *WhatsApps*, correos electrónicos, haciendo búsquedas en Internet (de las que se registra el tiempo que pasamos en cada página y cuándo las visitamos), *twiteando*, pagando con tarjeta y diciendo nuestro código postal en la caja del comercio donde acabamos de comprar. Si cambiamos de país nos llegan automáticamente mensajes al móvil sobre las tarifas de *roaming* y, al alquilar un coche, estamos informando permanentemente a la compañía sobre dónde estamos (o por lo menos sobre dónde está su coche). La mayor parte de los *parkings* reconoce nuestra matrícula y, cuando inmigramos, en algunos países nos escanean la retina.

Se habla de que Google puede disponer de un volumen de datos que ocupa un millón de discos duros de gran capacidad. Sinceramente no soy capaz de imaginar el volumen de datos almacenados en los servicios de seguridad, defensa e inteligencia de los estados.

La información es el nuevo metal precioso. De hecho, algunas de las técnicas de análisis de Big Data se conocen como Minería de Datos en referencia a la carrera codiciosa con que las empresas buscan hoy metodologías y aplicaciones para obtener las pepitas de la correlación de la misma manera que California se desarrolló por la fiebre del oro. Si Guinness tuvo parte activa en la primera revolución estadística, otras empresas van a entrar en la historia de la segunda.

UPS, la empresa mundial de mensajería y paquetería, ha sido una de las primeras en explotar la información masiva con resultados económicos espectaculares. Desde los 80 maneja datos de millones y millones de clientes y paquetes. Sin embargo, en los últimos años sus ventajas competitivas han procedido de la información proporcionada por los sensores colocados en unos 50.000 vehículos de reparto. Estos sensores recolectan los datos sobre velocidad, dirección y trayectos. El análisis de ellos ha permitido a la empresa un rediseño de las rutas de distribución en aras de una mayor eficiencia. El proyecto, que en su génesis se llamó ORION (On Road-Integrated Optimization and Navigation), está permitiendo incluso modificar las rutas y distribución en tiempo real. En 2011, supuso un ahorro para la empresa de 32 millones de litros de combustible a base de recortar las rutas en unos 135 millones de kilómetros. Encontrar la pepita de oro para ellos fue conseguir que cada repartidor, en promedio, redujera en un par de kilómetros su ruta diaria.

En Wikipedia podemos leer otras aplicaciones del análisis de los Big Data, algunas de las cuales, confieso que me intimidan. Oracle dispone de una herramienta que integra información procedente de Facebook, Twitter y LinkedIn. Los departamentos de recursos humanos la utilizan para obtener perfiles de candidatos basados no solo en sus aptitudes profesionales sino también en las sociales. Podemos llegar a ser transparentes para ellos.

Amazon basa su éxito en ventas cruzadas relacionando los patrones de compra de los usuarios lo que permite crear anuncios personalizados y boletines electrónicos ofertando al instante lo que quiere el usuario. Mejor dejar la tarjeta de crédito en otra habitación y cruzar los dedos para que se nos pase el impulso de compra mientras nos levantamos de la silla y vamos a por ella.

La cantidad de información que generamos los usuarios en la red es utilizada por las empresas llamadas corredores de datos para segmentar los individuos actualmente en unas 70 tipologías en función de sus aficiones, estilo de vida y actividades.

Nuestro móvil se ha convertido en un detective implacable que registra nuestras diferentes ubicaciones, cuándo llegamos a ellas y cuándo nos vamos. Cuidado con lo que usted hace. Orwell anticipó un poco el Gran Hermano pero 30 años después ha llegado. Las ilusiones por prosperar profesional o socialmente o las metas políticas pueden estrellarse brutalmente contra las huellas dejadas en una red social o en el móvil.

Después de la moralina bueno es reconocer otras virtudes de los Big Data. Y una de las principales es que es un excelente proveedor de puestos de trabajo. Los analistas de datos tienen un futuro prometedor en el que su creatividad se va a ver puesta a prueba. La formación en este contexto, también. Tenemos por delante retos como el almacenamiento de los datos masivos de forma más eficiente y prolongada, la mejora de su contextualización, reducción y monitorización así como el desarrollo de herramientas para su visualización. Los profesionales más valorados de un futuro que ya ha llegado son expertos en computación en la nube (*Cloud Computing*), en extracción de información y visualización de los datos y en la ciencia de los datos (*Data Science*). Empiezan a ser conocidos como los científicos de los datos. Deben atesorar conocimientos de programación y estadística, tratamiento y análisis de datos, teoría de grafos y saber presentar los resultados bajo una visualización eficaz. Los hay ya pero debe haber más.

Bien, sólo he pretendido con estas miniaturas históricas hacer más simpáticas y próximas algunas cuestiones relacionadas con la Probabilidad y la Estadística.

Citar el Teorema de Borel-Cantelli los hubiera hecho removerse en sus asientos, pero imaginar unos monos escribiendo textos literarios espero les haya arrancado una discreta sonrisa. Así mismo hemos visto que hasta los más estrafalarios experimentos, que le pregunten a Galton, pueden impulsar la ciencia. No hemos inventado las luchas intestinas en los departamentos, ni en las facultades ni en la universidad, pero no estaría de más tratar de evitarlas. En el imaginario colectivo, ni Pearson ni Fisher salen reforzados con sus relaciones tempestuosas. Imaginar a Student con sus gafitas pedaleando 30 Km. para preguntar unas dudas a un profesor, además de ser una imagen muy *british*, nos reconcilia con el valor de nuestra profesión y pensar en el futuro de la Estadística así como el de las demás disciplinas, nos dinamiza e impulsa para afrontar cada curso académico. Bien es cierto que, seguro, ustedes ya sabían todo esto.

Nada más por hoy. Muchas gracias.

Bibliografía

Bennett, J. H. (ed.) (1989), *Statistical inference and analysis: selected correspondence of R. A. Fisher*. Oxford.

Big Data. En Wikipedia. Recuperado el 1 de julio de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Big_data

El teorema de los infinitos monos (2009). Recuperado el 24 de junio de 2015 de <http://www.neoteo.com/el-teorema-de-los-infinitos-monos>

Fisher Box, J. (1987) Guinness, Gosset, Fisher, and Small Samples. *Statistical Science*, vol. 2,1, pp. 45-52.

Francis Galton. En Wikipedia. Recuperado el 10 de julio de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Francis_Galton

Galton, F. (1872), Statistical inquiries into the efficacy of prayer. *Fortnightly Review* vol. 12, pp. 125-35.

González, J. J., *Regresión a la media: Un fenómeno estadístico con historia y repercusión social*. Recuperado el 10 de julio de 2015 de <http://www.ugr.es/~jmcontreras/thales/1/ComunicacionesPDF/RegresionMedia.pdf>

Huxley, Thomas Henry. En Wikipedia. Recuperado el 26 de junio de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Thomas_Henry_Huxley

López Nicolás, J. M. (2011), Sir Francis Galton..., el hombre capaz de medirlo todo. Recuperado el 27 de junio de 2015 de <http://scientiablog.com/2011/07/19/sir-francis-galton-el-hombre-capaz-de-medirlo-todo>

O'Connor, J. J. y Roberston, E. F. (2003), Sir Ronald Aylmer Fisher. Recuperado el 8 de julio de 2015 de <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Fisher.html>

Parra, S. (2013), Mapa de la belleza: ¿Dónde viven las chicas más guapas... según Darwin? Recuperado el 27 de junio de 2015 de <http://www.diariodelviajero.com/cajon-de-sastre/mapa-de-la-belleza->

Rousseuw, P. J. (1991), Why the wrong papers get published. *Chance*, vol. 4, pp. 41-43.

Stolley, P. D. (1991), When genius errs: R. A. Fisher and the lung cancer controversy. *American Journal of Epidemiology*, vol. 133, 5, pp. 416-425.

Student (1908a), The probable error of a mean. *Biometrika*, vol. 6,1, pp.1-25.

Student (1908b), Probable error of correlation coefficient. *Biometrika*, vol. 6,2, pp. 302-310.

Teorema del mono infinito. En Wikipedia. Recuperado el 24 de junio de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_del_mono_infinito



El Trabajo Social: una disciplina y profesión a la luz de la historia

María José Barahona Gomariz

Profesora Titular de Escuela Universitaria
de la Facultad de Trabajo Social

LECCIÓN INAUGURAL
Curso Académico 2016/2017

Presentación

Daré comienzo a esta Lección Inaugural del Curso Académico 2016-2017 agradeciendo a mi Junta de Facultad no sólo mi nombramiento sino su apoyo para que hoy pueda presentarnos y representar a su conjunto. Y digo bien, presentarnos ya que habrá quien lo desconozca o realice asimilaciones no adecuadas. El contenido de la lección tratará de dar respuesta a ello, de ahí su título.

Somos una disciplina y profesión a la que otros desde el desconocimiento o en una comparación no oportuna denominan joven, ¡¡con más de un siglo!! y así se justifican para señalar su falta de reconocimiento y rigor académico y científico. Pero no, esa no es la razón. Quizás está sustentado en el miedo -nuestro progreso y reconocimiento- o en el paternalismo interesado para ser absorbidos por otras disciplinas. Así esta púber, utilizando la misma dimensión temporal, les hablará del pasado que sustenta el presente, de los acontecimientos memorables que nos forjaron y formaron su carácter. Para entender el presente y anticipar el futuro debemos conocer el pasado. O en expresión de Allen-Meares (1997) pensar sobre el futuro del trabajo social inevitablemente nos lleva al pasado. La rica historia del trabajo social, como lecciones del pasado, nos ayuda a afrontar los problemas de hoy y los cambios que se avecinan. El presente es resultado del pasado y el futuro es la causa del presente.

La responsabilidad y compromiso que he adquirido en la representación de la Academia, en concreto de mi Facultad, y de la profesión es máximo pero no duden que el mayor ha sido conmigo misma y no voy a desaprovechar esta oportunidad de estar ante la comunidad universitaria, aunque esta presencia haya sido exclusivamente en respuesta a un orden establecido de prelación, para contarles cosas, con contenido y fundamento. El rigor académico no es incompatible con el sentimiento y por ello me permito aunarlos y decirles que soy feliz porque como dijo León Tolstoy: *el secreto de la felicidad no es hacer siempre lo que se quiere sino querer siempre lo que se hace*. Sí, soy trabajadora social.

Soy feliz desde que en 1988 salí de las aulas de la entonces Escuela Universitaria de Trabajo Social de la Universidad Complutense de Madrid como Diplomada en Trabajo Social y comencé a profundizar en mi disciplina, Trabajo Social, al mismo tiempo que ejercía mi profesión, trabajadora social. Déjenme seguir hablándoles de mí.

Me inicié como docente en el año 1990 y he subido todos los peldaños sin prisa, no por mí, sino por la siempre eterna “situación de la universidad” que actualmente parece que es emergente y única pero que es crónica. Así pasé por ayudante, asociada a tiempo completo y titular de escuela a la espera, en breve, de poder ser titular de facultad.

En el ejercicio profesional me incorporé en el año 1988 como trabajadora social en una pequeña asociación para trabajar con mujeres en situación de prostitución en medio abierto, larga la denominación pero necesaria para evitar etiquetas que cuando no aniquilan mutilan socialmente. Este ha sido y es mi ámbito de investigación e intervención. Desde esa pequeña asociación he pasado por asociaciones más grandes, ONG de carácter internacional hasta llegar a la Unión Europea. A ese ámbito se han sumado otros colaterales al mismo, como la trata de seres humanos con fines de explotación sexual, las adicciones y el VIH/SIDA. En espacios como un centro penitenciario, un despacho y fundamentalmente en los escenarios donde se encuentran los y las potenciales usuarios y usuarias del sistema de protección social, en situación de vulnerabilidad, marginación o exclusión, que en ese momento se encuentran fuera del mismo, en los escenarios abiertos, es decir, en la calle.

Duro sí, pero una escuela de vida con los y las mejores profesores y profesoras, las personas con vivencias en primera persona. Sin intermediarios, sin terceros que nos cuentan, que interpretan cómo deben ser las cosas o cómo creen que son las cosas y condicionan con sus opiniones. Y es que de lo “social” casi todo el mundo habla. Ello podría tener un aspecto positivo si nos referimos al interés por conocer, por informarse y formarse, por sensibilidad con el entorno, por preocupación por cómo son y están las cuestiones sociales que afectan a los miembros de nuestra sociedad. Lamentablemente se destaca por su aspecto negativo por opinar sin conocer y así se construyen atribuciones sin rigor que derivan en etiquetas sobre los “otros” y las “otras”, aquellos y aquellas que, diga lo que se diga, no dejan de ser los otros ciudadanos y otras ciudadanas.

“Los problemas sociales” son complejos, heterogéneos y dinámicos, por ello la necesidad de la formación especializada y la continua investigación. Esto es necesario para dar respuestas significativas en los diferentes niveles. Nivel micro-mezzo social, quienes se dirigen a una trabajadora social o a un trabajador social por no poder afrontar -superar o mejorar- una experiencia vivencial que les está afectando a sus vidas y a su entorno, bien en este sentido o en el contrario, el entorno está afectando sus vidas. Nivel macro social con propuestas de po-

líticas sociales que se dirijan a la reforma de las fuentes estructurales y oferten respuestas públicas.

Como señala el gran eslogan feminista radical de la “segunda ola” de los años 1970 que me apropio para generalizarlo a la “cuestión social”: *lo personal es político*. No hay problemas privados sino cuestiones públicas que requieren de observación, análisis y respuesta. “Los problemas sociales” son considerados por muchas personas como individuales y privados, de manera errónea. Se aíslan unos de otros y de la estructura general responsabilizando de los “problemas” a quienes los sufren. Baste como ejemplo la violencia machista. Su reducción a la esfera privada sustentada en las características individuales, por supuesto de la mujer, contribuyó a los años de sufrimiento físico y psicológico y en algunos casos con resultado de muerte, de miles de mujeres. Hoy casi todos y todas nos sumamos a la lucha. Algunas y algunos con más dedicación, fuerza, decisión y creencia, contra esa lacra social a pesar de no haberse eliminado pero... y el resto, ¿deberán pasar por el mismo trance y años las personas en situación de calle, de adicción a sustancias, de adicción a no sustancias, de prostitución, nacionales de terceros países, con diversidad funcional, sexual, religiosa o étnica, acoso escolar o laboral, trata, desempleo, ...? Todos ellos y más son ámbitos de estudio e intervención en Trabajo Social.

Estoy fuera de lo que Winston Leonard Spencer Churchill denominaba falla de nuestra época: *los hombres no quieren ser útiles sino importantes*. Yo soy y quiero seguir siendo útil aunque a veces haya sido y sea importante fundamentalmente para con quienes trabajo, con aquellas personas que pasan por situaciones vivenciales que no han sido elegidas en su origen, en su desarrollo o en sus consecuencias.

La lección se ha subdividido en secciones para una presentación más ágil, concreta y comprensible. Su exposición es “panorámica”. No se pretende hacer un tratado del Trabajo Social como disciplina y profesión, que representan siete asignaturas con un total de 210 horas teóricas, sino una aproximación, su construcción desde la contextualización histórica marcada por hechos, organizaciones y personas.

Introducción

Antes que la “ayuda” se formalizara, es decir, se creara la red asistencial formal -organizada- existía la red asistencial natural o informal -familia, amigos, vecinos- basada en una relación entre iguales, pero la variedad, complejidad y extensión de las situaciones sociales han requerido de investigación, conocimiento y formación para proporcionarla. Podemos decir que *“la prehistoria del Trabajo Social es la asistencia social natural de la comunidad”* (Torres, 1987, pág. 28).

“En el caso del trabajo social no hay profesión sin disciplina y no hay disciplina sin profesión” (Miranda, 2013, pág. 7). Ambas desarrolladas a fines del siglo XIX en Estados Unidos aunque su origen se encuentra en Inglaterra en el contexto social de las consecuencias de la Revolución Industrial y la ayuda asumida por el Estado.

El regreso del trabajo social de Estados Unidos a Europa sucedió muchos años después y lo hizo profundamente transformado. Si bien en Estados Unidos se estructura como profesión, fundamentalmente se construye como disciplina influido e influyendo en la Escuela de Chicago.

“El Trabajo Social nace al mismo tiempo que las demás disciplinas sociales, en el mismo contexto social y formando parte del mismo objetivo global” (Miranda, 2003, pág. 67) para el estudio de las consecuencias social y configuración de la sociedad resultado de la Revolución Industrial. El trabajo social además nace con una característica propia, como una disciplina aplicada, con el objetivo de actuar, es decir, estudiar para comprender y transformar, como manifiestan Zamanillo y Gaitán (1991) la aprehensión intelectual de los problemas es una cuestión previa al modo de resolverlos.

No sólo nace sino que continúa siendo una disciplina aplicada, una de sus señas de identidad. Razón que la ha situado en un estatus de inferioridad por quienes se reservaron el monopolio del pensamiento y tenían reservas por intervenir en la realidad social como señala Miranda (2003) o en palabras de Colom *“sufrir el desprecio o descrédito de los que no son parte del fenómeno o se dedican a investigar materias inanimadas”* (Colom, 2008, pág. 37).

Ello junto a que las Ciencias Sociales para obtener el rango de ciencia, en su origen, siguieron el método y modelos de las Ciencias Naturales: obtención del conocimiento a través de lo objetivo, cuantitativo, experimental, observación, verificación y generación de leyes, dio lugar a su negación como ciencia. El Tra-

bajo Social no pudo ni puede seguir estos procesos y sus características dado que actuamos con las personas en su interacción con el medio: las situaciones son psicosociales con observación de su componente vivencial que en todo caso es subjetiva y su manifestación objetiva y, además, la realidad social está afectada en su contenido por los contextos por lo que se pueden dar analogías pero no identificaciones.

El Trabajo Social fija su atención en la interacción individuo-entorno, la persona en situación, por ello el Trabajo Social no sólo nace al mismo tiempo que las otras disciplinas sociales, sino también en relación con ellas.

“Todo campo disciplinar requiere de una reflexión permanente y de una producción de conocimiento que se satisface a través de la práctica sistemática de la tarea investigadora (...) las revisiones históricas han puesto de manifiesto lo imbricada que ha estado esta disciplina con la investigación social desde su origen” (Marco & Tomás, 2013, pág. 223).

Tres organizaciones internacionales nos representan, todas ellas creadas a partir de la I Conferencia Internacional de Trabajo Social celebrada en París en julio de 1928: Federación Internacional de Trabajadores Sociales (*International Federation of Social Workers*, IFSW en adelante), Asociación Internacional de Escuelas de Trabajo Social (*International Association of Schools of Social Work*, IASSW en adelante) y el Consejo Internacional de Bienestar Social (*International Council on Social Welfare*, ICSW en adelante). Cada una de ellas mantiene reuniones bianuales.

La IFSW es la sucesora del Secretariado Permanente Internacional de Trabajadores Sociales (*International Permanent Secretariat of Social Workers*), creado en 1928 por ocho países fundadores -Bélgica, Checoslovaquia, Francia, Alemania, Gran Bretaña, Suecia, Suiza y Estados Unidos-. Desapareció durante la II Guerra Mundial y fue reconstituida en 1956, con su nombre actual, durante la 8ª Conferencia Internacional de Trabajo Social celebrada en Munich. Tiene reconocido estatus consultivo en el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, en el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y en la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

La IASSW es la sucesora del Comité Internacional de Escuelas de Trabajo Social (*International Committee on Schools of Social Work*) cuya presidenta fue Alice Salomon de 1928 a 1946 y bajo su dirección se realizó la primera investigación sobre educación en Trabajo Social comparando treinta y dos países. Tras la II Guerra Mundial se produce un aumento mundial en la demanda de trabajadores

y trabajadoras sociales y así en 1948 se registran 359 escuelas en 41 países, siendo 20 años antes el número de escuelas identificadas 111. Tiene reconocido estatus consultivo en Naciones Unidas.

La IFSW y la IASSW elaboraron en 2004 las Normas Mundiales para la Educación en Trabajo Social y la Formación (*Global Standards for Social Work Education and Training*).

El ICSW, es el único organismo interdisciplinar, formado por organizaciones que buscan el avance del bienestar social, la justicia social y el desarrollo social. Tiene reconocido estatus consultivo en la Organización Internacional del Trabajo (OIT), Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización Mundial de la Salud (WHO).

Las tres organizaciones han elaborado la Agenda Global (2012-2016), *Trabajo social y desarrollo social: compromiso para la acción*, que aboga por un nuevo orden mundial basado en el respeto de los derechos humanos y en la dignidad y en una estructura diferente de relaciones humanas, reconociendo que las órdenes políticas, económicas, culturales y sociales del pasado y presente, determinadas en contextos específicos, tienen consecuencias desiguales para las comunidades mundiales, nacionales y locales, además de tener un impacto negativo en las personas.

La IFSW y la IASSW aprobaron la nueva definición internacional de Trabajo Social en reunión celebrada en Melbourne (Australia) en julio de 2014. Se presenta resumida y comentada:

El trabajo social es una profesión basada en la práctica y una disciplina académica que promueve el cambio y el desarrollo social, la cohesión social y el fortalecimiento y liberación de las personas. Los principios de justicia social, derechos humanos, responsabilidad colectiva y el respeto a la diversidad son fundamentales para el trabajo social. Respaldada por las teorías del trabajo social, las ciencias sociales, las humanidades y los conocimientos indígenas, el trabajo social involucra a las personas y las estructuras para hacer frente a desafíos de la vida y aumentar el bienestar.

- El Trabajo Social reconoce que las barreras estructurales contribuyen a la perpetuación de las desigualdades, la discriminación, la explotación y la opresión, tales como la raza, la clase, el idioma, el género, la religión, la discapacidad, la cultura y la orientación sexual.

- Sobre ellas hay que desarrollar una conciencia crítica y estrategias de acción que se dirijan a abordar tanto el origen, la estructura, como las consecuencias, personales.
 - Conocimiento: a través de los fundamentos teóricos e investigación.
 - Práctica: intervención en aquellos puntos donde las personas interactúan con su entorno, involucrando a personas y estructura.
- Sus principios son: el respeto por el valor intrínseco y la dignidad de los seres humanos, el respeto a la diversidad, defensa de los derechos humanos y la justicia social.

Antecedentes y orígenes del Trabajo Social: Inglaterra

Para contextualizar la aparición del trabajo social es necesario señalar los antecedentes inmediatos a la misma, por ello nos referimos al siglo XVI e Inglaterra cuando el rey Enrique VIII rompió con la iglesia católica y fundó la iglesia de Inglaterra, la iglesia anglicana, de la cual el rey fue designado como jefe supremo. El Estado asumió la caridad y la ayuda a los pobres que hasta ese momento había estado en manos de la iglesia católica. Para ello propuso un plan: realizar un registro con los pobres, destinar fondos privados para su ayuda y proporcionar empleo para los físicamente aptos.

Estos objetivos dieron lugar a un conjunto de políticas que fueron posteriormente formalizadas a través de leyes, las Leyes de Pobres (*The Poor Laws*), promulgadas desde finales del siglo XVI hasta el surgimiento del Estado de Bienestar.

La Ley de Pobres isabelina de 1601 marcará el reconocimiento de las obligaciones sociales y con fuerza legal que tiene el Estado respecto a los necesitados, es decir, estableció la primera base para la asistencia pública organizada a los pobres: definieron categorías de potenciales beneficiarios de la ayuda pública -vagabundos, desempleados involuntarios y desamparados-; las unidades administrativas para la ejecución de la ley -los distritos- a través de la recaudación de impuestos; la naturaleza de la ayuda dada -externa o interna-.

Esta Ley sufriría pocos cambios en los siguientes 250 años, hasta 1834 cuando el Parlamento aprobó una enmienda a la Ley dando lugar a la conocida como la Nueva Ley de Pobres (*New Poor Law*) resultado del aumento del descontento en los años 1800 con la Ley, dado que el Estado y las instituciones locales

parecían no ser la forma más efectiva y equitativa de tratar con los problemas de la pobreza y la dependencia. Así, la Nueva Ley de Pobres fue una reforma que transformó la naturaleza de la asistencia a los pobres en Inglaterra. Sus objetivos eran: reducir el coste del “cuidado” de los pobres, eliminar la mendicidad de las calles y trabajar como medio de mantenimiento, por ello se dirigía a disuadir a aquellos pobres que no querían trabajar y solicitaban ayuda mediante su ingreso en las “casas de trabajo” (*workhouses*), también conocidas como “prisiones de pobres”.

Esta Ley para la consecución de sus objetivos, como refiere Pierson (2012) introdujo amplias disposiciones basadas en los siguientes principios:

1. Cualquier ayuda dada a las personas indigentes debía estar por debajo del más bajo nivel de un trabajador -principio de “menos elegibilidad”- esto es, la vida de cualquier persona que recibiera ayuda debería ser menos satisfactoria que la del trabajador peor pagado. Este principio fue para crear un sentido de estigma social, el estigma del “pauperismo”: en una sociedad donde un gran porcentaje de personas son pobres, solamente los “pobres no merecedores” en relación a la ayuda pública, se convierten en objetos de pena ante ellos y ante los demás;
2. el nuevo sistema debería tener un fuerte elemento de disuasión para aquellas personas que piensan en vivir de la ayuda pública. La disuasión vino en forma de “casas de trabajo” donde el régimen era espartano: dieta basada en pan y gachas, alojamiento comunal y día ocupado en la realización de trabajos duros. Los “no merecedores” eran controlados estricta y punitivamente;
3. los distritos que habían sido designados anteriormente como unidades administrativas para la gestión de la ayuda serán eliminados y agrupados en las Uniones de Ley de Pobres bajo la supervisión de una junta.

Esta era la situación y el escenario al que se añaden los cambios en la sociedad británica a principios del siglo XIX como consecuencia de la Revolución Industrial -cambios tecnológicos, demográficos, sociales, económicos y urbanísticos- y el liberalismo económico y político con su máxima *no intervención estatal*.

Gran Bretaña fue quien recibió en primer lugar la industrialización y los problemas sociales asociados a ella. En este clima social surgen organizaciones voluntarias filantrópicas, sociedades, desarrolladas por la clase media y sustentadas en el

sentido de la responsabilidad personal y determinación para acabar con los problemas sociales existentes mediante reformas sociales.

Este movimiento de reforma compartía los principios de la Nueva Ley de Pobres: la pobreza se debe a la debilidad del carácter moral del individuo y su pérdida de responsabilidad. Quería eliminar el pauperismo y para ello era necesario evaluar el carácter de cada persona a través del contacto personal.

La proliferación de las sociedades filantrópicas y los individuos caritativos que prestaban asistencia al necesitado junto con la ayuda pública resultaron en una ayuda indiscriminada, basada en buenas intenciones y solapamiento de la asistencia lo que facilitaba el despilfarro de recursos económicos y el fraude.

En 1868, en Londres, Henry Solly propone la unión de distintas personas para formar una organización más rigurosa y científica que administrara la caridad, que garantizara la coordinación de la asistencia. Así nace en 1869 la Sociedad para la Organización de la Ayuda Caritativa y la Represión de la Mendicidad (*Society for the Organisation of Charitable Relief and Repressing Mendicity*) que en ese mismo año, con la participación de Eduard Denison y Octavia Hill, pasó a llamarse Sociedad de Organización de la Caridad (*Charity Organisation Society*, COS en adelante) con el objetivo ya indicado de racionalizar y coordinar la asistencia.

La COS no proporcionaba ayuda directamente sino que coordinaba a las organizaciones ya establecidas, derivaba a los solicitantes a las agencias apropiadas donde encontrarían la asistencia que ellos necesitaban y con todo ello se obtenía un registro central.

La primera COS se instala en Londres en 1869 expandiéndose posteriormente a todo el país. Se basaron en el modelo desarrollado por Thomas Chalmers, economista y predicador, y puesto en marcha cincuenta años antes, en los años 1820, en la ciudad de Glasgow para organizar la ayuda fruto de su descontento con los resultados obtenidos por la asistencia pública. Tras aprobación del Consejo de la Ciudad se estableció una nueva parroquia, St. Johns, a la cual se dividió en veinticinco distritos cada uno de los cuales supervisado por un diácono con formación del cual dependía el cuidado de aproximadamente cincuenta familias lo que suponían unas cuatrocientas personas. Los diáconos eran todos voluntarios y residentes en el distrito. Visitaban cada casa regularmente estableciendo una relación entre visitante y visitado y realizando una investigación de las circunstancias individuales de cada familia. A los necesitados en extrema pobreza primero se les ayudaba buscándoles empleo y revisando sus gastos, si estas medidas no resultaban posi-

tivas para la situación se acudía a familiares y vecinos a fin de conseguir pequeñas donaciones. Si todo ello fallaba entonces se realizaba una solicitud para obtener ayuda del distrito. El objetivo era desarrollar una cultura de vecindad que rechazara el pauperismo y ayudar a todas las personas en la localidad para evitar su estigma. Chalmers puso en marcha esta acción con resultados positivos sustentada en la idea de que la leyes de pobres pauperizaban a la población e infravaloraban los recursos propios de las personas, no sólo los internos -capacidades de la persona-, sino también los externos -familia y comunidad-.

Muy similar a este plan es el desarrollado en la ciudad de Elberfeld (Alemania) en 1852 siguiendo los trabajos previos que se habían ya realizado en otras ciudades -Munich y Hamburgo-.

Ya establecidas las COS su metodología de trabajo era: parcialización de los distritos, visita regular a las familias que solicitaban ayuda, establecimiento de relación, investigación de la familia con recogida de información y corrección de la debilidad moral más que ayuda material o económica externa. En palabras de Octavia Hill, miembro destacado de las COS británicas: *no limosna, sino amigo*.

“La acogida y repercusión de la COS en la sociedad inglesa, lo demuestra el que ya en 1891 se hubieran implantado en Inglaterra setenta y cinco sociedades de este tipo, nueve en Escocia y dos en Irlanda. Incluso se expande con gran éxito a Estados Unidos, ya que habiéndose organizado la primera COS en Buffalo en el año 1877, quince años después, es decir, en 1892, encontramos noventa y dos asociaciones distribuidas entre varias ciudades” (de la Red, 1993, pág. 51).

La COS es reconocida como la primera organización en usar el término *trabajo social* para describir la investigación y ayuda, guía y apoyo que las voluntarias proporcionaban a aquellos que consideraban merecedores de ayuda. Su uso iría en aumento desde los años 1890.

En los primeros años las personas encargadas del trabajo social eran las “visitadoras amistosas” (*friendly visitors*), mujeres todas ellas voluntarias, blancas, protestantes y de clase acomodada. El trabajo de las voluntarias era llevado a las Juntas del distrito donde se revisaba, analizaba y decidían las acciones a realizar. El personal de las Juntas de Distrito eran varones y remunerados. Las COS asumían que las personas de clase alta social y económica eran superiores moral, espiritual e intelectualmente por ello podían “corregir” a los necesitados. La solución a los problemas de la pobreza y la dependencia era proporcionar una visita cualificada, una acción amable que podría servir como ejemplo moral a los pobres.

El trabajo en las COS aumentaba cada día y no disponían de las suficientes voluntarias, por ello se decidió remunerar el trabajo de las mismas. En ese momento se configuró la profesional del trabajo social, la trabajadora social, aunque todavía no se hubiera dado la profesionalización del trabajo social.

En los años 1890 las COS empezaron a perder presencia en trabajo social por las críticas recibidas -la observación de los problemas en términos de conducta individual y actitud moral y, la atención era exclusivamente con individuos y sus familias-. El Movimiento de los Asentamientos Sociales (*Settlement House Movement*, SHM en adelante) se desarrolló en parte como reacción a las limitaciones de las COS. El SHM señalaba que la naturaleza y causas de la pobreza no estaban en el individuo sino procedían del medio en que vivían, en los factores estructurales, por lo que sus planteamientos se dirigían al trabajo con y en la comunidad.

El primer SHM se estableció en Londres en 1884 fundado por el matrimonio Barnett y llamado *Toynbee Hall*. Desde su inauguración hasta 1914, cuarenta y dos asentamientos fueron abiertos en Inglaterra y Escocia. Todos ellos ubicados en áreas urbanas deprimidas. El objetivo era que los estudiantes universitarios de Oxford y Cambridge vivieran con y entre la clase pobre. Al mismo tiempo que se proporcionaban servicios sociales y educativos, los estudiantes aprendían y entendían los problemas y fuentes de la pobreza, era la forma de conseguir de primera mano el conocimiento de los problemas. Eran centros de investigación-acción, un lugar donde se desarrollaban investigaciones sociales y debates políticos. Su trabajo se dirigía a la reforma social.

Como ya se ha indicado las COS llegaron a Estados Unidos (1877) si bien su sustento ideológico era distinto del anglosajón. Abandonaron el modelo explicativo de los problemas sociales y la ayuda, basados en la moral y en la religión para secularizarse y por tanto buscar las explicaciones y procesos metodológicos en las ciencias con el objetivo de lograr una mayor eficacia. Así se pasa de la voluntaria a la profesional. De la buena voluntad y sentido común por experiencia vital al rigor metodológico y el conocimiento científico. Como señaló una de las líderes de las COS americanas, Josephine Shaw Lowell, la caridad aleatoria debería ser evitada ya que contribuye a la dependencia.

El SHM también fue trasladado a Estados Unidos. Las sucesivas visitas de la norteamericana Jane Addams a Inglaterra para la observación directa y participación en *Toynbee Hall* derivó en la apertura, junto con Ellen Gates Starr, del primer *Settlement House* en la ciudad de Chicago en 1889 con el nombre de *Hull House*.

Si bien el origen del trabajo social se sitúa en Inglaterra gracias a las COS y al SHM, su desarrollo y consolidación como disciplina y profesión se forjó en Estados Unidos unido a dos mujeres, Mary Ellen Richmond y Laura Jane Addams, cada una de ellas representante de un movimiento.

La consolidación del Trabajo Social como disciplina y profesión: Estados Unidos

Es en Estados Unidos donde la caridad se convertirá en una actividad científica, donde se sustenta la construcción del Trabajo Social como disciplina y profesión en dos movimientos y dos pioneras: el SHM con Laura Jane Addams y las COS con Mary Ellen Richmond. *“Sintetizando mucho se podría decir que la institucionalización de la disciplina se hizo bajo la imagen simbólica de la cooperación de dos mujeres pioneras que representaban respectivamente a la sensibilidad psicológica y a la sensibilidad sociopolítica: Mary Richmond y Jane Addams”* (Álvarez-Uría & Parra, 2014, pág. 101).

Las dos figuras de referencia en Trabajo Social requieren de una presentación, aunque esta sea muy breve.

Mary Ellen Richmond (1861-1928). En 1889 ingresa como voluntaria en la COS de Baltimore, donde no sólo ejerce de tesorera sino también de “visitadora amistosa” en los domicilios que solicitaban ayuda. Su trabajo la llevó a publicar *Friendly visiting among the poor. A handbook for charity workers* (1889) considerada la primera contribución a una nueva profesión. En el mismo se señala el proceso de recogida de información y áreas a estudiar -historia social, física, laboral y financiera-. Asimismo señala la filosofía y dificultades de la “visita amigable”: la ayuda es un incentivo no la regla, excepto en situaciones de emergencia. Es más fácil y gratificante dar que encontrar otras formas de ayuda. No hay que promover/favorecer la dependencia de las personas a las instituciones. En esta idea encontramos lo que posteriormente desarrollará a lo largo de su vida y que se concreta en dos publicaciones referentes en Trabajo Social: *Social diagnosis* (1917) y *What is social casework?* (1922). En 1921, el Smith College le otorgó una licenciatura honorífica por haber establecido las bases científicas de una nueva profesión y disciplina.

Por su parte, Laura Jane Addams (1860-1935) fundó en 1889 la *Hull House* en Chicago, una de las primeras casas de acogida en Estados Unidos, en un vecin-

dario mayoritariamente inmigrante. Es una figura destacada en los movimientos de reforma social, sufragista, feminista y por la paz. En 1910 se convirtió en la primera mujer en serle concedido el doctorado honorífico por la Universidad de Yale. En 1931 recibe el Premio Nobel de la Paz, primera americana en lograrlo, en reconocimiento a su trabajo como pionera del Trabajo Social en América, como feminista e internacionalista.

Tanto la COS como el SHM pensaban que una situación, la pobreza, que afectaba a tantas personas no podía ser debido exclusivamente a factores individuales, por ello desarrollaron métodos de investigación que proporcionara evidencias para el cambio de orientación: la causalidad social.

Ambas, Addams y Richmond, diseñaron una disciplina científica aplicada, diferenciada de las influencias religiosas de las COS y SHM que llegaron de Europa. En sus inicios se pasó de la caridad a la “filantropía científica” superando la construcción “no científica” de los problemas -moral- a la construcción científica -estudio de la situación, obtención de información, comprobación de teorías, administración sistematizada y desarrollo de técnicas para lograr la eliminación o disminución de la severidad de la situación-. Acercamiento a los problemas sociales desde la ciencia: investigar para intervenir. Lejos de la buena voluntad, caridad o filantropía. Del uso de perspectivas moralistas y técnicas paternalistas como explicación e intervención sobre los problemas.

La formación estuvo vinculada a las COS y al SHM, a veces creando centros cada uno promovido y asociado a uno de los movimientos y otros conjuntamente. Se reconocía la necesidad de formación.

En 1895, Graham Taylor, fundador del *Settlement, Chicago Commons* inició una serie de encuentros donde se leían textos para su conocimiento y análisis. Dada la afluencia de personas y demanda, en 1903 Taylor, profesor de sociología crea el *Institute of Social Science and Arts* en la Universidad de Chicago, organizando un curso. En 1906 se convierte en el *Chicago Institute of Social Science*. Posteriormente, en 1908, pasó a ser la *Chicago School of Civics and Philanthropy*. En 1920 se fusionó con la *University of Chicago's Philanthropic Division* convirtiéndose en la *Chicago School of Social Service Administration*.

En la Conferencia Nacional de Caridades y Correcciones (*National Conference of Charities and Corrections*) celebrada en 1897, Mary Richmond reclamó por primera vez públicamente, la necesidad de la formación formal para las trabajadoras sociales proponiendo lo que ella denominaba “escuelas de fi-

lantropía aplicada”. Su idea fue ejecutada por la COS de Nueva York creando la *Summer School of Applied Philanthropy* con un programa que duraba seis semanas y dirigido a personas con experiencia como voluntarias. Ampliada la duración del curso a dos años pasa a ser *New York School of Philanthropy* nombrándose como director de la misma a Edward Devine que era a su vez Secretario General de la COS de Nueva York. Durante su mandato -de 1904 a 1907 y de 1912 a 1917- estableció una intensa relación con la Universidad de Columbia que prosperaría dando lugar a la hoy prestigiosa *Columbia School of Social Work*.

Otras escuelas en Estados Unidos siguieron estos pasos iniciales, entre ellas: *Smith College School of Social Work*, *Boston School for Social Workers*, *St. Louis School of Philanthropy* y *Pennsylvania School for Social Service*.

En 1919 se juntaron todos los centros donde se impartía formación en la Asociación Americana de Escuelas de Trabajo Social (*American Association of Schools of Social Work*). Había disparidad de contenidos y duración entre centros por lo que en 1930 se homogenizan los estudios. En 1952 se crea el Consejo de Educación en Trabajo Social (*Council on Social Work Education*) que es la entidad que homologa los programas de formación en Trabajo Social en Estados Unidos.

Richmond y Addams, se acercaron de forma independiente a los grandes pensadores de la Escuela de Sociología de Chicago, “*escuela de pensamiento pionera en las Ciencias Sociales*” (Miranda, 2007, pág. 9), fundamentalmente a John Dewey y el pragmatismo e interaccionismo simbólico. De esa relación, de influencia mutua nace el Trabajo Social como disciplina.

García (2010) ilustra la relación entre la *Hull House* y la Universidad de Chicago. Relación que surge como consecuencia de las decisiones adoptadas por el que fuera el primer presidente e impulsor de la Universidad de Chicago, William Rainey Harper en el periodo entre 1891 y 1906. Por una parte separar a las mujeres de los varones creando para las primeras en 1902 un *college junior*; por otra separar la sociología de las actividades de reforma. Como consecuencia se produjo una segregación sexual y disciplinar: la sociología teórica se masculiniza y la práctica desde los ámbitos de reforma se feminiza y desprestigia.

En 1903 se crea el Centro de Ciencia Social para la Formación Práctica en Filantropía y Trabajo Social (*Social Science Center for Practical Training in Philanthropy and Social Work*). En 1908 se adscribió a la Universidad de Chicago, la Escuela de Chicago de Civismo y Filantropía (*Chicago School of Civics and Philanthropy*),

con Jane Addams participando en su fundación, pasando a llamarse en 1920, Escuela de Administración de Servicio Social o Escuela de Trabajo Social (*School of Social Service Administration or School of Social Work*). Ello provocó el distanciamiento entre las mujeres reformadoras y los varones académicos dando lugar a una asociación entre mujeres que sería la Escuela de Chicago de Mujeres en Sociología cuyas investigaciones dieron lugar a reformas legislativas en ámbitos de la reforma social.

La *Hull House*, con Jane Addams, unía lo que la universidad separaba: mujeres y varones en equipos multidisciplinares para aunar la ciencia y la reforma. Se convirtió en un centro de investigación y reforma. Se aplicaba el conocimiento de las Ciencias Sociales para transformar la sociedad. Era un “laboratorio social” para las mujeres que habían sido apartadas o se encontraban en posiciones académicas marginales. Los estatutos de la *Hull House* ya recogían este sentir: ofrecer un centro para una mayor vida cívica y social, instituir y mantener centros educativos y filantrópicos e investigar y mejorar las condiciones de los distritos industriales de Chicago. La *Hull House* fue un proyecto dirigido a la mujer, la gran excluida en ese momento histórico, por su doble invisibilidad, por razón de género y de estatus social, por todo ello la defensa de sus derechos cívicos y sociales.

Richmond y Addams compartían la misma idea: los problemas sociales tienen su causalidad en el individuo y la estructura, en el mundo interno y externo, por tanto la intervención debe darse en ambos sentidos, atención individualizada y reforma social, en lo micro y macro social. La gran diferencia entre ellas y de los movimientos que lideraban fue el posicionamiento que adoptaron. Mientras Richmond y las COS lo hicieron en la función, atención directa individualizada, *social casework* -(re)establecer la función social de la persona-. Addams y el SHM en la causa, en la reforma social.

El debate tiene sus orígenes en la Era Progresiva (1896-1914) y en la respuesta a quienes se hallaban en situación de necesidad, especialmente en la pobreza. Tanto la COS como el SHM entendían la atención individual y la reforma social como elementos fundamentales y su diferencia se encontraba en los medios para conseguirlo. La COS enfatizó el individuo como centro de atención de la intervención; la pobreza sólo podría “curarse” mediante la rehabilitación personal del pobre y como resultado de la mejora de la vida de los individuos, persona por persona, tal como señalaba Richmond, se lograría la reforma social (McLaughlin, 2002). El SHM atendía las necesidades de los individuos y al tiempo se dirigía a las causas sociales subyacentes de la pobreza; así reflejaba la doble responsabilidad del servicio social y la reforma social (Koerin, 2003).

Aunque diferenciados en ideologías, la COS y el SHM se encontraban muy cerca dado su compromiso con la filantropía científica. Por este motivo se agruparon con otras organizaciones y agencias en la Conferencia Nacional de Caridades y Correcciones (*National Conference of Charities and Corrections*, NCCC en adelante) la cual llegaría a ser la Conferencia Nacional de Bienestar Social (*National Conference of Social Welfare*). Addams llegó a ser la primera mujer presidenta de la NCCC.

Las COS y el SHM tenían publicaciones independientes. Las COS de Nueva York publicaban "*Charities Review*" con fines educativos y de concienciación social. El SHM "*The Commons*" donde divulgaban la filosofía y acciones del movimiento. Pero en 1897 se unieron dando lugar a "*Charities and The Commons*" pasando en 1901 a llamarse "*Survey*" hasta su desaparición en 1952.

Trabajo Social en España

"En España, a partir del siglo XIX podemos decir que el Estado comienza a regular aspectos relacionados con la pobreza, la caridad o la ayuda. Las medidas legislativas adoptadas, de marcado carácter benéfico, significaron el reconocimiento por parte del Estado de la existencia de un problema social así como la necesidad de intervenir" (Morales, 2010, pág. 96).

Como referencia a ello citaremos la Ley de 6 de febrero 1822, de Municipalización de la Beneficencia que representa el paso de la gestión de la misma a la Administración, dejando a quienes se encargaban anteriormente de ella, Iglesia y particulares, sólo como fuentes de financiación.

Esta Ley, que sirvió además de referencia para las legislaciones posteriores no llegó a hacerse efectiva completamente. Su periodo de vigencia fue de 1822 a 1823 y de 1836 a 1849. Otorgó un papel decisivo a los municipios y ordenó los establecimientos de Beneficencia en el territorio español.

Durante el reinado de Isabel II, se dicta la Ley General de Beneficencia Social de 1849 que ha estado vigente hasta su derogación en 1992. Señala la Beneficencia como servicio público, primera ley en el Estado Español que regula la asistencia social pública, y distribuye la responsabilidad pública en los distintos niveles de la Administración -Central, Provincial y Municipal- asignando a cada una de ellas los distintos tipos de establecimientos aumentando el poder de las diputaciones.

Así, la Administración Central se encargaría de los establecimientos de mayor nivel de especialización y de la tutela de la beneficencia privada; la Administración Provincial de los servicios residenciales sociales y sanitarios y la Administración Municipal de la asistencia domiciliaria y sería la puerta de acceso a los servicios de las otras dos administraciones. Esta Ley se reorientó parcialmente a partir de la Guerra Civil.

Es de destacar la creación de la Comisión de Reformas Sociales por Real Decreto de 5 de diciembre de 1883 para estudiar “todas las cuestiones que afectasen a la mejora o el bienestar de la clase obrera y las cuestiones que afectan a las relaciones del capital y del trabajo”. Se recogió la información que determinaban los problemas sociales mediante la administración oral de un cuestionario con 232 preguntas. El Ministro de Gobernación, Segismundo Moret, expuso al rey Alfonso XII las conclusiones, es decir, las causas que fundamentaba la intervención pública en los problemas sociales. Lo significativo de esta Comisión, como señala Molina (1994), es que aparece por primera vez la denominación de trabajo social como campo de investigación y análisis de los problemas sociales y la figura del trabajador social como “mediador” entre el Estado y los sectores necesitados.

En 1903 la citada Comisión pasaría a llamarse, Instituto de Reformas Sociales creado por Real Decreto de 3 de abril. Sus fines eran: preparar la legislación del trabajo, cuidar de su ejecución y favorecer la acción social y gubernativa, en beneficio de la mejora o bienestar de las clases obreras.

El Trabajo Social en España tuvo una incorporación más lenta que en otros países de nuestro entorno debido a las peculiares circunstancias históricas y económicas, como manifiesta Navarro (1998). Si bien hubo momentos de mayor cercanía con el desarrollo y expansión en otros países, la Guerra Civil supuso un gran distanciamiento y retroceso. *“El Trabajo Social profesional que inicia su andadura en el periodo de la II República, ha de cesar sus funciones y actividades por causa de la Guerra Civil”* (Molina, 1994, pág. 49). En este sentido, Rubí (1991) señala la etapa que transcurre entre los años 1936 a 1939 como de incipiente, dirigido a paliar las consecuencias de la guerra donde el rol profesional es puramente asistencialista guiado por el carácter paternalista y benefico-asistencial de la “ayuda” social.

A la finalización de la Guerra Civil, *“la instauración del régimen dictatorial, junto a la supresión de las libertades políticas, sindicales, religiosas o civiles, enmarcó la actuación profesional (...) asistencia graciable y discrecional dirigida a paliar la pobreza”* (Rubí, 1991, pág. 63). Son dos las instituciones que se van a encargar

de la acción social: la Iglesia Católica y la Falange. Todo ello supuso una ruptura en la evolución que se había llevado en España de la caridad a la asistencia pública y en un alejamiento del Estado de Bienestar que en esos momentos se estaba asentando en Europa.

Durante la Guerra Civil, en octubre de 1936 se crea el Auxilio de Invierno convirtiéndose posteriormente en el Auxilio Social, realizando funciones benéficas y político-sociales. Seguirá un modelo de socorro social, medidas asistenciales colectivas y no atención individual, abarcando la asistencia pública y privada.

Dada la amplitud del trabajo y la falta de mujeres para realizarlo, la fundadora del mismo, Mercedes Sanz Bachiller propone el Servicio Social de la Mujer creado por Decreto 378 de 7 de octubre de 1937, de cumplimiento para todas las mujeres solteras en una edad comprendida entre 17 y 35 años, con una duración de seis meses divididos en dos periodos de tres meses cada uno con el fin de “aplicar las aptitudes femeninas en alivio de los dolores producidos por la presente lucha y de las angustias sociales de la postguerra”. Su cumplimiento se consideró un “deber nacional” por lo que se confiaba en la mujer. Los centros del Auxilio Social eran los lugares “propicios” según el Estado para el cumplimiento del Servicio Social de la Mujer. Por Decreto de 28 de diciembre de 1939, Franco reorganizó la Sección Femenina adscribiendo a la misma el Servicio Social de la Mujer y el Auxilio Social.

Una disposición del Ministerio de Educación Nacional de 20 de diciembre de 1940 establece la obligatoriedad del cumplimiento del Servicio Social para poder trabajar la mujer. Con anterioridad era exigido en caso de que la mujer fuera a ocupar funciones públicas, una plaza en la administración o la obtención de un título profesional.

El Servicio Social de la Mujer aportaba mano de obra gratis al mismo tiempo que alejaba a la mujer de su incorporación al trabajo.

De 1939 a 1959 la acción benéfica del Estado se centraliza en el Ministerio de la Gobernación a través de la Dirección General de Beneficencia y Obras Sociales, el Fondo de Protección Benéfico-Social y el Auxilio Social. Si bien se cuentan con profesionales cualificados se continúa con enfoques paternalistas benéfico-asistenciales.

En el posterior periodo franquista, de 1960 a 1975, en España se producen cambios -la economía española se abre al exterior, llega el turismo, la inversión extranjera, la industrialización, la concentración en las ciudades, ...- y ello tam-

bién supone una ampliación de la protección social. Por una parte, por Ley de 21 de julio de 1960 se crean los Fondos Nacionales, entre los que se encuentra el Fondo Nacional de Asistencia Social (FONAS) dando protección, sólo prestaciones económicas, a las personas que no tenían Seguridad Social. Por otra parte, la Ley sobre Bases de la Seguridad Social de 1963 señala la prestación básica y la prestación complementaria dentro de la cual sitúa a los Servicios Sociales -primera vez que aparece este término en la legislación española- o Asistencia Social.

Desde la II República empieza en España la formación de las profesionales. La primera escuela se funda en Barcelona en 1932, Escuela Católica de Enseñanza Social, para profesionalizar la asistencia caritativa. En esa fecha ya había escuelas de formación en Europa -Holanda, Suiza, Alemania, Inglaterra, Francia, Bélgica, Suecia, Austria-, Estados Unidos, Canadá, Chile, Uruguay y Japón.

Acabada la Guerra Civil la formación queda en manos de las dos instituciones encargadas de dar la atención social, la Iglesia y la Sección Femenina. *“En 1964 se contabilizaban veintisiete escuelas de Asistencia Social de la Iglesia y cinco de la Sección Femenina”* (Navarro, 1998, pág. 77).

En Madrid, a instancias del Consejo Superior de las Mujeres de Acción Católica se crea en 1939 bajo la dirección de la congregación religiosa “Hijas del Corazón de María”, por su experiencia en la gestión de otras escuelas en Europa, la Escuela de Formación Social y Familiar en Madrid. En 1957 la congregación Hijas de la Caridad crea la Escuela de Asistentes Sociales “San Vicente de Paúl” para la formación de las hermanas de la congregación. Años después ampliarían la oferta a las personas seculares diferenciándose los centros.

La formación ya estaba establecida y se reclama, por parte de las instituciones que la impartían, el reconocimiento oficial de los estudios, centros y profesión de asistente social por parte de la Administración. Las escuelas de formación que dependían de la Iglesia se agruparon en un organismo coordinador, la Federación Española de Escuelas de la Iglesia de Servicios Sociales (FEEISS). La Sección Femenina también participó en el proceso. El Ministerio de Educación Nacional, escuchada las partes, accedió a estudiar la propuesta y para ello creó una Junta que concluyó con el Decreto de 30 de abril de 1964 sobre reglamentación de las Escuelas para la formación de Asistentes Sociales, justificado en “la inserción de los individuos en la sociedad da lugar con frecuencia a estados de inadaptación, provocados unas veces por circunstancias particulares del sujeto (instrucción deficiente, enfermedad, hábitos antisociales, emigración a un medio extraño)

y consecutivos en otros casos a la especial complejidad de la vida social en sí misma y al ritmo de su evolución (...) han ido perfilando en las modernas sociedades una forma específica de `asistencia social` (...). Por lo que a España se refiere, la actividad de los asistentes sociales es constatable por lo menos desde 1932, año de creación en Barcelona de la Escuela Católica de Enseñanza Social. Desde entonces, la meritoria y eficaz labor de las Escuelas de Asistentes Sociales existe y, por modo singular, las de la Iglesia y de la Sección Femenina de FET y JONS, ha cristalizado en una realidad que permite y exige la promulgación por el Estado de normas que regulen la formación académica de los asistentes sociales y establezcan los requisitos para la obtención del título oficial que habilita para el ejercicio profesional de esta actividad”.

El Decreto determina que las escuelas pueden ser oficiales -las creadas y regidas por el Estado- y no oficiales -creadas por la Iglesia, el Movimiento y Corporaciones o Entidades particulares-; que los estudios no tendrán una duración inferior a tres años con enseñanzas teóricas y formación práctica; el acceso a los estudios requiere estar en posesión del título de Bachiller Superior y que para la obtención del título expedido por el Ministerio de Educación Nacional se tendrá que realizar una prueba ante un Tribunal.

En 1967 se crea en Madrid la primera Escuela Oficial de Asistentes Sociales por Decreto 986/1967, de 20 de abril. Ese mismo año se funda la Federación Española de Asistentes Sociales (FEDASS) que con el trabajo realizado pusieron la base sobre la que construir el Trabajo Social y con ingreso en la FIT en 1970. En 1968, en Barcelona, se celebra el I Congreso Estatal de Asistentes Sociales.

En 1975, al morir Franco, comienza la construcción de la Democracia y dentro de ella el desarrollo y expansión del Trabajo Social. Nos llegó el legado de Estados Unidos, fundamentalmente a través de los libros traducidos en Latinoamérica. Las profesionales tuvieron un papel importante en la definición y ejecución de las leyes autonómicas de servicios sociales las cuales se crearon sustituyendo la graciabilidad y discrecionalidad por conceptos como responsabilidad pública, universalidad, derecho, igualdad y descentralización entre otros. Se elabora el marco organizativo de la profesión, el Sistema Público de Servicios Sociales.

En 1977 se crea el Cuerpo Nacional de Asistentes Sociales lo cual supone un reconocimiento de la profesión por parte de la Administración. Ese mismo año Suárez publica el Decreto Ley de 1 de abril, por el que desaparece el Movimiento y con él la Sección Femenina. Al año siguiente, en 1978, se deroga el Servicio Social de la Mujer.

En 1981, el Real Decreto 1850, de 20 de agosto, del Ministerio de Educación y Ciencia incorpora a la Universidad los estudios de asistentes sociales a través de las Escuelas Universitarias de Trabajo Social. El Real Decreto 1850, de 22 de junio de 1983 desarrolla el anterior. Así la antigua Escuela Oficial de Asistentes Sociales de Madrid creada en 1967 se convierte en la Escuela Universitaria de Trabajo Social de la Universidad Complutense de Madrid saliendo su primera promoción de Diplomadas y Diplomados en Trabajo Social en el curso académico 1985-1986. Su ubicación definitiva fue en el año 1986 en el edificio interfacultativo del Campus de Somosaguas. En 1990 se crea el Área de Conocimiento específica de Trabajo Social y Servicios Sociales por la Comisión Académica del Consejo de Universidades. En 1991 se crea el Departamento de Trabajo Social y Servicios Sociales.

En 1996 se celebra el I Congreso de Escuelas Universitarias de Trabajo Social.

Este gran paso había sido un requerimiento constante por las y los profesionales sustentado en el progreso y madurez del Trabajo Social. Pero seguimos avanzando y la disciplina y profesión requiere un paso más. Hay un gran movimiento profesional defendido y avalado por los Colegios Profesionales y el Consejo General, creados en 1982, que reclama la inclusión de los estudios como “licenciatura” no sólo por la ampliación de los estudios de tres a cinco años, sino por la posibilidad de realizar doctorado en la disciplina, como en otros países. Este movimiento actuó bajo el lema de “Trabajo Social, licenciatura ya”. Esto se consumó no por atención a la petición sino por la reestructuración de los estudios universitarios dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), así el 30 de octubre de 2009, el Consejo de Ministros reconoce el carácter oficial del título de Grado en Trabajo Social. Por Orden 11377/2012, de 16 de octubre de la Consejería de Educación, Juventud y Deporte de la Comunidad de Madrid, se crea la Facultad de Trabajo Social.

Si bien nos incorporamos con mucho retraso respecto a otros países al Trabajo Social por el contexto económico-político, se debe señalar que a partir de la Democracia no hemos hecho más que crecer, no sólo hemos conseguido igualarnos, sino superar a aquellos países en los que se habían puesto los ojos por sus logros. Para nosotros fue el gran reto. Disciplina y profesión en España que ahora es el gran logro para los otros.

“Las trabajadoras sociales han contribuido a la construcción de los pilares de la protección social y en especial al sistema público de Servicios Sociales en su proceso histórico de defensa de los derechos de la ciudadanía. En la actualidad,

ejercen en los distintos niveles de la Administración en todo el territorio, es decir, en instituciones estatales, autonómicas y municipales de los distintos sistemas de protección social como la educación, sanidad, penitenciarias, vivienda, justicia, ocio y tiempo libre, urbanismo y servicios sociales, sean de gestión pública, ámbito concertado con el tercer sector o empresas, gestión privada o practiquen el ejercicio libre de la profesión” (Pastor & Martínez-Román, 2014, pág. 19).

Reflexiones

Se ha señalado la división de los movimientos, COS y SHM, y de sus líderes, Richmond y Addams, en la construcción de la disciplina y profesión con respecto a la causa de “una situación social” y, por tanto, la solución. Así se ha diferenciado entre la atención directa o “función” y la reforma social o “causa”.

Desde finales del siglo XIX se asienta la división entre estos dos objetivos y funciones que, lejos de ser excluyentes, son dependientes y dinámicos. Los dos enmarcan y resaltan la fuerza del Trabajo Social: se debe ayudar a los individuos eliminando o mejorando su situación a la vez que la defensa de políticas de bienestar social más expansivas para lograr la justicia social (Haynes, 1998).

En la visualización de estos objetivos complementarios se suele aludir a la “Parábola del río” (*“Parable of river”*), también conocida como la “Parábola de la cascada” (*“Parable of waterfalls”*) atribuida al antropólogo Saul Alinsky (Cohen, 1985). En su versión un pescador está rescatando personas que se ahogan en un río. En un momento dado el pescador deja el siguiente cuerpo flotar mientras se pone en marcha aguas arriba “para saber quién demonios está empujando a estas personas pobres al agua”.

Según Cohen, Alinsky emplea esta historia para indicar una cuestión ética: mientras el pescador estaba tan ocupado corriendo por la orilla para encontrar la fuente última del problema aparece el dilema de: “¿quién iba a ayudar a los pobres infelices que continuaban flotando por el río?”. Tal dilema ilustra muy bien las interconexiones entre las soluciones inmediatas y las causas generalizadas. Cohen sugiere que la respuesta estriba en que quienes ayudan a las que están en peligro de ahogarse no deben ser los mismos que quienes corren aguas arriba para averiguar sus causas. Sin embargo en algún lugar del trayecto *debería* existir un intercambio de ideas. En este mismo sentido se apuesta por la consecución de la función -sacar los cuerpos del río- y la causa -correr aguas

arriba para descubrir la etiología- así como la necesidad de una especialización diferenciada que se retroalimente.

Los y las profesionales en atención directa están “inundados” e “inundadas” por la “presión asistencial”, la tramitación burocrática y la respuesta y soluciones inmediatas que les limita la posibilidad de destinar tiempo y esfuerzo al descubrimiento de las causas o a la elaboración de propuestas dirigidas a diseñar o mejorar políticas sociales. Pero al tiempo poseen las vivencias de las personas por lo que una acción coordinada con quienes se dedican a la planificación puede dar como resultado el descenso de la incidencia, prevalencia y severidad de la vivencia individual. Ello permitiría la puesta en marcha de medidas dirigidas a las causas estructurales. Es necesario identificar y abordar las causas de los problemas compartidos que no son más que resultado de la opresión social.

Los acontecimientos sucedidos en Estados Unidos en la I Guerra Mundial dividieron la profesión con una amplia inclinación hacia la atención individualizada. Sucedieron tres hechos: el cambio de “tipología” de las personas que solicitaban ayuda a las trabajadoras sociales, ya no eran clases bajas y pobres, sino que llegaban clases medias y altas con necesidad de atención a problemas psicológicos; la solicitud de colaboración de las trabajadoras sociales con los psiquiatras para atender los casos que les llegaban y la entrada del psicoanálisis de Freud como sustento teórico y práctico. Estos tres hechos, conjugados, favorecieron que en los años 1920-1930 se inclinara la balanza absolutamente hacia la individualización abandonando la lucha por la reforma social. Tan exagerado fue que Kathleen Woodroffe en 1962 ya lo denominó el “diluvio psiquiátrico” (*psychiatric deluge*) aunque yo prefiero llamarlo “el diluvio psicoanalista”. Se cambió el lenguaje por paciente, trastorno, terapia, inconsciente, intrapsíquico, ... la intervención se psicologiza y como consecuencia pierde posición lo social. Este psicologismo marca el momento de eliminación de la causa por la función y olvida que las soluciones efectivas requieren de las dos (Whittaker, 2009). Este periodo se inicia en los años veinte en los que se enfatizan los procesos intrapsíquicos. La mayoría de profesionales de nuestra disciplina cambian el foco de intervención de la “reforma” a la “terapia” durante las siguientes tres décadas.

En los años sesenta se produce otro desplazamiento en la profesión para volver a la reforma. Tal movimiento obedece a la incorporación de teorías sociológicas para el análisis de los problemas desde sus raíces sociales. Tras este periodo vendría finalmente el de integración donde se reconoce la necesidad y utilidad de ambas disciplinas -Psicología y Sociología- en el Trabajo Social. Una articulación correcta de un problema y de sus posibles alternativas requiere del análisis

estructural y personal, sin embargo hay una tendencia a culpar a la víctima más que a culpar al sistema (Ryan, 1976).

Es claro que se debe reconocer la base estructural de los problemas individuales ya que *existe una interacción de la persona y la sociedad, de la biografía y de la historia, del yo y del mundo* (Mills, 1961, pág. 23). En este sentido Buchbinder, Eisikovits y Karmieli-Miller (2004) señalan que separar al individuo de la sociedad es una falsa dicotomía que intenta entender las experiencias privadas fuera del contexto social, cultural y político, y su significado. Centrarse sólo en el individuo es pensar que en él está la causa y la solución. El movimiento sería de la causa a la función.

La reforma social requiere fondos económicos destinados a la investigación y decisión política para implementar políticas sociales que den respuesta a los hallazgos. Ehrenreich (1985) identifica los elementos esenciales del debate causa-función: la intervención individualizada tiene un impacto más rápido, menos costes y resultados más predictibles que la reforma social. A ellos yo añado el “problema de la política”, es decir, la respuesta gubernamental en forma de políticas sociales sobre qué cuestiones públicas y en qué sentido. La ideología marca las respuestas.

Siguiendo a Bacchi (2012), las políticas y propuestas políticas contienen representaciones implícitas de lo que se considera el “problema” (“representaciones del problema”). La política no es el mejor esfuerzo del gobierno para resolver “problemas”; más bien, las políticas producen “problemas” con significados particulares que afectan a lo que se hace y no se hace. La política pública -la solución dada por el gobierno- responde a una particular “representación” de cuál sea el problema delimitando por tanto a la propia solución encontrada. Hay que prestar atención, reconocer las formas de conocimiento que apuntalan las políticas públicas. Se gobierna no a través de políticas sino a través de las representaciones de los problemas -cómo los “problemas” son construidos-. Ello lo refleja Pelegrí cuando manifiesta que “(...) *el profesional del trabajo social convive cotidianamente con experiencias de injusticia que van íntimamente ligadas con las estructuras de poder y ante las cuales no encuentra vías de solución efectivas, aún en el marco de un estado social y de cierta política de bienestar social*” (2004, pág. 22).

Haynes (1998) manifiesta que ha habido una actitud apolítica en la profesión. Un silencio de la profesión en la arena política y un alejamiento de sus raíces históricas y compromiso de servicio público.

Se ha producido una identificación de las y los profesionales con la atención directa, fundamentalmente dada desde los distintos niveles de la administración, enmarcada en las políticas sociales de cada momento y ajustada a la normativa. Así nos hemos encontrado en una respuesta institucionalizada y de control social o al menos de contención social burocratizada. Se han confundido y por tanto asimilado los Servicios Sociales con el Trabajo Social y esto se sustenta en graves errores.

El primero es reducir los ámbitos de actuación profesional a uno, los Servicios Sociales -atención directa y administración de recursos-. Así se eliminan el resto de ámbitos y niveles de atención, roles y objetivos profesionales. Se confunde la atención psicosocial planificada con la gestión de recursos externos a la persona.

Segundo, se identifica un sistema de bienestar social, los Servicios Sociales -llamado también sexto sistema de protección social junto a vivienda, educación, sanidad, empleo y seguridad social- con una disciplina y profesión, el Trabajo Social. En una gran síntesis extraída de Ariño (1996), el Sistema de Servicios Sociales es una estructura administrativa y burocrática del Estado que se dirige a corregir los defectos del sistema a través de los recursos destinados a unas necesidades preestablecidas y que mantiene a amplios sectores de población en una situación de dependencia e inferioridad. El Trabajo Social es una disciplina y profesión que se dirige a evitar la injusticia social luchando contra la exclusión, la marginación así como las situaciones que la provocan.

Tercero, y como consecuencia de los anteriores, se ha considerado el objeto del Trabajo Social como el binomio necesidad-recurso. Así, desde el Sistema de Servicios Sociales se delimita la atención lo asistencial y ello ha provocado una clasificación de problemas -necesidades- y unos procedimientos administrativos -recursos-. Ello se traduce en *“una gestión administrativa de problemas”* (Barbero, 2002, pág. 95).

Si los recursos materiales externos a la persona es la respuesta dirigida a todas las situaciones ¿dónde queda el respeto a la persona sino es a través de la individuación? ¿y la autodeterminación de la persona? ¿y la vivencia que es subjetiva? ¿y la reforma social? ¿y el conocimiento profesional?

El recurso externo a la persona es el instrumento que en algunas ocasiones se necesita, pero no en todas, para ayudar en la consecución de los objetivos consensuados entre profesional y la persona que solicita de nuestros servicios. Por

ello como señala Xavier Pelegrí, el Trabajo Social y los Servicios Sociales son una complementariedad diferenciada.

Las y los profesionales no trabajamos con problemas sino con personas que en un momento dado de sus vidas se encuentran en una situación que les está afectando y que no pueden resolver -superar o minimizar- por ellas mismas con sus capacidades y estrategias habituales -cognitivas, materiales, afectivas, físicas-. Esas situaciones tienen causa(s) y consecuencia(s) psicosociales sobre las personas y pueden ser de naturaleza material o inmaterial estando en la estructura social los factores predisponentes o determinantes. Así la investigación de la situación de “esa” persona para el diseño de una intervención planificada y del sumatorio de “elementos comunes” de situaciones para la propuesta de políticas sociales, lo que hoy se llama política social basada en la evidencia, es nuclear en nuestra disciplina y profesión. *“El Trabajo Social es una disciplina aplicada y como tal su principal fuente de conocimiento es el saber empírico que una vez sistematizado se transforma en conocimientos teóricos, metodológicos y técnicos”* (Berasaluze, 2009, pág. 137).

A día de hoy, en España, el Trabajo Social sigue con escaso reconocimiento social, desconocido y mal nombrado por la mayoría de la POBLACIÓN -se usa mayúsculas para designar al conjunto-. Pero ¡¡¡atención!!! Qué no necesitemos al profesional, que entonces lo busquemos y si además se satisfacen “nuestros” objetivos nos convertimos en la profesión IDENTIFICADA, RECONOCIDA Y BIEN NOMBRADA.

Cuando me preguntan, y es habitual, que a cuántos “drogodependientes” o “prostitutas” he sacado, no necesito tener acceso a un recurso electrónico para buscar en mis bases de datos de EXCEL o SPSS. La respuesta siempre va conmigo, ninguno y ninguna. Han sido ellas y ellos quienes una vez reconocida la situación han tenido la motivación y han realizado el esfuerzo para conseguir “su” meta, eliminar la situación o reducir riesgos y daños. Yo como profesional he puesto a su disposición mi conocimiento, habilidades y destrezas. Hemos recorrido un camino distinto. Hemos tenido inquietudes, sentimientos y dificultades diferenciadas. Hemos aprendido. Pero juntos.

Agradezco al Trabajo Social la oportunidad de conocer la “otra” parte de la vida. Lo que nos rodea pero que no queremos o podemos ver, que no por ello inexistente.

Antes de terminar y hecho con el fin de que sea lo último que se quede en el pensamiento quiero reflexionar sobre la feminización del Trabajo Social muy bre-

vemente, no por menos importante sino porque todo queda dicho enmarcando su etiología: el patriarcado.

Como señala Vázquez (1998), el papel de la mujer en el siglo XIX es importante para conocer el contexto en el que nace el Trabajo Social: su rol en la sociedad, la distribución de poderes, los espacios propios de los dos sexos configuraron una presencia de la mujer en la sociedad subsidiaria del varón, expulsada de la vida pública y cuya importancia no es valorada.

La mujer relegada del espacio público encuentra un espacio a través de la “ayuda”. Espacio otorgado por los varones como prolongación de los roles que ejecutan en el ámbito doméstico: el cuidado.

Ante esta situación se pueden señalar dos reacciones de las propias mujeres. Una es el acometer las acciones designadas para ellas con el mismo sometimiento que en el ámbito privado. La otra, aprovechar la situación, saliendo al espacio público para reivindicar su conocimiento y formación. Gracias a las dos partes se construye el Trabajo Social.

No podemos olvidar que las primeras trabajadoras sociales eran consideradas lo que hoy llamamos “políticamente incorrectas”, al defender “batallas” políticas no asignadas a mujeres ni a la época. Fueron líderes de causas no reconocidas: a favor de la paz, por el sufragismo, por los derechos civiles de las mujeres, contra el racismo.

Fueron desplazadas de los puestos de responsabilidad, de toma de decisiones, de la política y de la academia. Y además, subordinadas a estos. Pero siguieron trabajando y sobre todo, demostrando. ¿Y esto no es la situación actual? El Trabajo Social también se inserta en la división sexual del trabajo.

Hoy, al igual que ayer, es una de las razones, si bien encubierta, para poner al Trabajo Social en una posición de inferioridad, como disciplina y profesión.

Esta ha sido mi presentación del Trabajo Social a la luz de la historia. Como señalaba al principio marcado por personas, movimientos y hechos. Y mi representación de la Facultad de Trabajo Social. De mi disciplina y profesión. Disciplina con entidad propia y diferenciada. Con orgullo señalo, sí, soy Doctora en Trabajo Social.

Muchas gracias.

Bibliografía

Álvarez-Uría, F. & Parra, P. (2014). The bitter cry: Materiales para una genealogía de la identidad profesional de las pioneras del Trabajo Social en Inglaterra y los Estados Unidos. *Cuadernos de Trabajo Social*, 27(1), 93-102.

Ariño, M. (1996). El Trabajo Social y los Servicios Sociales. En C. Alemán & J. Garcés, *Administración social: servicios de bienestar social* (págs. 19-28). Madrid: Siglo XXI.

Austin, D. (September de 1983). The Flexner myth and the history of social work. *Social Service Review*(3), 357-377.

Barbero, J. (2002). *El Trabajo Social en España*. Zaragoza: Mira.

Berasaluze, A. (Diciembre de 2009). El devenir del Trabajo Social en clave de género. *ZERBITZUAN*(46), 133-138.

Buchbinder, E.; Eisikovits, Z. & Karmieli-Miller, O. (December de 2004). Social worker's perceptions of the balance between the psychological and the social. *Social Service Review*, 78(4), 531-552.

Cohen, S. (1985). *Vision of Social Control: Crime, Punishment and Clasification*. UK: Polity Press.

Colom, D. (Diciembre de 2008). El trabajo social en el siglo XXI: Una profesión al servicio de las personas. *Revista de Trabajo Social (RTS)*, 35-48.

de la Red, N. (1993). *Aproximaciones al trabajo social*. Madrid: Consejo General de Colegios Oficiales de Diplomados en Trabajo Social y Asistentes Sociales.

Devine, E. (1915). Education for Social Work. *Proceedings of National Conference of Charities and Corrections* (págs. 606-610). Chicago: The Hildmann Printing Company.

Ehrenreich, J. (1985). *The altruistic imagination: A history os social work and social policy in the US*. New York: Cornell University Press. Ithaca.

Flexner, A. (March de 2001). Is a social work a profession? *Research on Social Work Practice*(11), 152-165.

Franklin, D. (December de 1986). Mary Richmond and Jane Addams: From moral certainty to rational inquiry in social work practice. *Social Service Review*, 60(4), 504-525.

García, S. (2010). La historia olvidada de las mujeres de la Escuela de Chicago. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas (Reis)*(131), 11-41.

Haynes, K. (November de 1998). The one hundred-year debate: Social reform versus individual treatment. *Social Work*, 43(6), 501-509.

Koerin, B. (2003). The settlement house tradition: Currente trends and future concerns. *Journal of Sociology and Social Welfare*(30), 53-68.

Lubove, R. (1969). *The professional altruist: the emergence of social work as a career, 1880-1930*. New York: Atheneum.

Marco, M. & Tomás, E. (2013). La investigación en y para la intervención social: la aplicación al Trabajo Social. En M. Miranda, *Aportaciones al Trabajo Social* (págs. 223-247). Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.

- McLaughlin, A. (2002). Social work's legacy: Irreconcilable differences? *Clinical Social Work Journal*, 30(2), 187-198.
- Mills, C. (1961). *La imaginación sociológica*. La Habana: Instituto del Libro.
- Miranda, M. (2007). El compromiso con la ciencia: Conocimiento y técnica en el Trabajo Social. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*. SOCIOTAM, XVII(2), 9-28.
- Miranda, M. (2013). El Trabajo Social: profesión y disciplina. Naturaleza y objeto disciplinar. En M. Miranda, *Aportaciones al Trabajo Social* (págs. 7-32). Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Molina, M. (1994). *Las enseñanzas del trabajo social en España 1932-1983. Estudio socio-educativo*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Morales, A. (2010). *Género, mujeres, trabajo social y la Sección Femenina. Historia de una profesión feminizada y con vocación feminista*. Tesis doctoral, Universidad de Granada. Instituto de Estudios de la Mujer, Granada.
- Navarro, A. (1998). De la asistencia social al trabajo social en los servicios sociales. *Acciones e Investigaciones Sociales*(7), 73-96.
- Palacios, L. (2014). Mujeres de España: su labor asistencial, social y cultural. *La Albolafia. Revista de Humanidades y Cultura*(1), 147-177.
- Pastor, E. & Martínez-Román, M. (2014). El trabajo social ante el reto de la crisis y la Educación Superior. En E. Pastor & M. Martínez Román, *Trabajo social en el siglo XXI. Una perspectiva internacional comparada* (págs. 13-21). Madrid: Editorial Grupo 5.
- Pelegri, X. (2004). El poder en el trabajo social: Una aproximación desde Foucault. *Cuadernos de Trabajo Social*(17), 21-43.
- Richmond, M. (1915). The social caseworker in a changing world. *Proceedings of the National Conference of Charities and Corrections* (págs. 43-48). Chicago: The Hildmann Printing Company.
- Rubí, C. (1991). *Introducción al trabajo social*. Barcelona: Llar del Llibre.
- Ryan, W. (1976). *Blaming the victim*. New York: Vintage Books.
- Torres, J. (1987). *Historia del Trabajo Social*. Argentina: Humanitas.
- Zamanillo, T.; Gaitán, L. (1991). *Para comprender el Trabajo Social*. Madrid: Verbo divino.
- Vázquez, O. (1998). Pensar en la epistemología del Trabajo Social. *Cuadernos de Trabajo Social*(6), 269-286.
- Weick, A. (1992). Building a strengths perspectives for social work. En D. Saleeby (Ed.), *The strengths perspective in social work practice* (págs. 18-38). New York: Longman Publishing Group.
- Whittaker, J. (2009). *Social treatment: An approach to interpersonal helping*. Chicago: Aldine Publishers Company.

The background features a large, light gray line-art illustration of a stylized face, possibly a mask or a classical sculpture, with prominent eyes and a curved nose. Below the face, there are floral and leaf-like motifs, also in light gray line art, including a large five-petaled flower and various leaf shapes.

El amanecer del Arte

Pedro Alberto Saura Ramos

Catedrático de la Facultad de Bellas Artes

LECCIÓN INAUGURAL
Curso Académico 2017/2018

Magnífico Sr. Rector, Excelentísimas autoridades, queridos compañeros, queridos alumnos y personal de la Universidad Complutense, señoras, señores.

Este año le corresponde a la Facultad de Bellas Artes impartir la Lección Inaugural del curso que comienza, y quiero que mis primeras palabras sean de agradecimiento a la Decana de mi Facultad, Elena Blanch que, incomprensiblemente, ha depositado su confianza en mí para llevar a cabo esta intervención de tanta responsabilidad. Asimismo quiero agradecer a la Junta de Facultad que aceptara por unanimidad la propuesta del Equipo Decanal, lo que supone no ya la confianza, sino el afecto de mis compañeros, a todos muchas gracias.

Es un honor y al mismo tiempo una gran responsabilidad estar hoy aquí ante tan variado y docto foro, y ha supuesto para mí un verdadero reto tratar de exponer una lección que pueda ser atractiva e interesante para un grupo tan experto en tantas y tan diferentes tareas docentes.

Las asignaturas que imparto están todas vinculadas al conocimiento de la imagen fotográfica y cinematográfica, pero después de pensarlo detenidamente decidí no torturarles con temas como la profundidad de campo, la formación de la imagen, meniscos divergentes, contraste, saturación, densidad, etc. y finalmente me incliné por “torturarles” hablándoles de Arte.

El amanecer del Arte

Hace 36.000 años, un individuo de nuestra especie ayudándose de la vacilante luz de una lámpara de grasa animal, probablemente tuétano, penetró en una caverna del norte de lo que hoy conocemos como España.

Encontró una sala de techo bajo contigua a la sala vestibular de la cueva. Se detuvo en un punto, en el centro de la sala y permaneció un tiempo tal vez agachado o de rodillas, observando esa sala, ese techo que quedaba al alcance de su mano. Había entrado allí con un propósito y llevaba consigo los elementos necesarios para llevarlo a cabo, entonces impregnando sus dedos en polvo de óxido de hierro mezclado con agua, trazó sobre el techo de la sala unas líneas ligeramente curvas, ¿un signo?, ¿un símbolo?, ¿una escritura?... nunca llegaremos a saber con certeza el significado o el mensaje que hoy, 36.000 años después sigue escapando a nuestro conocimiento y permanece indeleble en ese lugar.



© Raquel Aspaín

Hace 36.000 años, a la luz de una lámpara de tuétano, un humano moderno traza con sus dedos impregnados en óxido de hierro mezclado con agua, un signo rojo en el techo de la cueva de Altamira.

El autor de los bisontes

Casi 22.000 años después, otro grupo humano ocupó aquella misma cueva. Un personaje relevante de este grupo, posiblemente alguien que el grupo al que pertenecía consideraba un chamán, alguien poseedor de habilidades excepcionales, entró en aquella sala, al principio de pie, luego, a medida que la inclinación del techo lo aproximaba al suelo, agachado. Iluminó aquella estancia con lámparas de grasa y descubrió que el techo estaba cubierto en su totalidad por figuras rojas, signos, trazos aparentemente inconexos, dibujos en color rojo y otros en color negro, así como una infinidad de grabados incisos que describían figuras y signos. Todo aquel inmenso palimpsesto era el resultado del trabajo llevado a cabo por los diferentes ¿artistas? que habían dejado su obra en las distintas ocupaciones de los grupos humanos que habían habitado aquella cavidad a lo largo de los milenios.

© Pedro A. Saura



Signo rojo del Techo Policromo de Altamira.

Probablemente, la vacilante luz de su lámpara de tuétano hizo que ante sus ojos el movimiento de luces y sombras sobre los volúmenes y grietas naturales del techo de la sala, sumado a aquellas manchas de pigmento rojo entre las que parecían distinguirse varias figuras de caballos, se le aparecieran como una manada de bisontes, algo que por otra parte era seguramente lo que tenía el propósito de ver, era lo que buscaba, lo que quería plasmar mediante sus dotes artísticas. Era lo que le había llevado a aquel lugar y resolvió hacérselo ver al resto del grupo, haciéndolos realidad para todos los demás mediante su cerebro y sus diestras manos a través del grabado, el dibujo y la pintura.



Grabado inciso realizado con un buril de sílex sobre la roca caliza.

Empleando una punta, un buril de sílex, y guiándose por las grietas y los volúmenes naturales de aquel techo, trazó una a una 26 figuras de bisonte de diferentes tamaños.

Trabajó los bisontes con detalle exquisito: grabó el contorno de sus cuerpos con un grabado repetido en varias pasadas creando un surco ancho, como de más de un centímetro. En otras partes del animal utilizó su útil de grabado para crear

una sola línea incisa. Prestó especial atención al grabado de las pezuñas, al pelaje, a los ojos, cuernos, barba, lengua. En el momento de su ejecución, el grabado inciso resaltaría con claridad sobre el fondo del soporte pétreo, hoy patinado por el paso del tiempo e igualado en su tono con el color del soporte. Se requiere fuerza y destreza e inteligencia para llevar a cabo ese trabajo de grabado, ya que cualquier error queda marcado sobre la roca, no se puede “borrar”, y no resulta fácil que tu mano y tu brazo obedezcan a tu cerebro y resuelvan con exactitud una figura almacenada en tu memoria por haberla visto en directo en muchas ocasiones en las praderas y bosques. Son escasísimas las rectificaciones en el grabado de los bisontes, aunque existen algunas.



Bisonte grabado en su fase inicial de ejecución, aprovechando un volumen natural del techo de Altamira.

La mayoría de los bisontes poseen un tamaño considerable, de entre un metro y medio y un metro ochenta centímetros. Muchas de las figuras fueron realizadas en cuclillas o de rodillas, dada la escasa separación existente entre suelo y techo en algunas zonas de la sala. Hemos llegado al convencimiento de que el tamaño de la mayoría de los bisontes venía condicionado, dada la postura en que los ejecutó, por lo que abarcaba el movimiento de su cintura y la extensión de su brazo.

© Pedro A. Saura



Recreación del momento en que el autor de los bisontes de Altamira trabaja en la ejecución del *bisonte encogido*. Está de rodillas, dada la escasa altura del techo y se provee la luz de una lámpara de tuétano.

Cuando el volumen natural de aquel techo se aproximaba o coincidía con el tamaño que aquel individuo tenía pensado de antemano, encajaba la figura completa, pero cuando el volumen era inferior encajaba en el mismo la parte más poderosa del animal, el torso del bisonte, extendiendo patas y cuartos traseros fuera de dicho volumen. En numerosas ocasiones, las grietas del soporte pétreo determinaron partes del contorno de las figuras, pues también se sirvió de éstas para encajar las mismas, y en una de las figuras el resultado es conceptualmente excepcional: situó la cabeza del bisonte en una protuberancia que sobresale unos 20 centímetros del techo. La cabeza del bisonte está vuelta hacia sus cuartos traseros, el resto del cuerpo lo resolvió fuera de ese volumen creando una sensación tridimensional al encontrarse la cabeza en un plano diferente al resto del cuerpo de la figura, el 3D, tan de moda en la actualidad, ya lo resolvió un artista hace casi 15.000 años.



© Pedro A. Saura

Bisonte que vuelve la cabeza del Techo Policromo de Altamira. La cabeza la situó su autor en una protuberancia del techo creando una sensación de tridimensionalidad.

© Pedro A. Saura



Dibujó con carbón el contorno de los bisontes evitando que el pigmento cayese dentro del surco de los grabados que previamente había realizado.

Una vez completado el grabado, empleó a continuación carbones para dibujar el contorno de los bisontes, carbones obtenidos de ramas de unas características adecuadas, un tipo de conífera que, en los análisis palinológicos del yacimiento de Altamira no han aparecido, lo que nos induce a pensar que probablemente no crecía en el entorno de la cueva, y por tanto que era una madera de unas característi-

cas que la persona que creó los bisontes policromos de Altamira ya conocía. El autor de los bisontes conocía los materiales de su trabajo, sabía que aquellos

carbones, obtenidos en un fuego reductor, no se desharían al tratar de realizar líneas largas sobre la superficie de piedra humedecida por la escorrentía de la caverna, y efectivamente, hemos identificado líneas de carbón en algunas de las figuras que, en un solo trazo efectuado sin interrupción superan el metro lineal.

Dibujó con admirable destreza, con aquellos “lápices de carbón”, empleando el color negro a veces como línea y a veces como masa, extendiéndolo con su mano. No utilizó ni pieles ni gamuzas para extender el pigmento, lo hizo con sus propias manos. La mano “mueve” la pintura, la arrastra, la reubica, pero apenas se la lleva, por eso el pigmento queda dentro de la textura de la piedra, rellenando oquedades y poros pero no es levantado del soporte, como ocurriría si empleásemos una gamuza o cualquier otro material absorbente.



© Pedro A. Saura

Extendió el carbón con sus manos, sobre la roca húmeda, empleándolo como masa para rellenar ciertas zonas de las figuras.

Dibujó con carbones evitando que el color negro penetrase en el surco del grabado que previamente había hecho, pero en su propósito por encajar esas figuras de bisontes en volúmenes y grietas naturales, ocupó parcial o totalmente los cuerpos de aquellas figuras rojas de caballos que el pintor de la cultura solutrense había ejecutado varios miles de años antes. Probablemente fue al advertir el efecto de su dibujo en negro, acompañado del rojo de las figuras subyacentes lo que le sugirió la bicromía, pues en ese periodo del Paleolítico superior, era mucho más común el dibujo en negro monocromo. Así, los bisontes del Techo Policromo de Altamira, pasaron a ser bicromos, aunque si matizamos el término podemos hablar con toda justicia de policromos, ya que aparte de uno de ellos evidentemente de un tono diferente al rojo, un amarillo obtenido con otro mineral, limonita tal vez, resulta que los demás bisontes no están realizados en el mismo color rojo exactamente, varían de tono según el núcleo de mineral de hierro que emplease en cada uno de ellos.

Empleó el color rojo de óxido de hierro completando las figuras. A pesar de la creencia popular y de lo que nos contaron de niños, no es la sangre lo que aparece como color rojo en el arte parietal paleolítico, sino mineral de hierro. En el caso de haber empleado la sangre como elemento de pintura, en primer lugar no sería roja, pues ese color desaparece al secarse, sino que al ser un material orgánico, probablemente habría desaparecido hace milenios.

Extendió a veces el pigmento como masa matizándolo por frotación. Creó así tonos medios al hacer más o menos transparente, como si de una veladura se tratase, el color rojo sobre el fondo amarillento de la roca soporte, dando un resultado que visualmente puede parecer de tonos anaranjados.



© Pedro A. Saura

Empleó el polvo de óxido de hierro como línea y como masa, extendiéndolo con sus manos por el cuerpo de los bisontes.

También empleó el color rojo como línea. Posiblemente utilizó un trozo de piel para envolver uno de su dedos, la impregnó en pigmento rojo y así pudo trazar líneas rojas de una longitud considerable para, por ejemplo, rellenar la “caña” de las patas del animal entre los dos trazos de carbón que la delimitaban. Sus dedos no habrían podido cargar sin la ayuda de esa piel, pintura suficiente como para realizar en un solo trazo líneas de esa longitud. Algunos

quedaron incompletos, parcialmente ejecutados, y gracias a ello podemos deducir el proceso seguido por aquel... ¿artista? Gracias al carbón vegetal empleado para dibujar los bisontes de Altamira, se pudo datar su antigüedad por el método de Carbono 14 radiactivo, que arrojó una fecha de 14.500 años antes del presente.

© Pedro A. Saura



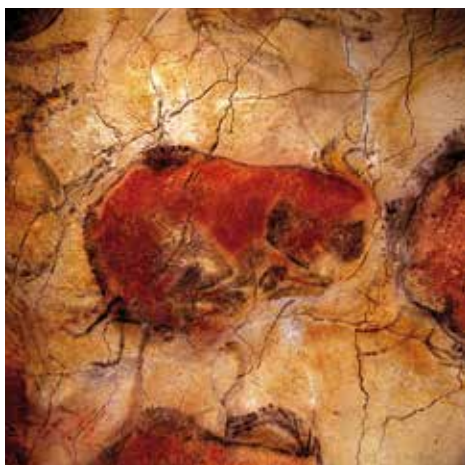
Así quedó el techo de la sala de policromos cuando el autor de los bisontes terminó su trabajo. Se ha recreado el suelo de la sala a su altura original cuando fue habitada la cueva por las gentes de Paleolítico.

Para entender algo más el por qué eligieron determinados lugares para realizar sus obras, es esencial ponernos en el lugar del artista y tener en cuenta cómo aprovecharon las características del soporte. Así podremos “leer” mejor sus intenciones, podremos acercarnos a la respuesta de por qué eligieron unas zonas para trabajar y rechazaron otras. Somos conscientes de que el propio entorno de cada sala, cada rincón de la cueva tuvo una influencia importante a la hora de elegir el lugar adecuado para realizar sus obras. De este modo conseguiremos acercarnos, aunque sea mínimamente, a su pensamiento.

Convivían con las paredes de las cavernas que habitaron, y estudiaron concienzudamente los lugares donde ejecutar su obra. Muchas veces nos sorprende por qué eligieron determinados rincones, casi inaccesibles, para pintar y grabar, y obviaron paredes aparentemente, según nuestro criterio perfectas, para realizar sus dibujos y pinturas.

Una de las formas que tenemos para entender mejor el lenguaje del arte paleolítico es partir precisamente de estas premisas, y tratar de recrear mediante diferentes alternativas las circunstancias del momento de la ejecución de aquel arte por parte de sus autores. Pero para mostrarlo, para exponerlo a la comunidad científica y a la sociedad es necesario plantear un registro desde diferentes perspectivas y con distintos planteamientos, como la posible posición de la luz que emplearon, la postura que debieron tomar, etc. Como ejemplo significativo, es imposible entender este aprovechamiento del soporte que hizo el autor de los bisontes de Altamira, sin plantear al menos dos o tres visiones alternativas de luz. Una que nos muestre la obra en su totalidad por un lado, y otra que nos ayude a entender el porqué la realizaron en ese lugar concreto del soporte pétreo. Asimismo es imprescindible ver y obtener ese registro desde el lugar que supuestamente ocupó el autor para realizar su trabajo.

© Pedro A. Saura



Bisonte encogido. Fotografía con luz polarizada, plana y difusa.



Bisonte encogido. Fotografía con una sola luz polarizada para eliminar brillos del agua y lateral para resaltar el volumen natural del techo donde el pintor encajó la figura.

© Pedro A. Saura

En la historia de la humanidad podemos hablar sin peligro a equivocarnos de que el descubrimiento de Altamira fue un punto de inflexión que marcó el antes y el después sobre el concepto que se tenía de nuestros antepasados del Paleolítico. La humanidad y sobre todo el mundo científico, quedaron asombrados al comprobar que aquellos que se consideraban poco más que guiados por un instinto casi animal, eran capaces de expresiones plásticas de tan alta calidad y expresión. Grandes maestros de la pintura reconocieron que ellos mismos eran casi incapaces de superar aquel “arte”, máxime con los medios y condiciones de aquellas gentes. Personalmente siempre pensé desde que entré por vez primera en Altamira en 1972, que aquel artista,

aquellos artistas, habían alcanzado con aquellos medios tan limitados y en semejantes condiciones de luz, de humedad y de entorno, las más altas cotas de la expresión plástica.

Fuimos los primeros en referirnos al “pintor” sin ningún género de dudas como un único autor para todos los bisontes del Techo Policromo de Altamira, al fin y al cabo, a pesar de los miles de años que nos separan de él, se trata de un “colega”, un artista.

Hemos identificado signos de autor que, probablemente para una persona no formada en la práctica de las artes, le resulten desapercibidos. Todos los bisontes, aún con diferentes posturas, están realizados siguiendo un protocolo único. Si se tratase de una actividad del grupo, e incluso de “una escuela” con un “maestro” y unos discípulos, podríamos advertirlo en pequeños detalles, pero no es así, y creemos que es el trabajo de un solo autor. Uno de estos datos y no menos significativo es que hemos identificado la dirección del trazo, gracias al rastro dejado por las líneas de carbón sobre la textura de la piedra, y curiosamente, todas ellas están en la dirección de “acariciar” el pelaje del bisonte, ni un solo trazo a contrapelo. Este es solo uno de los varios signos de identidad de autor, uno de los datos que sugieren inequívocamente la certeza de un solo autor para todos los bisontes.

© Pedro A. Saura



Vista parcial perpendicular al plano del Techo de Altamira.

Después de estudiar minuciosamente, desde nuestra perspectiva y nuestra formación como pintores, los paneles pintados de más de veinte cuevas decoradas de la prehistoria, hemos llegado a una conclusión: el arte parietal dejado por los grupos humanos del Paleolítico en las cavernas, no fue realizado como una actividad del grupo, sino por personajes concretos, personajes cuyas dotes para el trabajo artístico eran reconocidas y posiblemente admiradas por el resto de la tribu, en definitiva creemos que las figuras y signos que cubren las paredes de las cavernas decoradas de la prehistoria fueron realizadas por artistas únicos. Sin perjuicio de que esa forma de expresión que llamamos Arte Paleolítico sea probablemente, entre otras cosas, una actividad de cohesión del grupo, algo entendido y esperado por el resto de los individuos que lo formaban, aunque fuesen realizadas por individuos especiales.

Esto nos lleva a plantearnos si realmente aquellos individuos eran considerados artistas e incluso si nosotros debemos considerarlos como tales, si realmente esas representaciones las podemos considerar arte, y por supuesto intentar descifrar el mensaje que sin duda contienen.

Las figuras más recientes datadas en el Techo Policromo de Altamira tienen una cronología de alrededor de 12.500 años antes del presente, y son las últimas realizadas. Con el cambio climático, el final de la glaciación Würm y la disolución del hielo continental, el agua libre disolvió los estratos más solubles de la roca caliza provocando el derrumbe de las cornisas de la boca de numerosas cuevas, entre ellas la de Altamira, quedando sellado su acceso hasta su descubrimiento accidental en 1875.



Vista general del Techo Policromo.

El descubrimiento de Altamira



Marcelino Sanz de Sautuola.

La historia del descubrimiento de Altamira, aunque archiconocida conviene recordarla. El gran descubrimiento de Sautuola no estuvo exento de emociones, sin sabores, e incomprensión. En su segunda exploración de Altamira en 1879 el santanderino Marcelino Sanz de Sautuola, en esta ocasión acompañado de su hija de 8 años, María, entró en la sala contigua al vestíbulo de la cueva, que ya había explorado en su primera visita en 1875. Al parecer, buscaba en el suelo de aquel lugar elementos de uso cotidiano de aquellas gentes de la prehistoria, útiles de piedra o hueso como los que había visto en la

Exposición Universal de París, de la que hacía poco había regresado. Fue en París, al ver los instrumentos de hueso y piedra de época paleolítica obtenidos en excavaciones por prehistoriadores franceses que se mostraban en el pabellón de la Exposición Universal, donde nació su interés por la ciencia prehistórica.

Según parece, fue su hija María, la que por su pequeña estatura, pudo llevar la cabeza alta y dirigir su mirada al techo de la sala. Dado que hasta esa fecha nunca se había descubierto ninguna cueva cuyas paredes o techos estuvieran decoradas por gentes del Paleolítico, no mereció la mirada de Sautuola, obligado a ir agachado por la escasa altura de la bóveda respecto al suelo de la sala. Así la célebre frase de María “¡Mira papá, bueyes!” viendo aquellas figuras de bóvidos rojas y negras, pasará a la historia como la primera vez que los ojos de un humano contemporáneo viesen las pinturas dejadas por las tribus de la prehistoria. Asombrosamente, Sautuola no dudó en atribuir las pinturas a los hombres del Paleolítico, corrigiendo a su hija diciéndole que no eran bueyes, sino bisontes, un animal extinguido en España hacía miles de años.

Así Sautuola descubrió el Techo Policromo, con la certeza de que, aquellos antepasados nuestros del Paleolítico superior, de tantos miles de años atrás,

eran capaces de transmitir ideas abstractas a través de un lenguaje de figuras y signos, un lenguaje que estamos muy lejos de conseguir descifrar si es que lo logramos algún día. Cuando Sautuola atribuyó aquellas pinturas y grabados sin ninguna duda a las tribus de “la edad del hielo”, como solían definirse en esos momentos a los pueblos del Paleolítico superior, no solo descubrió la primera cueva decorada por los grupos humanos de la prehistoria, sino que aquellos poseían una mente simbólica. Descubrió nada más y nada menos que el Arte Paleolítico. Pero fue ridiculizado, denostado, acusado de falsario. Ni los prehistoriadores franceses ni la ciencia oficial en nuestro país, aceptó las conclusiones de Sautuola, nadie fue capaz de tener la visión que él tuvo, consideraban imposible que aquellos pueblos primitivos y bárbaros fueran capaces de expresiones artísticas de tal belleza y calidad. En esos momentos la Iglesia por una parte y las teorías de Darwin tras la publicación de su famosísimo “El origen de las especies” en 1859 por otra, entre otros muchos factores, hacían que la sociedad tuviese visiones encontradas respecto a cómo serían nuestros antepasados de 15.000 a 40.000 años atrás.

De todo el mundo científico, tanto francés como español, solo el catedrático de Paleontología de la Universidad de Madrid, Juan Vilanova y Piera, defendió la autenticidad paleolítica de las pinturas de Altamira, y luchó junto a Sautuola para que fuesen reconocidas como tal, presentándolo en el Congreso de Lisboa. Fue en vano. Cartailhac, uno de los más significados prehistoriadores franceses, no lo aceptó, quedando Sautuola como un iluso falsario, del que se llegó a decir que un pintor de él conocido, era el autor de las pinturas del Techo Policromo.

No fue hasta 1901, año en el que los descubrimientos en Francia de las cuevas de Combarelles y Font de Gaume, ambas con paredes decoradas con figuras de bisontes, ciervos, caballos, asociadas a yacimientos de época magdalenense, hicieron que aquellos que le negaron el pan y la sal a Sautuola reconociesen el mérito de haber tenido una visión excepcional al atribuir aquel primer descubrimiento de las pinturas de Altamira a los pueblos del Paleolítico superior, pero ya era demasiado tarde, Marcelino Sanz de Sautuola había muerto en 1888.

No obstante, aunque tardía, la publicación en 1902 en la revista francesa *L'Antropologie* del conocido artículo “*Mea culpa* de un escéptico” (*Mea culpa d'un sceptique*) de Émile Cartailhac, reivindicaba la figura de Sautuola, y le concedía el honor de haber tenido una visión excepcional al atribuir las pinturas de Altamira a los pueblos del Paleolítico superior, y en definitiva a ser el descubridor del Arte Paleolítico.

Aceptada la autenticidad paleolítica de las pinturas de Altamira, en 1906 se publicó un lujoso libro fruto del primer estudio de Breuil junto con Cartailhac, “*La Caverne d’Altamira à Santillane près de Santander (Espagne)*”. Sin embargo, 26 años antes, Marcelino Sanz de Sautuola había publicado un pequeño libro titulado “Breves apuntes sobre algunos objetos prehistóricos de la provincia de Santander” en el que ya exponía lo esencial del descubrimiento, incluyendo dibujos que reproducen el Techo Policromo y otras muestras del arte de la cueva en sus diferentes salas y galerías. Con unos planteamientos y una sencillez encomiables, Sautuola describe y analiza la cueva de Altamira en un lenguaje que sin ninguna duda podemos calificar de



Portada de “Breves apuntes”.

científico y visionario, máxime teniendo en cuenta que la ciencia prehistórica andaba en sus primeros pasos y su estudio del arte rupestre paleolítico de Altamira era realmente el primer análisis del primer arte paleolítico descubierto.



Dibujo del Techo Policromo incluido en la publicación de Sautuola.

La interpretación del arte paleolítico

Una vez sobrepuestos a la emoción que nos causa estar ante la obra de los artistas que 15, 20, 30 ó 40.000 años atrás dejaron su pensamiento y su arte en las paredes de las cavernas, y en el mismo lugar donde fueron realizadas, y en tantos casos, en ese mismo entorno sin alterar, con prácticamente las mismas condiciones de humedad y temperatura que existía en el momento de ser realizadas, lo siguiente que nos preguntamos es ¿qué quisieron decir?, ¿cuál es el significado último de estas manifestaciones?, ¿nos están contando algo sobre sus pensamientos?

La investigación prehistórica ha propuesto a lo largo del tiempo diferentes interpretaciones respecto al significado del arte paleolítico, incluyendo propuestas que cuestionan si la denominación de “arte” es adecuada.

Desde el momento de su reconocimiento como obra de las culturas del Paleolítico superior, la denominación de Arte siempre estuvo presente en la definiciones de estas manifestaciones del cuaternario. Pero aunque estamos convencidos de que estas obras merecen sin discusión el calificativo de Arte, no es algo que esté libre de controversia.

Desde los primeros hallazgos de objetos muebles decorados y manifestaciones gráficas parietales se han elaborado diferentes “teorías” sobre su significado. Éstas han variado al compás de los avances en la investigación y también en el marco teórico-metodológico en el que aquella se inserta: arqueología histórico-cultural – estructuralismo y “nueva arqueología” – postprocesualismo – arqueología cognitiva...

Las elaboraciones interpretativas acerca del significado del arte rupestre se han basado fundamentalmente en tres tipos de aspectos:

- a. las categorías temáticas del arte rupestre (animales, “signos”),
- b. el contexto de este arte (asociaciones de figuras, contexto arqueológico, etc.) y
- c. la comparación etnográfica con manifestaciones de pueblos cazadores-recolectores actuales (australianos, bosquimanos, esquimales, etc.).

Las principales “teorías” (o más bien, hipótesis interpretativas) planteadas son las siguientes:

El arte por el arte

- Surge a mediados del siglo XIX.
- Su principio básico es que este tipo de “arte” está constituido por *decoraciones* que se realizan por mero placer estético. Su finalidad sería la ornamentación y la satisfacción personal, sin apelar a ninguna razón de naturaleza trascendente.
- Esta interpretación fue sostenida por E. Lartet, G. de Mortillet, Marcellin Boule y otros pioneros en la investigación del arte mueble paleolítico.
- Hunde sus raíces en preconcepciones propias del pensamiento y la ciencia de su tiempo, en los albores del evolucionismo: la asociación del arte mobiliario con la artesanía y las *arts and crafts* o artes menores, entendiéndose esta *decoración* propia de pueblos primitivos como se suponía fueron los prehistóricos (en contraposición con el arte parietal, claramente monumental y vinculado así con las *bellas artes*, para el que no estarían en absoluto capacitados los hombres paleolíticos; de aquí el rechazo a la antigüedad de Altamira propuesta por Sautuola).
- Influyó también aquí el anticlericalismo de G. de Mortillet, que sostenía que el arte se explicaba por sí solo y negaba la posibilidad de que los hombres prehistóricos pudieran albergar ideas religiosas.
- Esta teoría perdió vigencia con el reconocimiento del arte parietal y su imposibilidad de explicar la presencia de imágenes en galerías profundas y de difícil acceso de las cuevas (“santuarios”).

La magia de la caza y la fecundidad

- Esta interpretación surge a fines del siglo XIX y se desarrolla a comienzos del XX.
- Su primer postulante fue Salomon Reinach. Después la siguió H. Breuil.
- Indicios en el arte parietal: “animales heridos”, signos interpretados como venablos o trampas de caza.
- En síntesis, la base de esta teoría es la idea de “magia simpática”, que se refiere a la supuesta relación establecida entre una imagen u objeto y un sujeto real, de manera que si se “actúa” en cierto modo sobre la figuración, se actúa también sobre el animal (o persona) en la vida real.
- Toma como modelo testimonios etnográficos adquiridos en comunidades aborígenes australianas y parte de la premisa de la centralidad de los animales y su caza en las sociedades de cazadores-recolectores tanto primitivas como prehistóricas.

Algunas premisas fundamentales:

- Los animales representados serían básicos para la subsistencia de estas comunidades.

- Las representaciones se ejecutan en lugares profundos y oscuros de las cavidades, por lo tanto, su realización debía de estar impregnada de un componente mágico y oculto.
- La representación del animal tendría valor por sí mismo. Una vez realizada, perdería su importancia.
- El arte rupestre así concebido tendría tres finalidades, la primera propiciar la caza, al “capturar” mediante el dibujo, la pintura o el grabado, la imagen del animal a cazar, se capturaba al propio animal. La segunda, la misma idea para la fecundidad, la representación de figuras femeninas y de órganos sexuales (vulvas) fomentaría la supervivencia del grupo. La tercera, facilitaría la destrucción de especies peligrosas, los animales que suponían un peligro para el hombre.

Las objeciones metodológicas a esta teoría (como a la anterior) parten del rechazo al recurso al comparativismo etnográfico directo, puesto que el contexto sociocultural de los grupos primitivos actuales no tiene por qué ser equiparable al de los paleolíticos.

Otros factores que van en detrimento de esta explicación como teoría general son:

- El desequilibrio cuantitativo evidente entre la fauna representada y la consumida en los hábitats cercanos (incluso en las mismas cuevas). Como ejemplo, el animal más representado en Altamira es el bisonte, y en las excavaciones realizadas en el vestíbulo de la cueva, predominan huesos de ciervo, caballo y cabra, habiendo apenas unas muestras de huesos de bóvido.
- A pesar de su posible aceptación como instrumentos de caza, la escasez de representaciones de venablos y heridas, lo mismo que de hembras preñadas y verdaderas escenas sexuales.
- La existencia de otras categorías figurativas numéricamente importantes como manos en negativo, símbolos geométricos simples, figuras “monstruosas”, etc.

Las teorías estructuralistas

- Toman importancia desde mediados del siglo XX.
- Max Raphäel es el precursor de estos estudios, aunque será relegado a un segundo plano ante los brillantes trabajos de A. Laming-Emperaire y André Leroi-Gourhan.
- “Cambio de paradigma”: rechazo de la comparación etnográfica como base de interpretación, que da lugar a una explicación ahora “interna”, en el propio sujeto de estudio, aunque Leroi-Gourhan era etnólogo y eso se percibe en muchas de sus propuestas.

- La explicación se fundamenta así en las propias manifestaciones parietales: en la relación de las figuras entre sí y en su situación topográfica.
- Innovación conceptual y metodológica: estudio espacial; concepción de la cueva como elemento activo “la caverna participante”...
- Leroi-Gourhan observó que prácticamente la mitad de los animales representados son caballos y bisontes, que ambos mantenían una cierta proporcionalidad y que aparecen con frecuencia asociados en lo que serían los lugares centrales de los dispositivos parietales. Asocia a los primeros un principio masculino y a los segundos uno femenino.
- Sigue razonamientos parecidos para los motivos geométricos: los signos rectos o abiertos los pone en relación con los órganos sexuales masculinos. Los signos cerrados (ovalados, cuadrangulares, etc.), con los femeninos.
- Laming-Emperaire invertía los valores sexuales de las figuras dotando al caballo de connotación femenina y al bisonte de masculina. Percibió en el arte parietal la representación de sistemas sociales, donde cada especie simbolizaría un grupo social que se relaciona con el resto de forma compleja.
- Entre las principales debilidades de estas aproximaciones destacan la evidente subjetividad de aspectos como la identificación y atribución de valores sexuales a las imágenes, la rigidez en la búsqueda de patrones de asociación y localización topográfica de figuras, que llevan a Leroi-Gourhan a “forzar” en ocasiones los datos...

No obstante, en un balance general hay que reconocer a estas tesis una gran importancia en la historia de la investigación del arte rupestre, al que han aportado contribuciones tan relevantes como:

- Una profunda renovación metodológica.
- El concepto globalizante de la cueva como “santuario”.
- La introducción de análisis cuantitativos y espaciales.
- La constatación de diferencias cuantitativas en la representación de especies animales en función de aspectos culturales.
- El concepto de motivos (sobre todo, signos) como “marcadores étnicos” o territoriales.

La interpretación chamánica

Esta teoría cobra fuerza a finales de los años 90 del siglo XX, con la publicación por J. Clottes y D. Lewis-Williams del libro “Los Chamanes de la Prehistoria” (1996).

Su éxito puede explicarse ante la carencia de explicaciones satisfactorias una vez debilitadas las teorías estructuralistas, sobre todo a causa del decaimiento

de las hipótesis de evolución estilística de Leroi-Gourhan, al compás de los más recientes avances en las técnicas de datación del arte rupestre, en lo que Lorchblanchet denominó “la era post-estilística”.

En su búsqueda de una teoría explicativa “fuerte”, estos autores combinan dos aproximaciones: la neuropsicología y la etnología. La primera demuestra que el sistema nervioso humano, en determinadas condiciones, puede generar estados de conciencia alterada; la segunda pone de manifiesto que el chamanismo es un fenómeno extendido en las comunidades de cazadores-recolectores documentadas en diversas zonas del planeta. Ambos aspectos tienen así un carácter prácticamente global y serían, por tanto, aplicables a las sociedades de cazadores-recolectores prehistóricas.

En la progresión del estado de trance, las alucinaciones visuales pasarían por tres estadios principales, aunque no necesariamente conectados:

- I Estadio o inicial. Fenómenos dentro del sistema óptico: se perciben pulsaciones luminosas, formas geométricas simples que pueden cambiar (puntos, zigzags, líneas paralelas, curvas...).
- II Estadio. Interpretación de dichas imágenes, asimilándolas a objetos conocidos.
- III Estadio. Grado más elevado del trance. Las percepciones de los elementos del I Estadio pasan a ser periféricas; las figuras se convierten en animales, personas, seres monstruosos. Estas formas se concretan en seres particulares en función del sistema cultural y la propia experiencia vital del sujeto.

Estos estados alterados de conciencia serían ritualizados e interpretados por los grupos de cazadores-recolectores de forma acorde con sus modos de vida y habrían dejado testimonio de estas prácticas en paredes, techos y suelos de las cuevas o en rocas al aire libre que, en todos los casos, estarían cargados de sentido y contarían con un significado propio.

Las críticas a esta aproximación, quizá no tan numerosas como virulentas, se centran en la vuelta al recurso del comparativismo etnográfico, en la utilización (en algunos casos) de una concepción errónea del chamanismo y, sobre todo, en las carencias e incluso contradicciones de esta explicación chamánica respecto a la evidencia conocida en relación con el arte paleolítico.

En conclusión, ninguna de las anteriores teorías explica satisfactoriamente y de un modo general el significado del arte paleolítico. Sin embargo, cada una de ellas constituye una aportación interesante, si bien parcial, al debate.

Y debemos ser metodológicamente “pesimistas” en este sentido. El arte paleolítico está constituido por símbolos que expresan conceptos cuyo mensaje ha desaparecido irremisiblemente. Perdido por completo el hilo de la tradición cultural que lo explica, podemos describir y analizar detalladamente sus componentes pero carecemos de elementos que nos permitan conectar adecuadamente los significantes con su significado (al modo de la piedra Rosetta que permitió descifrar la escritura jeroglífica).

En todo caso, es muy difícil pensar que un fenómeno tan largamente extendido en el espacio y el tiempo (desde los Urales hasta la Península Ibérica y durante casi 30.000 años) pueda ser objeto de una explicación única. A lo largo de ese vasto territorio y de tantos milenios, los contextos socioculturales variaron grandemente en el espacio y el tiempo, y dieron lugar a adaptaciones económicas y respuestas culturales que, si bien en líneas generales (y hasta donde podemos leer el registro arqueológico) tendrían muchos rasgos en común, también habrían estado caracterizadas por particularidades derivadas de la coyuntura histórica concreta.

Algunos prehistoriadores debaten sobre si la denominación de arte para designar las representaciones parietales de la prehistoria es o no adecuada. El arte rupestre paleolítico se ha integrado, desde su descubrimiento, dentro de la investigación arqueológica asociada directamente a la excavación y estudio del yacimiento. El debate sobre si son o no arte las figuras y signos de las cavernas decoradas del Paleolítico superior, está presente en el ámbito de la investigación arqueológica. Sin embargo, desde nuestra perspectiva de artistas, estamos convencidos de que las representaciones parietales prehistóricas son sin ningún género de dudas arte, siempre desde nuestros conceptos actuales sobre tal definición. Todo ello sin perjuicio de tener el convencimiento de que también son una forma de comunicación, una forma de escritura, una forma de lenguaje, en definitiva un arte con una simbología, con un mensaje, tal y como sucede con el arte de todos los tiempos. Pero así como en el arte contemporáneo podemos descifrar su mensaje, el arte de la prehistoria contiene mensajes que probablemente jamás llegaremos a descifrar en su totalidad.

Joseph Déchelette, arqueólogo francés (1862-1914) definió Altamira como “La Capilla Sixtina del Cuaternario”. Siempre nos pareció una definición muy acertada, aunque tratando de darle una vuelta más a tal aserto, nosotros ya dijimos en 1989 que la Capilla Sixtina podría ser el Altamira del Renacimiento. Es sencillo establecer los paralelos.

Siempre he tenido la curiosidad por hacer un experimento al respecto. Durante meses y a lo largo de 5 largos viajes, he convivido con las tribus de las tierras altas de Papúa Nueva Guinea.



Fiesta de armisticio de la tribu melpa. Tierras altas de Papúa Nueva Guinea. 1983.

En mi primer viaje en 1983 y durante seis meses, fui testigo de los modos de vida de pueblos que habían sido contactados por vez primera por exploradores occidentales en 1930. Viví en poblados donde apenas habían visto a individuos blancos, conviví con gentes que permanecían viviendo en una época que bien podía asemejarse al Neolítico en Europa occidental.



“Hombres de barro”. Valle de Asaro. Tierras altas de Papúa Nueva Guinea. 1983.

En Papúa Nueva Guinea, con una población en torno a 4 millones de habitantes, se hablan 700 idiomas. Mis vínculos con Altamira en particular y el arte paleolítico en general eran anteriores. Por ello me preguntaba qué interpretaría un habitante de aquellos poblados perdidos en las selvas de Papúa Nueva Guinea si lo pusiésemos bajo el Techo de Altamira, ante el panel de Tito Bustillo o ante cualquiera de los paneles decorados de la prehistoria de más de un centenar de cuevas decoradas de España, qué podría contarnos al respecto. Probablemente no “leería” nada que nosotros no leyésemos, se quedaría en la superficie y vería animales flotando en la pared de roca... tal vez los signos también indescifrables para nosotros, le sugiriesen elementos más cercanos a sus modos de vida, cosa poco probable dado el abismo temporal que lo separaría de las tribus del Paleolítico. Sin embargo, tampoco nos diría nada sobre el significado de algo que para nosotros, educados en la cultura occidental, está ahí presente y lo leemos con facilidad, porque ¿qué creemos que nos diría ante los frescos de la Capilla Sixtina?, estoy convencido de que no “vería” *La Creación*, *La Relación de Dios con la Humanidad* y *La Caída del Hombre*, ni tampoco *El Juicio Final*. Dicho de otro modo, este habitante de las Tierras Altas de Papúa Nueva Guinea sería tan ciego para el mensaje que hay tras los frescos de la Capilla Sixtina, como nosotros para percibir el mensaje encriptado en el arte rupestre paleolítico, todo ello con una diferencia sustancial; cualquiera de nosotros podría explicarle con todo detalle el significado de los frescos de la Capilla Sixtina, podríamos hacerle comprender el sentido que tiene para la cultura cristiana, podríamos explicarle hasta la historia de la cultura cristiana, sin embargo para el resto de los humanos actuales es absolutamente imposible conocer de mano de sus autores el significado del arte paleolítico.

Cuando estamos ante cualquier obra de arte de cualquier época, podemos ser capaces en función de nuestro conocimiento de la historia, de la sociedad en el momento de la realización de la obra en la cultura y época del autor, de leer el significado de aquella, sea el Guernica, la Rendición de Breda, un retablo románico o La Ronda de Noche, aparte del disfrute de la contemplación como obra de arte, podemos conocer qué otros mensajes hay además descritos en la obra. Cuando estamos en el camarín de los ciervos de la cueva de Las Chimeneas, bajo el Techo Policromo de Altamira, ante el panel principal de Tito Bustillo, o ante cualquiera de los paneles de arte paleolítico en las cerca de 400 cuevas decoradas de la prehistoria en Europa, podemos descifrar las figuras de animales, bisontes, ciervos, caballos, renos, uros, mamuts, rinocerontes, leones, osos... pero aunque la investigación sobre su significado trata de desvelarnos a duras penas su significado, creemos que nunca llegaremos a descifrarlo.

La recreación del arte paleolítico

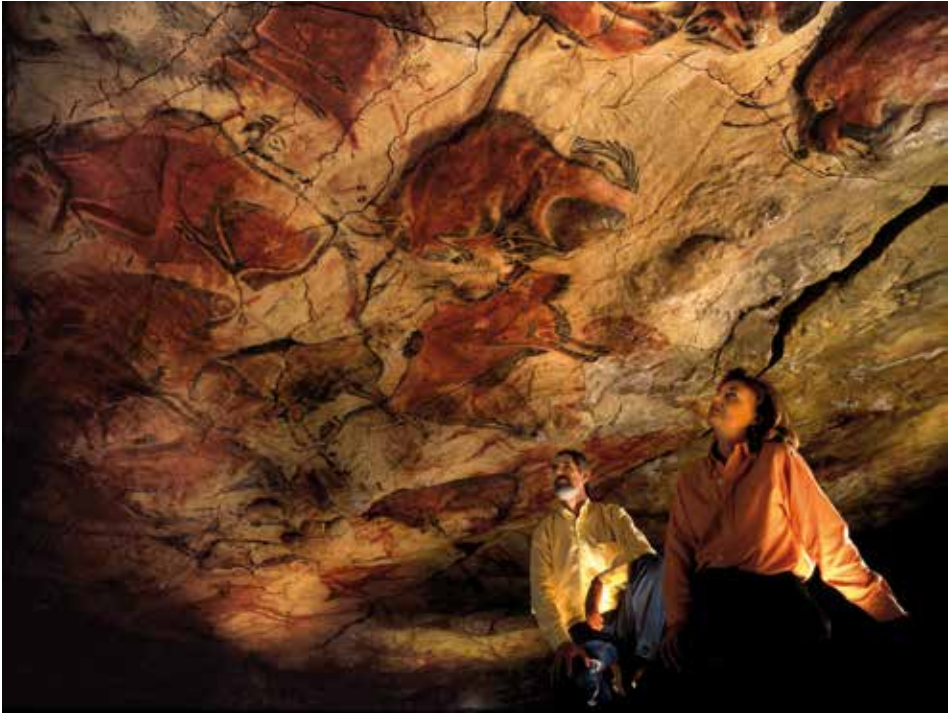
Desde nuestra formación como artistas plásticos y a través de un estudio profundo de cada uno de los autores que decoraron las cavernas en época paleolítica, podríamos acercarnos al menos a la metodología de trabajo de aquellos artistas, de aquellos personajes que “escribían” en un lenguaje de figuras y signos que con toda seguridad era entendido por aquellos grupos humanos, es un pequeño paso, un peldaño de una escalera larguísima, pero es algo que nos puede acercar a aquellas gentes. Es lo que hemos hecho, y así, hemos recreado algunos paneles decorados de la prehistoria. Del Techo Policromo de Altamira hemos realizado un fragmento que se exhibe en un parque cultural en Osaka, Japón, también la réplica completa del Techo junto a la cueva original, la conocida como “neocueva”, y otro gran fragmento de 50 metros cuadrados en un parque arqueológico en Asturias.

© Pedro A. Saura



Matilde Múzquiz y Pedro Saura, trabajando en la réplica de Altamira.1998.

Asimismo hemos recreado el panel principal de la cueva de Tito Bustillo, y una docena más de paneles de diferentes cavidades españolas que se encuentran en diferentes museos y parques arqueológicos.



© Chema Coneca

Matilde Múzquiz y Pedro Saura, bajo la réplica de Altamira una vez instalada en el Museo de Altamira. 2001.

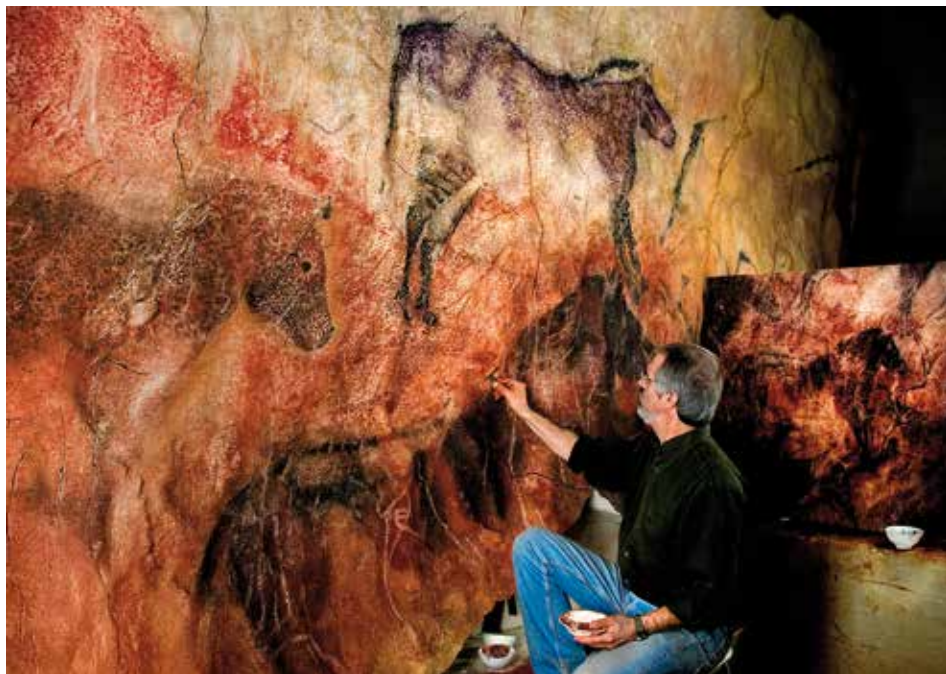


© Pedro A. Saura

Matilde Múzquiz bajo la réplica del fragmento de Altamira en el Parque de la Prehistoria de Teverga, Asturias. 2006.

Siempre desde nuestra visión de artistas, hemos estudiado paso a paso el proceso seguido por cada uno de los artistas paleolíticos que realizaron las obras originales, y podemos afirmar no solo que eran auténticos artistas, sino que siguieron un proceso muy concreto, muy elaborado en el que podemos diferenciar con absoluta seguridad la mano de cada uno de los diferentes artistas, su procedimiento, su técnica, pero nunca su mensaje.

© Pedro A. Saura



Pedro Saura trabajando en el facsímil del panel principal de la cueva de Tito Bustillo, para el Parque de la Prehistoria de Teverga. Asturias. 2004.

Para acercarnos a estos individuos siempre hemos partido de cero. El primer paso era la luz, ¿cómo iluminaron las cavernas donde realizaron su actividad?

Lámparas de tuétano

Durante muchos años, tras el descubrimiento de las pinturas de la cueva de Altamira y las duras circunstancias por las que atravesó su descubridor Marcelino Sanz de Sautuola, hasta que fueron aceptadas sus teorías sobre la atribución de las mismas a los grupos humanos del Paleolítico superior, se asoció el arte paleolítico a la profundidad de las cavernas.

A lo largo de los años, fueron apareciendo cuevas decoradas por los grupos humanos del Paleolítico, siendo la mayor profusión de las mismas en el área de la cornisa cantábrica y el suroeste de Francia, existiendo en la actualidad alrededor de 400 cuevas con decoración paleolítica.

Pero el tiempo y la investigación arqueológica han puesto de manifiesto que el llamado arte rupestre paleolítico no se circunscribió a la oscuridad de las cavernas, ni a la zona francocantábrica, el arte parietal fue un fenómeno mundial, y en la actualidad conocemos centenares de cuevas, abrigos rocosos y muestras de ese arte al aire libre, pinturas y grabados en rocas duras, como pizarras y esquistos, a orillas de los ríos o en zonas desérticas de África, Asia, América y Oceanía.

Sin embargo, el arte en el interior profundo de las cavernas sigue estando presente y planteando sin género de dudas, que sus autores tuvieron necesariamente que proveerse de luz artificial para llegar a esos lugares y trabajar en ellos realizando sus obras.

Algunos estudios afirmaban que los artistas paleolíticos “comían mientras pintaban”, o al menos, los artistas llevaban comida al interior donde trabajaban, ya que aparecían huesos deliberadamente rotos, bajo algunos paneles decorados. Evidentemente esas afirmaciones nos sorprendieron ya que, en nuestra experiencia, sabemos que cuando los artistas están inmersos en el trabajo artístico hasta se olvidan de comer. Y en todo caso nos parecía que sería mucho mejor, si el hambre les asaltaba, salir a la luz de la entrada de la cueva y comer junto a sus compañeros de tribu. Así que nuestra primera línea de investigación fue atribuir la presencia de huesos rotos a algo directamente relacionado con la ejecución del arte. ¿Podría ser que empleasen el tuétano del interior de los huesos como aglutinante para la pintura? *A priori* no nos parecía una buena solución. Más tarde al probarlo en una cavidad sin restos arqueológicos ni arte parietal, nos convencimos de ello. Mezclamos polvo de hematites, de mineral de hierro, con tuétano del fémur de una vaca obtenido en la carnicería del pueblo y tratamos de emplearlo sobre la pared húmeda de agua de escorrentía de la cueva. Era imposible. Para empezar, tuvimos que calentar el tuétano hasta que se fundió para poder mezclarlo con el pigmento. Pero lo peor fue cuando tratamos de

dibujar algo sobre la pared húmeda; el agua de la roca repelía el pigmento formándose grumos, que era imposible manejar para realizar cualquier figura o línea... ¿entonces para qué pudieron emplear el tuétano de los huesos?

Ya habían apuntado los investigadores el posible empleo de lámparas de grasa para proveerse de luz por parte de aquellas gentes. Sin embargo, precisamente uno de los argumentos que se lanzaron contra Sautuola para rebatir la atribución paleolítica a las pinturas de Altamira, era que en una sala de techo tan bajo, la iluminación para trabajar habría necesitado de hogueras y no había ningún rastro de hollín en el techo de la sala, luego se trataba, argumentaron los detractores de Sautuola, de pinturas actuales realizadas con lámparas modernas.

Descartado el empleo del tuétano como aglutinante de la pintura, pensamos en otra utilización. Lo primero, como hemos dicho, que necesita alguien que quiera moverse en el interior de una caverna, es luz, en numerosos yacimientos la luz artificial fue absolutamente imprescindible para moverse, trabajar, grabar y pintar. No teníamos una idea exacta del tipo de luminarias que debieron utilizar, pero estábamos convencidos de que el fuego fue la fuente de luz empleada. En 1985, nos encontrábamos estudiando el arte de las cuevas decoradas del monte de El Castillo, las cuevas de El Castillo, Las Chimeneas, La Pasiega y Las Monedas, en Puenteviego, Cantabria y nos dispusimos a probar la idea que habíamos supuesto, de la utilización del tuétano de los huesos como combustible para las lámparas de los artistas de la prehistoria. Fabricamos una lámpara de barro en forma de cuenco, pusimos tuétano fundido en su interior, resolvimos una mecha retorciendo hierba seca, la impregnamos de tuétano y le prendimos fuego. El resultado fue inmediato. Una luz amplia, sin humo, sin olor, llenó la estancia. Acercamos una lasca de piedra a menos de 10 centímetros de la llama y no dejó señal alguna de hollín. Un volumen de unos 12 centímetros cúbicos de tuétano, nos proporcionó luz durante más de dos horas. El problema de la luz estaba resuelto.

© Pedro A. Saura



Matilde Múzquiz extrae el tuétano del femur de una vaca para emplearlo como combustible.



Lámpara de tuétano.

© Pedro A. Saura

A partir de ese momento y para ponernos en el lugar del artista paleolítico, dedujimos dónde situaríamos la luz para realizar cada una de las figuras, y qué postura adoptaría para llevarlo a cabo con la mayor eficacia y comodidad. Generalmente, cuando el entorno de las paredes decoradas no ha sido alterado debido a la actividad cársica o con motivo de la entrada de visitantes o para la comodidad de los turistas, es relativamente fácil encontrar el punto donde debieron situar sus lámparas los autores paleolíticos.

El grabado inciso, siendo una de las técnicas artísticas más empleada tanto como complemento a figuras pintadas y/o dibujadas como única forma de expresión es sin embargo el gran desconocido del arte paleolítico. Aunque recién hecho debía destacarse con claridad sobre el fondo rocoso, el tiempo transcurrido ha patinado el surco, a veces muy fino, dificultando enormemente su visión. Por ello, la posición de la luz condiciona mucho no solo el trabajo de ejecución, sino el de la visión del mismo, pues una iluminación rasante sobre la superficie de la roca revela de un modo más claro el surco grabado. Bajo estas premisas estamos en condiciones de asegurar en muchos de los casos estudiados la posición de la lámpara, la postura del artista y si este era diestro o zurdo. En la mayor parte de los paneles estudiados se hace evidente que fueron realizados por personas diestras, en otros podrían ser zurdas o al menos existe una duda razonable al respecto.

Al analizar la luz producida por las lámparas de tuétano, hemos comprobado que ésta tiene una temperatura de color de 1.840° Kelvin.



© Pedro A. Saura

Medición con un termocolorímetro de la temperatura de color de la llama de una lámpara de tuétano.

Paradójicamente, nuestra luz de referencia, la luz diurna de un día despejado a mediodía, que es la resultante de la luz producida por el Sol sumada a la luz del cielo azul debido a la dispersión de la misma, tiene una temperatura de color de 5.500° Kelvin. En pocas palabras, “ellos” pintaron y dibujaron bajo unas condiciones de luz muy roja comparada con nuestra luz de referencia, la mal llamada luz blanca, una luz mucho más azulada que la de las lámparas que ellos emplearon, la luz que producen nuestros flashes fotográficos, la luz diurna de 5.500° Kelvin. Ellos nunca vieron el color de sus paneles decorados tal y como los vemos nosotros en nuestras fotografías realizadas bajo luz de 5.500° Kelvin.

Emplearon buriles de piedra para grabar, carbones vegetales o manganeso para el dibujo en negro y hematites, limonita y otros minerales de hierro para los rojos ocre y amarillos. Eran mayoritariamente diestros, y emplearon sus manos para extender la pintura y el carbón, frotaron el pigmento sobre la roca, muchas veces húmeda, para realizar veladuras y degradados. Aprovecharon los volúmenes, las grietas y espeleotemas de las cuevas para encajar e incluso describir figuras que en principio pueden parecerse incompletas porque parte de ellas están sin dibujar ni grabar y están descritas en parte por el propio soporte pétreo. Conocían la superficie rocosa sobre la que trabajaban y aprovecharon todas sus características físicas. Se sirvieron en muchos casos de la propia humedad de la roca soporte sobre la que trabajaron, en otros emplearon agua como único aglutinante para los pigmentos, y, aunque en análisis recientes se han encontrado rastros de grasa en las pinturas, esto se debió probablemente a que sus manos estarían impregnadas de la grasa de las lámparas, pero de haber empleado aglutinantes orgánicos, es muy probable que los miles de años transcurridos desde su ejecución hubieran hecho desaparecer las pinturas.

Nuestra formación como artistas plásticos nos ha ayudado a acercarnos a la obra de los artistas de la prehistoria desde una perspectiva diferente a la de los prehistoriadores, diferente pero complementaria, porque también hemos aprendido de ellos conociendo sus investigaciones, teorías y propuestas. Y hemos llegado a conclusiones que para nosotros son inequívocas.

Cuando observamos el trabajo del autor de los bisontes del Techo de Altamira, identificamos, como ya hemos dicho, a un único autor, pero al estudiar los bisontes de la cueva de Covaciella, en Cabrales, Asturias, comprobamos que, aunque son también bisontes, aunque cronológicamente coinciden en el tiempo de su ejecución, son completamente diferentes, de hecho vemos tras el

autor de Altamira a una persona con una libertad total en su forma de trabajar, y al autor de Covaciella como un artesano que, con destreza y conocimientos plásticos, trabaja según algo que podríamos definir como una receta, es decir jugando con una metodología muy cerrada, efectiva, atractiva, pero sin demasiada imaginación.

Asimismo cuando vemos los grandes renos y caballos plasmados en el panel principal de la cueva de Tito Bustillo, en Ribadesella, Asturias, volvemos a encontrarnos ante un gran creador. Trabaja con unos colores, unos tamaños de figuras y un proceso de ejecución que claramente lo convierten sin ninguna duda en un gran artista, un artista que lo sería en la actualidad y que lo fue entonces.

Si entramos en el camarín de los ciervos de la cueva de Las Chimeneas, en Puenteviego, Cantabria, nos resultará fácil imaginar a un individuo que entró allí con unos carbones y una lámpara y dibujó unas figuras de ciervos muy sintéticas pero muy expresivos. Esos ciervos fueron dibujados probablemente en un tiempo muy corto, tal vez menos de una hora, y sin embargo son una de las joyas del arte paleolítico.



© Pedro A. Saura

Camarín de los ciervos de la cueva de Las Chimeneas, Puenteviego, Cantabria.

La huella del hombre paleolítico

Recientemente hemos realizado un hallazgo sorprendente en esa cueva, una de las cuatro cavidades decoradas del monte de El Castillo, en Puentevesigo.

La cueva de Las Chimeneas, es la última cueva decorada de la prehistoria descubierta en el monte de El Castillo.

Su descubrimiento en 1953 tuvo lugar cuando un barreno empleado para abrir la pequeña carretera que une las cuevas de El Castillo, La Pasiega y Las Monedas, en ese mismo monte, abrió un boquete en una caverna, hasta entonces oculta. Los propios obreros descendieron con cuerdas por la chimenea natural que une la galería que abrió el barreno con otra galería inferior y tras una rápida exploración, descubrieron el camarín con figuras de ciervos dibujados a carbón.

Inmediatamente después de su hallazgo, Las Chimeneas fue cerrada con una puerta metálica y una reja, y desde ese mismo momento solo personas vinculadas a la investigación prehistórica han entrado en ella.

Poco tiempo después, los prehistoriadores descubrieron la zona de los grabados, toscos la mayoría de ellos, muy primitivos y realizados con los dedos o con algún útil ancho y romo como un palo o un hueso.

© Pedro A. Saura



Zona de los grabados de la cueva de Las Chimeneas. Puentevesigo, Cantabria.

Llevaba varios días haciendo un registro fotográfico exhaustivo del arte de la cueva, y estando en la zona de los grabados moví uno de los flashes aún encendido, y vi fugazmente la huella. Se había debatido desde su descubrimiento sobre si aquellos toscos grabados podrían haber sido hechos con los dedos sobre la blanda caliza alterada. Al mirar detenidamente aquella huella, comprobé que se hallaba al final del trazo de un grabado. En realidad había una huella claramente diferenciada y al menos otras 20 impresiones dactilares identificables, a veces superpuestas. ¿A quién pertenecieron aquellas huellas? ¿A una sola persona? ¿Al mismo artista que hace entre 18.000 y 20.000 años hizo los grabados?

Si así fuera sería la primera huella dactilar paleolítica hallada hasta la fecha. Y todo induce a pensar que así es, dado el absoluto aislamiento en que se ha mantenido la cueva desde que quedara sellada en tiempos prehistóricos hasta prácticamente hoy.

Allí siguen, como un recordatorio de la naturaleza intrínsecamente humana que impregna los grabados y pinturas e inunda las profundidades de la cueva. “*Éramos iguales a vosotros*”, parecen repetir, como un eco que ha sobrevivido al paso del tiempo.



© Pedro A. Saura

Huella humana al final del trazo de un grabado en la cueva de Las Chimeneas.

Muchos artistas a lo largo de la historia se han posicionado con un arte comprometido, un arte en el que podemos identificar movimientos sociales, un arte que se ha revelado contra la tiranía, un arte con unos principios y unos significados que han ido más allá de la propia obra plástica. Sin duda el arte paleolítico figura entre ese tipo de expresiones plásticas. Conviene recordar a los artistas contemporáneos que tienen que plantearse realizar un trabajo comprometido. El arte es una actividad exclusivamente humana, somos los únicos seres de este planeta que creamos arte, el arte define al ser humano desde la prehistoria, y no debemos olvidarlo, el arte nos hace más humanos.

Referencias

Alcalde del Río, H.; Breuil, H.; Sierra, L. (1911): *Les cavernes de la region Cantabrique*. Imo. A. Chene. Mónaco.

Andrieux, C. (1963): "Généralité sur les formes et les structures minéralogiques et cristallographiques des peintures de Lascaux. Généralités sur les oxides naturels de manganèse et de fer". *Procés-verbal de la Comisión d'Etudes Scientifiques pour la sauvgarde de la grotte préhistorique de Lascaux, annexe n. 3. raport de M. Andrieux, séance du 28 sept. 1963, Périgueux, pp. 19-23, texto dactylographié.*

Angulo, J. y García, M. (2005): *Sexo en piedra. Sexualidad, reproducción y erotismo en época paleolítica*. Ed. Luzán, Madrid.

Balbín, R. de; Alcolea, J. J.; González, M. A. (1999): "Une vision nouvelle de la grotte de El Pindal, Pimiango, Ribadedeva, Asturias". *L'Anthropologie* 103, pp. 51-92.

Balbín, R. de; Alcolea, J. J.; González, M. A. (2007): "Trabajos arqueológicos realizados en el conjunto prehistórico de Ardines en Ribadesella desde el año 1998". *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999-2002, n° 5*. Consejería de Cultura, Comunicación Social y Turismo, Principado de Asturias, pp. 23-36.

Balbín, R. de; Alcolea, J. J.; González, M. A. (2003): "El macizo de Ardines, Ribadesella. España. Un lugar mayor del arte paleolítico europeo". *Primer Symposium Internacional de Arte Prehistórico de Ribadesella*, Ed. Asociación Cultural Amigos de Ribadesella, pp. 91-151.

Berenguer, M. (1979): *El arte parietal prehistórico de la "Cueva de Llonín" (Peñamellera Alta) Asturias*. Boletín del Instituto de Estudios Asturianos. Oviedo.

Berenguer, M. (1994): *Prehistoric Cave Art in Northern Spain Asturias*. Ed. Frente de Afirmación Hispanista A. C. Ciudad de México.

Breuil, H. (1952): *400 siecles d'art pariétal*. Ed. Max Fourny. París.

Breuil, H. y Obermaier, H. (1984): *La cueva de Altamira en Santillana del Mar*. Ed. El Viso, Madrid.

Cabrera, J. M. (1980): *Altamira Symposium, Ministerio de Cultura*.

Fortea, F. J. (2007): "Cuevas de Covaciella y El Bosque (Cabrales). Campaña de 2000". *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999-2002, n° 5*. Consejería de Cultura, Comunicación Social y Turismo, Principado de Asturias, pp. 221-226.

Fortea, F. J.; Rasilla, M.; Rodríguez, V. (1995): "La cueva de Llonín (Llonín, Peñamellera Alta). Campañas de 1991 a 1994". *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1991-1994, n° 3*. Consejería de Cultura, Principado de Asturias, pp. 33-43.

Foyo, A.; Tomillo, C.; Sánchez, M. A. (2007): "Las cuevas prehistóricas del macizo de Ardines en Ribadesella. Descripción geológica". *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999-2002, n° 5*. Consejería de Cultura, Comunicación Social y Turismo, Principado de Asturias, pp. 37-42.

Foyo, A.; Suárez, J. L.; Tomillo, C.; Sánchez, M. A. (2003): "Análisis previo de la relación entre la estructura geológica y el desarrollo del modelado cárstico en el

macizo de Artines. Ribadesella. Asturias. *Primer Symposium Internacional de Arte Prehistórico de Ribadesella*, pp. 153-160.

González, C.; Cacho, R.; Fukazawa, T. (2003): *Arte paleolítico en la región cantábrica. Base de datos multimedia phot vr, dvd-rom versión Windows*. Consejería de Cultura, Turismo y Deporte del Gobierno de Cantabria, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Jordá, F.; Berenguer, M. (1954): "La cueva de El Pindal (Asturias). Nuevas aportaciones". *Boletín del Instituto de Estudios Asturianos*, 23, pp. 3-30.

Leroi-Gourhan, A. (1971): *Préhistoire de l'art occidental*. Ed. Macenod, París.

Leroi-Gourhan, A.; Allain, J. (1983): *Lascaux inconnu*. Ed. Du CNRS, París.

Menéndez, M.; Jordá, J.; Quesada, J. M.; Rojo, J. y Saura, P. (2016): "La cueva del Buxu. En el centenario de su descubrimiento".

Moure, J. A. (1975): *Excavaciones en la cueva de "Tito Bustillo" (Asturias). Campañas de 1972 y 1974*. Diputación Provincial de Oviedo. Instituto de Estudios Asturianos.

Múzquiz, M. (1988): *Análisis artístico de las pinturas rupestres del Gran Techo de la cueva de Altamira. Materiales y técnicas*. Tesis Doctoral. Facultad de Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid.

Múzquiz, M. y Saura, P. (2007): "Ocho nuevos hallazgos de caballos solutrenses en el techo policromo de Altamira". *Miscelánea en homenaje a Victoria Cabrera*, pp. 32-41. Editores: José Manuel Maillo y Enrique Baquedano. Museo Arqueológico Regional. Madrid.

Navarro, J. V. y Gómez, M.^a L. (2003): "Resultados analíticos obtenidos en el estudio de pigmentos y posibles materiales colorantes de las pinturas de la cueva de Tito Bustillo". *Primer Symposium Internacional de Arte Prehistórico de Ribadesella*, pp. 161-172.

Navarro, J. V. (2003): "Nuevos resultados obtenidos en el estudio de pigmentos y posibles materiales colorantes de las pinturas de la cueva de Tito Bustillo". *Primer Symposium Internacional de Arte Prehistórico de Ribadesella*, pp. 173-184.

Pérez Pérez, M.; Quintanal Palicio, J. M. (1979): "Plaquetas grabadas y canto pintado de la cueva de La Moratina". *Boletín del Instituto de Estudios Asturianos*, n^o 96 y 97. Oviedo.

Pinto, A. C. (2007): "Trabajos en curso en el yacimiento de osos cavernarios *Ursus spelaeus*, Rosenmuller & Heinroth 1794, de la cueva de Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias)". *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999-2002*, n^o 5. Consejería de Cultura, Comunicación Social y Turismo, pp. 43-46.

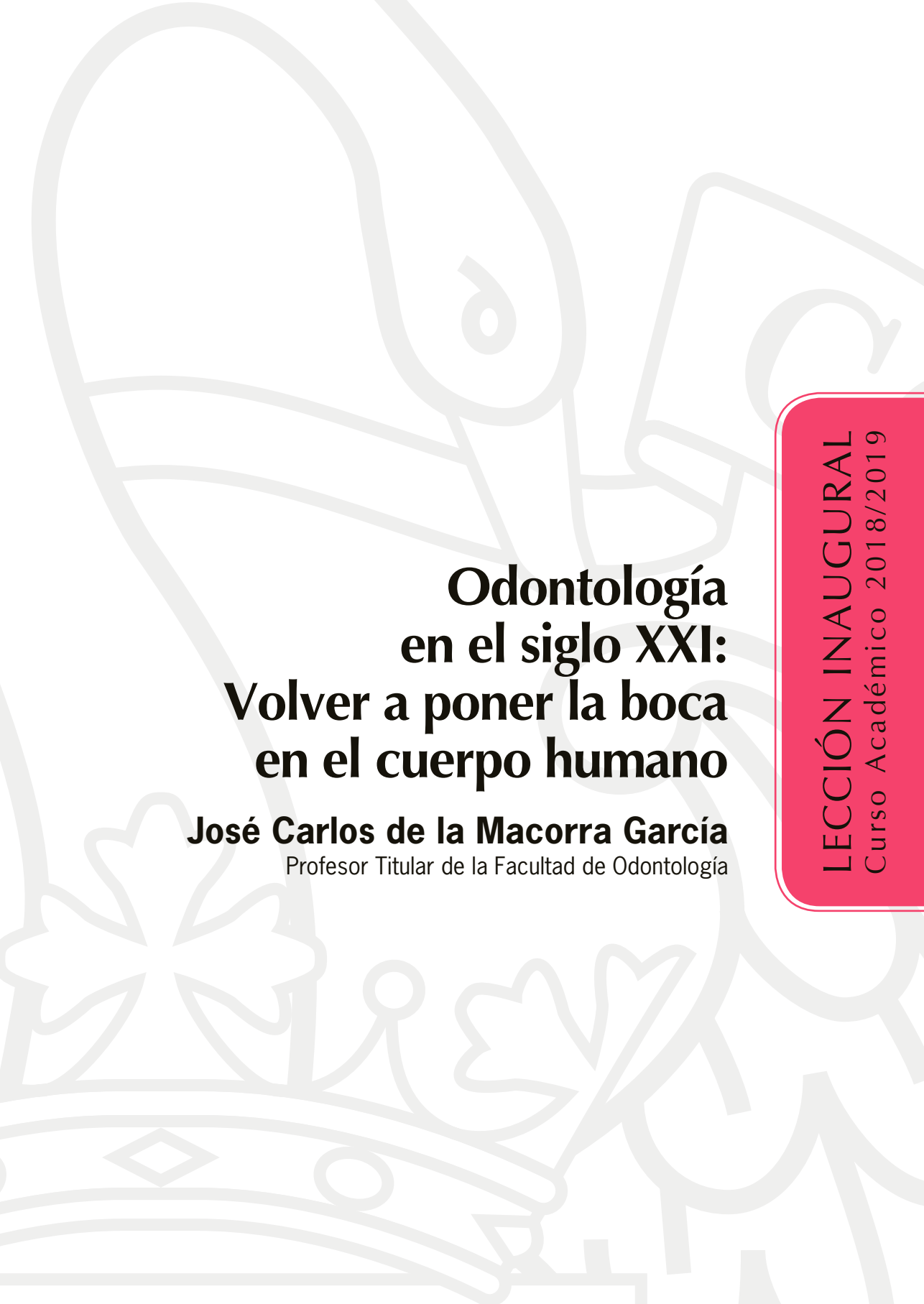
Rodríguez Asensio, A.: "Excavaciones arqueológicas realizadas en la cueva de "La Lluera" (San Juan de Priorio, Oviedo)". *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1983-86*, Oviedo, pp.15-17.

Saura, P. y Múzquiz, M. (2003): "El facsímil del techo de los bisontes de Altamira". *Redescubrir Altamira*. Ed. Turner, pp. 219-241.

Saura, P.; Múzquiz, M.; Bernaldo de Quirós, F.; Lasheras Corruachaga, J. A. y Beltrán, A. (1998): "Altamira". Ed. Lunweg. Madrid.

Saura, P. y Múzquiz, M. (2007): “*Arte paleolítico de Asturias. Ocho santuarios subterráneos*”. Ed. Cajastur.

Saura, P.: “*La huella*”. Revista National Geographic. Edición española. Enero 2015, pp. 22-25.



Odontología en el siglo XXI: Volver a poner la boca en el cuerpo humano

José Carlos de la Macorra García
Profesor Titular de la Facultad de Odontología

LECCIÓN INAUGURAL
Curso Académico 2018/2019

Señor Rector Magnífico, autoridades, queridos compañeros, estudiantes y personal de la Universidad Complutense, señoras y señores, buenos días.

Me parece oportuno empezar, en un acto tan solemne como este, explicando las razones de que esté yo hoy ante Vds., disponiéndome a pronunciar nada menos que la Lección Inaugural del próximo curso académico de la Universidad Complutense de Madrid.

La organización de estos actos establece que esta distinción, pues no cabe duda que lo es, recae anualmente en uno de los centros de nuestra Universidad, debiendo designar su Junta quién lo hará, y este año es a la Facultad de Odontología a la que corresponde hacerlo. En el momento de tomar esta decisión consideramos en nuestra Junta, por encima de quién fuera la persona encargada, el hecho de que fuera una lección lo que debiera impartirse, con el riesgo que supone enseñar algo a otros. Así, nos pareció una excelente ocasión para que nuestra Universidad conociera mejor parte de la esencia de la Odontología, porque estamos orgullosos de pertenecer a esta Universidad y queremos que conozca mejor lo que hacemos.

Y esa es la explicación de que esté hoy yo ante Vds. No por ser el miembro más destacado de nuestra comunidad de docentes o investigadores, ni por ser el más conocido o activo, o el de más mérito, sino porque soy el más viejo. También hemos querido dar un sentido institucional a esta lección y por ello me presento ante Vds. desde esta tribuna también en mi condición de decano de nuestro centro.

Discutir que la Odontología es una parte de la Medicina es sin duda un tema ocioso en la actualidad. Si convenimos con el diccionario de la Real Academia Española (RAE) cuando define esta última como *el conjunto de conocimientos y técnicas aplicados a la predicción, prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas y, en su caso, a la rehabilitación de las secuelas que puedan producir*, estaremos de acuerdo con que la Odontología mantiene un nexo inseparable con su raíz, la Medicina, a pesar de que las diferentes coyunturas administrativas y académicas parezcan situarla a cierta distancia. Ello porque en España, y no sólo en España, la Odontología se ha desarrollado, ha adquirido un volumen de conocimientos y se ha dotado de un nivel técnico tan importante que, como ha ocurrido con otras partes de la Medicina, podría parecer que va sola en esta andadura por el camino del desarrollo técnico-científico.

La Odontología en España ya intentó nacer alejada de su madre natural. Cuando a principios del siglo pasado empezaron a regularse los estudios de Odontología en España (Sanz Serrulla, J. 1999; Pardo Monedero, M. J. 2013) se impuso una separación rígida y, a mi juicio, artificial entre los odontólogos propiamente dichos y los médicos que podían ejercer la Odontología, separación impulsada incluso por los propios odontólogos (Sanz Serrulla, J. 1999). Esto se debió a conveniencias políticas y posiciones personalistas de la época, pero fue posible gracias a unas peculiaridades de la Odontología que la definen muy bien y que me he permitido esquematizar para formar el cuerpo de esta lección: una formidable presencia de los dientes, una ingente prevalencia de las afecciones que les son propias, una accesibilidad única y una pujanza tecnológica muy notable.

La primera peculiaridad de la Odontología es la imponente presencia de los dientes, lo que seguramente no sorprende a nadie, pues constituye el objeto preferente de su atención. Pero es que es tan considerable esta presencia que desdibuja mucho el resto de su campo de acción, relegando otras estructuras de la boca aparentemente a un segundo plano. Y quisiera enfatizar en este punto que no debemos olvidar que los dientes, aunque actores principales y de presencia tan avasalladora, están en la boca, pero que la boca hace muchas más cosas de las que hacen los dientes.

La boca es esa cavidad que está situada en la parte inferior de la cara, que cuelga por delante de nuestro cráneo, por debajo de los ojos y la nariz y conforma, en sí misma, un ecosistema. En ella, la humedad y la acidez cambian mucho localmente a lo largo del día, y más cuando bebemos, comemos o respiramos (Choi, J. E. y cols. 2016). En ella se aloja uno de los microbiomas más complejos conocidos del cuerpo humano, con más de 700 especies identificadas en alguno o varios de los numerosos microambientes que contiene (Durán-Pinedo, A. E. y Frías-López, J. 2015). En ella preparamos y procesamos los alimentos antes de ingerirlos, en gran parte inhalamos y exhalamos el aire con el que respiramos, con ella manejamos instrumentos, a ella la sometemos a la acción del tabaco, el alcohol y otras drogas o en ella recibimos golpes. Créanme, este lugar puede llegar a ser uno de los peores ambientes para vivir.

En ella están los dientes, de los que hablaremos enseguida, y, además, en ella se esmeran, protegiéndola, recubriéndola, percibiendo e identificando, sufriendo una fricción continua y siendo afectadas con todo lo que en ella entra o sale, estirándose y plegándose, siendo mordisqueadas, enfriándose, calentándose o hasta quemándose, mucosas especializadas de diferente tipo, humedecidas por la saliva que segregamos para proteger esta maravilla anatómica.

Pero hablemos ahora de los dientes.

Los dientes son unos órganos especializados, diseñados para unas funciones muy específicas y exigentes. La más evidente, pero veremos que no la única, será, junto con la saliva, la masticación y formación del bolo alimenticio como preparación para el inicio del proceso de la digestión y la deglución.

Para ello, sus distintas partes se desarrollan a partir de diferentes capas germinativas, dando lugar al esmalte, al complejo dentinopulpar y al cemento. Los dos primeros forman lo que podríamos denominar el cuerpo del diente y el tercero, un tejido similar al hueso, se encarga de su articulación con el propio hueso de los maxilares.

La especialización del esmalte es tan elevada que es con mucho el tejido más duro del organismo, prácticamente un conjunto puro de cristales, insensible e incapaz de reparación por la ausencia de nervios y vasos. Necesita esta dureza porque su función es cortar, desgarrar o triturar alimentos de todo tipo. Su estructura cristalina cumple perfectamente este cometido pero, como siempre en la naturaleza, cuando ganas algo también pierdes algo. Y el coste de esta altísima especialización hacia la dureza es la incapacidad de reparación que acabo de mencionar, y la fragilidad; no olvidemos que es prácticamente un conjunto de cristales estrechamente entrelazados en penachos entrecruzados, una joya de la ingeniería si fuéramos capaces de fabricarla, lo que está cada vez más cerca: en efecto, ya se está experimentando con un crecimiento controlado de cristales en una matriz de proteínas para reparar el esmalte fracturado o ausente (Elsharkawy, S. y cols. 2018).

Pues bien, esta fragilidad necesita de un soporte resiliente que mantenga el esmalte en posición y evite su fractura. Ese trabajo lo realiza el conjunto dentinopulpar, que forma el cuerpo interno de los dientes y cuya principal función, como digo, es evitar la rotura del esmalte exterior y mantenerlo en posición, porque las grandes presiones e impactos que sufre obligan a tener un sistema capaz de asumir y recuperar cierto grado de deformación, con circuitos de seguridad y compensación adicionales.

Pero, además, y gracias a su erupción constante, cada diente es capaz de compensar los desgastes de su esmalte debidos al uso durante la función, bien que hasta cierto punto. Tal es la importancia que la evolución ha dado al mantenimiento de lo que en Odontología se conoce como la dimensión vertical, el espacio entre ambos maxilares o, groseramente, la distancia entre la punta de la nariz y el mentón, que ha establecido un mecanismo para mantenerla, dentro

de unos límites. La erupción continua del diente intenta compensar el desgaste del esmalte debido al uso, de manera que los dos maxilares mantengan entre sí una distancia relativa apreciablemente constante. Sólo cuando esta distancia se pierde –normalmente porque perdemos los dientes, se desgastan excesivamente o por una combinación de ambas circunstancias– se nos pone *cara de viejo*: la distancia entre el mentón y la nariz disminuye.

El tercer tejido que forma el diente, el cemento, es un tejido parecido al hueso que reviste las partes de las raíces de los dientes que están dentro de los alveolos y cuya función primordial es servir de anclaje de la dentina del complejo dentinopulpar al hueso de los maxilares, pues sirve de anclaje al ligamento periodontal, formando una articulación propia entre ellos, la articulación periodontal. Y forma parte, precisamente, de uno de los más eficaces circuitos de seguridad de nuestro organismo, que permite proteger la estructura dentaria. Todos hemos tenido la experiencia de encontrar una piedrecita o un grano de arroz duro en una paella o un trocito de hueso en un filete. En esos casos, el sistema sensorial propioceptivo periodontal desengranará inmediatamente el circuito mediante un reflejo nervioso que involucra a los músculos masticadores, haciendo que dejemos de ejercer presión.

Pero la articulación periodontal no es sólo un circuito de seguridad. Nos dota, además, de una percepción exquisita para diferenciar el arroz en su punto, la interposición entre nuestros dientes de un cabello humano o de la más leve fibra de un alimento o el más pequeño desplazamiento de un diente fuera de un alveolo debido a una inflamación. Los mecanorreceptores contenidos en ese ligamento periodontal son capaces de discriminar las mínimas sensaciones para permitirnos desarrollar la función masticatoria de forma óptima.

Gracias a estos órganos tan maravillosamente diseñados podemos los humanos masticar nuestros alimentos y prepararlos para ser deglutidos.

Sé que puede parecer que me dejo llevar del entusiasmo, comprendan que tampoco sería extraño, pero quiero profundizar algo más en el maravilloso diseño de nuestros dientes. No puede ser de otra manera, cuando sabemos que su morfología no es caprichosa; nada en la naturaleza lo es.

El diseño de lo que se llaman las superficies oclusales –las zonas de los dientes que contactan con las correspondientes de los de la arcada contraria– hace que la función de masticar, de rechinar o simplemente, de apretar los dientes sin nada interpuesto envíe una oleada de presiones a través de ellos. ¿No se han preguntado la causa de que los dientes anteriores tengan una sola raíz y que

cuanto más posteriores sean los dientes, más raíces tienen? No es porque deban anclarse mejor, o no es sólo por eso, sino porque los esfuerzos que reciben y deben dispersar son mayores cuanto más atrás estén situados.

En el maxilar superior, esos esfuerzos se transmiten a través de las raíces de los dientes y viajan alrededor de las fosas nasales, senos maxilares y órbitas hasta la parte frontal del cráneo, y a través de la apófisis cigomática hacia el hueso temporal. Es una solución funcional mágica: lo primero que atraviesa esta marea de esfuerzos masticatorios son las mencionadas oquedades, que dividen y orientan esas presiones, haciéndolas manejables y dirigiéndolas a unas llanuras, el hueso frontal o el temporal, donde se agotan (de la Macorra Revilla, L. 2001). Así contribuye la masticación –en realidad, todas las presiones ejercidas sobre los dientes superiores– a la conformación de nuestro rostro y nuestro cráneo. Una frente abombada o lisa, una nariz prominente, curvada o retraída, unos arcos superciliares determinados son el resultado de o son mantenidas por nuestra manera de morder.

Llegados a este punto, nos preguntamos: ¿si eso sucede en el maxilar superior, qué ocurre en la mandíbula? Debería tener mecanismos parecidos, pero en ella no hay esas oquedades, esos refuerzos, esos canales de conducción de esfuerzos. No los hay, ni son necesarios, porque la naturaleza ha dispuesto, que nosotros conozcamos, tres soluciones sencillas y muy eficaces, como siempre.

La primera es que el hueso que conforma la mandíbula es mucho más denso y tenaz que el del maxilar. La segunda es aún más brillante. Cierren su boca juntando sus dientes, si les parece, y pasen un dedo por ellos. Podrán comprobar que los inferiores están por dentro de los superiores. Dicho de otra manera, la mandíbula trabaja en compresión y el maxilar en expansión. Los dientes inferiores son comprimidos hacia el centro de la mandíbula, mientras que los superiores son empujados hacia fuera. Y cualquier ingeniero les dirá que es mucho más fácil y económico soportar las compresiones que las expansiones.

Y la tercera es la presencia y posición de la lengua, solución esta con la que ese ingeniero soñaría si fuera capaz de diseñarla y reproducirla, para estabilizar un arco desde su interior. La lengua está siempre soportando ese arco, empujando hacia fuera los dientes inferiores. Y cada vez que deglutimos –no por casualidad después de que los dientes hayan sido objeto de las mayores presiones al preparar lo que vamos a tragar–, la lengua, esa masa de músculos de control exquisito, contribuye a reestabilizar el sistema. Otra de las maravillas de la naturaleza dentro de nuestro territorio.

Si bien son los dientes los encargados de realizar esta función de preparar el alimento, esto, como la mayoría de los grandes logros, no pueden hacerlo solos. Necesitan del sistema muscular que facilite los múltiples movimientos que, estando anclados en las estructuras óseas, tienen que realizar. Piensen ustedes que entre los cuatro pares de músculos propiamente masticadores –es decir, los que elevan la mandíbula– está el masetero, ese músculo que notamos que *saca bola* en el ángulo de la mandíbula cuando apretamos los dientes.

Hagamos un ejercicio. Supongan ahora por un momento que están mordiéndolo un lápiz entre sus molares. Podríamos asumir que la superficie sobre la que actúan es de unos 5 mm². Valoren, entonces, que la presión máxima que uno solo de los maseteros de un adulto –y tenemos dos– puede ejercer (Minoru, T. y cols. 2016) sería muy parecida a la que ejercería todo el actual equipo rectoral sobre una superficie de aproximadamente 13 mm², más o menos el equivalente a la superficie del extremo de uno de sus dedos índices. Mucha presión sería, sin juegos de palabras.

Ahora, dense cuenta de la cantidad de veces que la mandíbula contacta con el maxilar superior de forma inconsciente. Son cientos de veces diarias, a baja presión, casi siempre para tragar saliva, y conscientemente o no al apretar los dientes, esta vez casi siempre con alta presión. Y ahora súmenle las veces que masticamos la comida, con muy diferentes presiones según nuestros hábitos y dieta o lo *al dente* que esta esté cocinada.

Complicuemos algo más el modelo. Estas presiones recurrentes no se ejercen siempre verticalmente, como en una prensa, sino que en muchas ocasiones la mandíbula interactúa de manera lateral, parcial u oscilante. Y tampoco entran en contacto siempre las arcadas completas. Piensen en los movimientos tan diferentes que hacemos para cortar un hilo o un bocadillo o mordernos las uñas, para sacar el corcho de una botella, desgarrar una carne muy hecha o masticar unas lentejas. Todos ellos movimientos excéntricos.

Pero sigamos adelante, pues hay matices fuera de lo estrictamente estructural que me gustaría resaltar en relación a nuestros dientes, ya que las funciones de la boca van más allá de la masticación, mucho más allá...

No olvidemos que somos animales, aunque intentamos las más de las veces no parecerlo. Y en este sentido, los dientes cumplen –o cumplan– una función añadida, defensiva o agresiva, cuya importancia olvidamos frecuentemente, pues

nuestra sociedad ha cambiado mucho desde los tiempos en los que la boca era una de las armas de supervivencia. Aunque ahora usamos, afortunada o desafortunadamente, otras armas y nos atacamos o defendemos por otros medios, aún seguimos expresando nuestra agresividad mostrando los dientes, porque somos animales. Pídanle a un niño, con los códigos de comportamiento innatos aún intactos, que muestre agresividad y lo comprobarán.

Pero las funciones de la boca van también más allá, mucho más allá, de la masticación o la defensa. Por ejemplo, una función característica y exclusiva de los seres humanos y con la que yo espero estar llegando a ustedes es la fonación y la emisión de la palabra. Claro que no es en la boca donde se imaginan y crean las palabras ni donde se originan los sonidos que nos permiten comunicarnos, pero es a través de ella donde se modulan, enfatizan o aclaran y, finalmente, susurran, declaman o profieren. Y ¿qué decir en este contexto de la importancia de la presencia de los dientes, que nos permiten pronunciar algunas de las letras de nuestro alfabeto? Intenten pronunciar la frase “*gracias decano, una magnífica lección*” sin que sus dientes superiores delanteros participen.

Y por no hacer interminable la lista de funciones de la boca, y sin mencionar el gusto, con la amplia gama de discriminación de sabores, o la utilización de instrumentos musicales, ambos con relevante importancia personal y social, mencionaré ahora su papel en la interacción personal y afectiva o sexual entre las personas.

Porque ¿cómo, si no, se relacionan los hijos con las madres por primera vez y en sus primeros meses de vida?, ¿cómo se nos transmite esa relación?, ¿qué se nos transmite con ella?, ¿qué importancia tiene esta si nos atenemos a muchos de los paradigmas freudianos? Preguntas estas de difícil contestación en las que otras áreas de la Medicina podrían dar mejores respuestas que las mías.

¿Cómo irradiamos a los demás nuestros estados de ánimo, nuestras emociones, si no es inicialmente a través de la comunicación gestual, en la que la boca es prácticamente el referente central y de la que forman parte o son vecinos algunos de los 42 músculos de la mímica, tan importantes que actúan incluso con la contracción de sólo alguna de sus fibras musculares, dotándonos de una sutilidad y una graduación en la expresión que aún no comprendemos bien? ¿Cómo transmitimos a los demás una imagen de disposición, salud, bienestar, inteligencia o juventud si no es a través de la expresión, en la que la boca juega un papel primordial?

Y ¿qué utilizamos, de tantas maneras, para besar a nuestros padres, hijos, amantes o amigos? ¿Por qué tenemos nada menos que doce pares de músculos tan finamente regulados que nos sirven para ello?

Y, finalmente, ¿qué significa la maravillosa representación de la boca en la corteza cerebral, donde quedan dibujadas y representadas las diferentes zonas de nuestro organismo, como señalaron allá por los años 30 del siglo pasado los neurocirujanos Penfield y Boldrey (Penfield, W. y Boldrey, E. 1937)? El homúnculo de Penfield pone de manifiesto la importancia de la representación de la boca en ese córtex, donde los labios, la lengua, la deglución y las manos ocupan los primeros lugares de todo el cuerpo humano.

La segunda característica de la Odontología, a la que me referiré ahora, es la de la gran prevalencia de las enfermedades de las que se ocupa, pues algunas de las que afectan a la boca son de las más frecuentes en el ser humano.

En primer lugar, en referencia a los dientes y para que nos hagamos una idea de las magnitudes de lo que hablo señalaré que, de los niños de 5 o 6 años con dientes temporales y de los de 12 años con dientes permanentes, la tercera parte tendrá al menos una caries, hecho que se hace extensivo prácticamente al 100% en los adultos (Marcenes, W. y cols. 2013; Bravo Pérez, M. y cols. 2016). Podemos afirmar, por tanto, que la caries es la enfermedad más prevalente en el ser humano, después de la edad.

Es esta una enfermedad de la civilización, pues sólo excepcionalmente se han encontrado evidencias de su presencia en el hombre preneolítico. Avanzó con la civilización a partir de que comenzaran a asarse o cocerse los alimentos y ha ido siempre pareja a la hiponutrición y a la presencia de azúcares en la dieta (Sanz Serrulla, J. 1999; Müller, A. y Hussein, K. 2017).

La caries dental es una enfermedad crónica y multifactorial en la que influyen la dieta, el estado de salud, los hábitos de higiene del hospedador y la microbiota oral, ese complejísimo ecosistema de microorganismos que adquirimos al nacer, desarrollamos durante la lactancia, enriquecemos obsesivamente con cualquier objeto, animal, mineral o vegetal que tengamos cerca –para desasosiego de nuestras madres– cuando empezamos a tener algo de autonomía, vamos cada vez haciendo más complejo con la dieta al crecer y compartimos con nuestros seres más queridos (Durán-Pinedo, A. E. y Frías-López, J. 2015). Las lesiones que produce se diagnostican habitualmente gracias a la pérdida mineral que producen y su formación depende de las bacterias orales de la placa dental (Weber, M. y cols. 2018).

El mayor objetivo de la Odontología ha sido desde siempre su prevención, su tratamiento y el de sus consecuencias. Tenemos constancia de ello desde los textos mesopotámicos, alrededor del 4.000 a.C., que mencionan el conjuro del gusano dentario, tenido entonces como origen del problema, una especie de oración que debía rezarse como parte del tratamiento del dolor de los dientes (Febres-Cordero, F. 1966). Esta leyenda se mantuvo como verdad científica mucho tiempo, aunque nuestro paisano Francisco Martínez de Castrillo, hace casi dos siglos, ya intuyera lo contrario. Hoy en día sabemos que la caries es una enfermedad infecciosa destructiva, irreversible sin tratamiento, cuyos efectos son irreparables por el organismo y cuyo curso natural es la destrucción del diente y el dolor debido a su infección concomitante o a la de los tejidos circundantes.

No han contribuido a la buena imagen de la Odontología las antiguas prácticas de mutilación, cuando la única solución efectiva para el dolor dentario era la extracción *manu militari* del diente causante, casi siempre en condiciones poco adecuadas, con conocimientos escasos y por medios agresivos. Era un remedio poco fundamentado, como advirtió nuestro Francisco de Quevedo cuando escribió *Quitarnos el dolor, quitando el diente, / es quitar el dolor de la cabeza, / quitando la cabeza que le sienta*. Pero la Odontología ha superado hace tiempo esa época, afortunadamente.

Las enfermedades periodontales son también altamente prevalentes y en sus formas más leves, las gingivitis, prácticamente universales. Los jóvenes de entre 12 y 15 años están afectados en un 50% en sus formas más iniciales; los no tan jóvenes, de 35 años, lo están en un 80% y las personas de 65 años, en un 89% (Bravo Pérez, M. y cols. 2016). Podemos decir que las causas son similares a las de la caries, aunque no se han identificado variantes genéticas comunes entre ambas (Mira, A. y cols. 2017). Además, al afectar a una articulación muy especial en relación a las demás del cuerpo humano, como es el complejo óseo-ligamentario-dental, su evolución es muy diferente.

Ya hemos visto qué enormes magnitudes de esfuerzos deben soportar estas articulaciones. Pero es que además deben hacerlo manteniendo, mediante el ligamento periodontal, la integridad funcional de dos partes distintas: el hueso de los maxilares y el complejo dentinopulpar, que son mecánicamente heterogéneas. Este ligamento recubre prácticamente toda la superficie del diente que está dentro del maxilar, anclándolo al hueso.

Pero su característica más comprometedoras es que se trata de una articulación menos protegida del mundo exterior que el resto de las demás de nuestro organismo. Está expuesta a uno de los ambientes más agresivos a los que puedan someterse

nuestros tejidos, el ambiente oral, como veíamos antes. Esta protección, si podemos llamarla así, esta separación del ambiente oral agresivo, se establece entre la franja o collarete de encía que rodea el cuello de los dientes y los propios cuellos de los dientes, a los que se une perimetralmente. Es una unión mecánicamente lábil, como no puede ser de otra manera entre una mucosa, la encía, y un tejido altamente mineralizado, la dentina del complejo dentino-pulpar (Jang, A. T. y cols. 2018).

La defensa local, la inflamación que produce la placa bacteriana, causa a medio plazo en esta unión un desplazamiento hacia dentro, lejos de la corona del diente, “desnudando” y dejando expuesto progresivamente el diente o dientes afectados –generalmente son varios–, y a largo plazo su destrucción. Los resultados más evidentes son, cómo no, el dolor, la pérdida del hueso de soporte, la movilidad, el aparente alargamiento de los dientes cuando progresa esta pérdida de su anclaje óseo y, en última instancia, su pérdida.

Son estas dos enfermedades –caries y enfermedad periodontal– tan prevalentes que podemos decir que el 100% de la población se verá afectada en algún momento, con diferente gravedad, por alguna de ellas o por ambas. Y así se entiende muy bien por qué la Odontología puede ser considerada por algunos como una parte de la Medicina dedicada sólo a los dientes, en una visión reduccionista o localista, porque es muy probable que todos nosotros debamos, en algún momento, interaccionar con algún odontólogo debido a ellas.

Pero hay otras afecciones dentro del espectro dentario donde no se implica en sí la estructura del diente. Hasta en un 60% de personas de 12 años se detecta algún tipo de maloclusión, de una relación inadecuada entre los dientes. Este porcentaje disminuye al 53% a los 44 años (Bravo Pérez, M. y cols. 2016).

Es cierto que algunas maloclusiones, es decir, alguna de las desviaciones de la normalidad en cuanto a la manera de morder, a la manera en que los dientes están situados en relación a sus vecinos o interaccionan con los de la mandíbula antagonista, no son clínicamente relevantes ni reclaman necesariamente tratamiento. Sin embargo, muchas de ellas sí lo precisan, por mucho que parezcan inocentes o irrelevantes en un principio. Debemos saber que ese ingenio tan eficaz para triturar, amolar, cortar o desgarrar se autoprotege desplazando los alimentos durante la masticación para evitar que impacten en la encía o se interpongan entre los dientes vecinos, con la ayuda de la lengua y las mejillas para colocarlos y mantenerlos en posición. Esto lo hace gracias al diseño anatómico, individual, de los dientes, a la integridad de su sujeción, a la buena movilidad muscular y a la correcta posición que tengan unos respecto a otros.

Porque hemos hablado de cómo los dientes de las diferentes arcadas interactúan entre sí, pero no hemos recordado que lo hacen gracias al juego de una articulación casi excepcional en el ser humano, si exceptuamos las de las vértebras. Una articulación que es doble y que permite, limita y controla el movimiento de un solo hueso: la mandíbula. Y que, además, nos permite hacer movimientos que muchos animales no pueden hacer, de modo que se convierte prácticamente en distintivo del ser humano. Nuestra articulación temporomandibular o cráneomandibular, que podemos localizar abriendo y cerrando la boca a la vez que ponemos un dedo un poco por delante del orificio de entrada del conducto auditivo externo, no es una simple bisagra que mueva la mandíbula arriba y abajo, sino que su diseño nos permite desplazarla adelante, atrás, lateralmente y combinar estos desplazamientos. Y podemos hacerlo de forma asimétrica, haciendo contactar uno, varios o todos los dientes de un solo lado, o del otro, o ambas arcadas a la vez.

Y esa articulación, como cualquier otra, debe protegerse haciendo que las superficies de los dientes sean congruentes entre sí y con una posición correcta de la mandíbula, de manera que ni los dientes ni la articulación se fuercen por una demanda inaceptable de la otra parte. Esa es una de las misiones de los tratamientos ortodóncicos. Otra, más conocida y relacionada con la que acabamos de mencionar, es el establecimiento o la recuperación de una relación correcta de los dientes con sus vecinos, para restablecer esa *blanca disciplina de sus dientes caníbales, prisioneros en llamas* con la que Octavio Paz se refiere a los dientes y a las encías.

La naturaleza considera tan importante la relación de los dientes entre sí y su armonía en el espacio de que disponen para situarse, que nos ha provisto de dos juegos completos, de 20 y 32 dientes respectivamente. El primero, el que denominamos de los dientes “de leche”, para acomodarse en unos maxilares más pequeños, que erupcionan poco a poco, y el segundo, el permanente, que va reemplazando gradualmente al anterior para acomodarse un espacio todavía cambiante. Y, además, como nuestras mandíbulas no tienen la función que tenían cuando nos convertimos en humanos, evolucionamos perdiendo dientes (Mostowska, A. y cols. 2003): cada vez son más frecuentes las agenesias, las ausencias, de los dientes laterales o los premolares, sin patología añadida, y casi todos hemos sufrido los problemas de las “muelas del juicio”.

Hay además una gran área de la Odontología que no es nueva pero que ha adquirido un gran protagonismo en los tiempos actuales. Me refiero a la Odontología estética. Pero a la estética entendida como disfunción por sí misma, una estética

que el paciente demanda en ausencia de otra patología funcional y sin que haya enfermedad orgánica discernible, al menos entendida como una alteración más o menos grave de la salud de los tejidos.

Sé que muchos pueden pensar que si un paciente no está contento con la imagen que transmite o con la autopercepción que tiene de ella, esto puede entenderse como una patología en sí misma (Naranjo, P. y cols. 2015). Es esta una controversia que no es el objeto de esta lección, pero que debo mencionar por su creciente incidencia. Sólo interesa destacar que los cambios habitualmente reclamados de color, forma, tamaño, número o posición de los dientes no son inocuos, en el sentido de que aún no podemos reemplazar, reponer o modificar los dientes sin que se produzcan efectos secundarios, no siempre leves y nunca deseables. Estamos ya cerca en algunos casos, pero aun estando en el camino correcto, no hemos llegado a nuestra meta.

Como en otras áreas de la Medicina, es difícil para el dentista encontrar el balance correcto entre el perjuicio ligado a un tratamiento, que casi con toda certeza se va a producir –muchas veces desconocido o minusvalorado por el paciente–, y el beneficio que se va a obtener, especialmente cuando la intervención con fines estéticos va a afectar a unos órganos tan especializados. Pocas veces en la Medicina el resultado es predecible al 100%, y tampoco las expectativas están siempre bien identificadas.

La razón de que lo mencione hoy es que todo ello está teniendo un efecto en la percepción que la sociedad tiene de la Odontología, pues se corre el peligro de trivializar un área de la salud tan importante por tantas otras razones. Imaginen ustedes que a los oftalmólogos les solicitasen sus pacientes la modificación del diámetro, forma o color de sus iris porque no son del gusto del paciente, aun estando sanos. Estaríamos hablando igualmente de unos órganos altísimamente especializados, de unos resultados no completamente predecibles y de unas expectativas de difícil identificación por parte del paciente. Por absurdo que esto pueda parecer, ese camino ya lo hemos venido recorriendo nosotros, desde hace muchos años.

Si bien los dientes son el contenido de la boca donde, por motivos ya expuestos, se centra más la atención del universo odontológico, no deben en absoluto soslayarse otras partes, especialmente por su relevancia dentro de la especial repercusión que, en términos de morbi-mortalidad para los pacientes, pueden representar. Me refiero a ese tapiz que recubre las paredes de la boca y que tiene su mayor grado de especialización en la lengua. Me refiero a la mucosa que

recubre la cavidad bucal y que constituye la primera línea de defensa de nuestro organismo frente a la acción de agentes externos, especialmente dentro del tracto digestivo. Y he de decir que en el momento actual no sólo es preocupante el hecho de que muchas causas no deseadas sean las originarias de lesionar esta mucosa, traducidas en enfermedades infecciosas, autoinmunes, etc., sino que, cada vez más, somos nosotros mismos los causantes de su deterioro y responsables de su agresión. Me refiero al uso y abuso del tabaco y del alcohol, ambos acérrimos enemigos de la mucosa bucal y que son, en connivencia con otros factores, promotores de la enfermedad más lesiva que se conoce en la actualidad, el cáncer; en concreto, el cáncer oral.

Los cánceres orales representan alrededor del 85% de todos los cánceres de cabeza y cuello (Sociedad Española de Oncología Médica 2017; *The Oral Cancer Foundation* 2018), los cuales se estima que son la séptima localización de cáncer más frecuente en el ser humano (Stewart, B. W. y Wild, C. P. 2014), con tasas de supervivencia a los 5 años que no superan el 50%.

Todas estas enfermedades que he relacionado son las más frecuentes o graves de las que afectan a alguna de las partes de la boca. Mencionando sólo estas de entre todas las que hay podemos darnos cuenta de que la Odontología, que se ocupa del cuidado de lo que hay en nuestra boca, en todas las edades de una vida cada vez más larga y con una capacidad terapéutica enorme, tiene un gran impacto social. Es cierto que, afortunadamente, en la Odontología no es lo común tratar con enfermedades que pongan en riesgo la propia existencia, pero también lo es que la población que necesitará de su atención es prácticamente toda. Podríamos decir, entonces, que somos un lago poco profundo, pero enorme.

La tercera característica diferencial de la Odontología es la accesibilidad física a su área de interés. Es algo que damos por hecho, una de las reglas de la vida, que podamos acceder a órganos tan especializados simplemente abriendo la boca, que podamos actuar sobre las mucosas tan fácilmente. Nos parece normal y no percibimos lo trascendente que es. Esto quizá puede haber influido en que la Odontología haya sido tomada históricamente como una especialidad separable de la Medicina. Para acceder a la boca no es necesario, en principio, un gran aparato técnico ni tampoco, digámoslo claramente, una formación muy especializada, aunque, que quede claro, sí es necesaria esta formación para diagnosticar o tratar sus enfermedades orales y generales. Las cosas, muchas de ellas al menos, están a la vista y prácticamente bastará con que el paciente abra la boca para ver lo que ocurre y acceder al problema.

Sin embargo, al igual que ocurre con otras especialidades dentro de la Medicina, como la Dermatología, donde la superficie cutánea es todavía más accesible, no debemos dejar que las pequeñas cosas impidan ver la complejidad del bosque. Porque la boca es asiento de enfermedades propias y específicas, pero también reflejo de muchas enfermedades generales que afectan a muchos órganos y sistemas y que se manifiestan inicialmente en la boca. ¿Quién no recuerda el clásico paradigma, tantas veces usado y mantenido durante mucho tiempo, en que el médico general pedía al paciente enseñar la lengua como signo inicial para valorar su estado de salud?

Un hito histórico que condujo a un cambio importante ocurrió cuando William Hunter acusó a la Odontología tradicionalista y a la prótesis como “responsables de sepsis orales que son causantes de enfermedades crónicas y reumáticas” (Hunter, W. 1900). Ello desencadenó una rápida y creciente reacción social y profesional que dio lugar a cambios drásticos en la Odontología, y como consecuencia empezó a valorarse la relación entre la salud oral deficiente y su papel en el desarrollo de las enfermedades crónicas reumáticas y nerviosas. En la actualidad existen suficientes evidencias que apoyan la asociación de algunas enfermedades periodontales con la patología coronaria, la aterosclerosis, la enfermedad reumática, la diabetes, y otras (Beck, J. D. y cols. 2018; Jansson, L. y cols. 2018), y es frecuente el carácter local con el que debutan muchas enfermedades de índole general.

Esta accesibilidad también diagnóstica es básica en el concepto de la Odontología moderna. Los desórdenes de casi todos los sistemas del cuerpo pueden afectar a la boca, y sus manifestaciones pueden ser las primeras o las más graves, o ser las únicas que necesiten tratamiento, o bien ser la causa principal de la disminución de la calidad de vida de los pacientes (Porter, S. R. y cols. 2018). Como digo, una enorme cantidad de enfermedades generales se manifiestan en la boca, casi siempre en sus mucosas o en alteraciones de la saliva.

La accesibilidad también facilita algunos de los tratamientos más prometedores que actualmente se encuentran en experimentación. Pondré sólo algunos ejemplos de cómo las células madre obtenidas del complejo dentinopulpar, del nervio de los dientes de leche humanos exfoliados, que se sabe que pueden reducir o ayudar a tratar los efectos motores de la enfermedad de Parkinson (Zhang, N. y cols. 2018), algunos defectos de la audición (Gonmanee, T. y cols. 2018) u otros desórdenes neurológicos (Victor, A. K. y Reiter, L. T. 2017). Impresiona el capital genético que ha ido adquiriendo y debe tener almacenado el ratón Pérez, que ha adquirido intercambiando todos nuestros dientes de leche por golosinas o algunas monedas.

Desde que Leeuwenhoek describiera por primera vez en 1677 los protistas y bacterias que vivían –dónde si no– en la boca (Lane, N. 2015), valoren también lo fácil, y controvertido, que es hoy en día realizarse un test genético a partir de una simple muestra de saliva (Pappa, E. y cols.; Lucassen, A. y Houlston, R. 2014). Unas semanas después podemos tener un informe sobre muchos aspectos de nuestra salud o de nuestro desarrollo, desde los riesgos de desarrollar un cáncer al tipo de cera que tenemos en nuestros oídos (Harrison, M. y cols. 2018).

La cuarta, y última, característica de la Odontología que mencionaré es doble: el uso de la tecnología y la eficacia terapéutica que esto produce.

Hemos avanzado mucho desde el bebedizo a base de orina de los íberos, que se utilizó en la época del imperio romano para blanquear los dientes, desde los dientes de muerto o de animales que se fijaban en el antiguo Egipto con hilos o láminas de oro a los dientes adyacentes sanos del paciente para reponer una pérdida, desde la dentadura completa articulada mediante un muelle que usaba, o mejor, padecía George Washington, desde las dentaduras completas que se montaban con dientes de muertos –es famosa la cosecha que se obtuvo tras la batalla de Waterloo– o desde la costumbre que hasta no hace mucho existía en algunas zonas rurales españolas de “limpiarse” la boca, que no consistía en otra cosa que hacerse extraer todos los dientes para substituirlos por unos artificiales.

Para entender mejor todo lo que puede hacer hoy en día la Odontología es necesario mencionar algunas de las revoluciones que lo han hecho posible. Varias de ellas han sido producto de la serendipia, esos hallazgos valiosos que se producen de manera accidental o casual, y que necesitan de una mente preparada para percibir su importancia.

La primera es la de la anestesia. Horacio Wells, un dentista que asistía en 1844 a un espectáculo en el que se usaba óxido nitroso, el gas de la risa, comprobó como un amigo suyo, que había participado voluntariamente en el espectáculo y había inhalado el gas, no notaba el dolor de una gran herida que se había hecho inadvertidamente en la pierna. Experimentó con el gas con poca fortuna hasta que su discípulo William Morton demostró en 1846 que otro gas, el éter dietílico, sí era eficaz para eliminar el dolor de los procedimientos quirúrgicos (Haridas, R. P. 2013). Este fue el primer anestésico de los muchos que llegaron a utilizarse en todo el mundo, y se descubrió porque una mente preparada se dio cuenta de sus posibilidades. Esto cambió la Medicina y con ella a la Odon-

tología. Desde hace ya tiempo, las técnicas anestésicas locales o generales o la sedación han eliminado prácticamente el dolor de las consultas, lo cual ha cambiado drásticamente la percepción de los tratamientos odontológicos (D'Alessandro, G. y cols. 2016).

La segunda revolución es la adhesión. El mundo de los adhesivos está muy presente en la ingeniería, cada vez más en muchas partes de la Medicina, en todas nuestras casas y muchos utensilios. Su uso en la Odontología no se desarrolló hasta 1955, cuando Michael Buonocore se dio cuenta, observando cómo se preparaban las superficies metálicas externas de los aviones para ser pintadas de manera que soportaran la fricción y los cambios térmicos durante los vuelos, de que tratando el esmalte con un ácido se podía grabar para después infiltrar esa superficie, produciendo una adhesión muy fiable (Buonocore, M. G. 1955), tanto que aún hoy se sigue usando prácticamente como entonces para fijar los brackets ortodóncicos a los dientes. Podemos decir que ese fue el comienzo de lo que ahora es la adhesión en Odontología, aunque conseguir lo mismo en otro tejido, la dentina, llevó algo más de tiempo. Hoy el grabado y la adhesión posterior son la base de la restauración de los defectos de los dientes causados por traumatismos o caries y de muchas restauraciones mediante prótesis. Esto supuso que ya no fuera necesario preparar tanto los dientes para fijar en ellos las restauraciones como se venía haciendo. Se precisaba un trabajo de marquetería de precisión para hacer diferentes formas de anclaje, como tornillos, colas de milano u otras retenciones mecánicas, que siempre obligaban a eliminar partes sanas de los dientes para retener y dar resistencia a las reposiciones de lo que se había perdido, por una u otra razón –lo que comúnmente se llaman empastes– o a las coronas o fundas.

La osteointegración es otro ejemplo de serendipia. La capacidad del titanio para integrarse con el hueso sano ya fue atisbada por Bothe, Beaton y Davenport en 1940 y por Leventhal y Gottlieb en 1951. Pero fue Brånemark quien, en 1952, tras un experimento sobre el flujo sanguíneo incrustando tubos de titanio en hueso de ratones, se dio cuenta de la posibilidad de su uso en Odontología, dada la imposibilidad de retirarlos (Rudy, R. J. y cols. 2008). Los primeros implantes los colocó en 1965, como soporte para un obturador en un paciente con paladar fisurado. Los implantes sobrevivieron al paciente, que murió 40 años después por otras causas, con ellos en perfecto funcionamiento. Las posibilidades terapéuticas que se abrieron para la Odontología fueron enormes, pues ya no fue siempre imprescindible anclar o fijar las prótesis que reponen los dientes perdidos o ausentes en los dientes adyacentes, sanos, que no tenían culpa de nada, y que sólo estaban allí.

Estas fueron las tres grandes revoluciones que cambiaron la Odontología en los dos últimos siglos. Me ha parecido oportuno destacarlas porque se originaron en unas fechas concretas e identificables, porque se imaginaron y desarrollaron por odontólogos o por personas que trabajaron en el campo de la Odontología y porque supusieron un cambio de paradigma. Atacaron el dolor y triunfaron sobre él, sobre la fijación de las restauraciones y sobre la limitación del daño a los dientes sanos vecinos, que era casi siempre necesaria.

Pero ha habido otros saltos cualitativos no tan definitivos o claramente fechados pero casi igualmente determinantes y que, por comparación, podemos llamar *evoluciones*. Todas ellas provienen de campos aparentemente ajenos a la Odontología, si aceptásemos que las ciencias son campos individualizables, claramente separados unos de otros, y estancos. Pero la Odontología, como todas las demás partes de la ciencia, alimenta a todas las demás ciencias y es alimentada por ellas, como es lógico. Así se ha beneficiado –y sólo citaré algunos ejemplos– de los avances en la maquinaria –las primeras turbinas se fabricaron en 1957–, los biomateriales –con el uso universal de los diferentes metales, resinas o cerámicas o sus combinaciones, o los materiales inteligentes (McCabe, J. y cols. 2011)–, la prevención –la primera pasta fluorada se comercializó en 1958–, la psicología, la física, la cirugía, la farmacología, la bioquímica, la genética, el trabajo en red, el proceso de datos o la digitalización.

Estas evoluciones están renovando la Odontología de una manera impensable hace unos años. La prevención en las comunidades, la remineralización de las caries iniciales (González-Cabezas, C. y Fernández, C. E. 2018), la Odontología basada en la evidencia, la disposición de imágenes radiológicas tridimensionales con alta definición, la toma de impresiones mediante un escaneado manual, la preparación de guías quirúrgicas que minimizan los errores en el quirófano, la regeneración de dientes (Smith, E. E. y cols.) o de tejidos (Larsson, L. y cols. 2018), la fabricación automatizada de modelos para trabajar en el laboratorio, el diseño y fabricación mediante CAD-CAM de las prótesis con materiales ultrarresistentes y estéticos que pueden ser colocados en mucho menos tiempo y con menos errores, la tomografía computarizada de haz cónico para el diagnóstico y la preparación de la aparatología ortodóncica precisa, todo ello está cambiando, otra vez, la Odontología.

Gracias a todos estos avances, nuestra especialidad tiene algo que pocas partes de la Medicina tienen: una capacidad terapéutica muchas veces inmediata. Son innumerables los pacientes que tienen un problema que se puede solucionar y se soluciona, o al menos encamina, en el momento o en apenas un par de

visitas, gracias a esa accesibilidad, a un diagnóstico rápido y a esa capacidad tecnológica importante.

Y esa tecnología ha cambiado y sigue cambiando la Odontología, como digo, para bien y para siempre. Por referirme sólo a las épocas que yo he conocido y a los cambios que he presenciado desde mi juventud, hemos pasado de una atención odontológica reactiva, poco relacionada con el resto del organismo, basada en el empirismo y el mecanicismo, a una Odontología preventiva, personalizada –que lo ha sido siempre, por definición–, predictiva, participativa –la Odontología ha sido desde sus comienzos, y cada vez lo es más, un trabajo de equipo, en el que el paciente tiene siempre el papel central– y poblacional. Las cinco “pes” de la moderna Medicina.

Una Odontología que he sugerido que tiene demasiados dientes, que sabemos que puede ayudar a todas las personas y hacer mejor su vida, y que nos resulta tan cercana porque la tenemos siempre en la punta de la lengua. Y que espero que, a partir de hoy, sea algo menos desconocida para Vds.

Muchas gracias.

Agradecimientos

Esta lección no es un trabajo individual, sino que ha sido posible sólo gracias a la colaboración de los profesores y profesoras M. E. Azofra Sierra, M. R. Garcillán Izquierdo, G. Hernández Vallejo, D. Herrera González, A. Iglesias Linares, C. Martínez Álvarez, F. Martínez Rus, R. Ortega Aranegui, G. Pradés Ramiro y F. J. Sanz Serrulla, que no son responsables de las incorrecciones o inexactitudes que a buen seguro contiene, sino sólo de sus mejores partes.

Bibliografía

Beck, J. D.; Moss, K. L.; Morelli, T. y Offenbacher, S. (2018). Periodontal profile class is associated with prevalent diabetes, coronary heart disease, stroke, and systemic markers of C-reactive protein and interleukin-6. *Journal of Periodontology*; **89**(2):157-165.

Bravo Pérez, M.; Almerich Silla, J.; Ausina Márquez, V.; Avilés Gutiérrez, P.; Blanco González, J.; Canorea Díaz, E.; Casals Peidró, E.; Gómez Santos, G.; Hita Iglesias, C.; Llodra Calvo, J.; Monge Tapiés, M.; Montiel Company, J.; Palmer Vich, P. y Sainz Ruiz, C. (2016). Encuesta de salud oral en España, 2015. *Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España*; **21**(Sup 1):8-48.

Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*; **34**(6):849-853.

Choi, J. E.; Waddell, J. N.; Lyons, K. M. y Kieser, J. A. (2016). Intraoral pH and temperature during sleep with and without mouth breathing. *Journal of Oral Rehabilitation*; **43**(5):356-363.

D'Alessandro, G.; Alkhamis, N.; Mattarozzi, K.; Mazzetti, M. y Piana, G. (2016). Fear of dental pain in Italian children: child personality traits and parental dental fear. *Journal of Public Health Dentistry*; **76**(3):179-83.

de la Macorra Revilla, L. (2001). *Biomecánica craneofacial*. Ediciones Díaz de Santos.

Durán-Pinedo, A. E. y Frías-López, J. (2015). Beyond microbial community composition: functional activities of the oral microbiome in health and disease. *Microbes and Infection*; **17**(7):505-516.

Elsharkawy, S.; Al-Jawad, M.; Pantano, M. F.; Tejeda-Montes, E.; Mehta, K.; Jamal, H.; Agarwal, S.; Shuturminska, K.; Rice, A.; Tarakina, N. V.; Wilson, R. M.; Bushby, A. J.; Alonso, M.; Rodríguez-Cabello, J. C.; Barbieri, E.; del Río Hernández, A.; Stevens, M. M.; Pugno, N. M.; Anderson, P. y Mata, A. (2018). Protein disorder-order interplay to guide the growth of hierarchical mineralized structures. *Nature Communications*; **9**(1):2145.

Febres-Cordero, F. (1966). *Orígenes de la odontología*. Venezuela, Caracas.

Gonmanee, T.; Thonabulsombat, C.; Vongsavan, K. y Sritanaudomchai, H. (2018). Differentiation of stem cells from human deciduous and permanent teeth into spiral ganglion neuron-like cells. *Archives of Oral Biology*; **88**:34-41.

González-Cabezas, C. y Fernández, C. E. (2018). Recent Advances in remineralization therapies for caries lesions. *Advances in Dental Research*; **29**(1):55-59.

Haridas, R. P. (2013). Horace Wells' demonstration of nitrous oxide in Boston. *Anesthesiology*; **119**(5):1014-1022.

Harrison, M.; Bushell, C. J. e Irving M. (2018) 32 and you - genetic testing for dental disorders. *British Dental Journal*; **224**:829.

Hunter, W. (1900). Oral sepsis as a cause of disease. *British Medical Journal*; **1**:215-216.

Jang, A. T.; Chen, L.; Shimotake, A. R.; Landis, W.; Altoe, V.; Aloni, S.; Ryder, M. y Ho, S. P. (2018). A force on the crown and tug of war in the periodontal complex. *Journal of Dental Research*; **97**(3):241-250.

Jansson, L.; Kalkali, H. y Mulk Niazi, F. (2018). Mortality rate and oral health - a cohort study over 44 years in the county of Stockholm. *Acta Odontologica Scandinavica*; **76**(4):299-304.

Lane, N. (2015). The unseen world: reflections on Leeuwenhoek (1677) 'Concerning little animals'. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*; **370**(1666):20140344.

Larsson, L.; Pilipchuk, S. P.; Giannobile, W. V. y Castilho, R. M. (2018). When epigenetics meets bioengineering - A material characteristics and surface topography perspective. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*; **106**(5):2065-2071.

Lucassen, A. y Houlston, R. (2014). The Challenges of Genome Analysis in the Health Care Setting. *Genes*; **5**(3):576.

Marcenes, W.; Kassebaum, N. J.; Bernabé, E.; Flaxman, A.; Naghavi, M.; López, A. y Murray, C. J. L. (2013). Global burden of oral Conditions in 1990-2010: A systematic analysis. *Journal of Dental Research*; **92**(7):592-597.

McCabe, J.; Yan, Z.; Al Naimi, O.; Mahmoud, G. y Rolland, S. (2011). Smart materials in dentistry. *Australian Dental Journal*; **56**(s1):3-10.

Minoru, T.; Satoshi, Y.; Tsuyoshi, F.; Makoto, W. y Yoshinori, H. (2016). Contribution of each masticatory muscle to the bite force determined by MRI using a novel metal-free bite force gauge and an index of total muscle activity. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*; **44**(4):804-813.

Mira, A.; Simón-Soro, A. y Curtis, M. A. (2017). Role of microbial communities in the pathogenesis of periodontal diseases and caries. *Journal of Clinical Periodontology*; **44**(S18):S23-S38.

Mostowska, A.; Kobiela, A. y Trzeciak, W. H. (2003). Molecular basis of non-syndromic tooth agenesis: mutations of MSX1 and PAX9 reflect their role in patterning human dentition. *European Journal of Oral Sciences*; **111**(5):365-370.

Müller, A. y Hussein, K. (2017). Meta-analysis of teeth from European populations before and after the 18th century reveals a shift towards increased prevalence of caries and tooth loss. *Archives of Oral Biology*; **73**:7-15.

Naranjo, P.; Moya Silva, T. J. y Palacios Paredes, E. W. (2015). Influencia de las alteraciones estéticas buco-dentales sobre la autoimagen y sociabilización en adolescentes entre 12-17 años. *Odontología*; **17**(1):45-53.

Pappa, E.; Kousvelari, E. y Vastardis, H. Saliva in the "Omics" era: a promising tool in Paediatrics. *Oral Diseases*; **Publicado en línea mayo 2018**.

Pardo Monedero, M. J. (2013). La Escuela de Estomatología de Madrid. Departamento de Medicina Preventiva, Salud Pública e Historia de la Ciencia. Madrid, Universidad Complutense de Madrid. **Tesis Doctoral**.

Penfield, W. y Boldrey, E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*; **60**(4):389-443.

Porter, S. R.; Mercadente, V. y Fedele, S. (2018). Oral manifestations of systemic disease. *British Dental Journal Team*; **5**:21-28.

Rudy, R. J.; Levi, P. A.; Bonacci, F. J.; Weisgold, A. S. y Engler-Hamm, D. (2008). Intraosseous anchorage of dental prostheses: an early 20th century contribution. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*; **29**(4):220-2, 224, 226-8 passim.

Sanz Serrulla, J. (1999). *Historia general de la odontología Española*, Masson.

Smith, E. E.; Angstadt, S.; Monteiro, N.; Zhang, W.; Khademhosseini, A. y Yelick, P. C. Bioengineered tooth buds exhibit features of natural tooth buds. *Journal of Dental Research*; **Publicado en línea junio 2018**.

Sociedad Española de Oncología Médica. (2017). "Las cifras del cáncer en España" en www.SEOM.org.

Stewart, B. W. y Wild, C. P. (2014). World cancer report 2014. Lyon, France, World Health Organization.

The Oral Cancer Foundation. (2018). "Oral cancer facts". 2018, en <https://oralcancerfoundation.org>

Victor, A. K. y Reiter, L. T. (2017). Dental pulp stem cells for the study of neurogenetic disorders. *Human Molecular Genetics*; **26**(R2):R166-R171.

Weber, M.; Bogstad Søvik, J.; Mulic, A.; Deeley, K.; Tveit, A. B.; Forella, J.; Shirey, N. y Vieira, A. R. (2018). Redefining the phenotype of dental caries. *Caries Research*; **52**(4):263-271.

Zhang, N.; Lu, X.; Wu, S.; Li, X.; Duan, J.; Chen, C.; Wang, W.; Song, H.; Tong, J.; Li, S.; Liu, Y.; Kang, X.; Wang, X. y Han, F. (2018). Intraatrial transplantation of stem cells from human exfoliated deciduous teeth reduces motor defects in Parkinsonian rats. *Cytherapy*; **20**(5):670-686.

The background features a light gray, stylized line-art illustration of a person's face, possibly a historical figure, wearing a crown. The face is shown in profile, looking towards the right. The crown is ornate with a central diamond shape and floral motifs. The overall style is minimalist and academic.

Las múltiples caras del algoritmo

Ricardo Peña Marí

Catedrático de la Facultad de Informática

LECCIÓN INAUGURAL
Curso Académico 2019/2020

Señor Rector Magnífico; ilustres autoridades; queridos compañeros; queridos estudiantes y personal de la Universidad Complutense; señoras, señores.

Este año le corresponde a la Facultad de Informática impartir la Lección Inaugural del curso que comienza, y quiero que mis primeras palabras sean de agradecimiento al decano de mi facultad, que me propuso como conferenciante, así como a mis compañeros, que ratificaron su decisión en la Junta de Facultad, lo que supone no solo su confianza en mí, sino también su afecto. A todos, muchas gracias. También agradezco a varios compañeros de mi departamento, incluido el propio decano, que me hayan hecho llegar sus aportaciones y comentarios, que sin duda han servido para enriquecer y mejorar esta lección que hoy les voy a dictar.

Es un honor y al mismo tiempo una gran responsabilidad estar hoy aquí ante tan variada y docta audiencia, y les aseguro que ha supuesto para mí un verdadero reto tratar de exponer una lección que pueda ser atractiva e interesante para un público tan experto en tantas y tan diferentes áreas de conocimiento.

1. El concepto originario de algoritmo

Los algoritmos han acompañado a la humanidad desde el comienzo de la historia. Por ejemplo, es famoso el algoritmo de Euclides para calcular el máximo común divisor de dos números mediante restas sucesivas. De tres siglos antes, es decir del siglo VI a. C., es el teorema atribuido a Pitágoras, que permite calcular un lado del triángulo rectángulo conocidos los otros dos lados. Y de 3.000 años antes son las tablillas de arcilla que los babilonios nos dejaron con numerosos cálculos numéricos, tales como la fórmula del interés compuesto o la división de dos números en base 60. De manera premonitoria, muchas de esas tablillas terminaban con la inscripción “y este es el procedimiento”.

Los algoritmos existen desde mucho antes de que aparecieran máquinas capaces de ejecutarlos de forma automática. Pero a partir de un momento en la historia, empezaron a surgir artefactos mecánicos para realizar algunos de ellos. La máquina de sumar de Blaise Pascal y la de multiplicar de Gottfried Leibniz, ambas del siglo XVII, fueron instrumentos mecánicos dedicados a un solo algoritmo, respectivamente el de la suma y el de la multiplicación. Sin embargo, el paso relevante no era disponer de máquinas especializadas en determinados algoritmos, sino crear otras que pudieran ser instruidas para ejecutar cualquiera de ellos.

En esa dirección, el primer avance se produjo en 1800 con el telar programable de Joseph Marie Jacquard. Las instrucciones para realizar el dibujo en el tejido se grababan en una secuencia de cartones perforados que determinaban los hilos de la urdimbre que se levantaban en cada paso de la lanzadera, formando así el dibujo. Cambiando las bobinas de hilo, el mismo dibujo podía reproducirse en distintos colores, de la misma manera que hoy podemos ejecutar un mismo programa con distintos datos de entrada, obteniendo en cada ejecución un resultado distinto. Los cartones podían almacenarse, al igual que hoy almacenamos nuestros programas en el disco del ordenador, formando así bibliotecas de dibujos que podían reutilizarse en cualquier momento posterior. Eran, pues, verdaderos algoritmos, especializados en este caso en producir tejidos.

El telar de Jacquard inspiró al matemático británico Charles Babbage en el diseño de su Máquina Analítica, en la cual trabajó desde 1833 hasta su muerte en 1871. La máquina nunca llegó a funcionar debido fundamentalmente a las limitaciones tecnológicas de la época. Era totalmente mecánica, y la precisión

necesaria para sus piezas estaba más allá de lo que era posible conseguir en aquel periodo histórico. Pero sus diseños eran correctos y, de hecho, inspiraron a los ingenieros de los años 40 del siglo XX en la construcción de los primeros computadores electromecánicos. Tenía una unidad aritmética de cálculo y una memoria donde se almacenaban los valores numéricos necesarios para el cómputo. Podía encadenar un cómputo con el siguiente, haciendo que los resultados del primero fueran entradas para el segundo. Y así, paso a paso, hubiera podido ejecutar, en caso de haber sido construida, un algoritmo complejo. Pero lo más revolucionario era que podía ser programada mediante una secuencia de instrucciones grabadas en unas tablillas perforadas muy similares a las del telar de Jacquard. Por tanto, era una máquina programable de propósito general. Solo hacía falta “escribir” —o mejor, perforar— programas diferentes para hacer que ejecutara cálculos diferentes.

A pesar de estos importantísimos precursores, los informáticos consideramos que el padre fundador de la ciencia informática es el matemático británico Alan Turing. No voy a relatarles aquí su vida y su obra, que seguramente ustedes conocen de sobra gracias a los numerosos actos conmemorativos que tuvieron lugar en 2012, al cumplirse 100 años de su nacimiento. También, gracias a las dos o tres películas, más o menos afortunadas, que han glosado su vida y su dramática muerte. Pero sí quiero detenerme en un par de conceptos que él aportó y que son relevantes para el resto de lo que voy a relatarles en esta lección.

Corría el año 1936, tan dramático para los españoles y preámbulo de la gran guerra mundial que asolaría el mundo unos pocos años después. Turing investigaba en Cambridge [13] sobre el llamado problema de decisión, que entre otros que también afectaban a sus fundamentos, tenía convulsionada a la comunidad matemática desde principios del siglo XX. El problema estaba formulado en los siguientes términos: “Dada una fórmula arbitraria de la lógica de primer orden con suficientes elementos de la aritmética, ¿existe un procedimiento efectivo para decidir si la fórmula es válida?” Aunque tal concepto no estaba formalizado matemáticamente, por procedimiento efectivo se entendía una secuencia finita de pasos, en cada uno de los cuales se aplica mecánicamente alguna regla, elegida entre un conjunto finito de ellas. En el caso del problema de decisión, se debía partir de unos axiomas aceptados por todos y de unas reglas de deducción precisas, de tal manera que, siguiendo dichas reglas, se pudiera llegar a una conclusión afirmativa o negativa, cualquiera que fuese la fórmula de entrada. Muchos matemáticos, entre ellos el gran David Hilbert, que fue quien propuso este problema como uno de los 23 retos matemáticos del siglo XX, creían que

tal procedimiento existía y que tan solo era necesario acertar con los axiomas y con los pasos de deducción apropiados.

Turing, en cambio, concentró sus esfuerzos en formalizar la idea un tanto vaga de procedimiento efectivo. Imaginó para ello a un calculador humano realizando un procedimiento efectivo a la vez complejo y rutinario, e inspirándose en esta imagen, diseñó una máquina conceptual [13] que imitara su comportamiento:

- El calculador humano necesitaría cantidades ingentes de papel. Así, dotó a su máquina de una memoria inagotable bajo la forma de una cinta imaginaria dividida en infinitas casillas, donde se podían grabar o leer símbolos, a razón de un símbolo por casilla.
- Una cabeza lectora/grabadora estaba situada sobre una de las casillas. Representaba el punto de atención de la persona durante su cómputo.
- El calculador, al igual que su máquina, utilizaría un alfabeto finito de símbolos.
- El cómputo realizado por el humano tendría un número finito de etapas o fases. En caso contrario, nunca terminaría. Consecuentemente, su máquina pasaría por un número finito de estados.
- Cada paso de cómputo de su máquina era extremadamente elemental: en función del estado de la máquina y del símbolo bajo la cabeza lectora, la acción a realizar consistía, bien en escribir un símbolo en la casilla situada bajo la cabeza, bien en desplazar la cabeza un lugar a la izquierda o un lugar a la derecha, bien en cambiar de estado, o bien en cualquier combinación de las tres acciones descritas. Turing formalizó el conjunto de acciones posibles como una función matemática, a la que llamó función de transición.

Encantado con su nuevo juguete, Turing escribió muchas máquinas, es decir muchas funciones de transición, dedicadas a realizar cálculos tales como las operaciones aritméticas habituales, las raíces cuadrada y cúbica de un número, y otros semejantes, hasta quedar convencido de que sus máquinas eran capaces de realizar cualquiera de los algoritmos conocidos. Entonces, identificó el concepto de algoritmo, no bien formalizado hasta ese momento, con todo aquel cálculo que pudiera ser realizado por alguna de sus máquinas. A continuación, se interesó por la potencia de las mismas, dotándolas de varias cintas y varias cabezas lectoras, y de otros aditamentos, llegando a la conclusión de que el

conjunto de algoritmos que eran capaces de ejecutar no cambiaba por el hecho de ser más sofisticadas. De hecho, cualquiera de las nuevas máquinas podía ser emulada por una de las anteriores. En este camino, descubrió que podía definir una máquina capaz de emular a todas las demás: la llamó la Máquina Universal. La máquina universal recibía en una cinta la descripción de una máquina de Turing convencional. Gracias a la finitud del alfabeto y del conjunto de estados, toda máquina podía ser codificada de forma finita en la cinta. En otra cinta recibía los datos tal como los esperaba la máquina a simular. A partir de aquí, realizaba el mismo cómputo que hubiera realizado la máquina codificada. Cambiando la máquina codificada y los datos de entrada, su máquina universal podía ejecutar, pues, cualquier algoritmo. En términos modernos, una máquina universal de Turing sería equivalente a un intérprete de un lenguaje de programación.

En la máquina universal de Turing está el concepto revolucionario de computador con programa almacenado en memoria, que al término de la Segunda Guerra Mundial dio lugar a la creación de los primeros computadores electrónicos, uno de ellos construido por el propio Turing.

Hago un breve inciso para hacer notar la pequeñísima distancia que puede haber en ocasiones entre la llamada investigación fundamental y la llamada investigación aplicada. Preocupado por un problema de fundamentos de las matemáticas, y tal vez sin proponérselo, Turing nos regaló la teoría sobre la que se asientan nuestros computadores actuales y, a estas alturas de la historia, podríamos decir que se asientan las bases de la propia civilización del siglo XXI, absolutamente dependiente de estas omnipresentes máquinas.

Pero Turing no se olvidó del problema de decisión, origen de toda esta investigación. Demostró que había problemas bien definidos que sus máquinas no podían resolver. Vio que era fácil definir máquinas que nunca terminaban su cómputo para algunas entradas y que ciclaban eternamente. Se planteó estudiar si esta propiedad indeseada podía ser detectada por otra máquina, y descubrió que no. Se trata del llamado problema de parada, que puede ser enunciado del modo siguiente: no existe ninguna máquina tal que, dada otra máquina arbitraria y unos datos de entrada para ella, decida si dicha máquina parará su cómputo al ejecutarse a partir de dicha entrada. A un problema, con respuesta sí o no, que no admita una solución algorítmica se le da el nombre de indecidible. El problema de parada es el primer problema de la historia que se demostró indecidible. Este problema no es en absoluto irrelevante. Nuestros ordenadores actuales se quedan bloqueados con frecuencia a causa de bu-

cles que no terminan. Bien nos gustaría disponer de un algoritmo que pudiera detectar dicha potencial no terminación, inspeccionando tan solo el texto de un programa. Turing nos enseñó que tal algoritmo no existe. A partir de este resultado le resultó fácil demostrar que no existe ningún algoritmo para decidir en general la validez de una fórmula lógica. Es decir, resolvió en negativo el famoso problema de decisión planteado por Hilbert. Esta investigación se realizó en paralelo con un resultado equivalente que Alonzo Church había demostrado unos meses antes, utilizando el formalismo del cálculo lambda. Cuando el artículo de Church llegó a manos de Turing, lo primero que hizo fue demostrar la equivalencia de ambos formalismos y añadir un pequeño apéndice a su trabajo con dicha demostración.

En realidad, hay infinitos problemas para los que no existen algoritmos. Se puede probar esta afirmación mediante un simple razonamiento sobre sus respectivas cardinalidades: hay tantos algoritmos como máquinas de Turing, y estas forman un conjunto infinito, pero un infinito numerable, como el de los números naturales. En cambio, se pueden definir tantos problemas como funciones matemáticas, y estas constituyen un conjunto también infinito, pero un infinito no numerable, como el de los números reales. Sabemos que ambos infinitos no se pueden poner en correspondencia uno a uno, por lo que concluimos que hay necesariamente menos algoritmos que problemas.

A la vez que Turing, e inmediatamente antes y después, otros investigadores propusieron modelos de cómputo distintos de las máquinas de Turing, o si se quiere, otras formas de expresar algoritmos. Cito entre ellos los sistemas de correspondencia de Emil Post [11], la teoría de funciones recursivas de Stephen Kleene [1] y el cálculo lambda de Alonzo Church [2]. Posteriormente, se han ideado otros muchos modelos, algunos de los cuales han dado lugar a diferentes familias de lenguajes de programación, tales como la programación lógica, o la programación paralela. En todos los casos, se ha podido demostrar que el conjunto de algoritmos expresables por los distintos modelos es consistentemente el mismo. Es decir, los problemas indecidibles lo siguen siendo en todos los modelos conocidos, y lo mismo sucede con los decidibles.

En este punto es apropiado hacer una breve referencia a la computación cuántica, sugerida por primera vez por el físico Richard Feynmann en 1982 [7]. Se trata de un nuevo modelo de cómputo, asociado a un nuevo tipo de computadores, que es todavía objeto de intensa investigación y que por el momento es más rico en promesas que en realidades. Se basa en el principio de superposición

de estados de la mecánica cuántica y los pocos algoritmos desarrollados hasta ahora sacan provecho de ello para realizar una suerte de computación paralela de alto rendimiento. Su potencial ventaja estriba en reducir la complejidad de algunos algoritmos que son muy costosos en los computadores convencionales, como es el caso de la descomposición en factores primos de grandes números. Ello podría implicar tener que desarrollar un nuevo tipo de criptografía que no base su seguridad en el inmenso coste de tales algoritmos. Pero no parece que la computación cuántica vaya a convertir en decidibles los problemas que hoy son indecidibles.

Esta consistencia en la potencia expresiva de los diferentes modelos formales de cómputo ha llevado a los investigadores a conjeturar que lo que es calculable por humanos por procedimientos finitos y rutinarios —es decir los que corresponden a la idea intuitiva de procedimiento efectivo o algorítmico— coincide exactamente con lo que pueden calcular los modelos formales de cómputo. Esta conjetura se conoce con el nombre de Tesis de Church-Turing y aunque es indemostrable, porque lo que es intuitivamente calculable no es un concepto bien definido, pone unos límites muy precisos a lo que se puede esperar de los métodos algorítmicos.

La aparición de los ordenadores comerciales a partir de los años 50 del siglo pasado ha promovido la invención de innumerables algoritmos en todas las áreas de actividad. Después de casi 70 años de convivir con estas máquinas y sus algoritmos, no hay aspecto de la vida cotidiana, del trabajo en las administraciones, en las empresas, en los hospitales, en los medios de transporte, o en las instituciones científicas, que no haya sido profundamente modificado por los procesos de informatización. Por ejemplo, un automóvil actual de gama media puede incluir hasta 100 procesadores, que controlan desde la mezcla de combustible, hasta los frenos, la presión de los neumáticos, el sistema eléctrico, el consumo y los diferentes paneles de instrumentos.

Nuestro teléfono móvil es un receptáculo repleto de algoritmos. Por ejemplo, cuando encendemos el navegador para movernos con seguridad durante un viaje, o en una ciudad desconocida, se activan unos cuantos algoritmos. Uno de ellos se dedica a calcular con mucha precisión nuestra ubicación en la superficie del globo terráqueo. Asistido por los satélites del sistema GPS o del sistema Galileo, por unas buenas comunicaciones y por unos relojes atómicos extremadamente precisos, nuestro teléfono calcula la distancia a tres o cuatro de dichos satélites. Mediante un algoritmo de triangulación espacial y conocida la posición de los satélites, calcula la propia posición.

Otro algoritmo descarga los mapas apropiados a dicha ubicación desde un servidor de internet. Un tercero realiza un cálculo de caminos mínimos sobre el grafo que representa el mapa y traza una ruta óptima desde la ubicación propia hasta la ubicación introducida como destino. Y un cuarto muestra los resultados sobre la pantalla y la va actualizando a medida que progresamos por nuestra ruta.

Si al cabo del rato golpeamos levemente con el dedo el icono de un fichero MP3 del mismo teléfono móvil, podemos escuchar placenteramente nuestra melodía preferida a través de los altavoces del coche. El contenido de dicho fichero ha sido creado por un algoritmo de compresión que, a partir de las muestras de amplitud de la señal de audio, ha realizado los siguientes cálculos: ha llevado a cabo una transformación, conocida como transformada rápida de Fourier, que transforma las muestras de amplitud en muestras de la misma señal en el dominio de las frecuencias, en virtud de un teorema de Joseph Fourier en el siglo XIX que prueba que toda función periódica puede ser expresada como la suma de funciones sinusoidales de distintas frecuencias. Una vez en el dominio de las frecuencias, muchas de ellas son filtradas por ser consideradas redundantes en virtud de un modelo del oído humano propuesto en la tesis del ingeniero alemán Karlheinz Brandenburg en 1989. Un algoritmo final desarrollado en 1952 por David Huffman, doctorando estadounidense del MIT, comprime los bits de la señal de forma óptima sin perder precisión. El software de nuestro teléfono realiza las inversas de todas estas operaciones: descomprime el fichero, convierte las muestras de frecuencias en muestras de amplitud mediante la transformada inversa de Fourier y las envía a los altavoces.

Basten de momento estos dos ejemplos para dar cuenta de hasta qué punto los algoritmos se han introducido en nuestra vida y la condicionan cada vez más. En general para bien, aunque deberemos aprender a vivir con las nuevas tecnologías de forma que no perdamos algunos valores humanos esenciales. El número de nuevas opciones que nos ofrecen es tan elevado que corremos el riesgo de perdernos entre todas ellas. Debemos prestar atención a ciertas adicciones recientes, como la de desear estar constantemente conectados e informados. O como la de tener decenas o cientos de “amigos” que nos inundan con informaciones no siempre relevantes. O la pérdida de espacios para la reflexión o para la lectura sosegada de un libro. O la sustitución de la conversación personal por la comunicación estereotipada de las redes sociales y otros fenómenos semejantes que empiezan a preocupar a sociólogos, psicólogos y educadores. También empiezan a suscitarse problemas éticos

en relación con las decisiones que toman por nosotros los algoritmos. Por ejemplo, ¿con qué criterio debería actuar el software de un coche autónomo ante un inminente accidente, si cualquier decisión que tomase podría implicar la pérdida de vidas humanas?

2. Algoritmos que aprenden

Dejemos simplemente apuntados estos nuevos problemas y prosigamos con otras caras del algoritmo. Los seres humanos tenemos habilidades que es difícil convertir en algoritmos que puedan ejecutarse en una máquina. Por ejemplo, nuestro cerebro puede reconocer las letras del alfabeto, aunque estén escritas a mano y con diferentes caligrafías, pero no sabemos explicarle a un computador cómo hacerlo. Podemos leer un texto en voz alta sin grandes dificultades, o podemos convertir en texto escrito un discurso dictado por otra persona. Podemos reconocer las caras de nuestros familiares y amigos con un simple vistazo y podemos conducir un vehículo por una carretera llena de curvas y atender a la vez a las señalizaciones. Lo hacemos gracias al entrenamiento que recibimos. Pero si tuviéramos que formalizar estas actividades con la precisión suficiente para que una máquina hiciera lo mismo, no sabríamos por dónde empezar.

Nos adentramos entonces en otra rama de la Ingeniería Informática que conocemos como Inteligencia Artificial. Al propio Alan Turing se le considera el padre de esta disciplina. Estaba convencido de que el cerebro humano era simplemente una máquina muy sofisticada y de que algún día podríamos construir máquinas que emularan algunas de sus capacidades. Concibió la idea de que tal vez sería más productivo construir algoritmos sencillos, pero dotados de la capacidad de aprender, que algoritmos de entrada muy elaborados. Nos dejó incluso un trabajo, escrito en el año 1948 [14], donde define un tipo de “máquinas desorganizadas” con reglas para establecer conexiones variables producto del aprendizaje. Este trabajo es uno de los orígenes de lo que hoy conocemos como redes neuronales, cuyos resultados son cada vez más espectaculares y de las que hablaré a continuación.

En un algoritmo convencional, se leen los datos de entrada, el algoritmo los procesa y finalmente se producen los resultados de salida. Esta acción se puede repetir cuantas veces se desee con distintos datos de entrada. En uno de aprendizaje automático estas piezas se barajan en otro orden: se suministran los datos de entrada y la salida esperada para dicha entrada. Se repite esta acción

muchas veces. El resultado de este proceso es el algoritmo. Es decir, se entrena al algoritmo de un modo muy similar a como se entrena a un niño a reconocer las letras. Por ejemplo, se le muestra muchas veces la A junto con otras letras que no son la A, hasta que el algoritmo “aprende” a distinguir la letra A en medio de otras letras.

El núcleo de estos algoritmos lo forma una red de neuronas artificiales, es decir, de unas neuronas simuladas por medio de un programa convencional de ordenador. Una neurona biológica tiene unas conexiones de entrada, llamadas dendritas, y una de salida llamada axón. La neurona recibe estímulos de otras neuronas a través de las dendritas, y cuando estos estímulos alcanzan un cierto umbral, produce a su vez una señal a través del axón que, merced a unas conexiones llamadas sinapsis, sirve de estímulo a las siguientes neuronas. Los neurobiólogos han llegado a la conclusión de que nuestros recuerdos son simplemente circuitos neuronales que han sido reforzados por el aprendizaje. Nuestro conocimiento, por ejemplo, de que Granada se rindió a los Reyes Católicos en 1492 lo formarían algunas sinapsis por las que circulan unos pocos iones más de potasio de los habituales.

A semejanza de las biológicas, una neurona artificial es una función matemática de unas entradas en una salida. Cada entrada recibe un valor numérico. La función calcula la suma del valor de las entradas, y si esta alcanza un cierto umbral, produce un valor en la salida. Se asemejaría, en palabras de Pedro Domingos, autor del libro *The Master Algorithm* [5], a un pequeño parlamento en el que, si los votos son suficientes, se produce una decisión. Sin embargo, no todos los votos valen lo mismo. Al igual que nos fiamos más de los consejos de un amigo que de los de un desconocido, la neurona da más peso a ciertas entradas, cuyos consejos han conducido más veces a un acierto, y quita peso a las entradas que han conducido más veces a un fracaso. El resultado del aprendizaje son justamente estos pesos. Aprender consistiría entonces en encontrar los pesos que hacen que la neurona se dispare en todos los ejemplares positivos y no lo haga en ninguno de los negativos.

Las redes neuronales artificiales tuvieron unos primeros años de desarrollo entre 1945 y 1965, produciendo modelos de éxito tales como el perceptrón de Frank Rosenblatt [12], capaz de reconocer caracteres y otras formas geométricas. Entre 1965 y 1975 fueron abandonadas parcialmente, debido a diversas limitaciones y a los cuantiosos recursos computacionales que requerían y que eran más bien escasos en esos años. Posteriormente, volvieron a resurgir gracias a un algoritmo, denominado de propagación hacia atrás que permite ensamblar varias capas

de redes y propagar los errores y aciertos detectados en la salida a las capas interiores, permitiendo así ajustar los pesos de estas.

En los años 90 se consiguen redes formadas por varias subredes, cada una de las cuales sufre un proceso de aprendizaje por separado. Se empieza a hablar del *deep learning* o aprendizaje profundo. Actualmente existe un ecosistema complejo de variantes de redes neuronales, cada una de ellas especializadas en determinadas tareas. Por ejemplo, las redes convolucionales se especializan en reconocimiento de imágenes, las recurrentes, en reconocimiento del habla y en traducción de textos, las llamadas Máquinas Restringidas de Boltzmann, en entrenamiento no supervisado, las redes que aprenden por recompensa y castigo, se utilizan en juegos como el ajedrez, y así sucesivamente.

Un caso de éxito, que fue noticia en los periódicos, lo constituyó la red neuronal profunda Google Network, desarrollada por Google en 2012, capaz de reconocer caras de gatos en imágenes de vídeos. Quizás fuera la red más voluminosa desarrollada hasta entonces. Tenía nueve capas y 1.000 millones de conexiones entre sus neuronas. Otro caso que saltó a la prensa en 2018, y en el que también estaba implicado Google, fue el del programa AlphaZero, entrenado a jugar al ajedrez a partir tan solo de las reglas del juego. Tras jugar unas cuantas horas contra sí mismo, ajustó los pesos de sus jugadas de tal manera que fue capaz de batir al programa Stockfish, el mejor programa de ajedrez hasta ese momento. De 1.000 partidas, tan solo perdió 6, ganó 155 y empató el resto. La misma técnica se ha aplicado con éxito a otro juego aún más complejo que el ajedrez como es el Go.

Más sorprendente sea quizás otro algoritmo desarrollado en 2017, por una graduada en Matemáticas actualmente haciendo su tesis doctoral en Montreal, capaz de generar caras de gatos indistinguibles de las de los gatos reales. Para ello se usaron dos redes neuronales, una que generaba caras a partir de abstracciones obtenidas de procesar muchas caras de gatos reales y otra que trataba de discriminar si la cara recibida era real o había sido automáticamente generada. Realimentando los resultados de la red discriminadora a la red generadora, esta última fue afinando sus caras automáticas hasta hacerlas indistinguibles de las reales. Con esta técnica, ya se generan actualmente caras humanas. Virtuales sí, pero completamente creíbles.

Los casos de éxito de los sistemas informáticos entrenados de este modo se cuentan por centenares. Nuestros teléfonos móviles vuelven a ser un buen ejemplo de ello. Podemos “hablarle” al teléfono y él convierte nuestras palabras en

texto escrito con muy pocos errores. O podemos pedirle que nos hable y realiza el proceso inverso, leyendo textos para nosotros. Incluso podemos elegir entre distintas voces masculinas y femeninas para que nuestro navegador nos haga las indicaciones verbales oportunas durante la ruta. También sabe cómo distinguir el correo basura del correo relevante para nosotros, o se permite sugerir correcciones gramaticales a nuestros textos, o artículos de consumo que podrían ser de nuestro interés.

En medicina se han entrenado redes para detectar tempranamente la enfermedad de Alzheimer, o el cáncer de pulmón, a partir de imágenes radiológicas. En astronomía, se las ha entrenado para reconocer objetos lejanos de distintos tipos en imágenes del firmamento. Gracias a ellas, nuestro mapa del cielo es mucho más rico de lo que hubiéramos conseguido con un proceso realizado solo por humanos. El último reto, aún en vías de consecución, es la conducción autónoma de vehículos, al que las compañías de automóviles y algunas grandes tecnológicas, como Google y Apple, están dedicando actualmente cuantiosos recursos.

3. Imitando a la naturaleza

Pero la imitación del modo de aprender del cerebro humano no ha sido la única fuente de inspiración para idear nuevas formas de algoritmos. La naturaleza es rica en ejemplos de cómo los seres vivos resuelven sus problemas y se adaptan con eficacia al medio ambiente. Hay varias familias de algoritmos, agrupadas bajo el nombre genérico de algoritmos bioinspirados, que imitan ciertos comportamientos de éxito de los seres vivos. Una de ellas son los llamados algoritmos evolutivos y alguna de sus variantes como los algoritmos genéticos [9]. Aquí lo que se imita es el proceso de evolución y selección natural de las poblaciones de individuos, cuyos fundamentos están en la obra del gran Charles Darwin [3]. Según su teoría, plenamente corroborada científicamente, las dos fuerzas conductoras de la evolución son la selección natural y la reproducción imperfecta. Las poblaciones, en ausencia de limitaciones, tienden a reproducirse de forma exponencial. Cuando los recursos son insuficientes para sostenerlas, solo los individuos mejor adaptados sobreviven y tienen posibilidades de reproducirse. La reproducción da lugar, por un lado al cruce entre características de distintos individuos, produciendo otros individuos diferentes, y por otro a mutaciones aleatorias debido a que el proceso de copia de los genes no es perfecto. El propio entorno también puede producir mutaciones adicionales. Eso hace que las poblaciones no sean idénticas de

una generación a otra y de ese modo puedan adaptarse a los cambios del entorno. Los algoritmos evolutivos imitan todas estas características:

- Comienzan con una población inicial, con frecuencia aleatoria.
- Poseen una medida de la cercanía de cada individuo a la solución perseguida y con ella eliminan a los individuos menos aptos, es decir, imitan a la selección natural.
- Tienen mecanismos de cruce entre individuos y de mutación aleatoria.

Se han aplicado a problemas de optimización y de búsqueda, costosos de tratar con algoritmos convencionales. El más famoso de todos ellos es el conocido problema del viajante de comercio, que consiste en encontrar una ruta óptima que visite un conjunto de ciudades una sola vez y vuelva al punto de partida. Este problema pertenece a los problemas llamados NP-completos, y me da pie para detenerme brevemente en otro de los problemas informáticos famosos, y por cierto todavía sin resolver: la pregunta de si $P=NP$ o $P\neq NP$.

El público no informado tiende a pensar que los computadores pueden resolver todos los problemas, y que los que no pueden resolver hoy, podrán hacerlo mañana, porque su potencia de cálculo crece continuamente. Los informáticos sabemos, como hemos dicho, que una infinidad de problemas de cómputo no tendrán solución nunca. Pero también sabemos que, aunque otros problemas tienen algoritmos que los resuelven, estos emplean tanto tiempo de cálculo, que a efectos prácticos es como si dichos problemas fueran irresolubles. Llamamos intratables a los problemas que solo pueden resolverse con algoritmos de coste exponencial o mayor. Para hacerse una idea de lo que significa ese coste, un algoritmo exponencial en el tamaño de los datos, que ejecutara mil millones de operaciones por segundo, necesitaría un día para resolver un problema de tamaño 46 y diez mil veces la edad del universo para resolver uno de tamaño 100. En el caso del viajante de comercio, el tamaño de los datos es el número de ciudades.

A los problemas que resuelven los computadores en un tiempo razonable se les llama polinomiales, y todos ellos se agrupan en la clase P, nombrada así porque su tiempo de cómputo está descrito por un polinomio en el tamaño de los datos. Hay otra clase de problemas a la que llamamos NP, cuya definición está hecha de tal modo que incluye todos los problemas de la clase P, pero también otros muchos que se comportan de un modo intrigante. Para estos problemas intrigantes de la clase NP, los mejores algoritmos que se conocen tienen un coste exponencial y nadie ha encontrado un algoritmo polinomial para ninguno de ellos. Tampoco nadie ha demostrado que no existan tales algoritmos, es decir, que sean problemas intratables. Están, por decirlo así, en una especie de limbo

informático: no se sabe si son polinomiales o si son intratables. La teoría desarrollada en estos años ha llegado sin embargo a alguna conclusión: ha definido una subclase de la clase NP, la subclase de los problemas NP-completos, en la cual se agrupan los problemas más costosos de la clase NP, de tal forma que, si para uno cualquiera de dichos problemas se encontrara un algoritmo polinomial, entonces todos ellos se resolverían en tiempo polinomial y además la clase NP colapsaría a P, es decir tendríamos la igualdad $P=NP$. Más aún, si se demostrara que uno solo de los problemas NP-completos fuera intratable, entonces todos ellos lo serían y tendríamos la desigualdad $P \neq NP$. Ninguna de estas dos cosas se ha podido probar hasta ahora.

Concluimos que para problemas como el del viajante existen pocas esperanzas de encontrar algoritmos mejores que los exponenciales. Otros problemas igual de costosos son el diseño de horarios — como bien saben nuestros vicedecanos de ordenación académica —, la planificación óptima de tareas y los problemas de empaquetamiento óptimo. Por ejemplo, algo tan aparentemente sencillo como llenar de forma óptima el maletero de un coche, o la bodega de un barco, se vuelve un problema inmanejable cuando el número de objetos supera unas pocas decenas.

Los algoritmos evolutivos representan una esperanza de resolver estos problemas, quizás de forma no óptima, pero con costes soportables. Un algoritmo evolutivo representa las posibles soluciones parciales o totales a estos problemas como individuos. Genera inicialmente una población lo suficientemente variada como para que algunos de los individuos puedan evolucionar hacia el óptimo. Mediante los procesos de selección natural, elimina las soluciones menos prometedoras y, mediante los procedimientos de cruce y mutación, mezcla las características de los individuos, generando con gran probabilidad algunos aún más cercanos al óptimo. Repitiendo el proceso numerosas veces, se alcanzan soluciones suficientemente buenas con un coste razonable.

Otras familias son los algoritmos inspirados en colonias de hormigas y los que imitan los enjambres de insectos, o de pájaros, o los bancos de peces. En estas colectividades, los individuos poseen cierta inteligencia, pero también la posee el enjambre como un todo. En el caso de las hormigas [6], cuando buscan alimento por rutas en principio aleatorias, van dejando un rastro de feromonas que otras hormigas pueden olfatear. Si una ruta se convierte en prometedora de alimento, la proporción de feromonas sube a medida que la ruta es transitada por más hormigas. Las rutas poco interesantes pierden al poco tiempo sus feromonas por evaporación. De esta forma, las rutas van modificándose y convergiendo hacia una ruta óptima desde el hormiguero a la comida.

Los algoritmos basados en este comportamiento han sido usados para producir soluciones bastante cercanas al óptimo en el problema del viajante, pero también para buscar rutas óptimas de los mensajes en redes de comunicación y para la gestión de redes de transporte urbano. En estos últimos problemas tienen cierta ventaja sobre los algoritmos evolutivos, en tanto que permiten que el grafo pueda cambiar su estructura de manera dinámica. El algoritmo de colonia de hormigas puede ejecutarse continuamente y adaptarse en tiempo real a los cambios de la red.

Los algoritmos de optimización basados en enjambres [8] trabajan con una población de soluciones candidatas, que constituyen el enjambre. Los individuos se desplazan a lo largo del espacio de búsqueda conforme a unas simples reglas matemáticas que toman en consideración la mejor posición obtenida por el individuo dentro de dicho espacio y también la media de las mejores posiciones obtenidas por el resto de los individuos del enjambre. A medida que se descubren nuevas y mejores posiciones, estas pasan a orientar los movimientos de todos los individuos. El proceso se repite con el objetivo de hallar en algún momento una solución lo suficientemente satisfactoria.

4. Algoritmos que verifican algoritmos

Estas familias de algoritmos inspirados en el cerebro humano y en la naturaleza son sin duda muy útiles y mejoran muchos aspectos de nuestras vidas, pero todos ellos tienen en común que ocasionalmente pueden dar una respuesta equivocada, o dar una respuesta peor que la óptima pretendida. Por ejemplo, un correo válido puede ocasionalmente ser clasificado como spam o viceversa; un texto puede ser incorrectamente traducido; una búsqueda en internet puede dar un resultado muy alejado del deseado por el usuario; y así sucesivamente. En la medida en que seamos conscientes de esas limitaciones, tales equivocaciones ocasionales carecen generalmente de importancia. Otra cosa distinta es confiar nuestras vidas a tales algoritmos. Por ejemplo, es sabido que en 2016 un modelo Tesla de conducción autónoma en pruebas se estrelló contra el remolque pintado de blanco de un camión porque el software del automóvil interpretó que el remolque era parte del cielo brillante. Se requiere, sin duda, más investigación en esta área, antes de que podamos delegar la conducción de automóviles a un algoritmo.

Hay sistemas controlados por software que simplemente no pueden fallar porque están en juego vidas humanas, o porque un fallo ocasionaría cuantiosas pérdidas económicas. En junio de 1996, el cohete europeo Ariane V se autodestruyó a

los 37 segundos de su primer vuelo debido a un error del software de control. La razón del error fue la reutilización, sin pruebas adicionales, de una parte del software que había funcionado perfectamente en el Ariane IV. La velocidad del Ariane V era superior a la del Ariane IV, y eso causó el desbordamiento de la capacidad de una variable en el programa que controlaba la verticalidad del cohete.

Un error en el sistema informático del Ministerio de Sanidad del Reino Unido “olvidó” entre 2009 y 2018 enviar la notificación para hacer el test final de un programa de prevención del cáncer de mama a más de 300.000 mujeres de edades comprendidas entre 70 y 79 años. Estudiando la incidencia de esta enfermedad, se estima que unos 270 fallecimientos podrían haberse evitado si el sistema hubiera funcionado correctamente.

Muy recientemente, dos aviones del modelo Boeing 737 Max han caído a tierra al poco de despegar y ocasionado centenares de víctimas, debido a un diseño incorrecto del sistema de pilotaje automático de la nave. El avión tiene el centro de gravedad más retrasado que su modelo predecesor y fue dotado de un software automático que fuerza al morro a inclinarse hacia tierra cuando detecta que el avión sube demasiado vertical. El sensor que detectaba dicha verticalidad envió información errónea y el software entendió que debía inclinar el morro hacia abajo. Aquí se pueden contabilizar al menos tres errores: el primero, no duplicar el sensor, dado que era un elemento crítico; el segundo, no informar a los pilotos, que no supieron nunca lo que estaba ocurriendo; y el tercero, no permitir desconectar el software de forma manual.

Cada vez utilizamos más sistemas como los descritos, que son críticos en seguridad. Por desgracia, también cada poco tiempo los periódicos dan cuenta de fallos debidos a errores en el software. Hoy podría ocurrir que una famosa red social haya estado inoperativa por varias horas, o que un buen número de ordenadores haya sido infectado por un virus malicioso. Mañana, que hayan quedado expuestos datos personales, o las tarjetas de crédito, de miles de personas, o que los paneles informativos de un aeropuerto se hayan quedado en blanco. Se hace cada vez más imperioso poner los medios para impedir sucesos como estos. Necesitamos métodos que garanticen que los programas producidos no fallarán en ningún caso. Y si dependen de un hardware crítico, este ha de estar duplicado, o triplicado, y el software ha de estar preparado para recuperarse de los fallos ocasionales del hardware.

Ante estas imperiosas necesidades de seguridad, inspirarse en la naturaleza es de poca ayuda y debemos volver la vista a donde empezó todo: en las ma-

temáticas. Dentro de la Ingeniería Informática, el área se denomina Métodos Formales e incluye un conjunto de materias donde las matemáticas juegan un papel primordial. En los últimos 50 años, la investigación en este área ha creado multitud de teorías y herramientas que pueden asistir en la tarea de comprobar que el software cumple estrictamente la función para la que fue creado.

Para verificar que los programas cumplen las propiedades deseadas [4], primeramente se han de formalizar las mismas, lo que exige el uso de lenguajes formales de especificación, lenguajes en los que la lógica juega un papel esencial. La tarea de verificación consiste entonces en demostrar matemáticamente que las propiedades descritas son satisfechas por el texto del programa. Los informáticos sabemos desde los comienzos de nuestra profesión que las pruebas de ejecución, el llamado *testing*, tan solo es útil para detectar la presencia de errores en el programa, pero es completamente inútil para demostrar su ausencia. La razón es que, mediante *testing*, tan solo se prueba el programa en una infinitésima parte de sus ejecuciones posibles, y por tanto, pasar con éxito unas pocas pruebas no nos informa de los errores que todavía quedan latentes en el programa. Las demostraciones matemáticas dan total garantía, pero lamentablemente exigen mucho esfuerzo humano y una alta cualificación por parte de los informáticos.

La existencia de herramientas alivian gran parte de esta tarea. Por ejemplo, existen plataformas de desarrollo [10], en las que, a la vez que se escribe el programa, la plataforma va verificando todas aquellas propiedades que puede demostrar automáticamente, o cuando no puede hacerlo (recordemos la indecidibilidad del problema de decisión), reclama al programador que introduzca evidencias de que ciertas propiedades se están cumpliendo. De este modo, el desarrollo consiste en un diálogo provechoso entre el programador y la herramienta, cuyo producto final es un programa con garantías.

Con herramientas de este tipo se han desarrollado algunos sistemas críticos. Es famosa a este respecto la línea 14 del metro de París, donde trenes sin conductor, con frecuencia de paso de dos minutos, transportan hasta 40.000 viajeros en la hora punta. Desde 1998 en que fue puesta en servicio no ha tenido ningún accidente. Otro caso famoso son los servicios web de la empresa Amazon. Esta empresa tiene centenares de servidores en todo el mundo, con bases de datos distribuidas y a la vez replicadas en varios de ellos, y soporta un tráfico de varios millones de transacciones por segundo. Se trata de un sistema concurrente de enormes dimensiones, que además ha de estar preparado para hacer frente a posibles caídas de los servidores, o de las redes de datos que los conectan, y que son más frecuentes de lo que imaginamos. Cualquier error en la sincronización de

estos programas podría ocasionar pérdidas de datos, o inconsistencias entre las distintas copias de los mismos, causando en cualquier caso enormes pérdidas económicas a la compañía. El equipo que desarrolló este software hizo un uso intensivo de los métodos formales y de algunas de sus herramientas.

5. Conclusión

Y termino dando algunos datos de cómo en la Facultad de Informática de nuestra Universidad estamos haciendo frente a los numerosos desafíos aquí descritos. En los distintos títulos de grado y de máster dedicamos un amplio espacio al estudio de los algoritmos convencionales. También ofrecemos en los grados asignaturas optativas sobre aprendizaje automático y algoritmos evolutivos. En los niveles de máster se dedican asignaturas al tratamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de datos, así como al procesado de los mismos con técnicas de clasificación basadas en redes neuronales. Finalmente, y habiendo empezado el curso pasado, ofrecemos un máster interuniversitario con las universidades Autónoma y Politécnica de Madrid dedicado a los Métodos Formales en Ingeniería Informática, donde impartimos asignaturas sobre aprendizaje automático, algoritmos bioinspirados, computación cuántica, modelización de sistemas concurrentes y distribuidos fiables y plataformas de verificación dotadas de demostradores automáticos. Pueden estar ustedes seguros de que en la Universidad Complutense respondemos, al nivel que nos corresponde como universidad puntera española, a los retos planteados por el algoritmo.

La ingeniería informática es una ciencia todavía joven, con apenas 70 años de historia. Compárese por ejemplo con las matemáticas, la física, o la química, cuyos orígenes se remontan a centenares, y en el caso de las matemáticas, a miles de años atrás. Aún con esa juventud, sus artefactos y algoritmos, unidos a la red global que hace posible que miles de ordenadores se comuniquen entre sí, están transformando nuestro mundo a pasos cada vez más acelerados.

No sabemos lo que nos deparará el futuro y apenas somos capaces de lidiar con lo que ya nos trae el presente. No nos queda otro remedio que adaptarnos. El algoritmo seguirá evolucionando y seguirá cambiando nuestras vidas. Se trata de un proceso imparable. Y los informáticos tenemos la responsabilidad de gobernar esta evolución, para que el algoritmo nos depare los máximos beneficios y a la vez podamos disminuir al mínimo sus posibles perjuicios.

Muchas gracias.

Referencias

- [1] S. C. Kleene. General recursive functions of natural numbers. *Mathematical Annals*, (112):727-728, 1936.
- [2] A. Church. An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory. *American Journal of Mathematics*, 58(2):345-363, abril 1936.
- [3] C. Darwin. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, 1859.
- [4] E. W. Dijkstra. *A Discipline of Programming*. Prentice-Hall, 1976.
- [5] P. Domingos. *The Master Algorithm: How the quest for the ultimate learning machine will remake our world*. Basic Books, New York, 2015.
- [6] T. Dorigo, M. Stützle. *Ant Colony Optimization*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2004.
- [7] R. P. Feynmann. Simulating physics with computers. *International Journal of Theoretical Physics*, 21(6/7):467-488, 1982.
- [8] R. Kennedy, J. Eberhart. Particle Swarm Optimization. *Actas de la IEEE International Conference on Neural Networks*, págs. 1942-48, 1995.
- [9] J. R. Kopza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Natural Selection*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.
- [10] K. Rustan, M. Leino. Dafny: An Automatic Program Verifier for Functional Correctness. En Edmund M. Clarke y Andrei Voronkov, editores, LPAR-16, volumen 6355 de LNCS, págs. 348-370. Springer, 2010.
- [11] E. L. Post. A variant of a recursively unsolvable problem. *American Mathematical Society*, 52:262-269, 1946.
- [12] F. Rosenblatt. The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Psychological Review*, 65(6):386-408, 1958.
- [13] A. M. Turing. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *London Mathematical Society*, 42(3):230-265, noviembre 1936.
- [14] A. M. Turing. *Intelligent Machinery*, págs. 3-23. Edinburgh University Press, Edimburgo, 1969.

