

JUSTICIA Y CIENCIA

Uniando lo mejor de ambos mundos

Francesc Mestres Naval

Profesor Titular de Genética. Profesor de Genética Forense. Universitat de Barcelona

Josep Vives-Rego

Catedrático Emérito de Microbiología. Perito Judicial Medioambiental. Universitat de Barcelona

MESTRES NAVAL, Francesc y VIVES-REGO, Josep. Justicia y ciencia: uniando lo mejor de ambos mundos. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología* (en línea). 2015, núm. 17-04, pp. 1-12. Disponible en internet: <http://criminet.ugr.es/recpc/17/recpc17-04.pdf>
ISSN 1695-0194 [RECPC 17-04 (2015), 13 jun]

RESUMEN: La justicia y la ciencia son ámbitos muy diferentes de la actividad humana. Sin embargo, los conocimientos científicos dan lugar a la aparición de una serie de disciplinas aplicadas que son de gran utilidad en forensia y que pueden ser trascendentales en la Administración de la Justicia. El problema es reconocer primero si una especialidad es realmente científica y si puede utilizarse de manera fiable en el ámbito de la justicia. En este sentido, la utilización de las pruebas de ADN es un buen ejemplo de cómo, poco a poco, se ha ido ajustando su uso en los tribunales. Además los laboratorios donde se practican esas técnicas forenses están correctamente homologados y al mismo tiempo los especialistas que trabajan en ellos son profesionales con una sólida formación y que se mantienen constantemente al día. Otro elemento crucial es que los expertos que aportan su testimonio deben hacerlo de manera precisa y comprensible. En los casos en que se presente una prueba pericial basada en una aproximación científica novedosa,

ésta debe cumplir toda una serie de requisitos para poder ser aceptada por los tribunales.

PALABRAS CLAVE: Método científico, ciencias forenses, prueba pericial, caso *Daubert*, ADN, Genética forense.

ABSTRACT: Justice and science are very different human activities. However, scientific knowledge has generated many disciplines that are useful in forensics and could be key elements to solve judicial cases. The first problem is to know whether a specialty is actually science and then, if it is enough reliable for being used in courtrooms. In this sense, DNA evidence is a good example of how its presence in the courts has been improved. Furthermore, laboratories where forensic analyses are carried out are properly accredited. Practitioners that work in them are professionals with an appropriate training that also has to be a continuous process. Finally, experts that present their testimony in the court have to be clear and understandable in their explanations. If they have to present a novel scientific approach as evidence, this must observe a series of requirements in order to be accepted by the court.

KEYWORDS: Scientific method, forensic science, evidence, *Daubert* case, DNA, Forensic Genetics.

Fecha de publicación: 13 junio 2015

SUMARIO: Introducción. La diferenciación de la ciencia respecto a la no-ciencia en los tribunales de justicia. La justicia y la ciencia caminando juntas: el ejemplo de la Genética forense. Presentación de las pruebas periciales. Referencias bibliográficas. Agradecimientos.

Introducción

El presente trabajo viene motivado por dos razones principales, la lectura del interesante trabajo recientemente publicado en esta misma revista por Luca et al. (2013) y por haberse cumplido hace poco el vigésimo aniversario del denominado caso *Daubert*, que fue un hito importante en cuanto a la relevancia que adquirió la presencia de las ciencias experimentales en los tribunales de justicia. En este trabajo, pretendemos dar nuestro punto de vista como investigadores en el ámbito de las ciencias experimentales con el objetivo de realzar el interés y utilidad de la ciencia para los profesionales de la forensia en particular y de la justicia, en general. Cuando se habla de las ciencias experimentales, se consideran las siguientes ciencias naturales¹: la Física, la Química, la Biología y la Geología. La Astronomía, a pesar de ser una ciencia natural, no se considera experimental, mientras que las Matemáticas se clasifican como una ciencia formal². De las ciencias experimentales arriba expuestas se derivan muchas especialidades, como por ejemplo, si nos centramos en la Biología, tendríamos la Bioquímica, la Genética, la Citología, la Zoología, la Ecología, la Botánica y otras. De ellas pueden surgir aplicaciones técnicas, como la Ingeniería genética, la Biotecnología, etc. Muchas de las disciplinas aplicadas pueden tener utilidad forense, como por ejemplo la Medicina forense (históricamente la primera en aparecer en la Administración de Justicia), la Antropología forense, la Odontología forense, la Química forense, la Entomología forense, la Genética forense, etc. (para una revisión sobre estas especialidades puede consultarse a Houck and Siegel, 2006). Quizás la más reciente ha sido la Forensia Medioambiental o Ecológica, que está teniendo una particular incidencia social, política y económica (Vives-Rego, 2004) y que permite hacer valoraciones tanto de daño como de riesgo (Vives-Rego, 2006).

Todas las ciencias experimentales se basan en el método científico, que es una de las diversas formas que tenemos los humanos de adquirir nuevos conocimientos (Ayala, 2008). Según Ayala y Black (1993a), la ciencia se fundamenta en la formulación de nuevas ideas (adquisición del conocimiento) y en su validación (justificación del conocimiento). Por lo tanto, las nuevas ideas (hipótesis científicas) deben ser examinadas empíricamente para saber si las predicciones precisas que de ellas se derivan concuerdan con las observaciones que se encuentran como resultado de

¹ Ciencias naturales, ciencias de la naturaleza o ciencias físico-naturales son aquellas que tienen por obje-

² Ciencia formal es aquella que busca comprender y destacar la verdad de las cosas. Utiliza la deducción como método de búsqueda de la verdad y su objetivo no son las cosas ni los procesos, si no las relaciones abstractas entre las formalizaciones del saber y no tanto su contenido de conocimientos.

la experimentación. Un punto importante es que, si una hipótesis no puede estar sujeta a la posibilidad de rechazo mediante una observación o experimento, no puede considerarse científica. Una hipótesis, para que realmente pueda catalogarse como científica, debe ser falsable³, es decir, ha de poder ponerse a prueba y ser desmentida por los hechos o por un experimento adverso. Aunque se tenga un cuerpo de experimentos que hayan puesto a prueba de forma importante una hipótesis y ésta siempre se haya demostrado correcta, debe recordarse que, por su propia definición, la ciencia no puede llegar nunca a una verdad absoluta⁴. Esta característica del sistema científico constituye una parte integrante de su esencia que, junto con el principio de la variabilidad, exige la utilización de la estadística matemática para una adecuada interpretación de los hechos. Una hipótesis científica que supera pruebas importantes que demuestran su robustez pasa a denominarse teoría. Por ejemplo, tenemos la teoría Cromosómica de la Herencia, la teoría Sintética de la Evolución, o la teoría de la Relatividad. Por cierto, observaciones astronómicas recientes van a poner a prueba una vez más la validez de esta teoría postulada por Albert Einstein (Cho, 2014). Este concepto científico de “teoría” (una explicación bien fundamentada de algún aspecto del mundo natural sustentada por un número importante de observaciones y pruebas experimentales rigurosas) no debe confundirse con el significado coloquial del término que muchas veces empleamos en la vida diaria, y que hace referencia a una suposición o corazonada (Ayala, 2006). Un ejemplo de esto último podría ser “tengo la teoría de que este invierno será menos frío que el pasado”.

Es innegable que la ciencia ha permitido el gran desarrollo tecnológico que ha mejorado las condiciones de vida de los seres humanos. Los avances científicos se han conseguido de manera colectiva, es decir, los científicos no trabajan aislados sino que interactúan unos con otros en función de su disciplina. Cuando alguno de ellos lleva a cabo un nuevo descubrimiento, éste se debate primero entre los miembros del mismo equipo de investigación (o grupo de trabajo) y después en seminarios de departamento (o institucionales). Posteriormente se presenta como primicia en congresos y reuniones de ámbito nacional e internacional. En todos estos niveles se discute la bondad de la hipótesis, la correcta realización de los experimentos y,

³ El falsacionismo, principio de falsabilidad o refutacionismo es una corriente epistemológica fundada por el filósofo Karl Popper (1902-1994). El problema de la inducción en ciencias experimentales nace del hecho de que no se puede afirmar algo universal a partir de los datos particulares que ofrece la experiencia. Por muchos millones de cuervos negros que se vean, no será posible afirmar que “todos los cuervos son negros”. En cambio, basta encontrar un solo cuervo que no sea negro para poder afirmar: “No todos los cuervos son negros”. Por esa razón Popper introdujo el falsacionismo como criterio de demarcación científica (dentro de la filosofía de la ciencia) y nos remite a la cuestión que planteamos en este trabajo y que consideramos fundamental para la correcta aplicación de la ciencia forense a la hora de definir los límites que deben configurar el concepto "ciencia" o dicho de modo, como se establecen las fronteras entre lo que es conocimiento científico verdadero y el no científico.

⁴ Es lo que se denomina el principio de la indeterminación o incertidumbre, por el que se asume que es imposible que se conozcan en su totalidad y con absoluta precisión la universalidad de las cosas.

por último, se valoran los resultados obtenidos y su interpretación. Finalmente, el trabajo se presenta para su publicación a una revista científica especializada con unos índices o criterios de calidad reconocidos internacionalmente⁵. Allí, el manuscrito es estudiado por un editor y por dos o tres revisores, todos ellos especialistas del tema, que hacen un análisis en profundidad y una evaluación crítica. Este sistema es el que recibe el nombre de evaluación entre iguales (*peer-review* en inglés), es decir los revisores son científicos de la misma especialidad y su actuación es confidencial. Solamente después de superar estos requisitos de calidad y rigor, el trabajo sale publicado. Todo este proceso garantiza la ausencia, en principio, de errores (experimentales o de interpretación de los resultados) y el valor que aporta la nueva investigación al ámbito del conocimiento. A pesar de todo este riguroso proceso, si se detectan posibles puntos débiles del sistema, se buscan remedios adecuados (McNutt, 2014). Sin embargo, también debe decirse que la ciencia es una actividad del ser humano y como tal está sometida a sus flaquezas y por tanto nadie puede excluir de manera absoluta el error o fraude⁶. El fraude científico no es frecuente y siempre acostumbra a ser descubierto, dado que cada vez más científicos trabajan en la misma especialidad o en especialidades relacionadas. El hecho de que diferentes investigadores, puedan llevar a cabo experimentos similares, hace que la detección y la denuncia de los fraudes en el mundo de las ciencias experimentales sean actualmente más rápidas y ampliamente difundidas (Cyranski, 2014a y 2014b). El fraude descubierto es un gran desprestigio e implica el fin de la carrera científica de su autor. Otro aspecto a tener en cuenta es el de los errores involuntarios (Gewin, 2014), cometidos muchas veces por las prisas para obtener resultados. La presión para conseguir resultados es una mala consejera y, como acabamos de comentar en el caso de fraude, los errores son también identificados y subsanados a corto o medio plazo.

En resumen, la ciencia experimental nos permite conocer mejor la Naturaleza. La correcta interpretación científica de un fenómeno y su cuantificación hacen posible que se puedan elaborar modelos matemáticos para llevar a cabo predicciones precisas y cuantificaciones estadísticas sobre su fiabilidad (Lucy, 2005; Houck y Siegel, 2006; Adam, 2010). Estas cada vez son mejores, pues los científicos se van dotando de instrumentos de medición más exactos y además se pueden elaborar modelos matemáticos cada vez más complejos que incorporan mayor número de variables y definen mejor la realidad que nos rodea. Estos avances de las ciencias experimentales han repercutido eficazmente en las ciencias aplicadas y, en nuestro

⁵ Thomson Reuters (antes ISI) Web of Knowledge publica una relación de revistas científicas especializadas agrupadas por áreas. En cada grupo las revistas están clasificadas por unos índices de calidad, el más conocido de los cuales es el denominado índice de impacto.

⁶ A este respecto es interesante el artículo “How the science goes wrong” de la revista *The Economist* October 19th – 25th 2013. <http://www.economist.com/news/leaders/21588069-scientific-research-has-changed-world-now-it-needs-change-itself-how-science-goes-wrong>

caso particular, en las ciencias forenses. Por ejemplo, en la actualidad se continúa trabajando científicamente en el reconocimiento de la voz de una persona mediante procedimientos computerizados (Neustein y Patil, 2012). También pueden identificarse automáticamente las huellas dactilares por medio del reconocimiento informatizado de su patrón de líneas, como los sistemas AFIS y IAFIS desarrollados por el FBI, y cuantificar la precisión de la identificación (Neumann et al., 2012). Incluso se pueden reconstruir científicamente las trayectorias de los proyectiles y la posición de las armas de fuego en el caso de un tiroteo (Houck y Siegel, 2006; Adam, 2010).

La diferenciación de la ciencia respecto a la no-ciencia en los tribunales de justicia

Hemos argumentado que la ciencia experimental permite entender mejor el mundo en que vivimos y por tanto esa comprensión extendida a los sucesos de ámbito jurídico, puede ser crucial tanto para la propia Justicia como para su satisfactoria administración. Pero la pregunta relevante en el ámbito jurídico es, ¿cómo distinguir lo que es ciencia de lo que no lo es? Es muy ilustrativo ver brevemente como se ha acometido la respuesta a esa pregunta en los Estados Unidos de América para de este modo tener una guía y una perspectiva histórica. Una primera referencia fue el caso *Frye* de 1923 pues con anterioridad los tribunales trataban las pruebas científicas como las de cualquier otro tipo. De forma breve, los abogados de J.A. Frye, acusado de asesinato, solicitaron que su defendido pasase una prueba de la verdad basada en la presión arterial sistólica (un antecesor del polígrafo o detector de mentiras). El juez negó la prueba, como también lo hizo la U.S. Court of Appeals en su famosa decisión de 1923. La Corte escribió que el principio subyacente a una prueba científica es que debe estar suficientemente establecida como para haber conseguido una aceptación general en el campo particular al cual pertenece. “La aceptación general” parecía una norma simple de aplicar, pero presentaba ambigüedades y se debatió mucho en los ámbitos legales sobre cómo aplicarla. Pero se fueron sucediendo casos donde el valor de la “ciencia” aportada fue más que dudoso (Ayala, 1993). En 1975 la Federal Rules of Evidence intentó clarificar la situación, pero abrió nuevos interrogantes y diferentes interpretaciones. Con esta situación llegó el caso *Daubert*, que de manera breve fue una demanda que efectuaron J. Daubert, E. Schuller y sus padres contra Merrell Dow Pharmaceuticals. Según los demandantes, el uso del fármaco Bendectin (que se utilizaba para evitar los mareos matinales durante el embarazo) les había producido defectos de nacimiento. Sin embargo no pudo demostrarse científicamente la relación entre las malformaciones y el medicamento. Las repercusiones que dicho caso ha generado a nivel jurídico y científico han sido ciertamente importantes (por ejemplo puede consultarse Imwinkelried, 1997; Houk y Siegel, 2006; Michaelis et al., 2008; Kaye,

2010; Luca et al. 2013). El caso *Daubert* abrió el interesante debate sobre lo que era la ciencia verdadera respecto a la “pseudociencia” (o “ciencia basura”) o protocolos experimentales no suficientemente avalados por la comunidad científica (Ayala y Black, 1993b; Lynch y McNally, 1999). Evidentemente, si una prueba científica ya ha sido previamente admitida y existe consenso sobre su validez en los tribunales de justicia, como por ejemplo algunos tipos de análisis de ADN⁷, no hay problema. En cambio, si es una aplicación científica novedosa debe comprobarse que cumple las condiciones establecidas por el método científico que ya se ha comentado (resumidas por ejemplo en Ayala y Black, 1993a), sustentarse en publicaciones científicas especializadas y de valor reconocido dentro de su especialidad.

La justicia y la ciencia caminando juntas: el ejemplo de la Genética forense.

La Genética forense puede considerarse que tiene sus inicios en el año 1900 con el descubrimiento del grupo sanguíneo humano ABO por parte de Landsteiner (Jobling y Gill, 2004). Sin embargo el gran salto de calidad de esta ciencia forense se produjo gracias a los análisis del ADN (Mestres y Vives-Rego, 2009a). El primer caso criminal resuelto por estos procedimientos fue el caso *Pitchfork*, gracias a la colaboración entre el profesor Alec Jeffreys y el *Forensic Science Service* del Reino Unido (Jeffreys et al., 1985). Sin embargo no fue ésta la primera vez que el ADN se utilizó como prueba ante un tribunal, pues Jeffreys había participado previamente en el caso *Sarbah* (Kaye, 2010). En él, se pudo demostrar “más allá de una duda razonable” mediante pruebas de ADN que el muchacho Andrew Sarbah era hijo de su supuesta madre y que había entrado legalmente en Reino Unido. El tribunal quedó sorprendido por esta nueva metodología, pero pruebas de tipo clásico jugaron a favor del muchacho. En ambos casos, la prensa se hizo amplio eco sobre el valor de las pruebas de ADN. El auge de este tipo de pruebas fue en aumento, eran aceptadas por los tribunales, pero pronto se empezaron a encontrar problemas. Los casos *Castro* (1987) y *Simpson* (1994) fueron dos referentes que pusieron de manifiesto algunos de los problemas de las pruebas de ADN en los tribunales (Butler, 2005; Michaelis et al., 2008; Kaye, 2010). Por ejemplo se detectó que la recogida y transporte de las muestras muchas veces no era cuidadosa, los análisis se realizaban en laboratorios sin suficientes garantías de control e incluso a veces los resultados que se obtenían con los marcadores genéticos primitivos no eran fáciles de interpretar. Ello llevó a que en los Estados Unidos se fijasen unos estándares de recogida de muestras, de controles de calidad en los laboratorios, de procedimientos en la presentación de información ante un tribunal y buena praxis general que mejoraron en gran medida el valor de las pruebas ADN y que se exi-

⁷ Desde el punto de vista científico la nomenclatura correcta de la molécula es DNA. Sin embargo en el presente artículo usaremos ADN por ser la manera en que es conocida corrientemente en el entorno lingüístico de la lengua castellana.

gían para poder ser aportadas a un tribunal. Los marcadores genéticos utilizados por aquel entonces (fundamentalmente los RFLP o *Restriction Fragment Length Polymorphism*, que en castellano se traduciría por Polimorfismos por Longitud de Fragmentos de Restricción)⁸ eran laboriosos de analizar y presentaban problemas de análisis e interpretación. Por estas razones se empezaron a utilizar otros marcadores genéticos que mejoraban las características analíticas, los denominados STRs (*short tandem repeats*), es decir, repeticiones cortas en tándem, que también reciben el nombre de microsátélites (Mestres y Vives-Rego, 2009b). Aunque algunos de estos marcadores STRs fueron introducidos por el *Forensic Science Service* del Reino Unido y existía ya un *kit* comercial de laboratorio para su análisis en 1991 (Butler, 2005), el FBI definió en 1997 los 13 STRs que formarían el núcleo de marcadores para sus usos forenses (el denominado sistema CODIS, *Combined DNA Index System*). Además del laboratorio del propio FBI participaron prestigiosos científicos y el *National DNA Advisory Board* junto a la *National Academy of Sciences* fijaron una serie de características de tipo técnico y ético para la selección de estos marcadores, como por ejemplo que a partir de ellos no pudiese deducirse el origen étnico o características anatómico-fisiológicas de los individuos (Butler, 2005; Krimsky y Simoncelli, 2011; Mestres y Vives-Rego, 2012a). En el año 2000 el FBI abandonó finalmente los marcadores genéticos más antiguos (RFLP) y pasó a centrarse en la utilización de los STRs del sistema CODIS. Dicho sistema se usa actualmente en muchos países, incluido el nuestro. Cuando las pruebas de ADN basadas en los loci STRs se presentaron en los tribunales de los Estados Unidos, algunos abogados defensores solicitaron que dichas pruebas no fuesen admitidas porque la composición de los *kits* comerciales de análisis y algunos estudios de validación no se habían hecho públicos. A este respecto son célebres los casos *Bokin* (1999), *Shreck* (2000) y *Pfenning* (2000). Mucha de esta información estaba restringida, pues las firmas que producían y comercializaban los *kits* de análisis del ADN obtenían un suculento negocio con su venta. Una de las compañías que los producía (*Promega Corporation*) anunció que haría pública la información (Smaglik, 2000) y así lo hizo (Masibay et al., 2000; Krenke et al., 2002). La otra (*Applied Biosystems*) no publicó la composición de los *kits*, pero presentaba toda la documentación a requerimiento judicial y protegida bajo secreto. Este proceso se repitió al menos en 16 juicios. En numerosas publicaciones científicas desde el año 2000 se ha demostrado reiteradamente la fiabilidad del *kit* producido por *Applied Biosystems* (por ejemplo Holt et al., 2002). Además, cabe mencionar que estos productos comerciales para el análisis del ADN se han utilizado exitosamente en muchos estudios sobre la genética de poblaciones humanas que se han publicado en

⁸ Pensamos que no es conveniente entrar en detalles sobre estos temas más técnicos. Para obtener más información puede consultarse cualquier libro de Genética forense, como Butler (2005) o Goodwin et al. (2007).

revistas científicas prestigiosas del área de la genética poblacional humana (por ejemplo, Rosenberg et al., 2002). Por tanto, se ha podido demostrar su fiabilidad. Con todos estos argumentos las pruebas basadas en los loci STRs fueron aceptadas en los tribunales estadounidenses. Cada nuevo protocolo experimental en este ámbito ha de ser validado mediante muchos experimentos (y sus correspondientes publicaciones científicas) para poder ser utilizado como prueba forense y admitido en los tribunales.

Desde su origen, la Genética ha utilizado ampliamente la estadística y el cálculo de probabilidades (Mendel, 1866). Por esta razón, el desarrollo experimental y técnico de los marcadores utilizados en Genética forense, fue acompañado paralelamente por el trabajo de profesores de reconocido prestigio internacional que pusieron a punto diferentes medidas de probabilidad y estadística para poder valorar e interpretar correctamente sus resultados (ver los comentarios de la Introducción respecto a la variabilidad y el principio de incertidumbre). Sus trabajos han sido corroborados y publicados en revistas científicas y por ello han sido también aceptados en los tribunales de justicia del ámbito anglosajón. Históricamente se han producido algunas interpretaciones erróneas de los valores estadísticos obtenidos. Son lo que se conocen como las falacias de la acusación o de la defensa (una explicación detallada sobre ellas puede encontrarse en Lynch y Mc Nally, 1999; Goodwin et al., 2007; Mestres y Vives-Rego, 2009c). En cualquier caso, es constatable que los especialistas hacen esfuerzos significativos a la vez que útiles para la correcta comprensión e interpretación, por parte de jueces (o jurado), fiscales y abogados defensores, de los valores numéricos obtenidos (Goodwin et al., 2007).

En resumen, los casos donde se utiliza el ADN desde una perspectiva forense permiten ilustrar la aceptación de pruebas científicas por parte de los tribunales de justicia. Como se ha expuesto, ha sido un proceso en donde ciencia y justicia han avanzado conjuntamente. Es evidente que van surgiendo problemas y dificultades, pero estas pueden detectarse y corregirse (Parks, 2010; Cressey, 2012). Por último comentar que a veces se le ha dado excesivo valor en los tribunales a las pruebas de ADN (Nieva-Fenoll, 2012), por lo que debe otorgársele el que realmente se merece. Desde un punto de vista técnico (análisis) y estadístico (cuantificación) el ADN nos dirá con una gran precisión a quien pertenece una muestra biológica (sangre, saliva, semen, cabello, etc.), pero no el por qué aquella muestra estaba ubicada allí, ni si el sospechoso es culpable o inocente (Goodwin et al., 2007).

Presentación de las pruebas periciales

Existen en nuestro país laboratorios de diferentes instituciones públicas o privadas que trabajan en aplicaciones forenses. Es fundamental que dichos centros estén debidamente homologados y acreditados. Deben pasar también controles externos

para verificar que mantienen sus niveles de calidad. Además, sus especialistas deben tener una formación precisa en la disciplina forense en la que realizarán sus análisis y estar en posesión de la correspondiente certificación académica oficial. Esta formación debe ser continua pues la ciencia avanza inexorablemente con nuevos y mejores protocolos experimentales aportando apreciables mejoras a nuestro conocimiento. En poco tiempo dichos avances podrán ser aplicados en forensia. Es de destacar la existencia de grupos de trabajo de ámbito internacional (por ejemplo ENFSI, *European Network of Forensic Science Institutes*) e incluso nacional (por ejemplo la CNUFADN, es decir, la Comisión Nacional para el Uso Forense del ADN⁹) que procuran que los procesos analíticos forenses estén bien fundamentados científicamente y su aplicación en el ámbito de la justicia sea correcta. Las recomendaciones que emanan de estos grupos han de ser una referencia tanto para los profesionales de los laboratorios forenses como para los de la justicia. Esta es una vía para poder ir avanzando en la relación entre la ciencia y la justicia (Parks, 2010; Middleberg, 2014). También se trabaja en crear institutos nacionales de ciencias forenses, que ayudarían a establecer estándares de actuación y procedimientos de acreditación, llevando a cabo un apoyo independiente a las entidades forenses (Neufeld y Scheck, 2010; Reardon, 2014). Además, podrían llevar a cabo programas de investigación en ciencias forenses¹⁰. Entendemos que ha llegado el momento de que desde las instituciones públicas responsables de la investigación científica como de la Administración de justicia se establezcan dichos programas tanto a nivel nacional como internacional, según las necesidades de nuestra sociedad.

Estamos completamente de acuerdo con lo expuesto en el trabajo de Luca et al. (2013) respecto a la definición y papel que debe asumir el experto en la presentación de las pruebas. Igual que dichos autores creemos que debe ser una persona con titulación universitaria oficial reconocida en nuestro país (por ejemplo licenciado, ingeniero, doctor, etc.). Es evidente que debe poder acreditar dicha titulación respecto a la especialidad sobre la que debe informar al tribunal. Además, ha de demostrar que tiene experiencia en el tema a tratar y, si habitualmente desarrolla su actividad científico-técnica en dicha especialidad, mejor. Por todo lo que hemos expuesto en este artículo, pensamos que si su actividad pericial se fundamenta en una aplicación científica novedosa, el experto debe mostrar documentalmente que dicha nueva aproximación en el ámbito de la ciencia ha sido publicada en revistas de reconocido prestigio dentro del área y además ha sido admitida por la comunidad científica. Además de lo expuesto anteriormente sobre los indicadores de la

⁹ Por ejemplo, puede consultarse las actividades de la Comisión Nacional para el uso forense del ADN en la página web: <http://institutodetoxicologia.justicia.es/> También existe la publicación impresa ISBN: 978-84-7787-145-3.

¹⁰ Nature Editorial (2010). Science in court. *Nature*, 464, 325.

calidad de las revistas científicas (y por tanto, de la valía y reconocimiento de la investigación), también es interesante demostrar si los artículos científicos iniciales que mostraron la nueva aplicación científica han sido citados por otros investigadores del mismo campo avalando los resultados obtenidos. El hecho de que un artículo novedoso sea citado por otros posteriores indicando su bondad es un índice de aceptación importante por parte de la comunidad científica. Por último, nos reiteramos en que no debe existir la sensación de que lo que diga el perito posee una aura de infalibilidad, como hemos recalcado a lo largo del artículo.

Cabe mencionar también que si el experto redacta un informe escrito, éste debe ser completo, preciso, detallado y comprensible para personas no especialistas (Mestres y Vives-Rego, 2012b) y así también debe serlo su declaración oral. Pensamos que es fundamental que el juez pueda consultar con especialistas alternativos en caso que tuviese alguna duda sobre los temas tratados. Los profesores universitarios, por su doble perfil de investigadores (adquisición de conocimiento) y docentes (transmisión del conocimiento) pensamos que pueden ser especialmente útiles para clarificar aquellas dudas o problemas que puedan presentarse. El juez, y también las partes, no tienen por qué saber de ciencia, pero entendemos que están en su derecho de ser correctamente asesorados. La justicia y la ciencia son mundos diferentes, pero todos debemos esforzarnos para que avancen juntas para el bien general de nuestra sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, C. (2010). *Mathematics and Statistics for Forensic sciences*. Wiley-Blackwell. Chichester, U.K.
- Ayala, F. J. (1993). Junk science and DNA typing in the Courtroom. *Contention*, 2, 45–60.
- Ayala, F. J. (2006). *Darwin and Intelligent Design*. Fortress Press, Minneapolis, MN. U.S.A.
- Ayala, F. J. (2008). *Darwin y el Diseño Inteligente. Creacionismo, Cristianismo y Evolución*. 2ª Ed. Alianza Editorial S. A. Madrid.
- Ayala, F. J. y Black, B. (1993a). Decision will lead to improvement in courts' screening of scientific evidence. 21 *Prod. Safety & Liab. Rep. (BNA)* No. 30, at 28 (Summer-Fall, 1993), 28–32.
- Ayala, F. J. y Black, B. (1993b). Science and the Courts. *American Scientist*, 81, 230–239.
- Butler, J. M. (2005). *Forensic DNA typing*. Elsevier Academic Press. Burlington (MA). USA.
- Cho, A. (2014). Rare celestial trio to put Einstein's Theory to the test. *Science*, 343, 126–127.
- Cressey, D. (2012). Forensic investigation needs more science. *Nature* doi:10.1038/nature.2012.11271.
- Cyranoski, D. (2014a). Acid-bath stem-cell study under investigation. *Nature* doi:10.1038/nature.2014.14738.

- Cyranoski, D. (2014b). Stem-cell method faces fresh questions. *Nature*, 507, 283.
- Gewin, V. (2014). A clean slate. *Nature*, 507, 389–391.
- Goodwin, W., Linacre, A. y Hadi, S. (2007). *An introduction to Forensic Genetics*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK.
- Holt, C. L., Buoncristiani, M., Tallin, J. M. , Nguyen, T., Lazaruk, K. D. y Walsh, P. S. (2002). TWGDAM validation of AmpFISTR™ PCR amplification kits for forensic DNA casework. *J. Forensic Sci.*, 47, 66–96.
- Houck, M. M. y Siegel, J. A. (2006). *Fundamentals of Forensic Science*. Elsevier Academic Press. Burlington (MA), USA.
- Imwinkelried, E. J. (1997). Forensic Science: The Second Prong of the Daubert Test: Disturbing implications of two recent civil cases. *33 Criminal Law Bulletin* 570 (Nov.-Dec. 1997).
- Jeffreys, A. J., Wilson, V. y Thein, S. L. (1985). Individual-specific ‘fingerprints’ of human DNA. *Nature*, 316, 76–79.
- Jobling, M. A. y Gill, P. (2004). Encoded evidence: DNA in forensic analysis. *Nat. Rev. Genet.*, 5, 739–751.
- Kaye, D. H. (2010). *The double helix and the law of evidence*. Harvard University Press. Cambridge, MA, U.S.A.
- Krenke, B. E., Teresa, A., Anderson, S. J., Buel, E., Culhane, S., Finis, C. J., Tomsey, C. S., Zachetti, J. M., Masibay, A., Rabbach, D. R., Amriott, E. A. y Sprecher, C. J. (2002). Validation of a 16-locus fluorescent multiplex system. *J. Forensic. Sci.*, 47, 773–785.
- Krimsky, S. y Simoncelli, T. (2011). *Genetic Justice*. Columbia University Press, N.Y.
- Luca, S. de, Navarro, F. y Cameriere, R. (2013). La prueba pericial y su valoración en el ámbito judicial español. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*, 15–19, 1–14.
- Lucy, D. (2005). *Introduction to Statistics for Forensic sciences*. John Wiley and Sons, Ltd. Chichester, U.K.
- Lynch, M. y McNally, R. (1999). Science, common sense and common law: courtroom inquires and the public understanding of science. *Social Epistem.*, 13, 183–196.
- McNutt, M. (2014). Reproducibility. *Science*, 343, 229.
- Masibay, A., Mozer, T. J., y Sprecher, C. (2000). Promega Corporation reveals primer sequences in its testing kits. *J. Forensic Sci.*, 45, 1360–1362.
- Mendel, G. (1866). Versuche über Pflanzhybriden. *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr 1865, Abhandlungen*, 3–47.
- Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2009a). La Genética forense: entre la tecnociencia y la imaginación. *Ludus Vitalis*, 17, 447–450.
- Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2009b). La utilización forense de la huella genética (secuencia del ADN o ácido desoxirribonucleico): aspectos científicos, periciales, procesales, sociales y éticos. *La Ley Penal*, 61, 46–61.
- Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2009c). Bancos y bases de datos genéticos para usos forenses. *Revista del Poder Judicial*, 89, 239–263.
- Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2012a). Identificación de características forenses avanzadas a partir del ADN: etnogeografía, patología delictiva y morfoanatomía. *La Ley Penal*, 91, 48–56.

- Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2012b). La resolución de casos abiertos, exoneraciones y análisis familiares por medio de la Genética avanzada. Aspectos forenses, sociales y éticos. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*, 14, 04:1-04:18.
- Michaelis, R. C., Flanders jr., R. G. y Wulff, P. H. (2008). *A litigator's guide to DNA. From the laboratory to courtroom*. Elsevier Academic Press. Burlington (MA), USA.
- Middleberg, R. A. (2014). Forensic Toxicology: meeting the demands of two slaves – Science and the Law. *American Laboratory*, 46, 41–43.
- Neufeld, P. y Scheck, B. (2010). Making forensic science more scientific. *Nature*, 464, 351.
- Neumann, C., Evett, I. W. y Skerrett, J. (2012). Quantifying the weight of evidence from a forensic fingerprint comparison: a new paradigm. *J. R. Statist. Soc. A*, 175 Part 2, 371–415.
- Neustein, A. y Patil, H. A. eds. (2012). *Forensic speaker recognition: Law enforcement and counter-terrorism*. Springer, N.Y.
- Parks, P. J. (2010). *DNA evidence and investigation*. Reference Point Press. San Diego, CA, U.S.A.
- Reardon, S. (2014). Faulty forensic science under fire. *Nature*, 506, 13–14.
- Rosenberg, N. A., Pritchard, J. K., Weber, J. L., Cann, H. M., Kidd, K. K., Zhivotovsky, L. A. y Feldman, M. W. (2002). Genetic structure of human populations. *Science*, 298, 2381–2385.
- Smaglik, P. (2000). Legal protests prompt DNA primer release. *Nature*, 406, 336.
- Vives-Rego, J. (2004). Environmental Forensics: a scientific service at the service of Justice and Society. *Environmental Forensics*, 5, 123–124.
- Vives-Rego, J. (2006). Metodologías forenses en la evaluación del riesgo y del daño en el delito ecológico: aspectos técnicos y periciales. *Ecosostenible*, 18-19, 42–51.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos dedicar este artículo al Prof. Francisco J. Ayala (University of California at Irvine), reconocido internacionalmente además de maestro y amigo, que tuvo un papel crucial en el caso *Daubert*. Francisco J. Ayala nació en Madrid en 1934 y reside en los Estados Unidos desde 1961. Es Profesor de Ciencias Biológicas y de Filosofía en la University of California at Irvine. Está en posesión de la Medalla Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (2001) y recibió el premio Templeton en 2010. Es Doctor Honoris Causa por 22 universidades. Ha sido Presidente de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, miembro de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y de la Sociedad Filosófica Americana. Ha publicado más de 1100 artículos y más de 40 libros.