

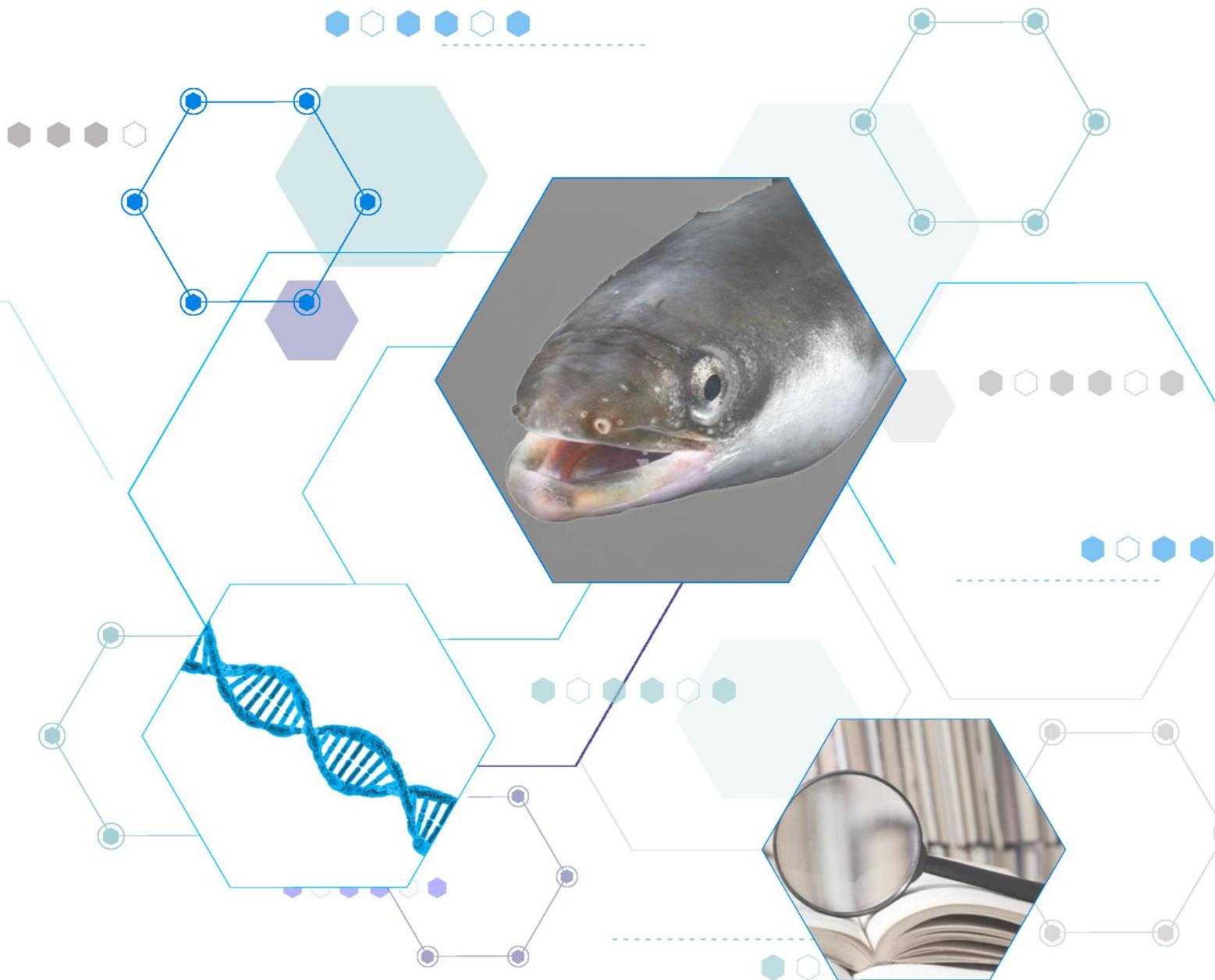
LA GENÉTICA FORENSE ANIMAL COMO HERRAMIENTA DE DETECCIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA LUCHA CONTRA EL COMERCIO ILEGAL DE ESPECIES ANIMALES. EL CASO DE LA ANGUILA EUROPEA. (*ANGUILLA ANGUILLA*)

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ESCUELA INTERNACIONAL DE POSGRADO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CRIMINOLOGÍA

TESIS DOCTORAL



AUTOR: MTR. ENRIQUE MANUEL MEDINA MARTÍN

DIRECTORES: PROF.^a DRA. NURIA TORRES ROSELL

PROF. DR. JOSÉ ANTONIO LORENTE ACOSTA



GRANADA 2023

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Enrique Medina Martín
ISBN: 978-84-1195-028-2
URI: <https://hdl.handle.net/10481/84676>

AGRADECIMIENTOS

Aunque sea mi nombre el que encabeza este trabajo, son muchas las personas que han estado detrás prestándome su ayuda, tanto en el plano personal como profesional. Que no quepa ninguna duda de que, sin esas personas, no solo el resultado de este proyecto no sería el mismo, sino que si ha visto la luz es gracias también a ellos, por lo que parte de este trabajo también es suyo.

Gracias a mis padres, Rosario y Henry, por brindarme un hogar, unos valores y una educación que son la base de todos mis logros. Gracias a mis mejores amigos, Angi, Daniel y José Manuel; por insuflarme de ánimos y energía en los momentos más duros. Gracias a mis entrenadores y compañeros por enseñarme a exigirme y dar siempre lo mejor de mí. Y gracias también a todos aquellos que, aunque no han podido acompañarme hasta el final de este trayecto, no merecen ser olvidados ya que también fueron fundamentales en tramos de este. En especial, gracias a Marina por haber sido el principal pilar donde apoyarme en los convulsos comienzos de este viaje.

Gracias a Nuria Torres, por creer en mí y en este proyecto, me has mostrado que ser una magnífica tutora no implica sólo guiarme en lo académico, sino también enseñarme a confiar en mí mismo y en mi trabajo. Gracias a José Antonio Lorente, al que considero mi padre académico y mi máximo referente; y que viene apostando por mí y acompañándome desde mis primeros trabajos. No he podido tener mejores guías para este viaje. Por último, gracias a Enrique Alonso García, por brindarme la oportunidad de publicar mi primer artículo y ponerme en contacto con gente que me ha ayudado mucho en este proyecto; y gracias al SEPRONA, por proporcionarme material e información muy importante, además de invitarme a participar en mi primera ponencia.

Dicen que la grandeza nace de pequeños comienzos. Vuestra ayuda, apoyo y soporte han sido fundamentales para ir engrandeciendo lo que un día fue un pequeño comienzo y que aún no sabemos dónde acabará.

SIC · PARVIS · MAGNA

ÍNDICE

PRINCIPALES ABREVIATURAS	5
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1: APROXIMACIÓN AL COMERCIO ILEGAL DE ESPECIES ANIMALES	13
I. Perspectiva global de este fenómeno delictivo y su control legal	24
1. Aproximación al comercio ilegal de animales en el mundo.....	24
2. El comercio de animales en España.....	31
3. Las herramientas legales contra el tráfico ilegal internacional de especies animales.....	49
II. El caso de la anguila europea (<i>Anguilla anguilla</i>)	72
1. El Derecho Internacional y de la Unión Europea para la protección de la anguila europea.....	76
2. El derecho interno español y su aplicación por las fuerzas y cuerpos de seguridad del estado.....	83
CAPÍTULO 2: LA GENÉTICA FORENSE NO HUMANA COMO HERRAMIENTA DE DETECCIÓN DEL TRÁFICO ILEGAL DE ESPECIES ANIMALES	93
I. La localización y la utilidad de la información genética.....	98
1. La identificación genética de especies.....	102
2. El proceso de determinación del origen geográfico de especímenes....	104
II. El proceso de identificación genética de especies animales.	105
1. Los marcadores genéticos y genes de interés.	105
2. La extracción del ADN.....	107
3. Cuantificación del ADN.	118
4. Técnicas de amplificación del ADN.....	120
5. La secuenciación del ADN.	135

6. Introducción y comparación en las bases de datos genéticas.	140
III. El proceso de identificación genética de especies aplicado a la anguila europea (<i>Anguilla anguilla</i>).	144
CAPÍTULO 3: EL USO DE LA GENÉTICA FORENSE NO HUMANA EN EL PROCESO ESPAÑOL	149
I. La ciencia como medio de investigación y prueba.	153
1.- La ciencia como medio de investigación y de prueba.	154
2.- La valoración de la prueba científica.	159
II. El análisis de ADN como medio de investigación y de prueba.	165
1. La naturaleza jurídica de la prueba de ADN.	166
2. La regulación jurídica de la prueba de ADN y sus reformas.	195
3. La historia de la prueba de ADN en España: repaso jurisprudencial. ..	198
4. La valoración de la prueba de ADN.	208
III. El análisis del ADN animal como medio de prueba.	223
1.- La posición de la prueba ADN animal dentro del proceso penal.	223
2.- La aceptación de la prueba de ADN animal en el proceso penal. Repaso de su jurisprudencia reciente.	228
CONCLUSIONES	231
BIBLIOGRAFÍA	237

PRINCIPALES ABREVIATURAS

16s rRNA	Gen del ARN ribosómico 16S
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
ADNmt	ADN mitocondrial
ADNn	ADN nuclear
AEAT	Agencia Estatal de la Administración Tributaria
AP	Audiencia Provincial
ARN	Ácido Ribonucleico
Art./arts.	Artículo/artículos
ATA	<i>Temporary Admission</i> (Admisión Temporal)
BIP	<i>Backward Inner Primer</i> (Cebador interno hacia atrás)
BOE	Boletín Oficial del Estado
BOLD	<i>Barcode of Life Data System</i> (Base de Datos del proyecto Código de Barras)
CE	Consejo de Europa
CIEM	Consejo Internacional para la Explotación del Mar
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna
CMS	Convención de Bonn sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres
CNP	Cuerpo Nacional de Policía
COI	Citocromo c oxidasa I
CoP	Conferencia de las Partes CITES
CP	Código Penal
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
CTAB	<i>Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide</i> (Bromuro de cetiltrimetilamonio)
Cyt b	Citocromo b
DDBJ	<i>DNA Data Bank of Japan</i> (Base de Datos Genéticos de Japón)
DIESAC	Documento de Inspección de Especies Sujetas a Control
dNTPs	Desoxirribunucleótidos trifosfatados
DOORS	<i>Dynamic Object Oriented Requirements System</i>
ENA	<i>European Nucleotide Archive</i> (Archivo Europeo de Nucleótidos)
FCSE	Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado

FIP	<i>Forward Inner Primer</i> (Cebador interno hacia adelante)
FRET	<i>Flourescence Resonance Energy Trnasfer</i> (Transferencia de Energía de Resonancia de Fluorescencia)
ICCWC	<i>International Consortium on Combating Wildlife Crime</i> (Consortio Internacional para Combatir los Delitos contra la Vida Silvestre)
ICES	<i>International Council for the Exploration of the Sea</i> (Consejo Internacional para la Exploración del Océano)
INSDC	<i>International Nucleotide Sequence Database Collaboration</i> (Colaboración Internacional de Bases de Datos de Secuencias de Nucleótidos)
IUNC	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
LAMP	Amplificación Isotérmica Mediada por Bucle
LEC	Ley de Enjuiciamiento Civil
LECRim	Ley de Enjuiciamiento Criminal
LO	Ley Orgánica
NCBI	<i>National Center for Biotechnology Information</i> (Centro Nacional de Información Biotecnológica)
Núm.	Número
Ob. Cit	Obra citada
ONG	Organización No Gubernamental
OSPAR	Convenio sobre la Protección del Medio Marino del Atlántico Norte
Pág./págs.	Página/páginas
PCR	Reacción en Cadena de la Polimerasa
PIF	Puntos de Inspección Fronteriza
TIFIES	Plan de Acción Español contra el Tráfico Ilegal y el Furtivismo Internacional de Especies Silvestres
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
qPCR	PCR cuantitativa o en tiempo real
SAP	Sentencia de la Audiencia Provincial
SEPRONA	Sección de Protección de la Naturaleza
SNP	<i>Single Nucleotide Polymorphims</i> (Polimorfismos de un Solo Nucleótido)

SOIVRE	Servicio Oficial de Inspección, Vigilancia y Regulación de las Exportaciones
STC	Sentencia del Tribunal Constitucional
STR	<i>Short Tandem Repeats</i> (Repeticiones Cortas en Tándem)
STS	Sentencia del Tribunal Supremo
STSJ	Sentencia del Tribunal Superior de Justicia
Taq	<i>Thermus aquaticus</i>
TC	Tribunal Constitucional
TS	Tribunal Supremo
TSJ	Tribunal Superior de Justicia
UE	Unión Europea
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito
UV	Ultravioleta
Vol.	Volumen
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

INTRODUCCIÓN

El contrabando de material ilegal es un negocio que mueve astronómicas cantidades de dinero alrededor del mundo y que rápidamente asociamos con acontecimientos como el origen de la mafia italiana y el tráfico ilegal de alcohol durante la Ley Seca en los Estados Unidos de entre guerras; el Cartel de Medellín de Pablo Escobar y el tráfico ilegal de cocaína en la Colombia de los años 80; el de tráfico de armas que aviva las guerras civiles en África; o nos sensibilizamos con los casos de trata de personas y las víctimas de explotación sexual que pueblan los prostíbulos europeos.

Son estos los comportamientos más dañinos y llamativos en lo a que tráfico ilegal se refiere, obviando así uno de los mercados ilegales más importantes que azota a nuestro planeta y a la naturaleza, el tráfico ilegal de especies animales. Este comercio ilegal consiste en el contrabando tanto de especímenes vivos como de productos derivados como pueden ser pieles, colmillos, garras, etc. A nivel global, en solo un año, se calcula que el comercio ilegal de especies animales supone el movimiento de 3.300.000 de especímenes de fauna, convirtiéndose en el tercer mercado más lucrativo, estimándose unos beneficios de 20.000 millones de euros anuales.

En este contexto, España desempeña un papel fundamental en el conjunto de la Unión Europea tanto por su situación geoestratégica, al ser la frontera entre Europa y el norte de África; como por la comercial, ya que es la vía de entrada de miles toneladas de mercancía a través de sus importantes puertos. A ello se une su relación histórica con el norte de África y, sobre todo, con Latinoamérica. De ahí que nuestro país sea una importante puerta de entrada y salida al mercado de la UE.

Dentro del tráfico ilegal de especies que se desarrolla en nuestro país, destaca el comercio de angulas (la etapa joven de la anguila, concretamente la anguila europea o *Anguilla anguilla*), una especie que se encuentra en decadencia en nuestro país y cuyo valor de mercado es elevado, no solo debido al cada vez más bajo índice de su población, sino también a la alta demanda de este animal en países asiáticos donde es un manjar gastronómico.

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna nació en 1973 como herramienta para el control del comercio de especies, con el fin de evitar que algunas de ellas desaparezcan debido a su explotación comercial, donde podemos encontrar a la anguila europea. También se han aprobado numerosas leyes para evitar la sobrepesca de la anguila europea y la protección de su hábitat natural, formando en conjunto un marco normativo con el objetivo de frenar la desaparición de la población de esta especie en los ríos españoles.

Además, en 2016 la Unión Europea desarrolló un Plan de Acción contra el tráfico de especies silvestres, el cual derivó en nuestro país en el Plan de Acción Español contra el Tráfico Ilegal y el Furtivismo Internacional de Especies Silvestres aprobado en 2018. Gracias a estos, los agentes de la Guardia Civil han podido asestar numerosos e importantes golpes contra redes de grupos criminales que se enriquecían con el tráfico de especies.

A todo esto, es conveniente sumar las ventajas que nos aporta la genética forense animal, una rama de la genética forense centrada en la genética de animales que nos da la posibilidad de identificar la especie de aquellos especímenes que, a primera vista, se hace difícil de catalogar, lo que nos ayudaría en aquellos casos donde la mercancía ilegal se pretende camuflar o hacer pasar por mercancía legal. Esta herramienta aumentaría los índices de eficacia y eficiencia a la hora de detectar e investigar casos de tráfico ilegal de animales, así como ya forma parte de un protocolo estándar en la investigación de otro tipo de delitos.

Por último, el proceso penal español no es ajeno al uso de la genética forense como diligencia de investigación y como fuente de prueba, pero cabe preguntarse hasta qué punto tiene cabida la genética forense animal dentro del proceso penal español. Para ello, es interesante comparar estas dos vertientes de la genética forense, la humana y la animal, teniendo en cuenta sus similitudes y sus diferencias tanto desde un punto de vista científico como jurídico; para, de esta forma, poder entender el contexto actual y encontrar el encuadre actual de la identificación genética de especies como acto de investigación y medio de prueba.

CAPÍTULO 1:

APROXIMACIÓN AL COMERCIO ILEGAL DE ESPECIES ANIMALES

A lo largo de la historia del ser humano, uno de los aspectos clave para el crecimiento y desarrollo de la sociedad ha sido el de aprovechar al máximo los recursos que la naturaleza nos otorga. Debido a este uso desmedido de los bienes naturales, actualmente la sociedad se enfrenta a problemas de gran magnitud como la contaminación, la escasez de recursos o, lo que nos ocupa, la pérdida de biodiversidad.

Aprovechar la flora y fauna del planeta está directamente relacionado con el crecimiento y desarrollo de la sociedad y la cultura humana. “El problema actualmente, coincidiendo con el desarrollo tecnológico y consumista de las sociedades occidentales, es la elevada capacidad destructora que llevan a cabo las personas a la hora de aprovechar los recursos naturales, imposible de imaginar en un pasado reciente¹.” En consecuencia, el ser humano ha causado que muchas especies animales se encuentren en severo peligro de extinción

Debido al beneficio económico que este aprovechamiento conlleva, surgen comportamientos delictivos derivados de estas praxis, como es el comercio ilegal de especies animales, un fenómeno delictivo que se lucra con el comercio ilegal de, ya no solo animales vivos, sino también de sus partes derivadas. El primer eslabón de este tipo de tráfico ilegal es la caza comercial y la caza furtiva, que forman parte de una larga cadena de intermediarios entre el cazador y el consumidor final. A esto habría que añadir la impunidad de la caza comercial en muchos de los países de origen, lo que supone uno de los principales riesgos para la explotación de ciertas especies.

En una amplia mayoría de los casos, la caza furtiva se encuentra al servicio de organizaciones criminales dedicadas al tráfico ilegal de animales, ya que, como se detallará más adelante, obtienen altos beneficios con este tipo de prácticas. Esto se puede deber en parte al amplio abanico de mercados implicados dentro del comercio ilegal de

¹ CAMIS, I.; CASANOVA, C. y BRIZI, L. 2011. *Comercio internacional de especies exóticas: Mercado negro*. Trabajo de Fin de Grado. Universitat Autònoma de Barcelona, pág. 3.

animales². Tomemos como ejemplo los mercados gastronómicos, farmacéuticos, de cosmética o de la moda.

Es más común de lo que podemos imaginar el uso de carnes de animales protegidos como ingredientes ya no solo en la alta restauración, sino también en la cocina doméstica de determinadas zonas geográficas, donde tradicionalmente se cocina dicha fauna. Como ejemplo tenemos al lagarto ocelado o la rana ibérica, que se comercializan en nuestro país; y la rana toro, muy utilizada en la cocina francesa.

En Tailandia es muy común el consumo de nidos de golondrina, en Vietnam se comercializa con vino macerado con cerebros de macacos. En la gastronomía china son muy comunes los platos con carnes de animales como el pangolín o las aletas de tiburón. Cambiando de continente, en la cocina caribeña hay que destacar el uso de los huevos y la carne de la tortuga boba y también el de la aleta de tiburón.

Por último, hay que mencionar la cocina exótica, la cual ha emergido en Europa y que ofrece carnes de animales como el cocodrilo o la serpiente pitón, lo que puede provocar la sobreexplotación de dichas especies. Y detrás de esta gastronomía se encuentra en gran medida la caza furtiva y el suministro por parte de organizaciones criminales.

También es muy común el uso de derivados de animales como materia prima en la industria farmacéutica. Las secreciones o tejidos de determinados animales son utilizadas en medicinas alternativas como la opoterapia³, al igual que la industria cosmética hace uso de derivados de animales como principios activos de sus productos.

La medicina tradicional china, así como la mexicana o la de otros países de Asia y América Latina, conservan en la actualidad una fuerte tradición con ferviente consumo de ciertos tejidos o humores de animales con fines terapéuticos, sin tener respaldo alguno de base científica demostrada. Entre los derivados más cotizados se encuentran los cuernos de rinoceronte blanco como tratamiento alternativo al cáncer, el caballito de mar para problemas cardiovasculares, los esqueletos de monos como analgésicos, las garras

² Véase MORENO I OLIVER, F.X. 2019. “Mafias y tráficos ilícitos: Tráfico ilícito de animales y derivados”. *Cuadernos de criminología: revista de criminología y ciencias forenses*. Nº 44, págs. 4-10.

³ La opoterapia consiste en el tratamiento mediante el empleo de órganos y extractos de origen animal, o de las hormonas aisladas de sus glándulas endocrinas.

de tigre para combatir el insomnio y sus ojos para la epilepsia. Uno de los productos estrella es la bilis del oso del Himalaya. Los traficantes capturan y encierran especímenes de estos osos y extraen su bilis de forma cruenta para venderla como remedio para las dolencias hepáticas, tanto para medicina tradicional como en la industria farmacéutica.

Junto a los anteriores encontramos la comercialización del jaguar para la impotencia; la sangre de tortuga para el asma; el pangolín y el león como afrodisíacos; o la piel de burro para la anemia y la menopausia. Toda esta demanda deriva en la puesta en peligro de estas especies.

Si nos trasladamos a la industria cosmética, el uso del almizcle natural para los perfumes supone el sacrificio del ciervo almizclero, del mono moreno o del caimán de América Central, entre otros. Hay que señalar el uso de esperma de ballena para cremas de belleza, así como el veneno de víboras para las *Syn-Ake*, un producto que simula los efectos del ya conocido Botox. Merece una mención especial la demanda de especímenes vivos de macacos por parte de la investigación biomédica, entre muchos animales de interés científico.

El suministro de estos animales o derivados para la industria farmacéutica suele seguir sendas totalmente legales en su procedimiento de adquisición, pero son frecuentes situaciones que quedan en un limbo legal entre la caza inicial de los animales y su llegada al comprador.

En cuanto a la industria de la moda, los derivados de animales están bien valorados dentro de la misma para la elaboración de ropa, calzado, joyas y otros artículos de decoración; en especial las pieles de animales exóticos como felinos, osos, zorros, nutrias, coyotes, martas, visones, mapaches, ardillas, armiños, focas, cocodrilos, serpientes, etc. Al tratarse de pieles que no se deterioran, no se requiere el tráfico del espécimen vivo, por lo que suelen ser sacrificados mediante electrocución, gaseados, y en los casos más extremos, se les extrae la piel aún con vida. Aunque en su gran mayoría estas pieles proceden de granjas peleteras, otra parte importante, sobre todo de animales protegidos, son suministrados por el tráfico ilegal.

Esto mismo ocurre en la industria de la joyería y de los complementos de lujo, como el uso del marfil, cuernos, caparazones, uñas y colmillos de animales salvajes. El

uso de animales o de algunos de los elementos derivados, pasan a ser elementos decorativos como por ejemplo la adquisición de cuernas, extremidades de elefante, rinoceronte o de hipopótamo para utilizarlas como patas de mesa; las garras de felinos enmarcadas, las alfombras de pieles diversas y la taxidermia de animales salvajes. Estos son los ejemplos más comunes del amplio abanico de artículos decorativos manufacturados y muchos de estos artículos se adquieren en el mercado negro que está vinculado al comercio ilegal al sancionarse penalmente este tipo de abastecimiento.

Otro mercado vinculado al comercio ilegal de animales es el de la demanda de fauna viva como animales de compañía o para la vivisección científica. En cuanto a los animales de compañía, los más demandados y cotizados son aquellos que se encuentran protegidos o en peligro de extinción, principalmente felinos como leopardos, tigres o leones; primates como chimpancés y orangutanes; reptiles y ofidios; además de una gran variedad de aves exóticas. También son muy valorados aquellos animales que poseen características físicas extrañas o singulares como el titi pigmeo, el camaleón orejero, el cerdo hormiguero o el Toy Terrier, destacando en este último caso los criaderos clandestinos del este de Europa, donde existe un mercado negro de perros de diversas razas.

En lo referente a la vivisección y experimentación científica con especímenes vivos, debido a los precios y complejos trámites legales, en ocasiones estos animales son proporcionados por los traficantes a determinados investigadores. Por último, hay que señalar la compra de cierta fauna por parte de coleccionistas tanto de animales disecados como vivos, además de insectos, que por norma general se encuentran protegidos y en peligro de extinción, también adquiridos gracias al comercio ilegal.

Existe además un mercado ilegal entorno a las apuestas con animales, En este ámbito, en España tenemos el ejemplo de las peleas de gallos y las peleas de perros, que gozan de una larga tradición, aunque actualmente las peleas de perros estén prohibidas y las de gallos autorizadas en algunas comunidades autónomas como Canarias. En otros países también existe esta tradición, como las peleas de caballos, toros, búfalos, cerdos y, como ocurre en Indonesia, de perros con jabalíes.

Volviendo a nuestro país, las peleas de perros y gallos se organizan como juego de apuestas no autorizadas, y para ello operan grupos criminales especializados en la cría

de estos animales, siendo las especies más habituales el gallo jerezano y el perro de presa canario. Estas mafias se encargan también del entrenamiento de los animales para las peleas y de la organización de estas, gestionando también las apuestas ilegales en las que se juegan grandes sumas de dinero, tratándose de una actividad criminal donde se unen delitos contra la protección animal y delitos económicos.

Como se detallará en el siguiente apartado, los principales países exportadores de animales son aquellos que poseen una amplia biodiversidad y una gran riqueza natural, pero que suele coincidir que se encuentran en vías de desarrollo, con economías que se encuentran lejos de las principales potencias mundiales. Es en estos lugares, concentrándose en aquellas poblaciones pequeñas y aisladas, donde la presencia de las autoridades locales es escasa o nula, donde las organizaciones del comercio ilegal de animales establecen sus centros de abastecimiento y transporte de animales en peligro de extinción⁴. Estos países pertenecen a la zona tropical, formándose un cinturón desde las selvas de Centro y Sur de América, África ecuatorial y Madagascar, hasta los bosques del Sudeste Asiático y Oceanía.

Estas organizaciones suelen tener ya localizados a los mejores captadores y cazadores de la región. Estos se encargan de buscar a los especímenes solicitados a cambio de una paga diaria o por ejemplar captado. Una vez se tiene listo el pedido, son transportados hacia su destino y para ello suele sedarse a los especímenes, en especial los más grandes, evitando así cualquier tipo de ruido que delate su presencia, y que también pone en peligro la integridad y la salud de los animales. En cuanto a especies medianas o pequeñas, como ocurre con los polluelos de aves, son vendados por todo el cuerpo y solamente dejándoles espacio para respirar, y posteriormente se introducen dentro de calcetines o cualquier tipo de ropa atándolos al cuerpo de una persona que hace de mula, escondiéndolos en falsos fondos en las maletas o en libros vaciados; ocultando así su existencia.

Además, en muchas ocasiones estos animales son demandados por parte de coleccionistas con fines ornamentales, por lo que no se hace necesario que sean transportados con vida, lo que abre un amplio abanico de estrategias para su tráfico. El problema de estos casos es que algunas partes de su cuerpo son amputadas antes de ser

⁴ Véase ALVARADO-MARTÍNEZ, I. 2012. "Delincuencia organizada ambiental en México, una nueva manifestación criminal del tráfico de especies." *Criminalidad*, vol. 54, núm. 1, págs. 283-311.

transportados para evitar el deterioro de estos, por lo que, en caso de ser incautadas por las autoridades, no tendrán en muchas ocasiones valor científico alguno, ya que estas mutilaciones comprenden órganos que son imprescindibles para su estudio⁵.

En cuanto a las características de los grupos criminales cuyo principal negocio es el comercio ilegal de animales⁶, aunque muy son similares a las de otros mercados, posee peculiaridades que dependerán de la índole de los productos con los que se trafica. Por ejemplo, la fragilidad de muchas especies en peligro de extinción provoca un alto riesgo de la muerte de los especímenes, por lo que el *modus operandi* de las redes de tráfico se focalizan en un mayor porcentaje de supervivencia de los animales; en consecuencia, el tráfico ilegal de una determinada especie puede ser totalmente diferente a la de otra.

En cuanto al valor de los especímenes, es evidente que a mayor peligro que corra la especie a la que pertenece, mayor será su valor en el mercado, por lo que aumentan los incentivos para su tráfico. Otro factor que incentiva el tráfico de animales es que no está totalmente prohibido, ya que está parcialmente regulado, lo que da oportunidad de evitar el cumplimiento de las normas haciendo uso de documentación falsa, sobre todo porque aquellos especialistas en la materia se encuentran con problemas para discernir entre aquellas especies con las que se puede comerciar de forma legítima y aquellas otras que están prohibidas.

Hay que destacar también que existen pocas estadísticas fiables. Son muchas las dificultades a la hora de establecer de forma precisa el volumen del comercio ilegal de animales en peligro, aunque esto no significa, como se verá a continuación, que este mercado sea menor.

En cuanto a la intervención del crimen organizado enfocado al comercio ilegal de animales, existen dos variantes: para una los distintos grupos criminales se han diversificado y han ingresado en el mercado de animales en peligro, atraídos por los altos beneficios y riesgo bajo; y para la otra el papel del crimen organizado en el comercio ilegal de animales es más limitado de lo que se piensa y se centra en productos de mucho valor y volumen reducido.

⁵ Véase GARCÍA, M.^a A. y SUÁREZ, C. 2000. “El tráfico ilegal de especies silvestres.” *Cuadernos de Biodiversidad*, núm. 5, págs. 12-14.

⁶ Véase ALVARADO-MARTÍNEZ, I. *Ob. Cit* nota 4.

A pesar de esta dualidad de “filosofías”, es probable que el crimen organizado se encuentre en los casos en que se puedan identificar algunas de las siguientes características:

- Las organizaciones criminales que se lucran con el tráfico de animales hacen uso de sobornos, aprovechándose de la corrupción que les facilita el transporte.
- En apoyo a sus actividades, estos grupos criminales que participan en este mercado ilegal no tienen reparo a la hora de hacer uso de la violencia contra grupos criminales rivales y contra las autoridades policiales, pudiendo afirmar que tienden a ser grupos violentos.
- El tráfico ilegal de animales entraña métodos de ocultamiento mediante el uso de documentos falsificados de un alto grado de complejidad, para evitar así a las administraciones represivas.
- Se hacen envíos múltiples de animales utilizando rutas, métodos y elementos facilitadores cuya efectividad está comprobada.
- Los grupos criminales comercian con múltiples bienes además de traficar con animales, como el narcotráfico, el comercio de coches de alta gama robados, tráfico de armas incluso trata de personas.
- Los beneficios obtenidos del comercio ilegal de animales son blanqueados mediante ingeniería económica compleja, implicándose múltiples jurisdicciones y centros financieros en paraísos fiscales.
- El tráfico se lleva a cabo mediante una o varias sociedades fantasmas para encubrir el comercio ilegal, por lo que estas empresas ficticias apenas registran actividades legales.

A los problemas intrínsecos del comercio ilegal de animales, el peligro de la extinción de muchas especies, se une también el impacto agresivo para la biodiversidad y el hábitat natural. La sobreexplotación de especies, ya no solo animales sino también vegetales, afecta al entorno de vida y al equilibrio ecológico, al igual que la sobrepesca provoca desequilibrios en el sistema marino. La red de vida en la tierra depende del uso cuidadoso de las especies silvestres y sus hábitats.

Como ejemplo cabe aludir a los cazadores furtivos que cortaban los nidos de los árboles de loros para llegar a las crías. En muchas poblaciones de loros, el lugar donde anidan es un factor importante para el crecimiento de la población. Hallar un buen árbol para anidar es complicado para algunas especies ya que los adultos reproductores esperan durante años para conseguir un nido disponible. En consecuencia, cuando los cazadores furtivos destruyen un nido de un árbol, el daño es mayor que si capturan a los polluelos, dificultando así la búsqueda de nidos al resto de loros para reproducirse.

La extinción de una especie es la mayor amenaza y una de las peores consecuencias para los animales víctimas del comercio ilegal. En el año 2011 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUNC, de sus siglas en inglés de International Union for the Conservation of Nature) declaró extinto al rinoceronte negro occidental, una subespecie del rinoceronte en peligro crítico que fue cazado debido a la falsa creencia de que sus cuernos poseían propiedades curativas. Como ocurre en este ejemplo, la caza furtiva es la principal causa de extinción, como también está ocurriendo con el tigre de Sumatra, que actualmente se encuentra en peligro crítico, ya que sus partes derivadas (piel, garras, colmillos, etc.) pueden venderse por hasta 5.000 dólares.

Puede ocurrir y ocurre, que accidentalmente se cace furtivamente a otras especies por accidente, al ser confundidas con las más cotizadas; o que se maten por elementos de caza, como trampas, que son colocadas para determinados especímenes, pero en las que acaban cayendo otros animales, como ocurre en la caza del ciervo almizclero cuyas trampas provocan la muerte de otros.

Otra consecuencia que puede llegar a ser devastadora es la invasión de especies no autóctonas. En el proceso del comercio ilegal pueden liberarse especies exóticas invasoras en otros países, y estos animales pueden dañar la vida silvestre nativa, introducir enfermedades que pueden infectar a otros animales como ganado, e incluso afectar al ser humano, causando millones de pérdidas en la economía. En Estados Unidos, las pérdidas económicas de las especies invasoras se estimaron en 120.000 millones en 2005⁷. Con relación a efectos sobre la biodiversidad, que también son muy severos, tenemos de ejemplo la liberación de pitones de Birmania en los Everglades de Florida, que ocasionó

⁷ Véase AGARWAL, P. 2015. "A Global Challenge: The Illegal Wildlife Trade Chain." *Journal of Commerce and Trade*, vol. 10, núm. 2, págs. 7-14.

la desaparición del 87-99% de los pequeños mamíferos como conejos, mapaches, zarigüeyas, gatos monteses, zorros e incluso ciervos.

Volviendo a la transmisión de enfermedades de animales salvajes al ser humano a través del comercio ilegal, los expertos estiman que más del 70% de todas las enfermedades contagiosas que se originan en un animal, provienen de animales salvajes. Algunas enfermedades pueden ser mortales como la rabia, el Ébola o la gripe aviar H5N1; los cuales causan cientos de miles de casos al año. Un ejemplo del vínculo entre el comercio ilegal de animales y las enfermedades ocurrió en Estados Unidos, donde se prohibió en 1975 la venta de pequeñas tortugas acuáticas para evitar la propagación de la Salmonela a 100.000 niños al año, aunque millones de tortugas se exportaron al resto del mundo donde no había controles sanitarios.

Por último, otra de las consecuencias graves del comercio ilegal de animales es la alteración de los medios de subsistencia de los pueblos indígenas. La vida silvestre local es considerada un recurso indispensable para muchas comunidades, a menudo las más pobres, en un mundo en desarrollo. Algunos hogares rurales dependen de los animales salvajes para obtener proteínas, de los árboles como combustible y de los animales y las plantas para obtener medicinas naturales.

I. PERSPECTIVA GLOBAL DE ESTE FENÓMENO DELICTIVO Y SU CONTROL LEGAL

1. Aproximación al comercio ilegal de animales en el mundo.

Conocer detalladamente el comercio ilegal de animales es una tarea complicada. Al ser una actividad ilícita, los principales datos se obtienen de las incautaciones realizadas, que en muchos casos se producen fortuitamente, aunque en su mayoría dependen del trabajo previo de investigación policial, por lo que varían en función del esfuerzo que realice cada país por perseguir este fenómeno delictivo. Algunos datos que nos dan una idea de la gravedad del comercio ilegal de especies son⁸:

- Alrededor de 35.000 - 50.000 elefantes africanos se cazan cada año, la población de elefantes africanos se ha reducido a la mitad desde la década de 1970 debido a la caza furtiva de marfil. Se estima que el elefante africano se extinguirá en los próximos 10 años si esta tendencia no se detiene.
- El comercio ilegal de vida silvestre también alimenta el comercio de mascotas exóticas, WWF estima que hay 5.000 tigres de forma clandestina en los Estados Unidos y solo quedan alrededor de 3.000 en libertad.
- A pesar de la evidencia científica que refuta la eficacia del cuerno de rinoceronte para tratar enfermedades como el cáncer, sigue siendo un ingrediente popular en la medicina tradicional, en consecuencia, se estima que cada día se cazan tres rinocerontes para extraerles los cuernos.
- Más de un millón de pangolines se han comercializado en los últimos 10 años, los cuales se cazan principalmente por sus escamas o se venden como carne de animales silvestres.
- Aproximadamente 28.300 tortugas de agua dulce se comercializan cada día y se estima que alrededor del 80% de las especies de tortugas de agua dulce de Asia está en peligro de extinción. Estas tortugas se utilizan como medicina, comida y mascotas.
- Alrededor del 30 por ciento de la población de elefantes asiáticos está en cautiverio que, al igual que el elefante africano, está en grave peligro de extinción. Se estima que quedan 32.000 elefantes asiáticos en libertad y un tercio de la población restante se mantiene en zoológicos, circos o se utiliza en atracciones turísticas.

⁸ Véase AGARWAL, P. *Ob. Cit* nota 7.

- En los últimos 25 años, el precio al por mayor del marfil en China ha aumentado de cinco dólares a 2.100 dólares. La población de elefantes africanos está disminuyendo rápidamente, lo que hace que el precio del marfil suba. China es el mercado de marfil más grande del mundo y Estados Unidos ocupa el segundo lugar.
- Más de 1.000 guardabosques han muerto en los últimos 10 años en 35 países. En un esfuerzo por proteger a las especies, muchos parques nacionales y reservas de vida silvestre tienen guardabosques que protegen a las especies en peligro de extinción. Dado el alto rendimiento potencial de la venta de partes de vida silvestre, los cazadores furtivos harán lo que sea necesario para matar la vida silvestre, incluso si eso significa matar también a humanos.

Otro obstáculo para conocer con más precisión estos datos se debe a la estrechez entre el comercio legal y el tráfico ilegal. El primero realizado con productos legales y especies autorizadas y el segundo con especies protegidas y productos prohibidos. Una parte significativa del tráfico ilegal acaba revirtiendo en canales comerciales autorizados a través de procesos de blanqueo, ya que se comercia y se trafica con las mismas especies. Por otro lado, el tráfico se centra en determinadas especies cuyo comercio está totalmente prohibido.

Esto ocasiona una doble dimensión del problema. Por un lado, existe un tráfico de especies protegidas, y por otro la enorme demanda del mercado sobre algunos productos, cuyo comercio es legal y se encuentra regulado, pero que provoca que una parte se alimente de productos de origen no tan lícito.

El comercio nacional e internacional produce altos beneficios económicos, un aprovechamiento comercial a nivel local puede ser sostenible, pero si este se extiende a nivel nacional e internacional provoca la sobreexplotación, pérdidas de recursos y, en última instancia, pérdida de los ecosistemas. Además, debido al alto grado de clandestinidad dificulta su estudio, su control y su persecución, por “lo que se ha observado del tráfico ilegal de animales es tan sólo la punta del iceberg, debido a la baja ejecución de leyes, los oficiales fácilmente sobornables, los grandes riesgos e ingresos

que vienen con este negocio, la gran rentabilidad frente a la negligencia de los cuerpos policiales, la fácil obtención de recursos, entre otros⁹.”

Como se señala anteriormente, a nivel global, en solo un año, se calcula que el comercio ilegal de especies animales supone el movimiento de 3.300.000 de especímenes de fauna, convirtiéndose en el tercer mercado más lucrativo, estimándose unos beneficios de 20.000 millones de euros anuales, lo que pone en riesgo el futuro de grandes especies. En el siguiente cuadro¹⁰ se desglosan los principales mercados ilegales, pudiendo ver en perspectiva el impacto del comercio ilegal de animales en comparación con otros como el tráfico de drogas o de armas:

<i>Valor minorista del crimen transnacional</i>	<i>Valor anual estimado (US\$)</i>
Narcotráfico	426.000 millones – 652.000 millones
Tráfico de armas pequeñas y ligeras	1.700 millones - 3.500 millones
Trata de personas	150.200 millones
Tráfico de órganos	840 millones - 1.700 millones
Tráfico de bienes culturales	1.200 millones - 1.600 millones
Falsificación	923.000 millones - 1,13 billones
Comercio ilegal de especies	5.000 millones – 23.000 millones
Pesca ilegal	15.500 millones - 36.400 millones
Registro ilegal	52.000 millones – 157.000 millones
Minería ilegal	12.000 millones – 48.000 millones
Robo de petróleo en crudo	5.200 millones - 11.900 millones

Los altos beneficios generados por este negocio ilegal son utilizados por los grupos criminales para otros fines nefastos como, por ejemplo, para financiar a grupos terroristas. Además, estas organizaciones o grupos criminales suelen estar estrechamente vinculados con el blanqueo de capital, la corrupción y la violencia extrema¹¹. Esta

⁹ Véase MILÁN ARBELÁEZ, J.P. 2014. La Suerte de la Fea la Bonita la Desea. Una revisión de la literatura científica sobre los impactos del tráfico ilegal de fauna silvestre en el mundo. Trabajo de Fin de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Pág. 7.

¹⁰ Extraído de: <https://gfintegrity.org/report/transnational-crime-and-the-developing-world/> el 27 de octubre de 2020.

¹¹ Véase TUGLIO, V. 2017. “La lucha contra el tráfico de especies silvestres en América del Sur.” *DA. Derecho Animal. Forum of Animal Law Studies*. Vol. 8, núm. 2, págs. 1-4.

explotación y comercio también genera rendimiento económico en las comunidades rurales, así como a los comerciantes distribuidos por todos estos países y en todos los eslabones de las cadenas de comercialización; contribuyendo a una actividad en rápido crecimiento. “En este sentido, frecuentemente el desarrollo económico se encuentra en conflicto con la conservación y sostenibilidad de múltiples recursos renovables asociados a la biodiversidad debido a su aprovechamiento desmedido¹².”

A pesar de este aprovechamiento de los recursos naturales para obtener crédito económico, los cazadores locales apenas se ven beneficiados ya que la cantidad de dinero que estos reciben por sus capturas es muy baja, solamente se perjudica al futuro del ecosistema donde estos cazadores viven. El valor de los animales y los productos de la vida silvestre generalmente aumenta entre un 25% y un 50% a medida que avanza por la cadena de suministro y, en algunos casos, la inflación es mucho mayor. Por ejemplo, un loro gris africano exportado desde Costa de Marfil aumenta de 20\$, en el momento de la captura, a 100\$ en el punto de exportación, a 600\$ para el importador en Europa o Estados Unidos, y a 1.100\$ para el minorista especializado.

En la siguiente tabla¹³ se observan numerosos ejemplos del precio de origen de un recurso natural y el precio final para el consumidor, de donde se deduce fácilmente la ganancia obtenida por los intermediarios:

	<i>Precio en país de origen</i>	<i>Precio para el consumidor</i>
<i>Cacatúa Negra del Pandanal</i>	5€	7.200€
<i>Macaco cola de cerdo</i>	15€	1.200€
<i>Chimpancé</i>	60€	6.000€
<i>Orquídea Paphiopedilum</i>	10€	5.400€
<i>Cactus Copiapoa</i>	12€	6.000€

Según datos de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (en adelante CITES), el comercio ilegal de animales vivos

¹² OJASTI, J. y DALLMEIER, F. 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. Smithsonian Institution, MAB Program. Washington D.C. págs. 2-230.

¹³ CAMIS, I.; CASANOVA, C. y BRIZI, L. *Ob. Cit* nota 1.

ascendió en el año 2014 a 25.000 mamíferos, 150.000 aves, 1 millón de reptiles, 35.000 anfibios, 450.000 peces y 400.000 invertebrados. Este mercado ilegal de animales se divide en diferentes sectores, y a su vez, el papel de las organizaciones criminales varía dependiendo de un sector u otro, por lo que es necesario investigar el papel de esta delincuencia organizada.

Los principales mercados donde la delincuencia organizada especializada en el tráfico ilegal de animales obtiene mayores beneficios, son los siguientes¹⁴:

- Comercio ilegal de esturión y caviar: en el mercado del caviar nos encontramos con la mayor parte de los indicadores de la participación del crimen organizado: nivel de violencia y corrupción alto, comercio bien organizado, alto número de sociedades fantasmas y planes complejos para evitar restricciones.
- Pesca prohibida y tráfico transnacional de abalón: este mercado tiene su principal foco en Sudáfrica, y aunque su escala es menor que la del tráfico de caviar, mueve alrededor de 500 toneladas del pescado al año. Ambos comercios ilegales suelen estar controlados por grupos organizados procedentes de China.
- Comercio ilegal de tigres: los tigres son perseguidos y cazados principalmente por su piel y por ciertos órganos, los cuales se utilizan en la medicina tradicional asiática. Según CITES, existen rutas organizadas para el tráfico de órganos de tigres que se obtienen fraudulentamente.
- Comercio ilegal de aves: un mercado menos lucrativo para el crimen organizado especializado en animales en peligro de extinción, donde los especialistas en fauna adoptan un papel más protagonista. En este sentido los mercados más importantes son: el tráfico de halcones de los países de Asia central hacia países de Oriente Medio como pueden ser los Emiratos Árabes Unidos, y el tráfico de loros destinados a coleccionistas, zoológicos y tiendas de animales de Estados Unidos y Europa, obtenidos con la ayuda del crimen organizado internacional en Brasil.
- Tráfico de reptiles: en este mercado, el crimen organizado internacional no asume un papel importante, más bien es un tráfico asumido por redes

¹⁴ Véase ALVARADO-MARTÍNEZ, I. *Ob. Cit* nota 4.

criminales establecidas y especializadas en traficar con este tipo de especímenes. Es un negocio muy bien organizado que se realiza a gran escala.

- Comercio ilegal de órganos de osos: un tráfico en el que principalmente intervienen empresas aparentemente legales, mientras que los proveedores de suministros son personas físicas.

Los mercados más importantes se localizan en los países más poderosos del mundo, donde se pueden pagar las imponentes cantidades de dinero a las que se venden los productos precedentes de este comercio ilegal. Tanto Japón como Estados Unidos y la Unión Europea son los principales compradores. En Estados Unidos, el comercio legal supone una cantidad superior a 150 millones de euros anuales, sin embargo, el comercio ilegal supera los 210 millones de euros. La Unión Europea es el mercado principal de pájaros exóticos y pieles de reptiles.

Por otro lado, los principales países exportadores se suelen encontrar en el hemisferio sur, siendo regiones en vías de desarrollo, con escasos recursos económicos, pero con una biodiversidad muy rica al igual que sus recursos naturales. Según los datos de la Secretaría CITES, existen tres zonas a destacar, que corresponden a África, América del Sur y el sudeste asiático. Los países que más se ven involucrados en el comercio legal e ilegal de animales son en América: Estados Unidos (que es tanto uno de los mayores exportadores como importador), Bolivia, Argentina, Perú, Brasil, Guayana Francesa, Surinam, Paraguay y Colombia; en África: Togo, Nigeria, Senegal, Tanzania, Zambia, Congo, Sudán, Zaire, Kenia, Camerún, Madagascar y Sudáfrica; y en Asia: Filipinas, Tailandia, Taiwán, Indonesia, Singapur, Vietnam, Japón y China.

Una parte mayoritaria del comercio ilegal de especies cuenta con un amplio número de países que actúan como distribuidores internacionales, entre los que destacan: los Emiratos Árabes Unidos, Hong Kong y Taiwán en relación al comercio de colmillos de elefantes y cuernos de rinocerontes; Guayana Francesa, Bolivia, Surinam, Paraguay, Colombia, Argentina, Senegal y Tanzania con respecto al tráfico de loros; Taiwán, Tailandia, Indonesia y Singapur como escala de una variedad de productos a su paso hacia los países consumidores; y Austria, Grecia, Rusia, Portugal, España y países del este de Europa como países intermediarios.

En la siguiente tabla¹⁵ se muestran los principales países exportadores e importadores del mundo y los principales productos con los que mercadean:

Exportadores

<i>Filipinas</i>	Primera potencia mundial exportadora de primates vivos, corales y peces ornamentales.
<i>Indonesia</i>	Primera potencia mundial exportadores de pieles de reptiles y una de las principales potencias exportando orquídeas.
<i>Singapur</i>	Se encuentra entre los tres principales exportadores de marfil y pieles de reptiles.
<i>Argentina</i>	Primera potencia mundial exportadora de loros vivos.
<i>China</i>	Primera potencia mundial exportadores de pieles de felinos y una de las principales potencias exportando orquídeas.
<i>Hong Kong</i>	Primera potencia mundial exportadora de marfil.
<i>México</i>	Primera potencia mundial exportadora de cactus.
<i>Otros</i>	Tailandia, Paraguay, Bolivia, Brasil, Colombia, Nigeria, Senegal, Tanzania, Zaire, El Congo, Estados Unidos, Taiwán, Sudáfrica, Corea del Sur y Turquía

Importadores

<i>Japón</i>	Principal mercado a nivel mundial de vida salvaje, destacando el comercio de marfil, pieles, primates y orquídeas.
<i>Unión Europea</i>	Se importan más de 150.000 loros anualmente.
<i>Estados Unidos</i>	Se importan más de 10.000 primates vivos para investigaciones biomédicas y más de 450.000 pájaros vivos anualmente.
<i>China</i>	Es una potencia principal de importación de todo tipo de productos de fauna y flora silvestre, lo que se debe a su volumen de población, extensión y elementos culturales tradicionales de utilización de la vida salvaje

¹⁵ CAMIS, I.; CASANOVA, C. y BRIZI, L. *Ob. Cit* nota 1.

En numerosos casos, los países que sirven de intermediarios legitiman estas mercancías que provienen del comercio ilegal de especies y en ellos, algunos de estos productos naturales obtienen los permisos o certificados internacionales necesarios para dar una falsa apariencia de legalidad comercial.

2. El comercio de animales en España.

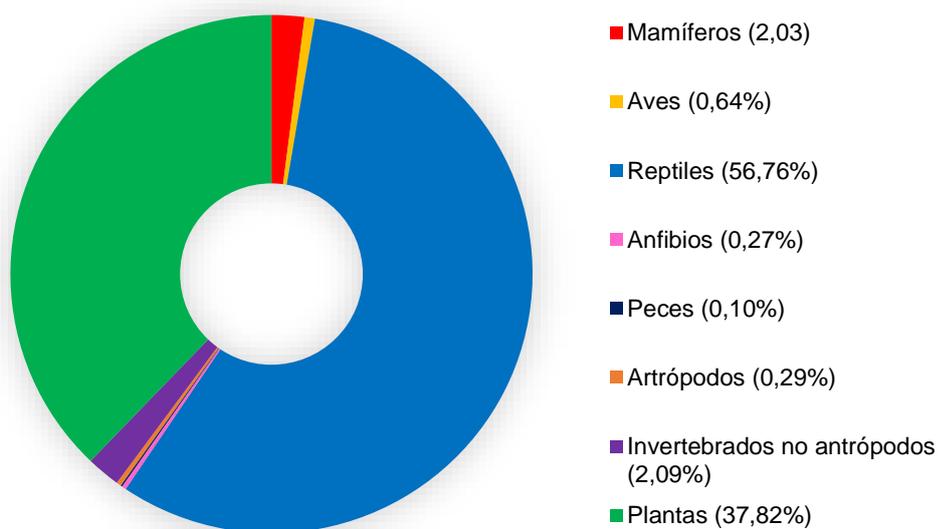
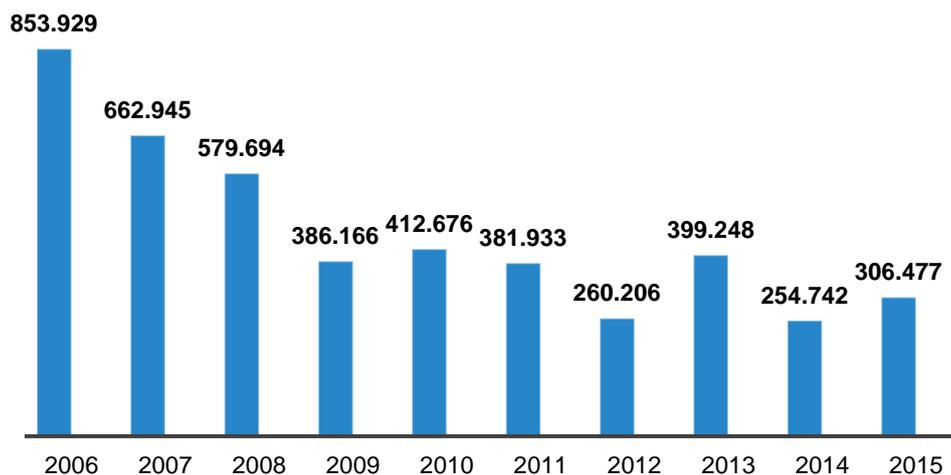
En el contexto del tráfico de animales, España desempeña un papel fundamental en el conjunto de la Unión Europea (en adelante UE) tanto por su situación geoestratégica, al ser la frontera entre Europa y el norte de África; y comercial, ya que es la vía de entrada de miles toneladas de mercancía a través de sus importantes puertos; además como por su relación histórica con el norte de África y, sobre todo, con Latinoamérica; por lo que nuestro país es una importante puerta de entrada al mercado de la UE.

Para conocer con la mayor exactitud posible el tráfico ilegal de animales en España, se desglosarán a continuación todos los datos relevantes aportados por los estudios por parte de la Fundación Mundial para la Naturaleza¹⁶ (WWF en sus siglas en inglés World Wildlife Fund), los cuales se basan en los resultados del informe encargado por WWF España¹⁷. Debe aclararse que, aunque no es parte importante de este trabajo, en estos datos se incluye el comercio ilegal de especies vegetales.

En cuanto a los datos relativos a las importaciones, España ha importado en la década 2006-2015 un total de 4.498.026 de especímenes CITES por unidades. En el siguiente gráfico se desglosa la evolución anual de las importaciones realizadas por unidades:

¹⁶ Véase IBERO SOLANA, C. y SUÁREZ, L. 2018. “El negocio de la extinción en España.” *WWF/Adena*, Madrid, España.

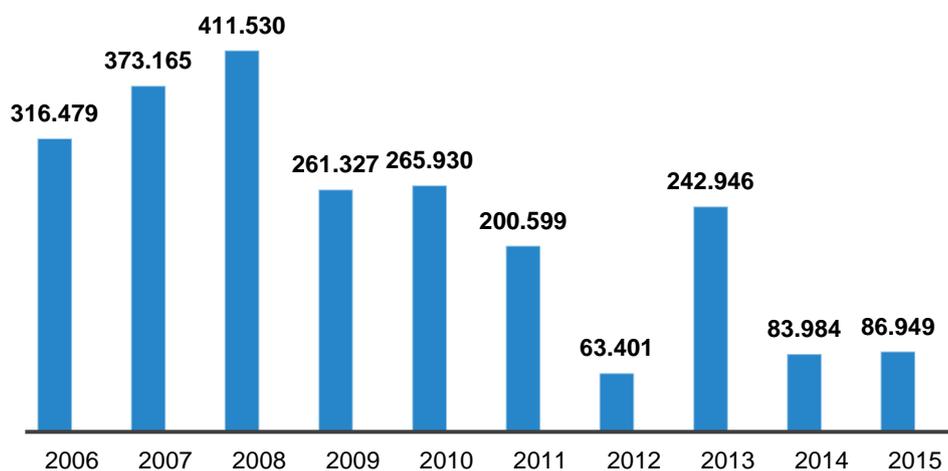
¹⁷ Véase IBERO SOLANA, C. 2016. Análisis sobre el Comercio y Tráfico de Especies Silvestres en España. WWF España.



Como se observa en el gráfico anterior, los reptiles son el grupo más importado con el 56,76% del total, lo que suma una cantidad total de 2,5 millones de unidades, y la mayoría son pieles o partes de piel para abastecer la demanda de la industria peletera española. Estos datos coinciden con las cifras anuales de grandes grupos en unidades que se muestran en la siguiente tabla:

<i>Año</i>	<i>Mamíferos</i>	<i>Aves</i>	<i>Reptiles</i>	<i>Anfibios</i>	<i>Peces</i>	<i>Artrópodos</i>	<i>Invertebrados no artrópodos</i>
2006	14.821	87	625.778	3.115	260	4.746	9.330
2007	14.991	146	354.662	400	1.266	2.286	12.898
2008	14.579	2.714	226.719	530	715	2.669	9.025
2009	8.559	109	170.451	53	802	1.530	8.279
2010	5.291	123	177.901	525	363	500	8.888
2011	5.851	1.551	199.444	1.800	609	323	12.511
2012	12.488	155	198.639	693	280	850	9.157
2013	2.986	657	172.752	250	-	200	7.399
2014	9.008	328	192.440	1.900	34	100	9.212
2015	2.661	22.876	234.185	2.980	9	-	7.206
Total	91.235	28.746	2.552.971	12.246	4.338	13.203	93.905

En cuanto a la evolución anual durante la misma década, esta vez de especímenes vivos, el total de animales importados a nuestro país es de 2.306.310. El desglose es el siguiente:

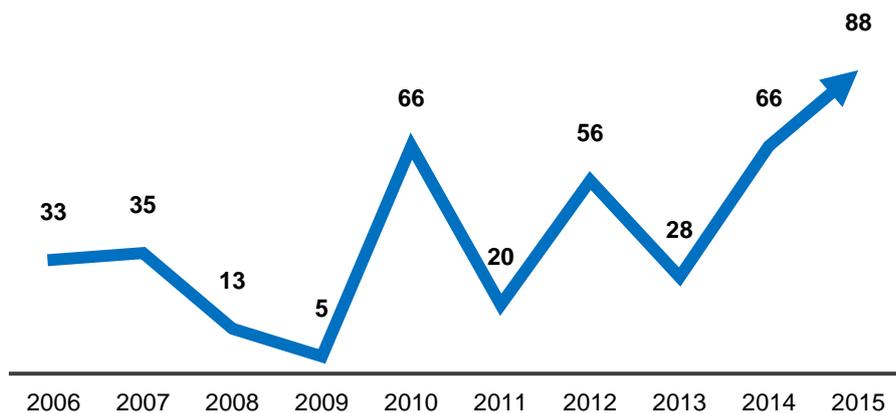


En cuanto al desglose de importaciones anuales de especímenes vivos, catalogados por grupos, los datos son los siguientes:

<i>Año</i>	<i>Mamíferos</i>	<i>Aves</i>	<i>Reptiles</i>	<i>Anfibios</i>	<i>Peces</i>	<i>Artrópodos</i>	<i>Invertebrados no artrópodos</i>
2006	1.316	82	105.488	3.115	260	4.400	6.931
2007	1.976	146	84.874	400	1.266	2.250	9.117
2008	2.569	2.705	75.843	530	715	2.600	4.924
2009	1.879	109	56.741	53	692	1.530	4.215
2010	2.275	119	38.203	525	363	500	5.161
2011	1.485	43	29.573	1.800	609	300	7.277
2012	408	155	16.935	693	280	850	6.150
2013	761	113	21.312	250	0	200	5.461
2014	1.302	311	30.388	1.900	34	0	8.329
2015	1.046	610	39.454	2.980	9	0	6.290
Total	14.917	4.393	498.811	12.246	4.228	12.630	63.855

En cuanto a las exportaciones en España de especies CITES, estas responden principalmente a ciertas capacidades de producción o transformación, más que a fauna española, ya que en nuestro país es importador de vida silvestre, al igual que el conjunto de la Unión Europea.

El mercado único que implica pertenecer a la Unión Europea implica que la mayoría de las transacciones comerciales de especies CITES entre países de la UE no están controladas y, por ende, no aparecerán reflejadas en los datos. En consecuencia, no es posible reflejarlas en este texto, aunque su volumen pueda ser similar o superior a las exportaciones realizadas a países extracomunitarios.



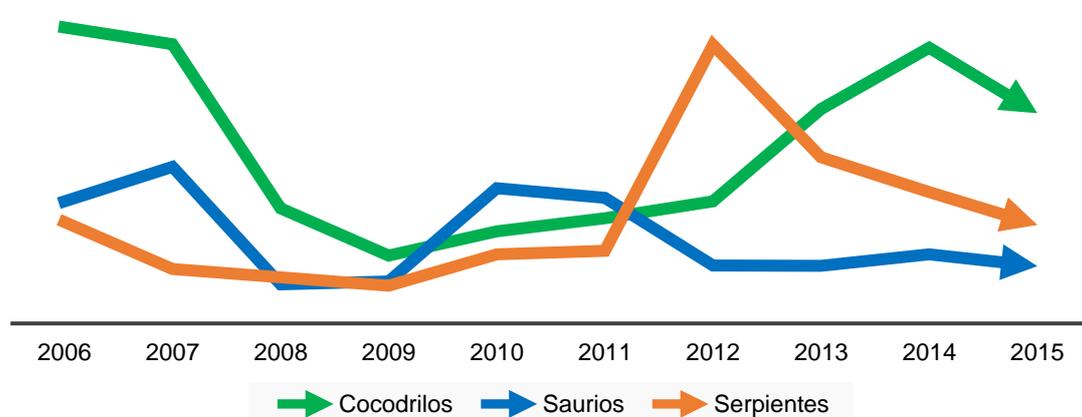
En cuantos a los datos proporcionados por el estudio de WWF España, nuestro país es un importante productor de aves rapaces, concretamente de Falconiformes. Debido a la instalación en España de centros con gran capacidad de producción, esta capacidad se ha incrementado, quedando reflejado en la curva de evolución de exportaciones de este grupo de aves, siendo criadas todas ellas en cautividad.

Para confirmar esta tendencia ascendente, entre enero y noviembre de año 2016, se exportaron una totalidad de 2.772 especímenes, datos que triplican la media anual de los diez años anteriores.

Los Emiratos árabes Unidos son el principal país destino de estos especímenes, absorbiendo el 90% de las importaciones, seguidos por Arabia Saudí y Kuwait, en consecuencia, Oriente Medio es el principal destino del 94% de las aves exportadas desde España.

Si cambiamos de grupo y nos centramos en los reptiles, España es un reexportador importante de pieles de reptiles previamente importados y que se reexportan una vez son curtidas, teñidas y acabadas. Dentro de estas pieles, el 48% provienen de cocodrilos, un 29% de serpientes y un 23% de saurios.

<i>Año</i>	<i>Cocodrilos</i>	<i>Saurios</i>	<i>Serpientes</i>
2006	84.306	34.799	28.917
2007	79.536	44.617	15.498
2008	32.781	11.145	13.164
2009	19.341	11.936	10.758
2010	26.247	38.547	19.650
2011	29.938	35.834	20.699
2012	34.807	16.494	79.362
2013	61.082	16.377	47.371
2014	78.539	19.711	37.403
2015	59.850	16.314	28.043
Total	506.327	245.774	300.865



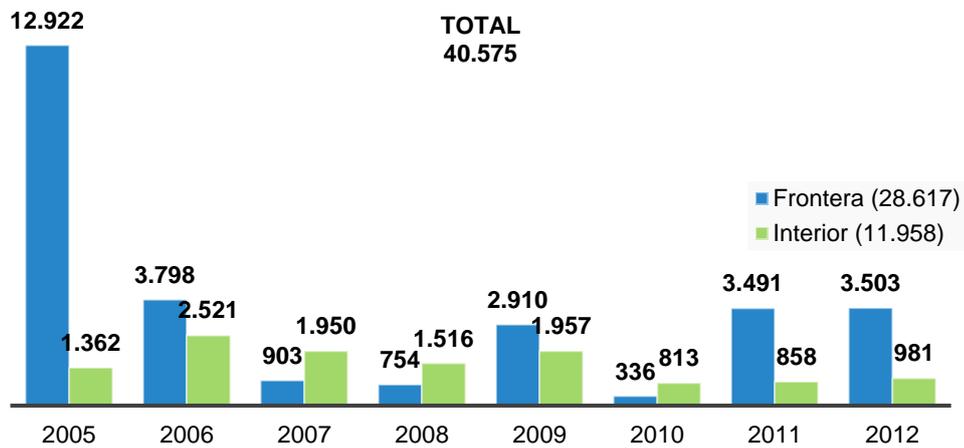
El principal destino de estas exportaciones de pieles de reptiles es Estados Unidos, que engloba el 47% de las importaciones, seguidos de Corea del sur con un 16% y Hong Kong con un 13%.

Por último, en cuanto a las reexportaciones de caviar, huevos de esturiones del orden Acipenseriformes, han aumentado considerablemente en 2015, con 4.682 kg, el 46% del total. La especie más exportada es el esturión del Adriático, el cual procede de

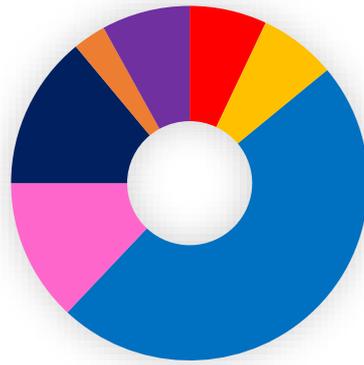
la cría en cautividad en piscifactorías nacionales, de las que se han exportado 3.666 kg, el 36% del total.

Todos los datos anteriores relativos al comercio ilegal de especies en España proceden de los informes bienales llevados a cabo por la Autoridad Administrativa CITES, los cuales están disponibles públicamente.

A continuación, analizaremos por separado los datos obtenidos entre 2005 y 2012 y los referidos a los años 2013 y 2014, debido al cambio de criterio para la elaboración de los informes, por lo que no resultan comparables.



La mayor parte de las intervenciones lo componen los reptiles, un 48%, de los cuales el 60% corresponden a piezas de piel y el 40% restante de especímenes vivos. Destaca la tortuga mora con 3.003 ejemplares. El segundo lugar es para los peces, un 14% del total, repartidos entre caviar y caballitos de mar. En cuanto a los mamíferos, estos corresponden a un 7%, igual que las aves.

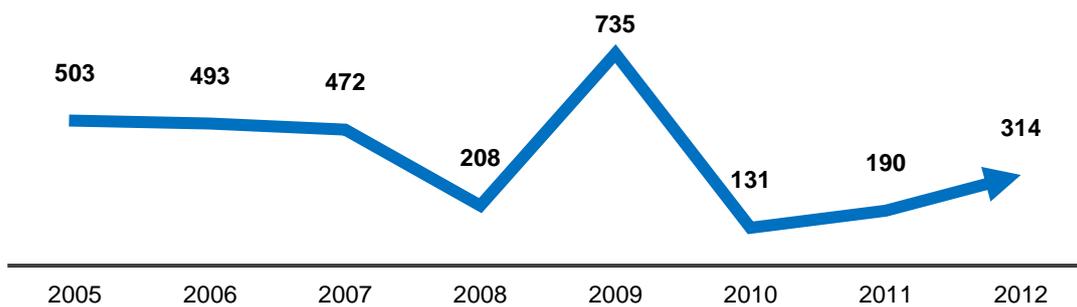


- Mamíferos (7%)
- Aves (7%)
- Reptiles (48%)
- Flora (13%)
- Peces (14%)
- Coral (3%)
- Otros (8%)

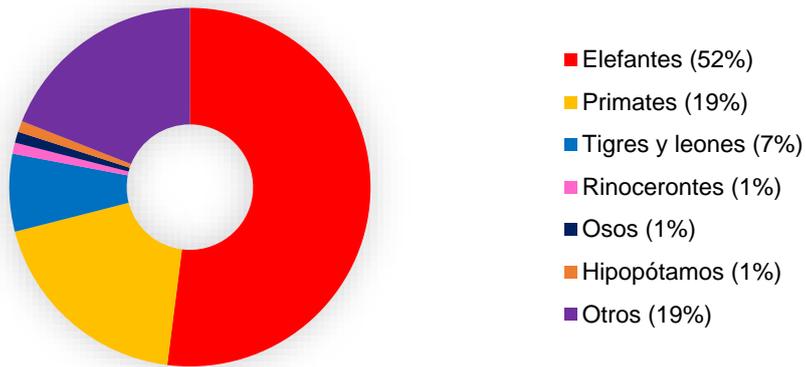
<i>Reptiles</i>	<i>Peces</i>	<i>Flora</i>	<i>Mamíferos</i>	<i>Aves</i>	<i>Coral</i>	<i>Otros</i>
19.412	5.612	5.370	3.046	2.777	1.136	3.222

En cuanto a los datos por grupos, en total se han intervenido (como se ve en la tabla anterior) un total de 3.046 especímenes de mamíferos, incluyendo en estos datos tanto especímenes vivos como partes derivadas.

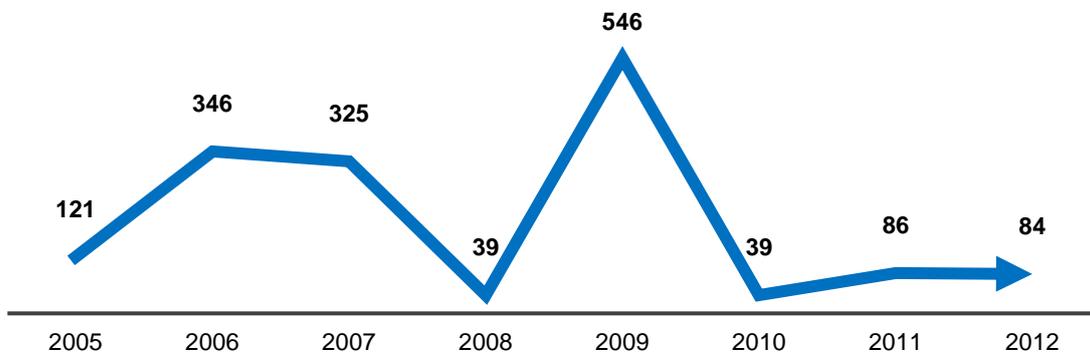
En el siguiente gráfico destaca un pico en el año 2009 donde se intervinieron 546 piezas de elefantes.



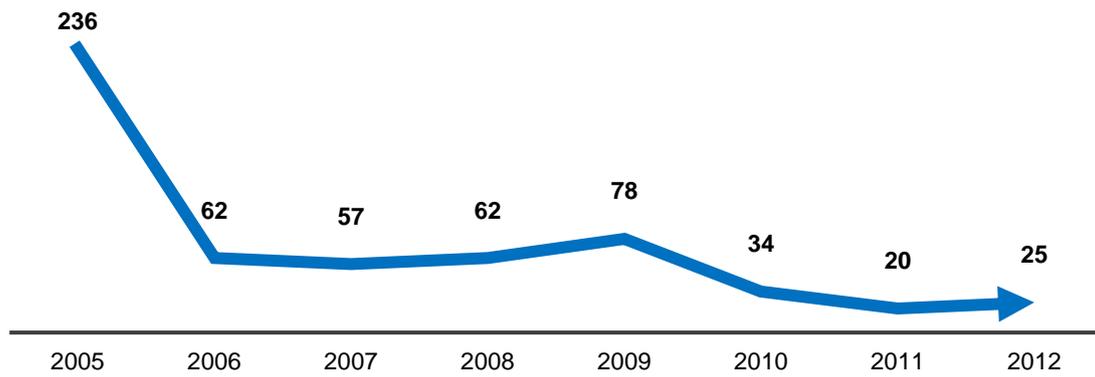
El 52% de las unidades son relativas a partes, tallas, colmillos y derivados de elefante. Los primates ocupan el segundo lugar con un 15%, seguidos de los grandes felinos con un 7%.



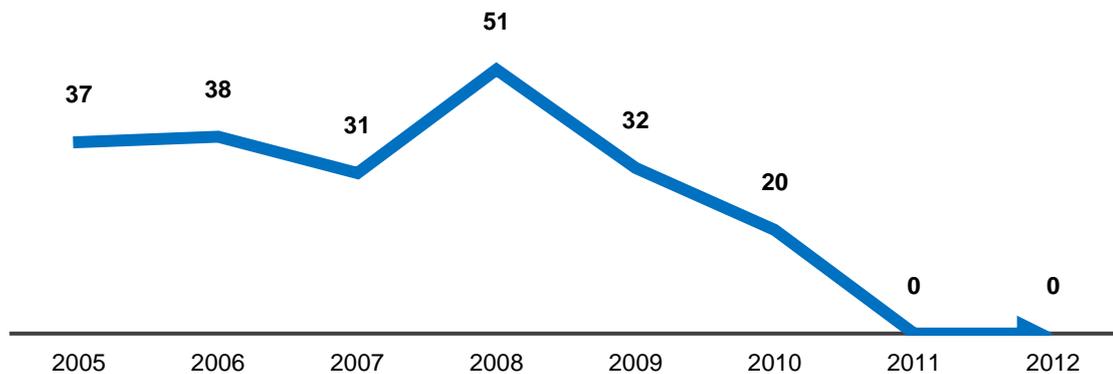
En cuanto a esas unidades que provienen de elefantes, en España se han intervenido un total de 1.586 especímenes de elefante, la inmensa mayoría africano, desde tallas a objetos de marfil. Entre todo esto se han encontrado 70 colmillos completos. La evolución anual durante la década estudiada ha sido:



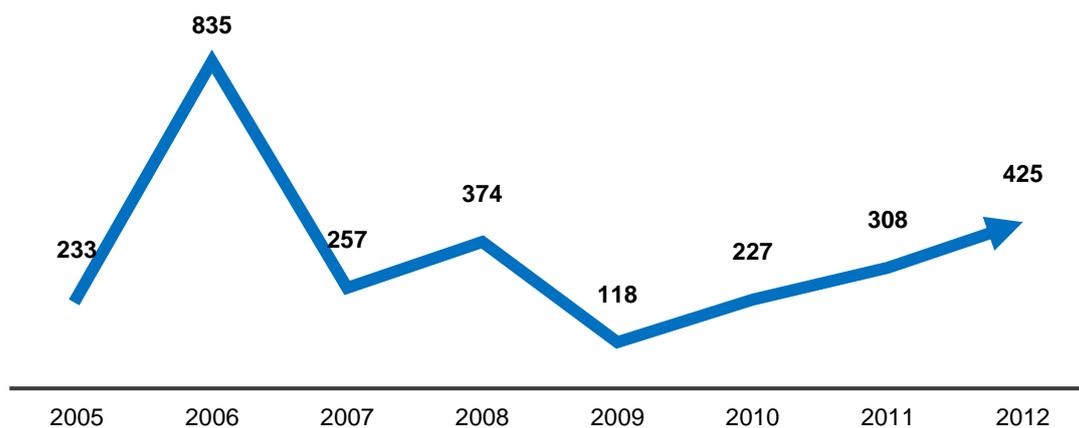
Si hablamos de la evolución en la intervención de primates, la cifra asciende a 574, el 30% en la frontera y el 70% en el interior del país. De ellos, el 17% son mono de Gibraltar, intervenidos un 19% en la frontera y un 81% en el interior. En cuanto a la evolución anual:



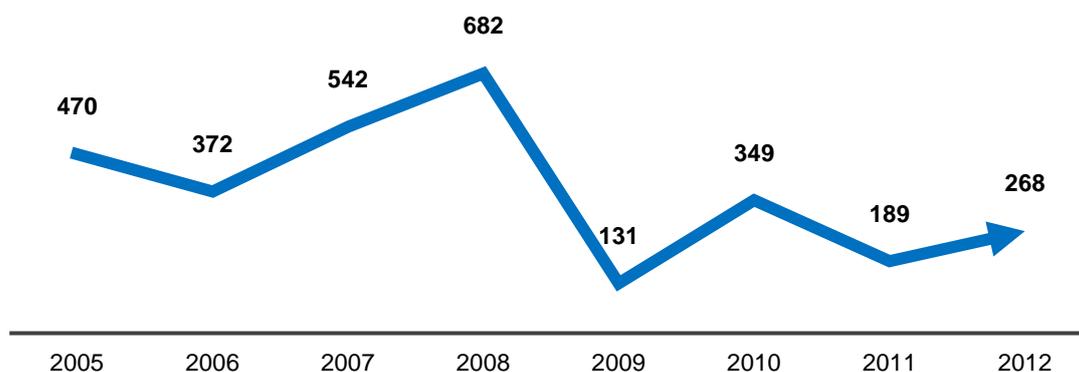
A la hora de valorar a los grandes felinos, tanto tigres como leones se evalúan por igual debido a que suponen la totalidad de animales de circo, todos de cría, y, en principio, sin implicaciones directas en conservación. Ha habido una fuerte caída en las intervenciones de leones y tigres que indican una mejora considerable a nivel general de la legalidad de estas especies, principalmente en los circos.



Si nos trasladamos a la incautación de aves, en 2006 destaca un pico que responde a 803 especímenes de loros, grupo que destaca con el 77% del total (2.136 especímenes). Rapaces diurnas y nocturnas ocupan el segundo lugar con un 16% (455 especímenes).



En cuanto a los reptiles, el 60% de los intervenidos lo componen pieles, piezas de piel y derivados, entre las que destacan 3.644 piezas de caimán de anteojos, pitón reticulada, varano acuático, tupinambis y otros reptiles. Entre los ejemplares vivos destacan 3.003 especímenes de tortuga mora, el 18% del total de los reptiles intervenidos. El 22% restante lo compone una amplia variedad, entre los que destacan 521 huevos de tortuga boba, 268 camaleones y 189 iguanas, entre otros.



Las constantes intervenciones de tortuga mora revelan una gran cantidad de especímenes de esta especie en condiciones ilegales, que responde tanto a los transportados desde Argelia y sobre todo Marruecos, a través del estrecho de Gibraltar,

como a los que son mantenidos en cautividad por particulares, ya provengan del norte de África o nacidos en España.

Por último, entre los peces intervenidos destacan 5.612 caballitos de mar secos, de los cuales, 5.200 responden a una única intervención en 2005. Se intervinieron también 65kg de caviar y 74 latas con un peso sin determinar, así como 20kg de anguila.

Con relación a los datos del informe bienal de los años 2013 y 2014, este informa de los especímenes en relación con los cuales se ha incoado un expediente por supuesta infracción administrativa de contrabando por una infracción cometida en el año de que se trate. Anteriormente se informada de todos los especímenes intervenidos, dieran lugar o no a expediente por supuesta infracción administrativa.

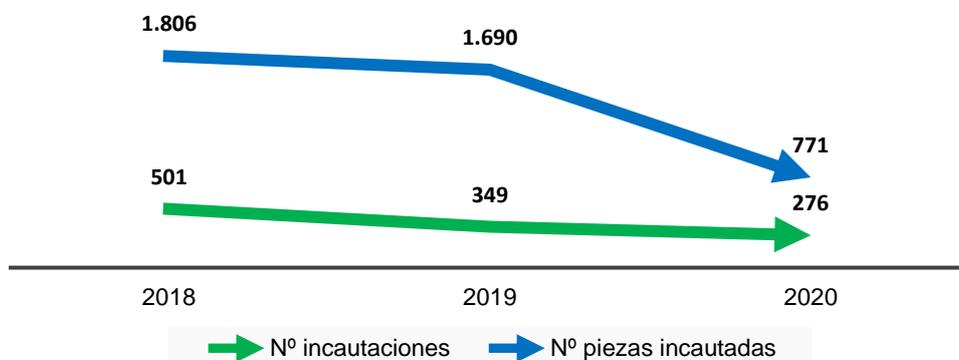
		2013	2014
<i>Mamíferos</i>	<i>Primates</i>	63	10
	<i>Elefantes</i>	43	49
	<i>Otros</i>	15	41
	Total	124	100
<i>Aves</i>	<i>Rapaces</i>	19	0
	<i>Loros</i>	48	48
	<i>Otros</i>	129	46
	Total	196	94
<i>Reptiles</i>	<i>Tortuga mora</i>	256	177
	<i>Otros</i>	166	8.451
	Total	422	8.628
<i>Peces</i>	<i>Caviar (kg)</i>	4	10,1

Si pasamos a los datos facilitados por la Guardia Civil, contamos con las incautaciones totales de los años 2018 a 2020, además de los informes de las operaciones más destacadas llevadas a cabo en contra del tráfico ilegal de especies animales, gracias a los cuales podemos describir el modus operandi de las redes de tráfico.

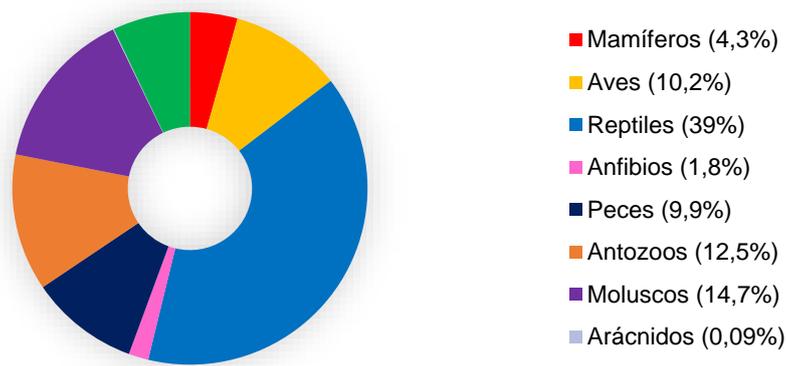
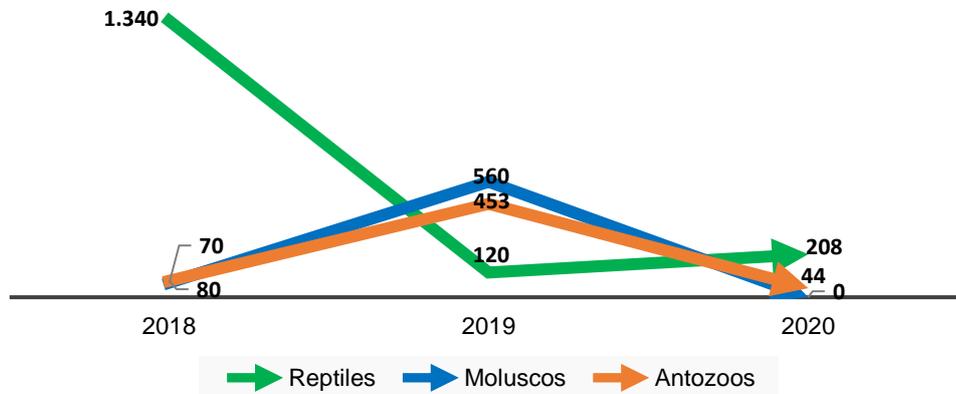
En la siguiente tabla de desglosan los datos relativos a las incautaciones llevadas a cabo por la Guardia Civil entre los años mencionados:

Año		2018	2019	2020	
Especímenes	Mamíferos	108	34	44	
	Aves	185	102	152	
	Reptiles	1340	120	208	
	Anfibios	14	1	64	
	Peces	Kg	X	X	26.650
		Piezas	4	420	X
	Antozoos	Kg	X	29.002	58.000
		Piezas	80	453	3
	Moluscos	Kg	X	0,5	X
		Piezas	70	560	X
	Arácnidos		4	X	X
	Equinodermos		1	X	300
Total	Kg	530.200	29.502	84.650	
	Piezas	1.806	1.690	771	
Partes derivadas (Se incluyen plantas)	Kg	4.670	5.347	3.963	
	Piezas	516	406	390	
Nº incautaciones		501	349	276	
Detenidos		6	6	11	
Investigados		69	128	79	

Como se observa en la tabla y se representa en el siguiente gráfico, el número de incautaciones totales ha ido disminuyendo año a año de manera progresiva, lo mismo ocurre con el total de piezas incautadas, que sigue la progresión en descenso si comparamos estos datos con los que nos proporciona los informes bienales realizados por la Autoridad Administrativa CITES.



Como se observa en el siguiente gráfico, el grupo de animales más incautado sigue siendo el de los reptiles, seguido de los moluscos y de los antozoos.



Otra de las fuentes donde podemos encontrar datos relacionados con el tráfico ilegal de animales son los Anuarios Estadísticos del Ministerio del Interior, en donde los últimos años han dedicado un apartado específico para los delitos e infracciones relacionados con la conservación de la naturaleza, siendo a partir de 2012 cuando encontramos datos en este sentido, con un cambio a partir del año 2014 en el modo de contabilizar y el año a partir del cual extraemos los siguientes datos.

En cuanto a infracciones a la normativa sobre importación, exportación, comercio, tenencia o circulación de especímenes de fauna y flora silvestres protegidas en CITES, sus partes y productos, los datos arrojados por el Ministerio del Interior son los siguientes:

Año	N° infracciones SEPRONA	N° infracciones resto de unidades	Total
2021	113	103	216
2020	103	61	164
2019	164	109	273
2018	186	97	283
2017	218	154	372
2016	175	125	300
2015	256	76	332
2014	243	101	344

Con relación a los delitos de tráfico ilegal de especies protegidas o en peligro de extinción que se han investigado en el mismo periodo de tiempo los datos son:

Año	Conocidas			Esclarecidos			Detenidos/investigados			
		SEPRONA	Resto unidades	Total	SEPRONA	Resto unidades	Total	SEPRONA	Resto unidades	Total
2021	104	52	2	54	65	1	66			
2020	68	56	11	67	81	9	90			
2019	75	65	9	74	129	5	134			
2018	47	39	6	45	70	5	75			
2017	12	8	4	12	13	6	19			
2016	4	2	0	2	8	2	10			
2015	20	19	1	20	19	2	21			
2014	6	6	0	6	10	0	10			

Analizando los datos anteriores, si hacemos la distinción por especies, el mayor número de incautaciones llevadas a cabo (llegando a casi la mitad) en los diez años analizados corresponde a reptiles, de los que un 60% son pieles y un 40% especímenes vivos. La mayor parte de las pieles corresponden a caimanes, pitones y varanos, de uso común por la industria peletera. De acuerdo con las estadísticas internacionales sobre incautaciones, España es el principal país de destino de pieles del mundo, aglutinando el

31% de las mismas, por delante de Singapur con un 16%. Puede decirse que casi un tercio de las pieles de reptiles que se comercializan ilegalmente en todo el mundo, tienen como destino España. Dichas pieles incautadas corresponden a las mismas especies para las que se conceden autorizaciones de importación y exportación legal. Esto es sinónimo de que parte de las pieles que se introducen en España de forma ilegal, acaban siendo utilizadas por la industria de tratamiento de pieles, es decir, son “blanqueadas”.

A la hora de valorar el impacto que la captura de ejemplares silvestres causa en sus poblaciones, los datos son escasos pudiendo conllevar a la sobreexplotación de estas especies al desconocerse su contexto real. Además, aunque parte de las pieles comerciadas proviene de la cría en cautividad, hay serias dudas sobre algunos centros de cría en los países de origen, que operan más como lugares de blanqueamiento y obtención de certificados CITES para ejemplares capturados de poblaciones silvestres. Esto es especialmente grave en el caso de Indonesia, país de origen de gran cantidad de especímenes.

En relación con las incautaciones de especímenes vivos, la mayor parte corresponde a tortugas terrestres, fundamentalmente de tortuga mora con un 18% del total, cuyo destino es la tenencia o venta como mascotas. A esto se una un amplio abanico de especies de reptiles como camaleones e iguanas y otras especies raras y escasas provenientes de México en su camino a las ferias centroeuropeas de mascotas y terrarios, principalmente de Hamm, en Alemania.

Las constantes intervenciones de tortuga mora revelan la entrada en España de una gran cantidad de ejemplares de esta especie en condiciones de ilegalidad. Estos especímenes corresponden a los transportados desde Argelia y Marruecos a través del Estrecho de Gibraltar, como a los que se mantienen en cautividad por particulares.

El segundo grupo más importante en cuanto a número de incautaciones es el de los peces. Las cifras analizadas son especialmente altas, dada la amplia incautación de caballitos de mar en 2005. Pero estos datos ya incluyen a la anguila, una de las especies que genera mayor preocupación actualmente, pues cuando son cría (las llamadas angulas) son muy demandadas en países de Asia, especialmente en China, para engordarlas en los arrozales. Pese a que, en la década analizada, tan solo se han incautado unos 20 kg de esta especie, desde el año 2012 el SEPRONA ha realizado al menos seis operaciones de

desarticulación de exportación ilegal de angulas hacia China, incluyendo dos operaciones contra organizaciones especializadas en “legalizar” las angulas pescadas ilegalmente. En estas últimas no se ha tenido en cuenta el comercio internacional *de facto*, pero lo más probable es que este fuera su destino, ya que el mercado asiático paga mucho más que el nacional.

Si nos centramos en las posibles rutas ligadas al comercio ilegal, el SEPRONA ha concluido que la ruta usada para hacer llegar la angula a China era la más económica en cada momento, y de eso dependían también las escalas intermedias. Se trata prácticamente del único caso en el que se comercia con una especie capturada de forma ilegal en nuestro país. Y estamos, además, ante un gravísimo problema de conservación debido al delicado estado en el que se encuentran las poblaciones de esta especie en Europa, sobre todo en España.

El tercer grupo de especies incautadas corresponde a los mamíferos. La mayor parte de estas incautaciones, con un 52%, provienen de partes como colmillos y derivados de elefantes. Esto significa que se han intervenido un total de 1.586 piezas de elefante, incluidos 70 colmillos, a los que hay que añadir los expedientes de los años 2013 y 2014 que suman casi un centenar más.

La mayoría de las piezas detectadas son piezas menores, y los datos parecen indicar que el incremento del valor del marfil en el mercado ilegal puede haber impulsado a muchos propietarios de piezas antiguas, o bien de trofeos de caza, a intentar su venta. Este comercio a pequeña escala viene facilitado en muchos casos por las lagunas administrativas relacionadas con materiales pre-CITES y antigüedades.

Los datos indican que España no es una de las principales rutas de transporte de este animal, uno de los más perseguidos por el tráfico ilegal de especies, pero que sí puede ser un lugar de paso hacia otros de la Unión Europea o de Asia. La intervención de hasta 70 colmillos en 2009 revela la existencia de un tráfico mucho mayor que podría estar importando productos ilegales procedentes de países del centro occidental de África. Si bien esta ruta no está suficientemente documentada, puesto que los puertos nacionales son escala de un importante comercio de barcos mercantiles procedentes de estos países, sería importante profundizar en estas investigaciones para destacar de manera definitiva un problema aún más grave.

Por otro lado, los primates son el segundo grupo de mamíferos más comercializados ilegalmente en nuestro país. De estos, una buena parte corresponde a la especie del mono de Gibraltar. Hablamos de un continuo goteo que se detecta de forma permanente principalmente en la frontera, aunque también en el interior, que suele estar ligado al tránsito de ciudadanos a países del norte de África y que puede tener que ver con el uso y venta de esta especie como mascota.

Por último, toca mencionar el tráfico ilegal de aves, destacando las Psitaciformes (loros y similares), tanto especímenes vivos como huevos de especies valiosas. Proceden de varios países iberoamericanos y cuyo destino suelen ser los centros de cría de Países Bajos, que representan el 77% del total. Provenientes de países como Camerún y República Democrática del Congo en África o México, Argentina, Perú y Brasil en Latinoamérica, se trafica con estas aves para su posterior venta como mascotas y coleccionismo.

El segundo grupo dentro de las aves corresponde al de las rapaces, tanto diurnas como nocturnas. Nuestro país es un gran productor y exportador de aves de presa para cetrería, que tiene como principal destino los países de Oriente Medio, especialmente los Emiratos Árabes Unidos y Arabia Saudí.

En este caso, la mayor parte de las exportaciones y del mercado legal está relacionada con ejemplares híbridos de diferentes especies de halcones, seguidos de ejemplares de halcón gerifalte y de halcón peregrino. Sin embargo, la cría de estas especies en cautividad puede ocasionar problemas si no se mantiene un control estricto. Entre los potenciales problemas está la captura de aves salvajes que se incluyen entre las de cría en cautividad mediante la falsificación de anillos o de certificados CITES, y la introducción de especies foráneas y su posterior escape. Las diferentes operaciones del SEPRONA han puesto de manifiesto la existencia de redes internacionales que operan con estas especies. Esto hace necesario intensificar los sistemas de control y seguimiento de los ejemplares en cautividad para evitar prácticas fraudulentas.

En cuanto al *modus operandi* de estas redes de tráfico internacional, para el transporte de aves es común el uso de fajas adheridas al cuerpo en cuyo interior se encuentran huevos de aves exóticas, y también el uso de maletas de equipaje personal para especímenes vivos, un método bastante cruel que ocasiona un alto índice de

mortalidad, ya que las aves se encuentran hacinadas y sin acceso a agua o comida. Los principales países desde donde se distribuyen este tipo de aves son Colombia, Perú, México y Senegal; pero también se da el caso en el que los especímenes son nacidos y criados en aviarios ilegales en nuestro país, y posteriormente vendidos junto a documentación falsa, estafando así a los compradores. En cuanto a aves rapaces, es más común la falsificación de los certificados CITES, los cuales se detallarán más adelante.

En cuanto al tráfico de anguila europea, el principal modus operandi de los grupos criminales es el de mover los especímenes dentro de maletas como equipaje en vuelos comerciales. Estas mafias embolsan grandes cantidades de angulas vivas en agua dentro de bolsas de plástico, las introducen dentro de maletas y contratan vuelos comerciales hacia China. Una vez engordada y en fase de anguila, a la hora de retornar la mercancía lo más común es declararla falsamente como especies legales [por ejemplo como mujol (*Mugil cephalus*) o pulpo común (*Octopus vulgaris*)], un movimiento difícil de detectar cuando se presenta como producto congelado o fileteado, ya que a simple vista no puede certificarse la especie del producto.

Para el transporte de especímenes es muy común el uso maletas como equipaje personal en vuelos comerciales, como también se da en el tráfico ilegal de reptiles, los cuales suelen proceder de países como México, Australia, Nueva Zelanda, Omán, o Sudáfrica. Para la distribución y venta de estos especímenes, que en gran proporción suelen ser tortugas, los grupos criminales se sirven de páginas web y foros online, haciendo uso también de documentación falsa. Un modo de distribución del que también se sirven para el tráfico ilegal de marfil además de anticuarios, casas de subastas o hacerlo pasar por producto legal con documentación falsa.

3. Las herramientas legales contra el tráfico ilegal internacional de especies animales.

3.1. La legislación internacional para el control del comercio internacional de animales.

3.1.1. Las primeras leyes internacionales sobre conservación de especies.

En Derecho Internacional existen algunos Tratados cuyo objetivo es la conservación de la naturaleza y la biodiversidad, además de la vida silvestre, que se centran específicamente en la preservación de las especies en peligro de extinción.

El primer reconocimiento de la necesidad de proteger y respetar la naturaleza se encuentra en la Carta Mundial de la Naturaleza, proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en su Resolución 37/7 de 28/10/1982, concretamente en su preámbulo donde se expresa que: “Toda forma de vida es única y merece ser respetada, cualquiera que sea su utilidad para el hombre, y con el fin de reconocer a los demás seres vivos su valor intrínseco, el hombre ha de guiarse por un código de acción moral.”

La Carta Mundial de la Naturaleza tiene como principal objetivo proteger y respetar a la naturaleza desde la conservación de la población de las especies, salvaguardando sus hábitats naturales. Se observa que, en el preámbulo de esta, se adopta un lenguaje a favor de la posición de los derechos de los animales, otorgándoles un valor intrínseco y no instrumental. Para algunos autores como Harrop¹⁸, consideran que la Carta supone una base integral para iniciar la constitución de un régimen y política internacional que regule los principios básicos del bienestar de los animales salvajes, subrayando la idea del valor intrínseco, la necesidad de respeto y la existencia de un código moral.

Esta idea del valor intrínseco de las especies se mencionó posteriormente en el preámbulo del Convenio sobre la Diversidad Biológica de Naciones Unidas, Río de Janeiro 1992, aunque ciertamente de una forma más abstracta que el tratamiento que le da la Carta Mundial de la Naturaleza: “Conscientes del valor intrínseco de la diversidad biológica y de los valores ecológicos, genéticos, sociales, económicos, científicos, educativos, culturales, recreativos y estéticos de la diversidad biológica y sus componentes.”

Con posterioridad, en la 7ª reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica del año 2004, se adoptaron los “Principios y directrices de Addis Abeba para la utilización sostenible de la diversidad biológica”, que dota de importancia la referencia anterior del preámbulo de dicho Convenio. También se incluyen como factores para tener en cuenta en la utilización de la diversidad biológica la promoción de un “uso más eficiente, ético y humano de los componentes de la diversidad biológica,” lo cual se ajusta perfectamente a la idea de trato ético y humanitario de los

¹⁸ Véase HARROP, S.R. 2013. “Wild Animal Welfare in International Law: The Present Position and the Scope for Development.” *Global Policy* vol. 4, núm. 4, págs. 381-390.

animales individuales que forman parte de la biodiversidad, que también afecta al ámbito del comercio internacional.

Desde este punto de vista, tanto la Carta Mundial de la Naturaleza y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, específicamente sus preámbulos, son referencias de las normas internacionales y sirven de motivación e interpretación de su contenido y pueden llegar a transformarse en vehículos útiles para defender ideas y conceptos.

Para encontrar medidas específicas dirigidas a la protección de la fauna, tenemos que trasladarnos al Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural de Europa (Convenio de Berna, 1979) y la Convención sobre la conservación de especies migratorias de animales silvestres (Convención de Bonn, 1979), cuyas medidas tienen un enfoque de conservación de las especies y de sus hábitats.

Ambos convenios parten de un acercamiento a la necesidad de la protección de la biodiversidad y la conservación de la vida silvestre, priorizando el valor ecológico de las especies silvestres sobre los valores económicos de su captura y posterior comercio, aunque no hacen referencia alguna a la protección de los animales en sí.

En el Convenio de Berna, se aprecia la influencia del bienestar animal en la protección jurídica de la biodiversidad, ya que en su anexo IV desarrolla los medios y métodos de caza y otras formas de explotación prohibidos ya que se consideran no selectivos, y aunque es cierto que esta prohibición se dirige a evitar muertes indiscriminadas de especies protegidas, afecta también al bienestar y a la protección de los animales para evitar su sufrimiento.

Por su parte el Tratado Antártico, firmado en Washington en 1959, de donde se desprenden dos Acuerdos conexos:

- La Convención para la Conservación de Focas Antárticas (Londres, 1972) donde se insta a investigar sobre la efectividad de los métodos de caza de focas y de la utilización racional de los recursos en focas para fines de conservación, además de asegurar el sacrificio o captura de focas de manera rápida, indolora y eficiente,
- El Protocolo al Tratado Antártico sobre protección del medio ambiente (o Protocolo Antártida, Madrid 1991), en cuyo anexo II se exige a las partes

firmante que cualquier actividad de toma de mamíferos y aves silvestres se realice produciendo el menor dolor o sufrimiento posible.

Debe destacarse también el Convenio Internacional para la regulación de la pesca de la ballena (Washington, 1956) en el que se incorpora y desarrolla la idea del bienestar animal como una preocupación significativa. Este convenio nació de la creciente explotación insostenible e irracional a la que estaban sometidas las ballenas como recurso por aquellos años. Al igual que los anteriores, el objetivo principal es la conservación de las especies, y en virtud de la propia Convención se creó la Comisión Ballenera Internacional, creada para la gestión de la caza y conservación de las ballenas, con grandes debates sobre el bienestar animal de estos animales con relación a los métodos de caza y matanza a los que eran sometidas las ballenas.

Para finalizar, hay que mencionar la Convención Relativa a los humedales de 1971, de importancia internacional debido a que son hábitat de aves acuáticas, y que tiene por objetivo garantizar la conservación y manejo racional de los humedales reconociendo la importancia de las funciones que esto cumplen, así como su riqueza en flora y fauna, y su valor económico como ecosistemas que, por norma general, ocupan zonas de transición entre áreas húmedas permanentes y áreas generalmente secas.

No debe obviarse la existencia de tratados bilaterales como el existente entre las repúblicas de Colombia y Perú que, conscientes de la importancia que tiene para el desarrollo económico y social de sus territorios amazónicos y de la amazonia en su conjunta la preservación del medio ambiente y la utilización racional de los recursos naturales, firmaron el Acuerdo para la conservación de la fauna y de la flora de la Amazonia en 1979, lo que establece un compromiso entre ambos países¹⁹.

¹⁹ Véase RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, E.T. y CRUZ, D.E. 2009. *Caracterización ecológica, económica y administrativa del tráfico ilegal de fauna silvestre*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de la Salle, Colombia. Extraído de: https://ciencia.lasalle.edu.co/administracion_agronegocios/76 el 17/11/2020.

3.1.2. El Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

El Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (en adelante CITES) es un acuerdo internacional que se encuentra en vigor desde el 1 de julio de 1975, firmado por 180 Estados (ratificado por España en 1986), denominados “partes”, cuyo objetivo principal es velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas (vivos o muertos y cualquier parte o derivado) no constituya una amenaza para la supervivencia de la especie.

El Convenio CITES pretende conservar la diversidad biológica y contribuir a su uso sostenible, velando por que ninguna especie de fauna silvestre sufra de explotación insostenible debido al comercio internacional. Para ello, parte de la clasificación de las especies en tres grupos, dependiendo de la intensidad de la amenaza en la que se encuentran, considerando un doble criterio, las circunstancias biológicas y la presión del mercado. En total son alrededor de unas 5.000 especies de animales amparadas por el CITES, las cuales se dividen en 3 Apéndices (que se desarrollarán más adelante), quedando distribuido de la siguiente forma²⁰:

	<i>Apéndice I</i>	<i>Apéndice II</i>	<i>Apéndice III</i>
<i>Mamíferos</i>	325 especies	2523 especies	46 especies
	13 subespecies	9 subespecies	11 subespecies
<i>Aves</i>	1525 especies	1279 especies	27 especies
	7 subespecies	5 subespecies	
<i>Reptiles</i>	98 especies	777 especies	79 especies
	5 subespecies		
<i>Anfibios</i>	24 especies	173 especies	4 especies
<i>Peces</i>	16 especies	114 especies	24 especies
<i>Invertebrados</i>	69 especies	2190 especies	22 especies
	7 subespecies	1 subespecie	3 subespecies
<i>TOTAL</i>	687 especies	5056 especies	202 especies
	32 subespecies	15 subespecies	14 subespecies

²⁰ Las especies CITES, extraído de <https://www.cites.org/eng/disc/species.php> el 18/11/2020.

Como se ha comentado anteriormente, el Convenio la Convención CITES se encarga de regular el comercio internacional de especímenes, y para saber qué se entiende por especímenes tenemos que trasladarnos a las Directrices para la preparación de los informes anuales CITES²¹, en la que se detallan de la siguiente forma: aceites (de tortuga, foca o ballena); aletas; ancas de rana; artículos de cuero (productos manufacturados de cuero tanto de gran tamaño como pequeños, como maletines, maletas, cinturones o carteras); barbas (hueso de ballena); bilis; calipe (cartílago de las tortugas usado para sopas); caparazón, carne; cáscaras de huevos; caviar; cola (tanto para cuero como las colas de caimán, como para adornos como la cola de zorro); colmillos; conchas; coral; cráneos; cuernos; cuerpo (animales enteros para taxidermia, pescados frescos o insectos disecados); dientes; entero (animales vivos o muertos); escamas; espécimen científico (incluye sangre o tejidos); esqueleto; flancos (lados o flancos de las pieles); garras (de felinos, osos o cocodrilos); genitales; huesos; huevos (incluye vivos frescos fecundados); jaramugos (peces jóvenes para el comercio de acuario o criaderos); marfil; medicinas; napas (de pieles, inclusive alfombras hechas de varias pieles); orejas; patas; pelo; pieles; plumas; polvo; prendas de vestir; sopa; tela; trofeos de caza; vejiga natatoria (órgano hidrostático, incluido cola de pescado); vesícula biliar; animales vivos.

En cuanto a su funcionamiento²², el Convenio CITES regula el comercio internacional de especímenes mediante ciertos controles para que su importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por el convenio, valiéndose de un sistema de concesión de permisos y certificados (el cual se desarrollará en el apartado II.4.). Por otro lado, cada Parte (Estado firmante del tratado) debe designar una Autoridad Administrativa que se encargue de administrar el sistema de concesión de dichos certificados y permisos, y una Autoridad Científica que se encargue del asesoramiento. Las especies amparadas por el CITES se agrupan en los llamados Apéndices I, II y II, según sea su estado biológico o el grado de amenaza debido al comercio internacional y el nivel de protección de cada una de ellas.

En Apéndice I se incluye la totalidad de especies en peligro de extinción, su comercialización está totalmente prohibida con la excepción de circunstancias especiales.

²¹ Extraído de: <http://www.cites.org/sites/default/files/esp/notif/2011/S019A.pdf> el 23/11/2020.

²² Véase MULÀ ARRIBAS, A. 2016. “La protección de los animales en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)”. *Revista Aranzadi de derecho ambiental*, núm. 23, págs. 135-168.

como la investigación científica. En estos casos será necesario un permiso de exportación o certificado de reexportación y un permiso de importación.

En el Apéndice II se incluyen especies que pueden llegar a estar en peligro de extinción a menos que se controle de manera estricta su comercialización, además de especies de apariencia similar a otras incluidas en los Apéndices CITES para garantizar un mejor control de las protegidas. Su comercio está permitido, tanto en caso de especies silvestres como reproducidas artificialmente, siempre que se posea un permiso de exportación o un certificado de reexportación.

Por último, en el Apéndice III se incluye la totalidad de las especies que cualquier Estado manifieste que se encuentra sometido a la regulación dentro de su jurisdicción con el fin de prevenir o restringir su explotación, y que se requiere la cooperación de otras Partes en el control de su comercio. En estos casos se requiere de un permiso de exportación o certificado de reexportación además de un certificado de origen si es exportado.

Este permiso de exportación, para que se apruebe su concesión, se requiere que el espécimen sea obtenido de una forma legal, que su comercialización no sea perjudicial para la supervivencia de la especie y se haya expedido previamente un permiso de importación.

Por otro lado, el permiso de reexportación se concederá cuando el espécimen fuese importado cumpliendo con los requisitos del Convenio CITES y, en el caso de especímenes vivos de plantas o animales, es necesario un permiso de importación previo. En este último caso, los especímenes deben contar con un acondicionamiento y un transporte que reduzca al mínimo el riesgo de heridas, deterioro en su salud o maltrato.

El Convenio CITES es jurídicamente vinculante para las Partes, ofreciendo entonces un marco jurídico que debe respetarse para cada una de ellas que, además, deben de promulgar legislación propia para garantizar que el CITES se aplique y se cumpla dentro del territorio nacional. Para ejercer correctamente la función de vigilancia e inspección del comercio internacional legal e ilegal de los especímenes incluidos en los Apéndices del CITES, la información es un factor fundamental, por ello, en el artículo VIII.7 del convenio se estipula que cada Parte debe presentar a la Secretaría CITES un

informe anual y un informe bienal. Los informes anuales deben conglomerar información sobre la índole y la magnitud del comercio CITES, mientras que los informes bienales deben centrarse en las medidas legislativas, reglamentarias y administrativas adoptadas para aplicar el Convenio CITES.

En cuanto a la estructura orgánica del Convenio CITES, se establecen la Conferencia de las Partes y la Secretaría CITES. La Conferencia de las Partes es un órgano que se reúne cada tres años en algún país Estado Miembro para examinar la aplicación, interpretación y cumplimiento del Convenio. En dichas reuniones participan las delegaciones de las Partes y los observadores, que se conocen como “CoP”, y cuyas funciones se desarrollan en el artículo XI del Convenio. Los Apéndices son parte intrínseca del Convenio y, por tanto, son jurídicamente vinculantes, lo que no obstaculiza que puedan modificarse en cada CoP a propuesta de cualquier Estado parte, añadiendo, eliminando o cambiando de Apéndices las especies, empleándose un sistema de votación sin la necesidad de ratificación por todas las Partes, al contrario que la modificación del texto del propio Convenio CITES.

La CoP también se encarga de las recomendaciones, las cuales pueden tomar forma de Resoluciones o Decisiones. En cuanto a las primeras, tienen generalmente la finalidad de proporcionar orientación a largo plazo, mientras que las Decisiones tienen como destinatario u órgano en concreto del CTIES y son mayoritariamente diseñadas para ser aplicadas en un plazo determinado.

Aunque, por norma general, se considera que las Resoluciones y Decisiones de la CoP no son de carácter obligatorio, tienen considerable fuerza legal y persuasión ya que se basan en el texto del propio Convenio CITES y se aprueban a menudo por consenso (Documento CoP12 Doc. 26, Cuestiones de aplicación general)²³. Para finalizar, la CoP se encuentra asistida por una serie de comités cuya regulación se contempla dentro de la Resolución Conf.11.1²⁴, que también desempeñan un papel crucial entre reuniones de la CoP, el Comité Permanente, el cual proporciona orientación de carácter político además de supervisar la administración de la Secretaría y preparar los proyectos de resolución para la Conferencia de las Partes; y el Comité de Fauna y el Comité de Flora, cuyo

²³ Véase <https://www.cites.org/sites/default/files/esp/cop/12/doc/S12-26.pdf>

²⁴ Véase <https://www.cites.org/esp/res/11/11-01R16.php>

objetivo principal es el de proporcionar apoyo técnico en la toma de decisiones sobre las especies de flora y fauna sujetas a los controles comerciales de la CITES.

En cuanto a la Secretaría CITES, está administrada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y su sede se encuentra en la ciudad de Ginebra, Suiza. Es el Artículo XII del Convenio el que desarrolla las funciones de la Secretaría CITES, la cual publica de manera periódica Notificaciones a las Partes con el objetivo de informar sobre cuestiones de muy diversa naturaleza, anunciar las reuniones próximas o los textos definitivos de las Resoluciones y Decisiones de la CoP.

3.1.3. La aplicación del Convenio CITES en la Unión Europea.

La Unión Europea es tanto destino como punto de tránsito en el comercio mundial de animales silvestres. Todos los Estados miembros de la UE son Partes del Convenio CITES y, después de 30 años²⁵, la adhesión de la UE al CITES fue aprobada mediante la Decisión (EU) 2015/451 del Consejo de 6 de marzo de 2015, relativa a la adhesión de la Unión Europea a CITES.

La UE aplica el CITES desde 1984 mediante la normativa europea conocida como “Reglamentos de la UE sobre Comercio de Fauna y Flora silvestre”. Con el objetivo de asegurar la uniformidad de las restricciones del comercio en toda la UE, la Convención se implementó conjuntamente en todo el territorio de la UE, en lugar de por cada Estado miembro. Actualmente, hay 28 Estados miembro de la UE, que a la vez son todos Partes del Convenio CITES, y son varios los Reglamentos de la UE sobre el CITES para estructurar la legislación marco en esta materia.

El Reglamento (CE) nº 338/1997 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio (Reglamento básico UE), establece las disposiciones y documentos necesarios para la importación, exportación, reexportación y comercio interno de la UE de especímenes de

²⁵ La enmienda de Gaborone, que se adoptó por parte de la CoP en 1983, modificó el artículo XXI CITES para que organizaciones de integración económica regional constituidas por Estados soberanos pudieran acceder a ella, y que tuvieran competencia en la negociación, celebración y aplicación de acuerdos internacionales en materia de transferencia a ellos por sus Estados miembros y que estuviera cubierto por la Convención.

especies que se incluyen e sus Anexos A, B, C y D y establece unos órganos en la UE, el Comité de Comercio de Fauna y Flora silvestre, el Grupo de Revisión Científica y el Grupo garante de la aplicación o Grupo de Observancia; todos integrados por representantes de los Estados Miembros y que son convocados y presididos por la Comisión Europea.

Dicho Reglamento básico UE contiene cuatro anexos, de los cuales, los tres primeros (A, B y C) se corresponden en gran medida a los apéndices I, II y II del Convenio CITES. En el Anexo A se incluyen todas las especies que engloba el Apéndice I del CITES, además de algunas especies del Apéndice II y Apéndice III del mismo y algunas especies no incluidas en dicho Convenio. El Anexo B incluye el resto de las especies del Apéndice II del CITES, más algunas especies del Apéndice II y algunas especies no incluidas en el CITES. El Anexo C incluye las especies restantes del Apéndice III del CITES que no están incluidas en los anexos anteriores, exceptuando algunas especies del para los que los Estados Miembros de la Unión Europea han formulado una reserva. En cuanto al Anexo D, no se encuentra ningún equivalente con los Apéndices del CITES y en este se incluyen especies que se desean controlar el nivel de importancia en la UE. La mayoría son especies no incluidas en el CITES, además de aquellas del Apéndice III del mismo para las que los Estados Miembros formulan reservas.

Otros reglamentos relevantes son: el Reglamento (CE) n° 865/2006 de la Comisión, de 4 de mayo de 2006, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 338/97, o Reglamento básico UE, modificado por el Reglamento (CE) n° 100/2008, de 4 de febrero de 2008; el Reglamento (UE) n° 791/2012, de 23 de agosto de 2012; el Reglamento (UE) n° 792/2012, de 23 de agosto de 2012 y el Reglamento de Ejecución (UE) n° 2015/56, de la Comisión, de 15 de enero de 2015. Este último establece las disposiciones y los aspectos prácticos de la aplicación del Reglamento básico UE. Los modelos de formularios que deben ser utilizados para los permisos, certificados, notificaciones y solicitudes de estos documentos, figuran en el Reglamento de Ejecución (EU) n° 792/2012 (Reglamento de permisos UE), modificado por el reglamento de Ejecución (UE) n° 2015/57, de la Comisión, de 15 de enero de 2015.

Por otro lado, tenemos la Recomendación de la Comisión de 13 de junio de 2007 (2007/425/CE), por la que se define una serie de actuaciones con vistas a la aplicación del reglamento básico UE, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres

mediante el control de su comercio, la cual se conoce como “Plan de Acción de Observancia de la UE”, donde se especifican las medidas que deben adoptarse para el cumplimiento de los reglamentos mencionados anteriormente.

Tanto el Reglamento básico UE como los Reglamentos de aplicación y permisos UE, son actos legislativos vinculantes para todos los Estados miembros, mientras que la Recomendación UE sugiere una línea de actuación a los Estados miembros sin imponer obligaciones legales de carácter vinculante. Al margen de esta normativa aplicada en la UE, los Estados miembros tienen la potestad de tomar medidas adicionales de carácter más estricto dentro de su territorio nacional.

Los Reglamentos de la UE sobre el CITES contienen normas relativas a la protección de los animales, tales como condiciones de transporte y alojamiento, marcado e incautación de animales y bajo determinadas condiciones puede limitar o incluso prohibir el comercio y la tenencia de animales vivos por razones de bienestar animal, un tema que no se desarrollará en el este texto²⁶.

Los Reglamentos de la Unión Europea regulan aspectos fundamentales como el marcado de especímenes de animales vertebrados vivos, pudiendo ser mediante anilla cerrada, como es el caso de las aves, o mediante microchips; además de la expedición de los certificados comunitarios. Para ello debe cumplirse con los requisitos del Reglamento (CE) 865/2006, de 4 de mayo, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 338/97 del Consejo relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio²⁷.

Para la cría en cautividad y reproducción artificial, debe certificarse que los especímenes de las especies de los Anexos del Reglamento básico UE han sido criados o reproducidos cumpliendo con lo establecido en el Reglamento (CE) 865/2006. Para ello, el interesado debe presentar en uno de los 12 Servicios de Inspección SOIVRE de las

²⁶ Para profundizar sobre el bienestar animal, véase MEDINA MARTÍN, E.M. 2020. "Regulación jurídica de las políticas públicas de protección, bienestar o "derechos" de los animales: de la instauración del bienestar animal como política pública por la Unión Europea en 1974 a la reciente sentencia del Tribunal Constitucional, 81/2020, de 15 de julio, sobre el papel del derecho privado y el derecho público y las respectivas competencias del Estado y las Comunidades Autónomas." *Revista General de Derecho Animal y Estudios Interdisciplinarios de Bienestar Animal / Journal of Animal Law & Interdisciplinary Animal Welfare Studies – JAL&IAWS*. n.º 6. (RI§423052)

²⁷ Véase <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R0865&from=ES>

Direcciones Territoriales y Provinciales del Comercio una solicitud de certificación de cría en cautividad o reproducción artificial de las especies incluidas en el Reglamento. Junto a esta solicitud, se debe aportar una relación de especímenes presentes en las instalaciones, la documentación que acredite la adquisición de estos especímenes, la descripción de las instalaciones, el sistema de cría o reproducción artificial y los métodos de marcado si se realizaran. Una vez se realicen las inspecciones pertinentes, los especímenes quedarán registrados. Además, dichos criadores encargados de la crianza en cautividad de los animales cuyas especies están incluidas en el Anexo A del Reglamento (CE) 338/97 con fines comerciales, deberán registrarse ante la Autoridad Administrativa CITES de España, de la que se especificará más adelante.

3.2. La aplicación en España de la legislación internacional para control del comercio de especies.

La adhesión de España al CITES se efectuó el 16 de mayo de 1986 y en cuanto a legislación en este ámbito nos encontramos con:

- El Instrumento de adhesión de España, de 16 de mayo de 1986, al Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (Publicado en el BOE nº 181 de 30/07/1986) .
- El Real Decreto 1739/97, de 20 de noviembre de 1997, sobre medidas de aplicación del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), hecho en Washington el 3 de marzo de 1973, y del Reglamento (CE) 338/97 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio (publicado en el BOE nº 285 de 28/11/1997).
- El Real Decreto 1456/2005, de 2 de diciembre, por el que se regulan las Direcciones Territoriales y Provinciales de Comercio (publicado en el BOE nº 299 de 15/12/2005).
- El Real Decreto 1333/2006, de 21 de noviembre, por el que se regula el destino de los especímenes decomisados de las especies amenazadas de fauna y flora

silvestres protegidas mediante el control de su comercio (publicado en el BOE nº 286 de 30/11/2006).

- La Disposición adicional segunda de la LEY 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio (modificada por la disposición final 15 de la Ley 3/2017, de 27 de junio, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2017. Publicado en el BOE de 28/06/2017).
- El Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el catálogo español de especies exóticas invasoras (publicado en el BOE nº 185 de 03/08/2013).
- El Instrumento de Aceptación de la Enmienda al artículo XXI de la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (Washington 3 de marzo de 1973), adoptada en Gaborone el 30 de abril de 1983 (publicado en el BOE 270 de 11/11/2013).
- La Resolución de 29 de noviembre de 2016, de la Dirección General de Comercio Internacional e Inversiones, por la que se designan los Centros y Unidades de Asistencia Técnica e Inspección de Comercio Exterior (SOIVRE) habilitados para la emisión de los permisos y certificados contemplados en el Reglamento (CE) 338/97 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio, y se establece el modelo de "documento de inspección de especies sujetas a control" (publicado en el BOE nº 311 de 26/12/2016). Esta resolución deroga la publicada el 5 de mayo de 1998.
- El Real Decreto 7/2018, de 12 de enero, por el que se establecen los requisitos de documentación, tenencia y marcado en materia de comercio de especies amenazadas de fauna y flora silvestres, de acuerdo con lo establecido por la reglamentación de la Unión Europea en aplicación de la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.

Con relación al funcionamiento del CITES²⁸ a nivel orgánico, a cada Parte del CITES se le asigna una o varias Autoridades Administrativas que se encargan de la

²⁸ Véase CITES.es - Portal de la autoridad administrativa CITES en España.

concesión de las licencias, y una o varias Autoridades Científicas para el asesoramiento en relación con los efectos sobre las especies de su comercio.

En cuanto a la Autoridad Administrativa Principal, sus competencias están asignadas a la Dirección General de Política Comercial y Competitividad, de conformidad con lo establecido en el artículo IX CITES. En el ámbito de la UE actúa como órgano de gestión principal según se establece en el artículo 13.1.a) del Reglamento básico UE. En cuanto a las funciones que les corresponden, nos encontramos con la de:

- Representar oficialmente a España ante otros países Parte, así como ante la Secretaría del Convenio.
- Representar a España ante el Comité CITES que asiste a la Comisión según lo establecido en el artículo 18 del Reglamento (CE) 338/97.
- Mantener las comunicaciones oficiales en el ámbito gubernamental y departamental.
- Tramitar y autorizar, siempre que proceda, las solicitudes de importación, exportación o reexportación que se presenten ante los Servicios de Inspección SOIVRE de las Direcciones Territoriales y Provinciales de Comercio, así como el desarrollo de las actuaciones de control e inspección correspondientes.
- Elaborar, de acuerdo con los requisitos establecidos por el CITES, un Informe Anual y un Informe Bienal que recoja los datos sobre el comercio exterior de especímenes de especies incluidas en los Anexos del Reglamento básico UE.

Estas funciones que les corresponden a la Autoridad Administrativa CITES, que tras la reciente publicación del Real Decreto 986/2021 que designa nuevas autoridades en el ámbito del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), será desarrollada por la Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. En consecuencia, a partir del 2 de enero de 2022 todas las solicitudes de permisos y certificados CITES, los cuales se explicarán más adelante, así como otra gestión relacionada con la aplicación del Convenio CITES, deberán presentarse ante la Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Actualmente, los documentos del CITES pueden ser obtenidos a través de cualquiera de los Servicios de Inspección SOIVRE, las operaciones de importación, exportación y reexportación en materia CITES deben despacharse aduaneramente a través de uno de los puntos autorizados en la UE para la entrada y/o salida de mercancías CITES, los denominados Puntos de Inspección Fronteriza (PIF). En España, el control e inspección de las mercancías CITES en estos puntos es llevado a cabo por 12 de los Servicios de Inspección SOIVRE de las Direcciones Territoriales y Provinciales de Comercio.

Por otro lado, la Autoridad Administrativa CITES principal, es la encargada también del control e inspección de la cría en cautividad de especímenes CITES, además de asistir a otras Autoridades encargadas de velar por el cumplimiento de la normativa CITES, como son el Servicio de Protección de la Naturaleza de la Guardia Civil (SEPRONA), el Servicio de Vigilancia Aduanera, los Servicios de Aduanas, los juzgados y otras autoridades locales y autonómicas.

Existe otro órgano administrativo CITES como es la Autoridad Administrativa adicional que, según el Real Decreto 1739/97, dicha Autoridad Administrativa CITES adicional en España se encuentra representada por el Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales de la Agencia Estatal de la Administración Tributaria (AEAT).

Las principales funciones de esta Autoridad Administrativa adicional son las de:

- Exigir la documentación CITES necesaria para la importación, exportación o reexportación previamente al despacho aduanero de las mercancías.
- Diligenciar los documentos CITES en la casilla correspondiente haciendo constar fecha, lugar de entrada o salida, y en su caso, número y tipo de documento aduanero con el que se despacha la partida.
- Exigir junto con el documento CITES el Documento de Inspección de Especies Protegidas emitido por los Servicios de Inspección SOIVRE en el que conste el resultado de la inspección física y/o documental de la partida.
- Comprobar la documentación y, en los casos en los que proceda, realizar la inspección física según las recomendaciones derivadas del análisis de riesgos (incluyendo el control sobre paquetes postales y viajeros).

- Al detectar una infracción al Convenio CITES o a los Reglamentos UE, incoar expediente por supuesta infracción administrativa de contrabando y resolver, si procede, sanción y decomiso, o bien, trasladar la denuncia a la vía judicial.

El último órgano CITES en nuestro país al que vamos a referirnos es la Autoridad Científica, que en España nos encontramos con una sola Autoridad Científica CITES, cuyas funciones son asumidas por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Entre sus funciones se puede destacar la de emitir dictámenes, a petición de la Autoridad Administrativa CITES principal, sobre cuestiones relativas a:

- La conservación de la especie en su hábitat natural en relación con las solicitudes de importancia de especímenes de especies incluidas en los Anexos A o B del Reglamento (CE) 338/97 y solicitudes de exportación y reexportación de especímenes de especies incluidas en los Anexos A, B o C de dicho Reglamento.
- Las condiciones que deben reunir las instalaciones para albergar animales vivos de especies incluidas en el Anexo A del Reglamento (CE) 338/97 en relación con las solicitudes de importación o de movimientos dentro de la UE a determinados alojamientos.
- Los fines y las características de las instalaciones en relación con el traslado definitivo de un espécimen decomisado.

Las Autoridades Científicas CITES nacionales de la UE se reúnen de manera periódica en el conocido como Grupo de Revisión Científica de la UE (*Scientific Review Group*) donde se evalúa el estado de conservación de las especies en su medio natural. De esta forma, emiten dictámenes de extracción no perjudicial formando opiniones positivas o negativas respecto a las solicitudes de importación que se presentan en los Estados miembros de la UE y que todos estos deben aplicar por igual. En algunos casos, la adopción de opiniones negativas a largo plazo se formaliza mediante la publicación de un Reglamento de la UE por el cual se suspende la importación en la UE de ciertas especies originarias de determinados países.

Los anteriores permisos y certificados se concretan en el Permiso de Importación CITES, el Permiso previo de importación, el Permiso de Exportación y Certificado de

Reexportación, el Certificado de Propiedad Privada, el Certificado de Exhibición Itinerante, el Certificado CITES y el Certificado de colección de muestras.

Permiso de Importación CITES

Es el permiso necesario para importar en la UE especímenes de especies incluidas en los Anexos A o B del reglamento básico UE. Su emisión se encuentra regulada en el artículo 4 de dicho Reglamento, apartados 1, 2 y 6. La solicitud de importación debe realizarse antes de la llegada de la mercancía a la UE ya que debe valorarse si procede la autorización y emisión del permiso de importación.

El formulario de este permiso, cuyo modelo figura en el anexo I del Reglamento (CE) 865/2006, se compone de cinco ejemplares: el original, una copia para el titular, una copia a devolver por la aduana a la autoridad expedidora, una copia para la autoridad emisora y la solicitud, que debe ser cumplimentada por el solicitante. A este documento principal pueden añadirse Anexos si las partidas se componen de varias especies o para hacer constar información relevante, por ejemplo, un listado de las marcas de pieles, etiquetado del envase, fotografías de identificación, etc.

El plazo de validez de los permisos de importación es de un año desde su fecha de expedición. Dentro de este plazo podrá realizarse la importación de la mercancía en la UE. No obstante, dichos permisos carecen de validez si falta el documento válido correspondiente del país de exportación o reexportación. Si el documento ha caducado antes de su utilización, o bien caduca el documento CITES de exportación o reexportación, el permiso de importación queda nulo de validez y debe ser devuelto a la Autoridad Administrativa CITES expedidora.

En el caso de las solicitudes de importación de especímenes criados en cautividad de especies incluidas en el Anexo A y especímenes de especies incluidas en el Anexo B no se requiere un proyecto justificativo de la introducción. Aun así, si se trata de animales vivos, el solicitante debe aportar documentación que justifique que las instalaciones de destino son adecuadas para albergarlos.

En el momento de la importación se debe presentar la mercancía junto con el permiso de importación y el original del documento CITES extranjero (permiso de exportación o certificado de reexportación del país de procedencia), a la Aduana del

primer punto de introducción en la UE. Si la importación se lleva a cabo directamente en España, una vez que la mercancía ha llegado físicamente y, previo al despacho aduanero, se presentará una solicitud de inspección en unos de los 12 Servicios de Inspección SOIVRE mediante Documento de Inspección de Especies sujetas a control (DIESAC). La mercancía no podrá salir de la UE antes de que haya sido autorizado el permiso y cumplido con los trámites de inspección y aduaneros correspondiente.

Permiso previo de importación.

Este permiso no es válido para realizar una operación de importación, pero si es obligatorio por el país exportador o reexportador antes de expedir un permiso de exportación o reexportación CITES para un espécimen silvestre de una especie incluida en el Apéndice I del CITES. El permiso previo actúa como garante de que el país importador aceptará la importación del espécimen. Una vez obtenido el documento de exportación o reexportación CITES, el titular puede solicitar el Permiso de Importación.

La emisión del Permiso previo de importación se encuentra regulado en el artículo III, apartado 2, letra d) del CITES y en el artículo 4, apartado 1 del Reglamento (CE) 338/97. El formulario para este permiso, cuyo modelo figura en el anexo I del Reglamento (CE) 865/2006, se compone de los mismos ejemplares que el Permiso de Importación.

Es importante mencionar también la Notificación de Importación, cuya emisión y utilización está regulada en el artículo 4, apartados 3 y 4 del Reglamento básico UE. La Notificación de Importación no está sujeta a autorización previa a la entrada de la mercancía en la UE, y es un documento que debe ser cumplimentado por el importador en el momento de la importación de especímenes de especies incluidas en los Anexos C y D del Reglamento básico UE.

Para especímenes del Anexo C, se deberá aportar el documento acreditativo del origen de la mercancía (permisos o certificados CITES o certificado de origen expedido por la Autoridad Administrativa CITES del país exportador). Para especímenes del Anexo D, no será necesario adjuntar ningún tipo de documentación adicional.

Permiso de Exportación y Certificado de Reexportación.

Son documentos necesarios para exportar o reexportar desde la UE especímenes de especies incluidas en los Anexos A, B o C del Reglamento básico UE. Debe ser

solicitado y obtenido con antelación a la salida de la mercancía, y su emisión se encuentra regulada en el artículo 5 del Reglamento (CE) 338/97. Como en el caso anterior, el formulario se compone de los mismos elementos que el Permiso de Importación, y también se le podrán añadir Anexos si las partidas se componen de varias especies o para hacer constar información adicional relevante.

Certificado de Propiedad Privada.

Permite a un particular viajar por varios países durante tres años consecutivos con su mascota sin la necesidad de portar un permiso de importación, exportación o reexportación cada vez que entre o salga de la UE. El formulario sigue siendo el mismo que los anteriores, y en este caso el documento lleva anexada una Hoja Complementaria en la que la Aduana de entrada o salida diligenciará las fechas y lugares de importación y exportación múltiples que se realicen.

Este Certificado de Propiedad Privada se regula en los artículos 37 y 44 del Reglamento (CE) 865/2006 y solamente es válido cumpliéndose los siguientes requisitos:

- Deben ser animales vivos incluidos en los Anexos A, B o C del Reglamento básico UE adquiridos legalmente y cuya posesión tenga finalidad personal y nunca comercial.
- Cada ejemplar estará marcado de forma permanente.
- Cada certificado es válido para un solo ejemplar.
- Es solamente válido para el titular del Certificado, el cual viajará con su mascota.
- Está condicionado a que los países de destino acepten este tipo de documentos.
- Debe acompañarse del original del permiso o certificado de exportación o reexportación equivalente del país tercero.

En el caso de que el titular del Certificado de Propiedad Privada desee vender o transferir el espécimen, deberá entregar primeramente dicho Certificado a la Autoridad Administrativa CITES expedidora. En el caso de que el espécimen pertenezca a una especie incluida en el Anexo A del Reglamento básico UE, debe solicitar a la Autoridad competente un Certificado que le exima de las prohibiciones comerciales, si procede.

Cuando el espécimen proceda de la UE, la autoridad emisora será la Autoridad Administrativa CITES del Estado miembro en el que se encuentre el espécimen. Si el espécimen se introduce en la UE desde un tercer país, la autoridad expedidora será la Autoridad Administrativa CITES del Estado miembro del primer destino.

Certificado de Exhibición Itinerante.

Permite a un circo u otro tipo de exhibición itinerante viajar por varios países durante tres años consecutivos sin la necesidad de obtener un permiso de importación, exportación o reexportación cada vez que se entre o se salga del territorio de la UE. Comparte los mismos elementos que el Certificado de Propiedad Privada, y se encuentra regulado en los artículos 30 a 36 del Reglamento 865/2006 y es solamente válido en los siguientes casos:

- Para especímenes incluidos en los Anexos A, B o C del Reglamento básico UE legalmente adquiridos que formen parte de una exhibición itinerante.
- Si se trata de animales vivos, cada certificado amparará a un solo espécimen.
- Para especímenes nacidos y criados en cautividad, o bien, para aquellos adquiridos antes de su inclusión en los Apéndices o Anexos, los llamados especímenes pre-CITES.

Además, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- Los especímenes estarán marcados.
- El espécimen se registrará ante la Autoridad Administrativa expedidora.
- El espécimen será devuelto al Estado miembro en que esté registrado antes de que finalice el periodo de validez del certificado.
- Está condicionado a que los países de destino acepten este tipo de documentos.
- Debe acompañarse del original del permiso o certificado de exportación o reexportación equivalente del país tercero.

Certificado CITES

Para la realización de actividades comerciales en el ámbito de la UE de especímenes de especies incluidas en el Anexo A del Reglamento básico UE que, por regla general está prohibida; podrá concederse con excepciones, estudiadas caso a caso,

expidiéndose el Certificado CITES, válido únicamente para transacciones dentro de la UE, en el que se indiquen las actividades a las que pueden destinarse los especímenes, en los siguiente casos:

- Para demostrar que los especímenes de Anexo A del Reglamento básico UE proceden de la Cría en cautividad o han sido adquiridos legalmente.
- Para demostrar que los especímenes del Anexo A o B que van a ser exportados o reexportados, fueron importados conforme a lo establecido en Reglamentación UE.
- Para autorizar el traslado de especímenes vivos de especies del Anexo A.
- Para especímenes adquiridos o introducidos antes de que el Convenio CITES o la Reglamentación UE les fuera aplicados.
- Para otras de las excepciones contempladas en el artículo 8, apartado 3 del Reglamento básico UE.

Como norma general solo se emitirán Certificados UE para animales vertebrados vivos incluidos en el Anexo A si estos están marcados de manera única o permanente. Aun así, si por características particulares del espécimen o de la especie no se pudiera marcar, se podrá conceder una excepción valorada de forma individual.

En el caso de especímenes criados en cautividad que se encuentren marcados para los que se ha autorizado una finalidad comercial, los Certificados son válidos, aunque el ejemplar cambie de titular, no siendo necesario que coincida el titular del Certificado con su propietario actual. Todo lo contrario, ocurre si estos animales no están marcados, en ese caso los Certificados sólo serán válidos para una sola transacción. Cuando el animal muera, todos los Certificados serán devueltos a la Autoridad Administrativa expedidora.

Certificado de colección de muestras.

Se emite para colecciones de muestras de especímenes, partes o derivados de especies enumeradas en los Anexos A, B o C del Reglamento básico UE, pero nunca para especímenes vivos.

Este Certificado se encuentra regulado en los artículos 44 bis y siguientes del Reglamento (CE) 865/2006 y es solamente válido si se cumplen los siguientes requisitos:

- Solo se expenderá para colecciones de muestras de especímenes muertos, partes o derivados.
- Todas las colecciones de muestras deberán ir acompañadas de un “Cuaderno ATA válido”.
- Cada ejemplar estará marcado o identificado de forma permanente y trazable.
- Está condicionado a que los países de destino acepten este tipo de documento.
- Debe acompañarse del original del certificado de colección de muestras equivalente del país tercero, en su caso.

Los especímenes que estén amparados por este certificado no podrán ser vendidos o transferidos con este documento, y en el caso de que el espécimen pertenezca a una especie incluida en el Anexo A, se solicitará a la Autoridad competente un Certificado que la exima de las prohibiciones comerciales, si procede.

Como se ha repasado en este apartado, varias son las herramientas que el CITES y el Reglamento (CE) 338/97 otorgan a las Partes; herramientas que, sobre el papel, se encuentran implementadas e incrustadas dentro de España, gestionado todo por la Dirección General de Aduanas y la Dirección General de Comercio Exterior como Autoridades Administrativas CITES.

Sin embargo, en la práctica, la aplicación del CITES en España²⁹ presenta deficiencias e irregularidades, entre ellas la evasión de sus propias normas mediante actividades fraudulentas. Lo que se creó como método de control, acaba otorgando de oficialidad a situaciones ilegales. El Convenio CITES no especifica la mercancía concreta, por ello, el mismo CITES puede amparar distintos animales introducidos ilegalmente.

El Convenio no contempla la identificación de animales, lo que origina constantes declaraciones disconformes: no se corresponde el número declarado con el número real, ni tampoco la especie declarada para la calificación de ciertas especies y productos. Es

²⁹ Véase TREJO POISON, M. 2001. “Tráfico Ilegal de Especies Protegidas: Criminalidad Medioambiental Organizada”, en III Jornadas de Estudios de Seguridad, Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado – UNED.

frecuente la falsificación de documentos de autenticidad, falseando la especie a la que pertenece o la procedencia del espécimen.

La incautación de un animal ilegal en nuestro país plantea la falta de espacios para albergarlos, que según CITES deberían ir destinados a Centros de Recuperación Oficial; por lo que mayoritariamente quedan en poder del infractor; una solución que contradice tanto al CITES como al Reglamento básico UE, que exigen centros de recogida y de rescate, instalaciones destinadas al alojamiento de especímenes decomisados; pero que en la práctica son transferidos a Parques Zoológicos.

Al exigir el Convenio CITES la devolución de los animales a su lugar de procedencia, esto se convierte en una opción incierta e inusual, puesto que las especies suelen provenir de países que no ofrecen garantías de reinserción de los animales vivos en su hábitat natural. Existe también una falta de desarrollo normativo que facilite la incautación y el alojamiento en centros que faciliten la integración de animales vivos incautados, lo que dificulta a las autoridades la aplicación eficaz del CITES. En conclusión, el vacío legal y la falta de recursos y apoyo técnico del CITES en España ocasiona una exitosa aplicación de los principios que inspiran esta normativa.

II. EL CASO DE LA ANGUILA EUROPEA (*ANGUILLA ANGUILLA*)

Ya hemos señalado que España desempeña un papel fundamental en la UE por su situación geoestratégica y comercial, convirtiéndola en una puerta de entrada al mercado de la UE. Sobre todo, España suele desempeñar un papel de punto de encuentro entre los principales países exportadores y la UE. Sin embargo, hay un caso, el de la anguila europea, en el que España es el principal exportador; esta especie autóctona española es muy cotizada, sobre todo en los países asiáticos.

La anguila europea (*Anguilla anguilla*) es una especie de pez anguiliforme³⁰, muy común en el norte del océano Atlántico y en todos los mares que bañan el continente europeo³¹. Los ejemplares de esta especie nacen en el mar de los Sargazos, una región del océano Atlántico septentrional, que se extiende entre los meridianos 70° y 40° O y los paralelos 25° a 35° N, delimitada por cuatro corrientes que forman un giro oceánico.

Como señala en Inventario Español de especies³² "tras la eclosión emergen unas larvas leptocéfalas de hábitos pelágicos, que con la ayuda de las corrientes llegarán hasta las costas europeas y norteafricanas. La corriente del Golfo juega un papel decisivo en estas migraciones pasivas. El viaje atlántico puede durar de 3 a 7 años, dependiendo del lugar de destino. La larva leptocéfala sufre una transformación a angula en las proximidades de las costas y adquieren gradualmente pigmentación en los estuarios," durante esta fase se la denomina "anguila de cristal."

Una vez en continente europeo, tres meses después convertida ya en una angula de unos siete centímetros, las llamadas ya angulas, remontan los ríos y crecen y viven en ellos durante años, ya metamorfoseadas por tercera vez en "anguilas amarillas." Posteriormente, entre los 15 y 30 años emprenden el regreso al mar de los Sargazos como peces adultos, donde maduran sexualmente y se reproducen tras la cuarta y última transformación como "anguila plateada," y siendo capaces de desplazarse sin problemas en alta mar e incluso descendiendo a aguas profundas de hasta 700m.

³⁰ Orden de peces teleósteos en el que se incluyen, además de las anguilas, las morenas y los congrios; con cuerpo de forma alargada que se asemeja a la de una serpiente pudiendo ser tanto marinas como de río.

³¹ DEELDER, C.L. 1984. "Synopsis of biological data on the eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)." *FEO Fisheries Synopsis*. nº 80, Rev. 1, pg. 73.

³²https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/anguilla_anguilla_tcm30-199012.pdf

La anguila europea ha sido muy abundante en los ríos españoles y europeos, aunque la sobrepesca (tanto para consumo como para comercio ilegal), el bloqueo de acceso a los ríos por las construcciones de pesca, la desecación de los humedales, la destrucción del territorio fluvial, la introducción de especies invasoras o la contaminación industrial han ocasionado que esta especie se encuentre en una situación límite, habiéndose perdido en torno al 98% de su biomasa. Se habla de una reducción de las capturas en Francia, Italia, España y Portugal de más de 2.000 toneladas en 1980 a 58'6 por año en menos de cuarenta años, en 2019³³.

A comienzos del pasado siglo, la anguila europea era una de las especies más abundantes y ampliamente distribuidas por todos los ríos de la Península Ibérica, al igual que en otros países europeos³⁴. Fue a partir de los años 70 cuando se evidenció la extinción en más del 80% de las cuencas de España, encontrándose solo en pequeños ríos costeros sin presencia de embalses.

El contexto en el que se encuentra esta especie es tan preocupante que la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) la ha calificado como “en peligro crítico” tanto a nivel europeo como nivel mundial, incluyéndola de echo en su Lista Roja de especies amenazadas en situación crítica (*critically endangered species*) en 2008 y de nuevo en 2014³⁵, categoría previa a la de extinta en estado silvestre.

³³ BRUFAO CURIEL, P. 2020. “El Derecho Ambiental y el Derecho Pesquero ante la conservación de la biodiversidad: el caso de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) como especie protegida.” *Actualidad Jurídica Ambiental*, n.º 105, sección “Artículos doctrinales”, pág. 3. nota1, citando y remitiendo al informe del International Council for the Exploration of the Sea. ICES (2019), Joint EIFAA/ICES/GFCM working group on eels (WGEEL), vol. 1, n.º 50, pág. IV; y LOBÓN-CERVIA, J. y IGLESIAS, T. 2008. “Long-term numerical changes and regulation in a river stock of European eel *Anguilla anguilla*.” *Freshwater Biology* 53(9), 1832-1844. doi: 10.1111/j.1365-2427.2008.02008.x, aunque la segunda obra obviamente no puede, por la fecha ofrecer ese dato que procede, efectivamente, del citado informe de 2019 del Grupo de Trabajo sobre la especie (WGEEL) del ICES. Dicho informe puede descargarse de en la web en el URL https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/200463394/WGEEL_2019.pdf. Pueden verse también otros informes ICES de 2019 y 2020.

<https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2019/2019/ele.2737.nea.pdf> .

https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Stock%20Annexes/2020/Anguilla_anguilla_SA.pdf

³⁴ BRUFAO CURIEL, P. 2020. *Op.cit. supra* nota 33, pág. 4.

³⁵ Extraído del informe del ICES 2019 citado en la nota anterior, pg. 3 y de *Anguilla anguilla* (*European Eel*) ([iucnredlist.org](https://www.iucnredlist.org)) el 15 de marzo de 2021. <https://www.iucnredlist.org/species/pdf>. Véase "European Eel Remains Critically Endangered in Latest IUCN Red List," de 13 de julio de 2020, en <https://www.cms.int/en/news/european-eel-remains-critically-endangered-latest-iucn-red-list>

En el Plan de gestión de la anguila europea en España, aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2010³⁶, se recogió el intenso declive sufrido por la captura de angulas en Europa durante los últimos 25 años, señalándose, además, que ya durante la década anterior se habían alcanzado niveles mínimos históricos que confirmaban notoriamente que el stock se encontraba fuera de los límites de seguridad.

Los datos históricos en cuanto a las angulas evidencian un declive en su población que comenzó a finales de la década de los 70. Además, según el último dictamen científico sobre la anguila europea por parte del *International Council for the Exploration of the Sea* (ICES)³⁷, la población se encontraba fuera de los límites biológicos de seguridad de supervivencia. En consecuencia, el ICES recomendaba la elaboración de un plan de recuperación para la población de anguila europea de carácter urgente y que la explotación y demás actividades que afecten a la población de anguila europea se redujera lo máximo posible. La declaración de ICES en 2019 es tajante:

“ICES advierte que cuando se aplica el enfoque de precaución para la anguila europea, todos los impactos antropogénicos (por ejemplo, los causados por la pesca recreativa y comercial en todas las etapas, energía hidroeléctrica, estaciones de bombeo y contaminación) que disminuyen la producción y el escape de anguila; deben reducirse o mantenerse lo más cerca de lo posible a cero en 2020.”

Esta situación también afecta de manera preocupante a las Comunidades Autónomas: Ejemplo de ello es el Plan de Gestión de la especie de la Junta de Andalucía³⁸, donde se indica que desde los años 80, las capturas de angulas se han reducido en un 98% en esta Comunidad Autónoma. Es especialmente preocupante el furtivismo organizado en el bajo Guadalquivir a pesar de la veda impuesta en la última década. Es una actividad clandestina con conexión directa con el tráfico ilegal de animales silvestres a nivel internacional.

En otras Comunidades Autónomas existe una cierta contradicción pues se permite la pesca de la anguila sin cupo alguno de captura, pero está prohibida la captura de ejemplares adultos, como así ocurre en Asturias; una paradoja amparada en normas

³⁶ Puede localizarse en la dirección siguiente. https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/planes-de-gestion-y-recuperacion-de-especies/plan%20de%20gesti%C3%B3n%20anguila_Espa%C3%Bl_a_tcm30-282062.pdf

³⁷ Véase Informe ICES *Op.cit. supra*, nota 35.

³⁸ Plan de gestión de la anguila (*Anguilla anguilla*) en Andalucía. 2010.

europas con intereses comerciales que habría que supeditar a los objetivos y criterios de conservación con la mayor seguridad jurídica.

Además, se ha confirmado la tendencia regresiva de la población de angula, ya que ha desaparecido o se tienen densidades muy bajas de las mismas en todas las cuencas del sur y mediterráneo³⁹, debido a la degradación de sus poblaciones y de sus hábitats. La construcción de embalses y obstáculos diversos implica la imposibilidad de la angula de acceder desde o hacia el mar, lo que supone la principal causa de la desaparición de esta especie en las cuencas españolas, ya que se fragmenta su hábitat natural y se pierde la conectividad fluvial. Durante el siglo XIX la angula podía acceder prácticamente a la totalidad de los afluentes y cuencas ibéricas, mientras que en la actualidad su hábitat se ha visto reducido a la mínima expresión.

A todos estos antecedentes debe añadirse el problema del tráfico ilegal de angula. Esta especie, en su etapa adulta de anguila, es considerada un manjar en la gastronomía asiática, donde se consume ahumada o fileteada en crudo. Debido a la demanda y al alto beneficio que se puede obtener con la venta de este producto, han surgido en Europa, y sobre todo en España, numerosas redes de tráfico encargadas de capturar, camuflar y transportar cientos de kilos de especímenes de angulas valorados en millones de euros hacia tierras asiáticas vía aérea, una conducta totalmente prohibida ya que, como se verá más adelante, no se permite la exportación de angula fuera de la Unión Europea. Posteriormente, la carne de anguila puede retornar a nuestras fronteras también de manera ilícita, haciéndose pasar por mercancía legal.

Tanto para la protección de la población de anguila europea, como para combatir el tráfico ilegal de angulas, se han promulgado numerosas normas (ya sean de un carácter más general como centradas en la propia anguila) con el fin de ralentizar la pérdida de población de anguila europea, lo que se pasa a revisar a continuación.

³⁹ DOADRIO, I., PEREA, S., GARZÓN-HEYDT, P. y GONZÁLEZ, J.L. 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza (MIMAM) y Museo Nacional de Ciencias Naturales. págs. 115 y ss.

1. El Derecho Internacional y de la Unión Europea para la protección de la anguila europea.

1.1. El Derecho Internacional.

Dentro del marco global del Convenio sobre la Diversidad Biológica, la protección en particular de esta especie se encuentra en tratados más específicos.

De los que operan a nivel global, el tratado más relevante es la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES)⁴⁰, que incluye a la anguila europea en su Apéndice II⁴¹, donde se recogen aquellas especies, subespecies o poblaciones que podrían llegar a desaparecer a menos que su comercio se encuentre sujeto a una reglamentación estricta para evitar así una utilización incompatible con su supervivencia⁴², mientras que para las del Apéndice I, donde se incluyen todas las especies en peligro de extinción, el comercio de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. Ello supone que, según los artículos III y IV de la misma, para las especies del Apéndice I son necesarias las licencias *ad hoc* del CITES tanto de exportación desde el país de origen (o desde se reexportan si llegaron a ese país legalmente) como la de importación en el país de destino, mientras que para las del Apéndice II (caso de ejemplares, productos o derivados de esta especie) sólo es necesaria la de exportación/reexportación⁴³.

De igual manera se encuentra recogida en el Anexo B del Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo de 9 de diciembre de 1996 relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio⁴⁴.

También a nivel global la anguila europea es objeto de regulación en la Convención de Bonn sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales

⁴⁰ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1986-20403>

⁴¹ <https://cites.org/esp/app/appendices.php>

⁴² Artículo II.2 del CITES

El Apéndice II incluirá: a) todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta a fin de evitar utilización incompatible con su supervivencia; y b) aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a que se refiere el subpárrafo a) del presente párrafo.

⁴³ Véase ALONSO GARCÍA, E. 2012. Handbook of International Environmental Law: Cases and Materials for American Lawyers. URJC/Wiliam & Mary ed., 3ª ed. 2012), Chapter 3. Pgs. 3-34 a 3-26.

⁴⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A31997R0338>

Silvestres de 1979 (CMS)⁴⁵. En el marco de esta Convención, en 2014 el Principado de Mónaco, en colaboración con la Comisión del Mar de los Sargazos y la propia Secretaría del CMS, propuso la inclusión de la *Anguilla anguilla* en su Apéndice II, que incluye, según su artículo IV, "las especies migratorias cuyo estado de conservación sea desfavorable y que necesiten que se concluyan acuerdos internacionales para su conservación, cuidado y aprovechamiento, así como aquellas cuyo estado de conservación se beneficiaría considerablemente de la cooperación internacional resultante de un acuerdo internacional." De ahí que en su artículo II.3.c) se señale que los Estados Parte deberán procurar la conclusión de Acuerdos (regulados en sus aspectos generales los artículos IV y V) sobre la conservación, cuidado y aprovechamiento, a diferencia del régimen aplicable a las especies del Apéndice I respecto de las cuales debe procederse por dichos Estados Parte a su "protección inmediata." En el caso de esta especie se ha aprobado una Acción Concertada para la anguila europea (*Anguilla anguilla*) por la Conferencia de las Partes en sus 12ª y 13ª Reunión⁴⁶.

A nivel regional, el Convenio OSPAR de Protección del Atlántico Nordeste de 1992⁴⁷ recoge la denominada zona IV, donde están incluidos el mar Cantábrico y las costas atlánticas ibéricas, habiéndose aprobado por las Partes Contratantes la Recomendación OSPAR 2014/15 sobre el fomento de la protección y la conservación de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) en las regiones I, II, III y IV del espacio marítimo OSPAR⁴⁸, como respuesta ante la situación crítica de esta especie⁴⁹, que pretende asegurar la aplicación de planes nacionales, que se revisen las legislaciones nacionales para la protección de las poblaciones de anguila en cualquier fase de su vida y el fomento de la conectividad entre los hábitats continentales y marinos, así como la adopción de medidas para la reducción de la contaminación que afecta a la especie.

Junto a esto, los Estados Parte se comprometen a la restauración del hábitat (pueden consultarse el informe de 2008 de la propia Comisión OSPAR como uno de los denominados "Case reports for the OSPAR List of Threatened and/or Declining Species

⁴⁵ https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1985-22305

⁴⁶ https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop12_ca.12.1_anguila-europea_s.pdf y UNEP/CMS/COP13/DOC.26.2.9, de 19 de febrero de 2020.

⁴⁷ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1998-14941>

⁴⁸ Puede consultarse el documento que sirvió de base a esta decisión), en <https://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats/list-of-threatened-declining-species-habitats/fish/european-eel>

⁴⁹ Background Document for European eel *Anguilla anguilla*. <https://www.ospar.org/documents?v=7216>

and Habitats⁵⁰” y el resumen de los informes aportados por los Estados, que deben hacerlo cada seis años)⁵¹. Este Convenio OSPAR pone especial énfasis en reducir la mortalidad de la especie, ya sea provocada por construcciones como presas, por la contaminación, o por la pesca ilegal. Además, recomienda medidas para monitorear e investigar el estado de la anguila europea en colaboración con el ICES y otros organismos internacionales.

La especie al este de la península Ibérica es el Protocolo sobre Zonas Especialmente Protegidas y Diversidad Biológica en el Mediterráneo⁵² el que la protege incluyéndose en su Anexo II como especie cuya explotación necesita de regulación, debido a que en sus artículos 11 y siguientes se recoge la obligación de los Estados parte a conseguir un estado de conservación favorable. Concretamente, en su artículo 11.2 se expresa que:

“Las Partes establecerán y compilarán listas de las especies en peligro o amenazadas de flora y fauna, en las zonas situadas del lado hacia la tierra del límite exterior de su mar territorial, y acordarán la condición de protegidas a esas especies. Las Partes reglamentarán y, cuando proceda, prohibirán las actividades que tienen efectos adversos en esas especies o en sus hábitats, y adoptarán medidas de ordenación, planificación y de otra índole para garantizar un estado favorable de conservación de esas especies.”

Además, los Estados firmantes reglamentarán y prohibirán cuando sea necesario, las actividades que tienen efectos perjudiciales para estas especies o para sus hábitats, adoptando también medidas de ordenación, planificación y de otro carácter, para garantizar un estado favorable de conservación de estas especies. Una de las zonas protegidas de importancia para la especie es, paradójicamente dados los desastres ecológicos recientes, la del Mar Menor.

1.2. El Derecho de la Unión Europea.

Además del ya citado Reglamento (CE) n° 338/97 del Consejo de 9 de diciembre de 1996 que aplica el CITES en la Unión (dado que sus fronteras comerciales en realidad son con terceros Estados), deben tenerse en cuenta la Directiva 92/43/CEE, del Consejo,

⁵⁰ https://www.ospar.org/site/assets/files/44259/european_eel.pdf

⁵¹ https://www.ospar.org/site/assets/files/44259/european_eel_reporting.pdf

⁵² <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1999-24061>

de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación, las Directiva Hábitats, Marco del Agua e indirectamente la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina⁵³, que es la principal norma europea destinada a la protección de la biodiversidad y donde se contempla el caso de la Zona Especial de Conservación Corredor Ecológico del río Guadiamar (ES6180005)⁵⁴.

Respecto de la Directiva 2000/60/CE, Marco del Agua⁵⁵, hay que destacar la consecución de uno de sus principios básicos que, para lograr el objetivo de alcanzar el buen estado ecológico de las aguas superficiales, se insta a mejorar la accesibilidad de las especies a los diferentes tramos de los ríos, su conexión con las aguas de transición y marítimas, además de la estructura hidromorfológica y la calidad y cantidad de las aguas. Para su correcto cumplimiento, los planes hidrológicos deben contener, entre muchos elementos, los usos, presiones e incidencias antrópicas, los caudales ambientales aptos para la vida íctica, mapas de las zonas protegidas o los vertidos puntuales. En el caso de la anguila la misma se protege, por ejemplo, al integrarse en el Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir (2015-2012) actualmente vigente, el Plan de Gestión de la Anguila en Andalucía, mencionando, además el de España, como planes relacionados⁵⁶.

La Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la Estrategia Marina)⁵⁷ también la protege de manera indirecta. Lo puede hacer bien en la regulación de las distintas estrategias que España tiene que aprobar en cumplimiento de la misma a través de la *Ley 41/2010*, de 29 de diciembre, de Protección del *Medio Marino*⁵⁸, “cuyas Estrategias de las distintas Demarcaciones Marinas fueron aprobadas ya en 2018⁵⁹, o bien mediante al análisis de incompatibilidades de proyectos con cada ya de ellas a través del denominado "informe

⁵³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A31992L0043>

⁵⁴ https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/1604447/decreto_1_2015_acebuchales_boja.pdf

⁵⁵ <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj?locale=es>

⁵⁶ Véanse su Memoria Págs. 124 y 126: https://www.chguadalquivir.es/descargas/PlanHidrologico2015-2021/Planes_2DO_Ciclo/Guadalquivir/MEMORIA_PHD_GUADALQUIVIR.pdf; y el Programa de Medidas, Anejo Nº 12. Págs. 5 y 9. <https://www.chguadalquivir.es/descargas/PlanHidrologico2015-2021/Guadalquivir/13-ANEJO%20N12.-%20PROGRAMA%20DE%20MEDIDAS.pdf>.

⁵⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=celex%3A32008L0056>

⁵⁸ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-20050>

⁵⁹ Real Decreto 1365/2018, de 2 de noviembre, por el que se aprueban las estrategias marinas. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2018/11/02/1365/con>

de compatibilidad" al que deben someterse numerosos proyectos que o actividades que se llevan a cabo en su ámbito"⁶⁰. De hecho, su seguimiento, a través del seguimiento del plan nacional y diversos planes autonómicos de la anguila, forma parte de los programas de seguimiento de las estrategias de las demarcaciones marinas, constando que se vienen desarrollando en la Demarcación Noratlántica, con financiación nacional, un programa del Gobierno de Cantabria (*Plan de gestión de la anguila*) y otros equivalentes de la Xunta de Galicia dedicados al seguimiento de esta pesquería en las rías de Arousa, Vigo y Ferrol, de los que se derivan datos de esfuerzo pesquero y capturas; tanto el plan cántabro como los gallegos están en marcha desde el año 2010. Igualmente existen planes de gestión de esta especie en el Principado de Asturias y el País Vasco, así como en Cataluña⁶¹.

Sin embargo, tanto a nivel de la Unión Europea como nacional, la norma clave es una específicamente aprobada por la Unión Europea para su protección: el Reglamento (CE) 1100/2007, del Consejo, de 18 de septiembre de 2007, por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea, y la regulación europea de la pesca⁶²; Reglamento que nació como respuesta de las instituciones de la Unión ante la decadencia de la anguila europea, ya que urgía, como expresó su propio texto, establecer un marco necesario para la protección y la explotación sostenible de sus poblaciones en aguas comunitarias, en las lagunas costeras, en los estuarios, y en los ríos y aguas interiores que comunican con ríos de los Estados miembros que vierten sus aguas en las zonas CIEM⁶³ III, IV, VI, VII, VIII y IX, o en el mar Mediterráneo.

Para este Reglamento es esencial una correcta planificación a través de la elaboración de planes de gestión de la anguila en las cuencas fluviales europeas⁶⁴, que incluya también aguas marinas, y cuyo objetivo a largo plazo es el de reducir la mortalidad de la anguila europea a causa de la actividad humana. Para ello, estos planes analizan desde un punto de vista científico la situación de la que se parte y las medidas

⁶⁰ Real Decreto 79/2019, de 22 de febrero, por el que se regula el informe de compatibilidad con las estrategias marinas. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2019-2557>

⁶¹ Véase en especial la página 50 de: https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/vimemoriaprogramasseguimiento_tcm30-130954.pdf

⁶² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32007R1100>

⁶³ Véase Zonas pesqueras (cnr.it) consultado el 17/03/2021

⁶⁴ Según el artículo 7 del Reglamento (UE) n° 1380/2013, de 11 de diciembre de 2013, sobre la Política Pesquera Común, y del Reglamento (UE) n° 508/2014, de 15 de mayo de 2014, relativo al Fondo Marítimo y de la Pesca, estos planes podrán acogerse a financiación.

que pretenden alcanzar, controlar y verificar dicho objetivo, todo dentro de un calendario. Tales medida pueden consistir en la reducción de la actividad pesquera comercial o recreativa, la repoblación, las medidas estructurales para hacer los ríos transitables y mejorar los hábitats fluviales; todas ellas junto a otro tipo de medidas ambientales, el transporte de anguilas europeas desde aguas interiores a zonas donde puedan acceder de forma fácil al mar de los Sargazos, la lucha contra los depredadores, la desconexión temporal de las turbinas de las presas hidroeléctricas y otro tipo de medidas del ámbito de la acuicultura.

Para el correcto funcionamiento de estos planes, cada Estado miembro debería evaluarlos periódicamente e informar a la Comisión Europea sobre la efectividad y los resultados de la proporción de la biomasa de anguilas que llegan al mar para desovar, o la proporción de biomasa de anguilas que abandonan el territorio de dicho Estado como parte de una migración mar adentro para desovar, el nivel de esfuerzo pesquero dedicado anualmente a la captura de estos peces y la reducción efectuada de capturas, el nivel de los factores de mortalidad ajenos a la actividad pesquera (como puede ser la provocada por las turbinas hidroeléctricas o depredadores) y la reducción lograda de la misma, la cantidad de anguilas de menos de 12cm de longitud capturadas y la proporción de estas utilizadas para distintos fines.

Para conocer el estado de la anguila, es necesario conocer, a su vez, la totalidad de las capturas de anguila que se llevan a cabo en aguas interiores. Para ello, el artículo 10 del Reglamento establece que:

- “1. Los Estados miembros establecerán un sistema de control y de seguimiento de capturas adaptado a las circunstancias y al marco jurídico ya aplicable a la pesca en sus aguas interiores, que se ajustará a las disposiciones pertinentes establecidas en el Reglamento (CE) n° 2847/93.
2. El sistema de control y de seguimiento de capturas contendrá una descripción detallada de todos los sistemas de asignación de derechos pesqueros en cuencas fluviales de la anguila que constituyen hábitats naturales de la anguila según las hayan delimitado los Estados miembros de conformidad con el artículo 2, apartado 1, con inclusión de las aguas privadas.”

En este sentido, el artículo 11 del mismo Reglamento establece que:

- “1. A más tardar el 1 de enero de 2009, los Estados miembros establecerán la siguiente información relativa a las actividades pesqueras comerciales:

- una lista de todos los buques pesqueros que enarbolen su pabellón, autorizados a pescar anguilas en aguas comunitarias con arreglo al artículo 8, sin perjuicio de la eslora total del buque,
 - una lista de todos los buques pesqueros, entidades comerciales o pescadores, autorizados a pescar anguilas en cuencas pluviales de la anguila que constituyen hábitats naturales de la anguila según las haya delimitado los Estados miembros de conformidad con el artículo 2, apartado 1,
 - una lista de todas las lonjas u otros organismos o personas autorizados por los Estados miembros a llevar a cabo la primera fase de comercialización de la anguila.
2. Los Estados miembros establecerán periódicamente una estimación del número de pescadores deportivos y de sus capturas de anguilas.
 3. A petición de la Comisión, los Estados miembros proporcionarán la información mencionados en los apartados 1 y 2.”

Desde una perspectiva que refleja más claramente las políticas que se pretende implantar para la protección de la anguila puede decirse que los tres objetivos principales del Reglamento fueron los siguientes:

- “- limitar el esfuerzo pesquero hasta alcanzar niveles sostenibles para alcanzar el equilibrio de la pesca con las medidas de conservación;
- permitir a las anguilas maduras (las plateadas) llegar a sus zonas de ría y a las juveniles (las de cristal) migrar ríos arriba a sus hábitats de agua dulce (principalmente en Francia, pero también en el Reino Unido, España y Portugal);
- y
- repoblar los ríos europeos”

En diciembre de 2010 los Estados miembros decidieron prohibir el comercio con terceros Estados con motivo de la inclusión en 2009 de la especie en el Anexo B del Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo de 9 de diciembre de 1996⁶⁵ y desde 2018, se ha impuesto un cierre de las capturas de tres meses de duración tanto para la pesca profesional como para la recreativa, en todas las edades, lo que está en vigor en el Atlántico, Mar del Norte y Báltico, y en el Mediterráneo⁶⁶.

Por último, se debe garantizar el origen y la trazabilidad de los ejemplares vivos de anguila, ya sea en su tráfico interior o exterior de la Unión Europea, pues son relativamente comunes las falsificaciones de documentos de pesca e importación, para

⁶⁵ Acerca del impacto de dicha prohibición puede verse el Informe del European Commission Joint Research Centre (JRC) Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC) *Economic impact of eel trade ban – general trends*. de noviembre 2014. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c9c3bd60-ddf6-4993-a13e-5ebfd24178cf>

⁶⁶ https://ec.europa.eu/oceans-and-fisheries/ocean/marine-biodiversity/eel_en

así comprobar que se están siguiendo los criterios de conservación del Reglamento y hacer frente así a la pesca ilegal.

2. El derecho interno español y su aplicación por las fuerzas y cuerpos de seguridad del estado.

La aplicación en España de este marco normativo ya ha sido descrita anteriormente en gran parte al explicar cómo se implementa en nuestro país el derecho de la Unión Europea, el cual se integra bien a través de la transposición de Directivas mediante la aprobación y aplicación de las correspondientes normas nacionales (leyes y reglamentos estatales, normalmente de legislación estatal básica, y posteriores autonómicos o locales dentro del marco que supone la anterior), o bien aplicando directamente los Reglamentos (aunque en muchas ocasiones su aplicación requiere a norma previa de concreción de cómo y qué autoridad va a llevarla a cabo y en otras muchas los propios Reglamentos de la Unión Europea configuran un "ámbito de discrecionalidad" que se invita, u obliga, según los casos, a los Estados miembros a completar con su legislación, lo cual muchas veces también exige legislación básica estatal).

Las actuaciones se mueven necesariamente en el campo de la Administración de Aduanas que debe sujetarse a las leyes reguladoras de las infracciones administrativas y por tanto los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado pueden actuar también en el ejercicio independiente de sus funciones, como órgano de apoyo a inspectores de la Administración Central o Autonómica o como policía judicial y que, si bien en general los procedimientos esencialmente deben sujetarse a la legislación propia de las mismas, también deben hacerlo en el caso del CITES, más en concreto, a la reguladora de los procedimientos sancionadores administrativos y de los procesos penales en los términos en que se derivan de la Ley Orgánica 12/1995, de 12 de diciembre, de Represión del Contrabando⁶⁷, en la que confluyen el derecho sancionador administrativo y el penal, sin olvidar que también hay un tipo penal abstracto aplicable (el artículo 334 del Código Penal, que castiga estas conductas)⁶⁸ y que por Resolución de 4 de abril de 2018, de la

⁶⁷ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-26836>

⁶⁸ Artículo 334 (énfasis añadido):

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, se publicó el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de febrero de 2018, por el que se aprueba el Plan de Acción Español contra el Tráfico Ilegal y el Furtivismo Internacional de Especies Silvestres⁶⁹, un programa que ha dado sus frutos en la lucha contra el tráfico ilegal de anguila europea, tanto en territorio nacional como internacional, y en el que merece la pena detenerse.

2.1 El Plan de Acción Español contra el Tráfico Ilegal y el Furtivismo Internacional de Especies Silvestres.

Conocido también como Plan TIFIES, se centra en las medidas previstas para los Estados miembros por parte del Plan de Acción de la Unión Europea⁷⁰, lo que supone que la lucha contra el tráfico ilegal de animales depende de las medidas nacionales, lo que implica la adopción de medidas, tanto por el Derecho Administrativo como de Derecho Penal, sancionándose adecuadamente las conductas asociadas al tráfico ilegal de animales de carácter transnacional o vinculado al crimen organizado.

Para la salida adelante del Plan TIFIES se han visto involucrados cinco ministerios y un número importante de sus departamentos, enfocados en la optimización de los recursos con los que cuenta el Estado en la medida en como se dice en el apartado segundo del Acuerdo del Consejo de Ministros que lo adopta:

“Los Ministerios afectados procurarán la adopción de las medidas necesarias para la consecución de los objetivos establecidos en el Plan objeto de este acuerdo, en el marco de sus respectiva competencias y disponibilidades presupuestarias. Las

1. Será castigado con la pena de prisión de seis meses a dos años o multa de ocho a veinticuatro meses y, en todo caso, inhabilitación especial para profesión u oficio e inhabilitación especial para el ejercicio del derecho de cazar o pescar por tiempo de dos a cuatro años quien, contraviniendo las leyes u otras disposiciones de carácter general:

a) cace, pesque, adquiera, posea o destruya especies protegidas de fauna silvestre;

b) trafique con ellas, sus partes o derivados de las mismas; o,

c) realice actividades que impidan o dificulten su reproducción o migración.

La misma pena se impondrá a quien, contraviniendo las leyes u otras disposiciones de carácter general, destruya o altere gravemente su hábitat.

2. La pena se impondrá en su mitad superior si se trata de especies o subespecies catalogadas en peligro de extinción.

⁶⁹ <https://www.boe.es/boe/dias/2018/04/10/pdfs/BOE-A-2018-4891.pdf>

⁷⁰ Véase FAJARDO DEL CASTILLO, T. 2018. “El Plan de Acción español contra el tráfico ilegal y el furtivismo internacional de especies silvestres”. *Revista General de Derecho Animal y Estudios Interdisciplinarios de Bienestar Animal / Journal of Animal Law & Interdisciplinary Animal Welfare Studies – JAL&IAWS*. n.º 1.

medidas previstas en el Plan se llevarán a cabo con los medios personales de los que actualmente disponen las administraciones competentes, sin aumento en los gastos ni en las dotaciones de personal⁷¹.”

El Plan TIFIES se lleva a cabo gracias a la colaboración de la Autoridad Administrativa CITES, con el SEPRONA⁷² y la Sección de medio ambiente de la Fiscalía General del Estado⁷³; y constituirá el cumplimiento por parte de España del Plan de Acción de la Unión Europea, adoptando las prioridades del mismo y partiendo de cuatro objetivos para cada una de ellas.

Prioridad 1: Prevenir el tráfico ilegal y el furtivismo internacional de especies silvestres y atacar sus causas de origen implicando a las administraciones públicas y a la sociedad civil.

En cuanto a la primera prioridad, el Plan TIFIES hace énfasis en el papel a desempeñar por parte de las administraciones públicas y la sociedad civil. El primero de los objetivos fijados en este aspecto es el de realizar “campanas de sensibilización y adopción de medidas más restrictivas para el comercio de productos objetivo de furtivismo y tráfico ilegal como por ejemplo el marfil de elefantes, especímenes vivos de distintas especies, carnes exóticas, etc.” En este sentido, algunas de las medidas que se han llevado a cabo son, por ejemplo, que los consumidores pueden obtener toda la información necesaria en los puntos de venta legales de especies o consultar las páginas web de la Autoridad Administrativa CITES o del SEPRONA; que se han aprobado campañas de información en puntos de entrada como aeropuertos; y se realiza una labor de información y concienciación a través de los actores implicados en todas las fases del comercio legal, que deben ser conocedores de aquellas especies con las que está prohibido comercializar.

⁷¹ Véase la Resolución de 4 de abril de 2018, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de febrero de 2018, por el que se aprueba el Plan de Acción español contra el tráfico ilegal y el furtivismo internacional de especies silvestres, *BOE Núm. 87*, de 10 de abril de 2018, Sec. III, pg. 37365.

⁷² Véase QUIRÓS RODRÍGUEZ, J.M. 2014. “El papel del SEPRONA en la prevención e investigación de los delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales.” En *Encuentro sobre integrantes de la Carrera judicial y fiscal sobre delitos ambientales*. Sevilla: Foro de formación y estudios medioambientales del Poder Judicial en la Comunidad autónoma andaluza: Pg. 8.

⁷³ Así se pone de manifiesto en la Memoria de 2015 en la que se ha destacado en el caso de la Fiscalía de Sevilla las buenas relaciones con la Autoridad Nacional CITES y su servicio de inspecciones (SOIVRE), con respuestas en tiempo razonable, Memoria 2015. Pg. 30.

Para el objetivo 3, centrado en la implicación activa de los sectores empresariales, las autoridades españolas llevan a cabo encuentros con compañías y asociaciones de forma periódica, para explicar el Plan de Acción de la Unión Europea y pedir su colaboración y compromiso; y colaboran estrechamente con las ONGs para que estas desarrollen su función de informar, concienciar y perseguir el tráfico ilegal a través de la denuncia.

En cuanto a los objetivos 2 (“velar por que las comunidades locales de los países de origen de donde se extraen las especies silvestres, se impliquen en la conservación de la vida silvestre”) y 4 (“acabar con la corrupción asociada al tráfico ilegal y furtivismo internacional de especies silvestres”) se consideran los objetivos más difíciles de alcanzar debido a su dimensión exterior, ya que requieren de incentivar el desarrollo local en los países de origen mediante la promoción de programas de caza certificados con buenas prácticas y de asistencia para la lucha contra el furtivismo para el objetivo 2; y tratados bilaterales y/o multilaterales para luchar contra la corrupción como delito asociado al tráfico ilegal de animales para el objetivo 4.

Prioridad 2: Aplicar y hacer cumplir más efectivamente las normas existentes y combatir con más eficacia los delitos organizados contra las especies silvestres.

Para esta segunda prioridad, la cual posee un carácter transfronterizo y requiere de un carácter estratégico y prioritario por parte de los Estados miembro, el Plan TIFIES cree necesario distinguir entre marco normativo y marco institucional. Respecto al primero de ellos, España asume el compromiso de realizar “una evaluación preliminar para determinar si el marco legislativo vigente para combatir estas actividades ilegales resulta adecuado para el cumplimiento de los objetivos estratégicos del Plan de Acción”, siendo este el primer objetivo relativo a la prioridad 2 del Plan.

En cuanto a la lucha contra el tráfico ilegal de especies de flora y fauna, el marco normativo nacional es un marco complejo en donde convergen varios grupos normativos que provienen desde el Derecho Administrativo, compuesto por un conjunto normativo nacional, autonómico y local; y desde el Derecho Penal, con disposiciones del Código Penal (en adelante CP) y de la Ley de Contrabando. Si nos trasladamos al CP, la última reforma por parte de la Ley Orgánica 1/2015, de 30 de marzo, hizo el marco normativo español más estricto que el europeo al establecer medidas más restrictivas y por la

interpretación adoptada por la Fiscalía española que ocasionó una aplicación más progresista.

Un problema que emerge de este sistema de doble vía es que, en determinados casos, la solución por vía administrativa sobre la vía penal depende de circunstancias que se ajustan más a la voluntad de favorecer una solución rápida, menos costosa y más sencilla, teniendo en cuenta además la tendencia a la resistencia de los jueces a proteger el medio ambiente a través del Derecho Penal⁷⁴.

Otros problemas que tiene España es la carencia de una legislación sancionadora propia para los especímenes CITES y que para su protección nos encontremos a caballo entre la Ley de Contrabando y el CP. Además, existen algunas conductas problemáticas que no se encuentran reguladas, como es el caso de la no devolución de los documentos y certificados CITES, lo que origina que dicha documentación se utilice para blanquear especímenes silvestres.

En relación al marco institucional el Plan TIFIÉS plantea su objetivo segundo relativo a esta prioridad, el de “potenciar la capacidad de todos los eslabones de la cadena coercitiva y del poder judicial⁷⁵”, y para ello, la coordinación de los organismos nacionales competentes en casos de supuestos delictivos recae sobre la Sección de Medio ambiente de la Fiscalía General del Estado, cumpliéndose así con la previsión del Plan de Acción de la UE por la que cada Estado miembro debe establecer un mecanismo de coordinación. En este sentido también se establece la Oficina Central Nacional de análisis de información sobre actividades ilícitas medioambientales dentro de la estructura del SEPRONA.

Continuando en el marco institucional, también se establece el objetivo tercero consistente en luchar eficazmente contra la delincuencia organizada, formando para ello a especialistas contra este fenómeno delictivo y delitos relacionados como la

⁷⁴ Véase FARMER, A., FAURÉ, M. y VAGLIASINDI, G.M. (Eds.) 2017. *Environmental Crime in Europe, Modern Studies in European Law*. Londres: Hart Publishing. Pgs. 319-332.

⁷⁵ Concretamente, el Plan TIFIÉS desarrolla que:

Para ello, se actuará a nivel nacional para mejorar la cooperación, la coordinación, la comunicación y el flujo de datos entre agencias competentes, así como mediante el intercambio de las mejores prácticas con otros países de la UE. En este sentido, se perfeccionará, los conocimientos sobre asuntos relacionados con el tráfico ilegal y el furtivismo internacional de especies silvestres y sus fuentes de financiación; y por ello, se llevará a cabo una formación especializada y continuada del personal encargado de su persecución.

ciberdelincuencia y el blanqueo de capitales. En orden al objetivo cuarto, se refuerza la cooperación internacional para asistir a los países de origen, una función que tanto la Fiscalía de Medio ambiente, la Autoridad Administrativa CITES y el SEPRONA llevan realizando años, formando a las autoridades judiciales, administrativas y policiales de países vecinos.

Por último, uno de los problemas de la Convención CITES que las instituciones intentan paliar (con recursos muy limitados) es el relativo al destino de aquellos especímenes decomisados en los Estados miembro, que ocasionalmente quedan bajo custodia de los mismos infractores o son sacrificados debido a su mal estado y la imposibilidad de recuperarlos y devolverlos a su hábitat de origen. Las Autoridades Administrativas CITES cuentan en España con una ordenación administrativa⁷⁶ que les permite disponer de centros de rescate e instalaciones para su custodia, pero estas, además de insuficientes, solo pueden atender a determinados tipos de animales.

Prioridad 3: Reforzar la asociación mundial de países de origen, consumo y tránsito contra el tráfico ilegal y furtivismo internacional de especies silvestres.

Para la última prioridad del Plan de Acción europeo, el Plan TIFIES prevé objetivos conexos los cuales dependen de la cooperación internacional para llevarlos a cabo, una cooperación en la que España lleva trabajando algunos años. Como primer objetivo para esta prioridad el Plan TIFIES señala que “adoptarán una serie de medidas para aumentar la ayuda técnica y financiera a países en desarrollo en su lucha contra el tráfico ilegal y el furtivismo internacional de especies silvestres, así como para conseguir que tal ayuda resulte más eficaz y sea utilizada de forma más estratégica.”

Como segundo objetivo nos encontramos con la necesidad de reforzar la asociación mundial con los países de origen, consumo y tránsito, aludiendo a los instrumentos diplomáticos donde nos encontramos medidas como la creación de una red de puntos de contacto en las delegaciones de la Unión Europea y en las embajadas de los países pertinentes, pudiendo recurrir a la Red de Diplomacia Verde la cual asumiría las acciones de los cuerpos diplomáticos de los Estados miembros. Un marco institucional de acción exterior donde el tráfico ilegal de especies se incluiría “sistemáticamente en el

⁷⁶ Concretamente el Real Decreto 1333/2006, de 21 de noviembre, por el que se regula el destino de los especímenes decomisados de las especies amenazadas de fauna y flora silvestres protegidas mediante el control de su comercio.

orden del día de los diálogos de los políticos y sectoriales y de las reuniones de alto nivel con los principales países o regiones terceros.”

El tercer objetivo se centra en el vínculo entre el tráfico y las amenazas a la seguridad de la sociedad civil de los terceros países afectados por el comercio ilegal, y por último, el cuarto objetivo de esta prioridad, consiste en reforzar los esfuerzos multilaterales para luchar contra el tráfico ilegal haciendo uso de “los procesos bilaterales y multilaterales existentes en los acuerdos y foros internacionales para mantener este problema en la agenda mundial, renovar el compromiso político y controlar el cumplimiento de los compromisos.

En esta línea, tanto la UE como España llevan años trabajando, en concreto con el sistema CITES y con Interpol, particularmente en el Programa de Seguridad Ambiental. Las agencias e instituciones de la UE también colaboran con instituciones mundiales como la UNODC o la Organización Mundial de Aduanas; y participa en iniciativas como el *International Consortium on Combating Wildlife Crime (ICCWC)*.

Por otro lado, la Comisión Europea proporciona recursos para programas para la lucha contra el crimen ambiental transnacional, surgiendo de ello programas como MIKES de Interpol contra el comercio ilegal de vida silvestre o el UNODC *Global Programme for Combating Wildlife and Forest Crime*. Por último, es importante señalar y destacar la función que el SEPRONA lleva a cabo para la cooperación internacional con las instituciones europeas e internacionales como Europol⁷⁷.

2.2. La respuesta de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado contra el tráfico ilegal de anguila europea.

España es el principal país en la lucha europea contra el tráfico ilegal de anguila europea, siendo la Guardia Civil quien lidera en Europa desde el año 2012 las principales operaciones contra las redes de tráfico cuya principal actividad es la de comercializar

⁷⁷ Véase ZAFRA ESPINOSA DE LOS MONTEROS, R. 2010. “Implicaciones del Tratado de Lisboa en la lucha contra la delincuencia organizada.” *Revista General de Derecho Penal*. Núm. 14, págs. 1-36.

ilícitamente con esta especie protegida, cubriendo todo el abanico de actividades: desde la captura en los ríos hasta la exportación a terceros países, pasando por el comercio ilegal.

La anguila europea es una especie que se exporta ilegalmente en su fase de angula principalmente hacia países asiáticos, donde ceban a los especímenes en granjas para su posterior consumo, ya sea como anguila ahumada, fileteada o en crudo; pudiendo retornar al mercado europeo como producto elaborado para consumo humano o producto congelado.

El principal *modus operandi* de los grupos criminales es el de mover los especímenes dentro de maletas como equipaje en vuelos comerciales. Estas mafias embolsan grandes cantidades de angulas vivas en agua dentro de bolsas de plástico, las introducen dentro de maletas y contratan vuelos comerciales hacia China. Una vez engordada y en fase de anguila, a la hora de retornar la mercancía lo más común es declararla falsamente como especies legales [por ejemplo como mújol (*Mugil cephalus*) o pulpo común (*Octopus vulgaris*)], un movimiento difícil de detectar cuando se presenta como producto congelado o fileteado, ya que a simple vista no puede certificarse la especie del producto.

De las primeras operaciones llevadas a cabo por la Guardia Civil contra el tráfico de anguila europea, cabe destacar la operación “SUCULENCIAS” en 2014, en donde se incautaron alrededor de 750 kilos de angulas con un valor de medio millón de euros, las cuales iban a ser exportadas ilegalmente hacia Asia. En este caso, los 13 detenidos establecieron una infraestructura en Portugal con el objetivo de evitar los controles en España. Tras recoger los especímenes de diferentes puntos de Andalucía y Extremadura eran trasladados por carretera en cantidades pequeñas, para evitar incautaciones importantes, hacia Lisboa, donde se preparaban para su envío donde se presentaban en las aduanas portuguesas con documentación falsa (haciéndolo pasar por mercancía legal como panga o bacalao) para su envío vía aérea.

En 2016 destaca la operación “BLACK GLASS”, la primera operación donde se vieron involucrados ciudadanos chinos que operaban directamente en nuestro país. En esta operación se incautaron 696 kilos de angulas cuya intención era la de enviarlas hacia China mediante el uso de “mulas” las cuales llevaban la mercancía en maletas como equipaje en vuelos regulares. En estas maletas, los especímenes pueden mantenerse vivos

hasta 40 horas, siendo transportadas en bolsas llenas de agua junto a botellas congeladas para refrigerarlas; aun así, se estima que el 10% de las angulas no llegan vivas a su destino.

En 2017, los agentes de la Guardia Civil llevaron a cabo la operación “ABAIA”, siendo hasta entonces el mayor golpe contra el tráfico ilegal de anguila, confirmando la importancia de este negocio ilegal. En el marco de esta operación se incautaron alrededor de 1.200 kilos de angulas vivas y se vieron involucrados más de 20 personas que constituían una organización criminal que, con la ayuda de una empresa dedicada al sector de las angulas, construyeron un entramado de empresas fantasma, afectando hasta cinco países de la Unión Europea que, finalmente, desde Grecia enviaban importantes partidas hacia Asia Oriental.

En el año 2018 se logró dismantelar otro grupo criminal dedicado a la exportación ilegal de angulas dentro de la operación “ELVER”. Este grupo criminal operaba en nuestro país desde el año 2016, formando una red criminal de origen chino, perfectamente organizado y asentado en España que cubría todo tipo de envíos ilegales, desde pequeñas cantidades en maletas hasta grandes partidas con centenares de kilos, estimándose que este grupo criminal ha sido responsable de la salida de más de 5 toneladas de angula con un valor de mercado de 38 millones de euros. La principal novedad en este caso es que la contundencia de las pruebas obtenidas permitió el ingreso en prisión de los implicados.

En el año 2019, en el marco de la operación “FAME” se incautaron alrededor de 400 kilos de angulas en posesión de un grupo que se encargaba de introducir angulas no declaradas desde Francia que, junto a otras obtenidas legal e ilegalmente en ríos de Asturias y del País Vasco, eran enviadas en taxi hacia Portugal desde donde eran enviadas ilegalmente en avión mediante “mulas” hacia países asiáticos. Dentro de esta operación, se detuvo a otro grupo criminal el cual enviaba cantidades más grandes de angulas las cuales se declaraban otro tipo de mercancía legal, incluso camufladas dentro de barriles de cerveza.

También en 2019 se culmina con la operación “LAKE”, en marcha desde el año anterior, en donde se desarrolló un servicio en todas las comunidades autónomas costeras con el propósito de cubrir todas las variantes ilícitas vinculadas a la pesca de angulas y controlar equipajes y mercancías en puertos y aeropuertos internacionales, además de la

investigación de redes de ciudadanos asiáticos asentados en Europa. En esta operación se contó con la colaboración de ocho Estados Miembro de la Unión Europea como Portugal, Francia, Italia, Reino Unido, Países Bajos y Suecia, culminando con un balance de 154 detenidos y 5.789 kilos de angulas intervenidas.

Por último, en julio de 2019, los agentes de la Guardia Civil incautan 2.296 especímenes pertenecientes a 70 especies de fauna protegida, dentro de la operación “CELACANTO”, donde se consiguen desarticular redes de tráfico que comercializaban con multitud de especímenes ilegales, desde colmillos de marfil de elefante africano, hasta caparazones de tortuga carey, pieles de linco boreal y, lo que nos ocupa, anguila europea.

Es en la primera fase de esta operación la centrada en el tráfico ilegal de anguila europea, coordinada a nivel europeo por Europol, y a nivel internacional por Interpol y que se enfocaba en la localización de carne de anguila europea retornada al mercado europeo tras su salida a través del mercado ilegal. Durante esta fase se llevaron a cabo un total de 196 inspecciones en locales de alimentación y restauración de donde se obtuvieron 51 muestras para su remisión y posterior análisis, resultando que 4 de ellas fueron identificadas como *Anguilla anguilla*, lo que supuso la posterior investigación para localizar a los implicados.

Antes de finalizar hay que destacar que es en mayo 2019 cuando se publica la primera sentencia contra este tipo de tráfico ilegal, declarándose culpables a 5 personas y 3 empresas con penas que ascienden a los 23 meses de prisión y 1,5 millones de euros en multas.

CAPÍTULO 2:

LA GENÉTICA FORENSE NO HUMANA COMO HERRAMIENTA DE DETECCIÓN DEL TRÁFICO ILEGAL DE ESPECIES ANIMALES

Además del adecuado marco normativo y organizativo, es necesario el uso de otro tipo de herramienta para la persecución e investigación de delitos. En las últimas décadas, una de las herramientas que más rápidamente se ha desarrollado, se ha integrado en el sistema judicial y que más ha aportado en este sentido es la genética forense, la cual se ha convertido en un instrumento indispensable en la investigación policial, sobre todo en casos de delitos contra las personas, delitos contra la libertad sexual o para determinar la filiación parental tanto en procesos penales como civiles, e incluso administrativo para los supuestos de utilización de recursos genéticos, regulados en el artículo 72 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

La genética forense es una disciplina que se encuentra en desarrollo continuo, encontrando cada día nuevas utilidades, pudiendo ser muy interesante para la investigación de otros delitos, como el de tráfico ilegal de animales, donde puede aportar grandes posibilidades, las cuales se expondrán en los siguientes apartados. Antes de llegar a este punto, es necesario exponer brevemente las bases de esta disciplina.

Se trata de una disciplina de la biología que se centra en el estudio de los genes, aquellas porciones de ADN que contienen información sobre el funcionamiento celular y también se refieren a los mecanismos de transmisión de aquellos caracteres hereditarios⁷⁸. A su vez, opera con numerosas subdivisiones relacionadas con otros campos como las ciencias de la salud, la arqueología, la antropología forense, la biotecnología, evolución, biología de la conservación, etc.

El origen de esta especialidad nace a raíz de los estudios publicados por Mendel⁷⁹ en el año 1866 que tuvieron un gran impacto en la ciencia desde el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ácido desoxirribonucleico o ADN⁸⁰ en 1953. Desde

⁷⁸ Véase RICO, Y. 2019. "Herramientas genéticas para proteger a la naturaleza." *Ecofronteras*, vol. 23, núm. 66, págs. 30-33.

⁷⁹ MENDEL, G. 1866. "Experimentos en la Hibridación de las Plantas". Negociaciones de la Asociación de Historia Natural de Brno, vol. IV para el año 1865, tratados, 3.

⁸⁰ Véase DEWEY WATSON, J. y COMPTON CRICK, F.H. 1953. "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid." *Nature* 171: 737-738.

entonces y a raíz de una serie de eventos clave, como las técnicas de secuenciación del ADN⁸¹ en 1976 y la reacción en cadena de la polimerasa o PCR⁸² (de sus siglas en inglés *Polymerase Chain Reaction*) en 1983 -que se detallará más adelante-, se fueron construyendo las bases de biotecnología y bioingeniería genéticas a lo largo de las últimas tres décadas, permitiendo la consolidación de la genética forense, que se puede definir como la especialidad que aglutina las aplicaciones de las técnicas de genética molecular centradas en el análisis y estudio de los polimorfismos del ADN y en la identificación de los individuos, razas o especies para el apoyo a la justicia en resoluciones judiciales⁸³.

Debido al uso expansivo durante dichas tres últimas décadas de las técnicas de carácter genético en el ámbito judicial en lo referente al aporte de evidencias y pruebas judiciales, se piensa que la genética forense solamente se asocia a determinados tipos de casos, como la filiación parental o la identificación genética del autor o de la víctima en base a las evidencias encontradas en la escena de un crimen.

Pero esta situación ha ido cambiando en los últimos quince años al surgir una nueva disciplina llamada genética forense no humana, de la cual debemos ocuparnos para examinar su utilidad para combatir el comercio ilegal de especies.

Los primeros casos de utilización de la genética forense animal se debieron a la necesidad de resolver cuestiones donde las víctimas eran humanas, pero se involucraban muestras biológicas no humanas, como pueden ser los casos de ataques de animales a personas⁸⁴, y donde se utilizan evidencias obtenidas de las mascotas tanto de víctimas como de sospechosos, para poder resolver el caso. A lo largo del último lustro, esta disciplina ha ido evolucionando independientemente de la genética humana, de manera que puede ser definida como “la aplicación de técnicas y teorías genéticas en asuntos legales que involucran materiales biológicos de origen animal o vegetal⁸⁵.”

⁸¹ Véase MAXAM, A. y GILBERT W. 1977. “A new method for sequencing DNA.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2 (74).

⁸² Véase MULLIS, K. *et al.* 1986. “Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction.” *Cold Spring Harbor Symposio on Quantitative Biology*. Núm. 51, vol. 1, págs. 263-73.

⁸³ Véase GIOVAMBATTISTA, G. y PERAL GARCÍA, P. 2015. “Introducción a la Genética Forense No-Humana,” en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata. Págs. 6-31.

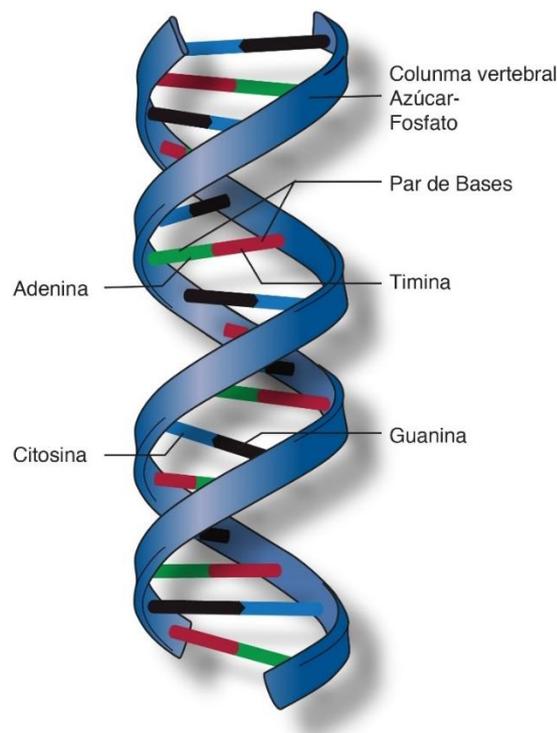
⁸⁴ Véase MENOTTI-RAYMOND, M.A., DAVJR, V.A. y O'BRIEN, S.J. 1997. “Pet cat hair implicates murder suspect.” *Nature*.386: 774.

⁸⁵ Véase Animal Forensic Workshop, ISAG (International Society for Animal Genetics) Conference 2008, Amsterdam, The Netherlands.

Trasladando esta disciplina al comercio ilegal de especímenes animales o sus productos o derivados, y su utilidad, e incluso necesidad, deriva de que en muchas ocasiones la inspección ocular de mercancías ilegales no es suficiente para saber si se trata de especímenes que pertenecen a especies amenazadas, por lo que, gracias al desarrollo de herramientas genéticas se ha facilitado la identificación de plantas y animales con una pequeña muestra de tejido. Debido al constante desarrollo de este tipo de herramientas genéticas pueden diseñarse estrategias de conservación de la biodiversidad y de investigación y persecución del tráfico ilegal de animales, como el que plantea el presente texto en relación con el tráfico ilegal de la Anguila europea.

I. LA LOCALIZACIÓN Y LA UTILIDAD DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA.

Para simplificar, puede decirse que el ADN está constituido por dos cadenas formadas por los nucleótidos, que están integrados por un azúcar (la desoxirribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina y timina). Cada base nitrogenada enlaza únicamente con otro tipo de base (adenina con timina y citosina con guanina), y esta unión se da entre el grupo fosfato y el azúcar mediante enlaces fosfodiéster, lo que origina el esqueleto de la molécula; de modo que una hebra de ADN enlaza con la otra organizándose en pares de nucleótidos apareados a lo largo de la doble hélice.



86

La información genética perteneciente a un organismo formado por células eucariotas⁸⁷ cuenta con miles de millones de pares de bases nitrogenadas que forman el ADN nuclear, mientras que una pequeña porción se encuentra en las mitocondrias. Este ADN nuclear se hereda a partes iguales tanto de la parte paterna como de la parte materna

⁸⁶ Representación de una cadena de ADN y las bases nitrogenadas. Extraído de National Human Genome Research Institute. Recuperado el 25 de enero de 2022 de <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Doble-helice>

⁸⁷ Células donde destaca la presencia de un núcleo celular organizado donde se contiene el material genético hereditario.

según las leyes de Mendel. Sin embargo, el ADN mitocondrial es de herencia únicamente materna, debido a que el óvulo es el que proporciona las mitocondrias al futuro cigoto⁸⁸.

El ADN nuclear está estructurado secuencialmente para codificar productos secundarios, como el ARN o las proteínas, que tendrán una determinada función, denominadas ADN codificante. El ADN restante lo conforman secuencias que no realizan esas funciones y se le conoce como ADN no codificante.

En cuanto al ADN mitocondrial (ADNmt), como su propio nombre indica, se encuentra dentro de las mitocondrias de la célula y posee características que lo hacen muy útil para estudios evolutivos y de identificación, como su herencia de parte de madre (este ADN no sufre recombinación, por lo que todos los individuos emparentados por vía materna comparten el mismo ADNmt), alto número de copias por sujeto, alta tasa de mutación y completa caracterización de su genoma. El ADNmt es en el que se basa la totalidad de estudios para la identificación de especies animales y su análisis se centra en la amplificación de regiones de interés que se seleccionan dependiendo del análisis a realizar, y que posteriormente son secuenciadas para poder ser comparadas.

De la totalidad del ADN, solo una pequeña parte está formada por secuencias codificantes, en las cuales se encuentran los genes que constituyen la unidad funcional y fundamental de la herencia genética; secuencias que, por lo general, sufren pocas variaciones con alguna excepción. Por otro lado, el ADN no codificante admite un mayor nivel de variaciones en comparación con las regiones del ADN codificante. Dentro de éste, podemos encontrar el ADN de copia múltiple (secuencias repetitivas), y a su vez, dentro de estas, se encuentran las secuencias de ADN en Tándem, que se caracterizan por la presencia de una secuencia de dos o más pares de bases de ADN que se repiten de tal manera que en las repeticiones se encuentran uno al lado de otro en el cromosoma de forma continuada a lo largo de un fragmento de ADN.

Estas secuencias son los llamados microsatélites, secuencias de ADN constituidas por repeticiones de motivos nucleótidos de 1 a 6 pares de bases⁸⁹, cuya variación en el

⁸⁸ Véase VILLEGAS, E.E. *et al.* 2015. “Métodos de genotipificación” en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata. Págs. 54-101.

⁸⁹ Véase HANCOCK, J.M. 1999. “Microsatellites and other simple sequences: genomic context and mutational mechanism,” en Daniel B. Goldstein y Christian Schlötterer (eds.) *Microsatellites, evolution and applications*. Oxford University Press. Págs. 1-10.

número de repeticiones (no en la secuencia repetida) origina los llamados alelos⁹⁰. Estas secuencias son muy variables y se conocen también como STR (*Short Tandem Repeats*), que se distribuyen tanto en regiones codificantes como no codificantes y se caracterizan por ser altamente polimórficos en cuanto a su longitud⁹¹. Este alto grado de polimorfismos se debe a su alta tasa de mutación la cual se atribuye a eventos de inserción y delección durante la replicación del ADN.

Estos microsatélites “pueden estar compuestos por repeticiones del mismo nucleótido (mononucleótidos, por dos (dinucleótidos), por tres (trinucleótidos) y así hasta seis nucleótidos (hexanucleótidos)⁹².” A su vez, si estos microsatélites están compuestos por un motivo único son llamados puros, mientras que los conformados por dos o más motivos son los llamados compuestos; además, nos podemos encontrar con los llamados interrumpidos cuando un nucleótido o más se inserta en alguna parte de la repetición⁹³.

La variación en el número de unidades de repetición es lo que propicia el grado de variabilidad de los microsatélites, en este sentido los microsatélites mono y dinucleótidos al ser más abundantes y poseer una mayor tasa de mutación, son los más apropiados para diferenciar individuos dentro de una misma población; mientras que los microsatélites trinucleótidos en adelante son los indicados para la determinación de una especie debido a su menor variabilidad.

⁹⁰ Se entiende por alelo a cada una de las formas alternativas que puede tener un mismo gen (unidad de información de ADN que codifica un producto genético) manifestándose en modificaciones concretas de carácter heredable, como podría ser el color de ojos.

⁹¹ Véase ZANE, L., BARGELLONI, L. y PATARNELLO, T. 2002. “Strategies for microsatellite isolation: a review.” *Molecular Ecology*. Núm. 11, págs. 1-16.

⁹² VAZQUEZ LOBO TURÉN, A. y MORALES GARCÍA, A.E. 2014. “Microsatélites” en Amelia Cornejo Romero, Alejandra Serrato Díaz, Beatriz Rendón Aguilar y Martha Graciela Rocha Munive (eds.) *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*. Pág. 76.

⁹³ SCHLÖTTERER, C. 2000. “Evolutionary dynamics of microsatellite.” *Chromosoma*. Núm. 109, págs. 365-371.



94

Estos STR se encuentran en todos los cromosomas, lo que posibilita su gran aplicación en el campo de la identificación genética. Concretamente son los cromosomas autosómicos⁹⁵ los que posibilitan la individualización, lo que quiere decir que se discrimina un individuo de otro a partir de un grupo específico de STR, ya que debido a su gran variabilidad es imposible la existencia de dos sujetos donde coincidan cada sistema STR analizado.

Actualmente los STR se utilizan como marcadores moleculares, ya que se encuentran en lugares específicos del genoma y son fáciles de destacar mediante técnicas como la PCR (además de otras que se desarrollarán más adelante). Existen kits comerciales que pueden realizar simultáneamente el análisis de estos marcadores moleculares, generando un perfil genético que permite realizar las comparaciones necesarias para lograr la identificación de un sujeto y la generación de bases de datos genéticos.

⁹⁴ Representación de los microsatélites STR. Extraído de GUTIÉRREZ, D. 2013. *STRs*. Ciencias Forenses. El punto de vista molecular en un click. Recuperado el 24 de enero de 2022 de <https://forensemolecular.es/tl/STRs.htm>

⁹⁵ Se entiende por cromosoma a cada una de las estructuras organizadas formadas por ADN y proteínas que contiene la mayoría de la información genética que se encuentran en el núcleo de las células eucariotas, siendo los cromosomas autosómicos aquellos que no son de carácter sexual. Por ejemplo, en las células del ser humano nos encontramos con 23 pares de cromosomas, del par 1 al 22 tenemos los cromosomas autosómicos o autosomas, correspondiendo al par 23 los cromosomas sexuales X e Y llamados heterocromosomas y que son los que participan en la determinación del sexo, por lo que si el par 23 lo constituyen dos cromosomas X el sexo es femenino y si lo constituyen un cromosoma X más un cromosoma Y el sexo es masculino.

Además del estudio de los STR, actualmente existen otros tipos de juegos de polimorfismos que se estudian en el ámbito forense⁹⁶, como son los *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP), la clase más abundante de polimorfismos, que consisten en cambios puntuales dentro de una secuencia de ADN, unos microsatélites de gran utilidad debido a que poseen una baja tasa de mutación ya que pueden amplificarse en fragmentos de ADN de entre 40 y 50 pares de bases, facilitando el análisis de material genético degradado. También se pueden identificar polimorfismos de la región de control y de regiones codificantes del ADN mitocondrial, que sirven de base para la identificación de especies animales y vegetales y en la que nos centraremos en este texto.

1. La identificación genética de especies.

La identificación de especies mediante la genética se basa principalmente en aislar y analizar los marcadores de ADN que presentan variaciones entre especies pero que se conservan de forma general dentro de estas. En animales, los marcadores más utilizados son las que corresponden a las regiones genéticas que se encuentran dentro del ADNmt. Este tipo de material genético, comparado con el correspondiente al ADN nuclear, es más pequeño, aunque existen miles de copias de este, lo que nos permite hacer extracciones de ADN a partir de muestras que se encuentran altamente degradadas, contaminadas, procesadas o con un escaso material celular, algo muy común dentro de la genética animal.

Los haplotipos⁹⁷ mitocondriales (un conjunto de SNPs) resultan ser de una gran utilidad en la identificación de especies debido a que no sufren recombinaciones y se heredan uniparentalmente. En consecuencia, se origina una diversidad intraespecífica reducida ya que las especies se encuentran normalmente aisladas reproductivamente, lo que hace que el ADNmt sea de gran utilidad para la identificación de especies. La tasa de mutación elevada, si se compara con los genes pertenecientes al ADN nuclear, resulta en

⁹⁶ Véase ROEWER, L. 2013. "DNA fingerprinting in forensics: past, present, future". *Investigative Genetics*. Núm.4, págs. 22.

⁹⁷ Conjunto de variaciones de alelos o polimorfismos de nucleótidos sencillos (SNPs) que tienden a ser transmitidos/heredados juntos.

una acumulación de mutaciones puntuales suficientes para la discriminación entre especies que se encuentran estrechamente relacionadas.

Una de las prácticas más comunes dentro de la genética forense no humana, es la de identificar, en muestras de origen animal u otras como ropa o utensilios de cazadores furtivos, la especie protegida de la que proviene. En este aspecto, los pasos fundamentales en la identificación de especies son: (I) elegir la secuencia de ADN a analizar, (II) obtener información genética del espécimen o muestra provista para el análisis, (III) comparar el resultado con secuencias de referencia y (IV) validar la correspondencia o “match”⁹⁸.

- El primer eslabón es la elección del fragmento de ADNmt el cual debe tener suficiente información genética. Esto se debe al grado de polimorfismo inter-específico de dicho gen y la cantidad de información de la que se dispone como referencia en las bases de datos. Como se verá posteriormente, los genes más utilizados para este fin son los genes mitocondriales COI, cyt b y 16S rRNA. El diseño de este paso se basa entonces en la secuencia de ADNmt a estudiar. La extracción de ADN precede a la reacción de la PCR y sigue con una reacción de secuenciación, con ello se obtiene la información genética requerida para el análisis y posterior identificación, lo que corresponde al segundo paso del proceso.

- Deteniéndonos en la ampliación por PCR, para que el ADN pueda replicarse dentro de esta reacción es indispensable el uso de cebadores o *primers*⁹⁹. Estos *primers* aparean las regiones de un gen idéntico entre especies emparentadas (en nuestro caso de los genes de interés anteriormente mencionados) para amplificarlo de modo que flanquean aquellas regiones que varían entre especies para así poder identificarla, pudiéndose usar otras técnicas¹⁰⁰.

- El tercer paso es el de la comparación de los resultados obtenidos con otras secuencias de referencia. Lo más recomendable es la obtención de estas referencias utilizando material conocido provisionado por especialistas que certifiquen la identidad

⁹⁸ Véase D'AMANTO, M.E. 2015. “Identificación especie-específica en tráfico de fauna silvestre” en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata, págs. 186-222.

⁹⁹ Véase la primera publicación sobre *primers* universales para genes mitocondriales KOCHER, T.D. *et al.* 1989. “Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved *primers*.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Núm. 86, vol. 16, págs. 6196-200.

¹⁰⁰ Véase POSIK, D.M. *et al.* 2015. “Identificación especie-específica en animales domésticos” en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata, págs. 163-185.

de las muestras, siendo lo más frecuente en la práctica la utilización de referencias existentes en bases de datos como BOLD¹⁰¹ o GenBank.^{102 103} Una vez se realizan las comparaciones en las bases de datos, estas nos ofrecerán los resultados pertinentes pudiendo determinarse la especie a la que pertenece la muestra que se ha analizado.

2. El proceso de determinación del origen geográfico de especímenes.

Es importante remarcar también, respecto a los marcadores, que el análisis de la distribución geográfica de la diversidad genética de una especie es primordial para el diseño de estrategias de conservación y lucha contra el tráfico de animales. El análisis de la distribución geográfica de los linajes mitocondriales dentro de una misma especie es conocido como filogeografía¹⁰⁴, siendo cyt b y D-loop las secuencias mitocondriales más utilizadas en este campo de estudio.

Los primeros estudios publicados sobre métodos de asignación de individuos a poblaciones se basaban en el uso de frecuencias alélicas¹⁰⁵ existentes en grupos predeterminados para determinar la probabilidad de un que un genotipo pertenece a estos grupos¹⁰⁶. Un método más novedoso hace uso de datos genotípicos y distribución geográfica de frecuencias alélicas para así deducir regiones geográficas que aún no han sido muestreadas, de modo que es posible asignar regiones geográficas de las que aún no se tiene información a muestras de origen desconocido; un método utilizado para la determinación de la zona de origen de marfil africano confiscado¹⁰⁷.

¹⁰¹ Barcode of Life Data. Véase <http://www.boldsystems.org/>. Véase RATNASINGHAM, S. y HEBERT, P.D.N. 2007. "BOLD: The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org)" *Molecular Ecology Notes* 7(3):355-364. doi: 10.1111/j.1471-8286.2007.01678.

¹⁰² <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>.

¹⁰³ Véanse MEIKLEJOHN, K.A., DAMASO, N. y ROBERTSON, J.M. 2019. "Assessment of BOLD and GenBank – Their accuracy and reliability for the identification of biological materials." *PLoS ONE* 12(6):e0217084. doi: 10.1371/journal.pone.0217084; PENTINSAARI, M., RATNASINGHAM, S., MILLER S.E. y HEBERT, P.D.N. 2020. "BOLD and GenBank revisited – Do identification errors arise in the lab or in the sequence libraries?" *PLoS ONE* 15(4): e0231814. doi: 10.1371/journal.pone.0231814.

¹⁰⁴ Véase AVISER, J.C. *et al.* 1987. "Intraspecific Phylogeography: The Mitochondrial DNA Bridge Between Population Genetics and Systematics." *Annual Review of Ecology and Systematics*.18: 489-522.

¹⁰⁵ La frecuencia alélica hace referencia a qué tan común es un alelo dentro de una determinada población, lo cual se determina contando las veces que este alelo aparece en dicha población y dividiendo esta cifra entre el número total de copias del gen.

¹⁰⁶ Véase PAETKAU, D. *et al.* 1995. "Microsatellite análisis of population structure in Canadian polar bears." *Molecular Ecology* 4 (3): 347-354. doi:10.1111/j.1365-294X.1995.tb00227.x

¹⁰⁷ Véase WASSER, S.K. *et al.* 2008. "Combating the illegal Trade in African Elephant Ivory with DNA Forensics." *Conservation Biology* 22 (4): 1065-1071. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01012.x

II. EL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN GENÉTICA DE ESPECIES ANIMALES.

1. *Los marcadores genéticos y genes de interés.*

Como se desarrolla en el apartado anterior, el primer paso para la identificación genética es escoger los marcadores genéticos adecuados para aislarlos y analizarlos. A diferencia de la identificación humana, donde los marcadores genéticos que se estudian son aquellos que se alojan en el ADN nuclear, para la identificación de especies movemos el foco hacia el ADN mitocondrial. Como antes se ha avanzado, la mitocondria es un pequeño orgánulo que se encuentra dentro de las células y que se encargan principalmente de proporcionarle energía, haciéndola indispensable para la vida¹⁰⁸; y el ADN que se encuentra dentro de ellas se encarga de codificar las proteínas necesarias para el funcionamiento mitocondrial. Todos los seres vivos realizan esta función metabólica, lo que explica que el ADNmt se encuentre en la totalidad de especies animales y vegetales; pero cada especie demanda una producción de energía diferente, encontrando aquí las diferencias entre estas y que queda reflejada en los genes mitocondriales.

Una de las principales características que posee el ADNmt es la de que, a diferencia del ADN nuclear que es heredado por los dos progenitores, el ADNmt se hereda únicamente por línea materna, lo que también posibilita la identificación de especies debido a que tiene un nivel muy bajo de recombinación¹⁰⁹ al descender de una sola línea, lo que, sumado esto a que las especies se encuentran aisladas reproductivamente, ocasiona que el ADNmt intraespecie tenga una diversidad muy reducida. Otra ventaja del ADNmt es que, aunque es más pequeño que el ADN nuclear, posee miles de copias que permiten extraerlo de muestras altamente degradadas, contaminadas, procesadas o con un material celular ínfimo; circunstancias que son muy comunes en las muestras características del tráfico ilegal de especies.

Como se acaba de explicar, para la identificación genética se hace uso de los microsatélites que se encuentran en determinados genes del ADNmt, siendo en este caso los SNP los más comunes y que supone una diferencia de una base nitrogenada presente en un sitio particular de la cadena de ADN, de modo que donde unas especies pueden

¹⁰⁸ Véase AQUADRO, C.F. y GREENBERG, B.D. 1983. "Human mitochondrial DNA variation and evolution: Analysis of nucleotide sequences from seven individuals." *Genetics*. Núm. 103, vol. 2, págs. 287-312. doi: 10.1093/genetics/103.2.287

¹⁰⁹ LODISH, H., BERK, A., ZIPURSKY, S.L., MATSUDAIRA, P., BALTIMORE, D. y DARNELL, J. 2000. "Integrating cells into tissues." En *Molecular Cell Biology 6th*. Por W.H. Freeman and Company. Chapter 19.

tener citosina (C) en un sitio determinado, otras pueden tener timina (T) en el mismo lugar.

Para hablar de los genes de interés para la identificación genética de especies, se hace indispensable empezar por el proyecto Código de barras de la vida (*Barcode of Life*), la mayor iniciativa a nivel mundial para la identificación de especies, que pretende secuenciar los genes de todas las especies y que se basa en la secuenciación del ADN de una muestra de interés y su comparación con las secuencias ya disponibles en la base de datos (BOLD Systems), proponiendo como fragmento estándar de la región el gen mitocondrial citocromo c oxidasa I (COI), sirviéndose del código de barras para la identificación de especies animales¹¹⁰, y cuyo poder de identificación ha sido demostrado en diferentes estudios¹¹¹. El tamaño seleccionado para este gen permite generar una secuencia fiable y fácil de leer, además de tener la capacidad de identificar muestras de ADN degradado.

Otro gen de interés para la identificación de especies es el citocromo b (cyt b), y su uso se justifica por la presencia de regiones conservadas y variables que contienen señales que pueden utilizarse como un excelente marcador genético¹¹², poseyendo la capacidad de identificar multitud de tipos muestras (tejidos, sangre, huesos, etc.) de diferentes especies analizando un fragmento de aproximadamente 400 pares de bases de dicho gen, el cual contiene suficiente información para poder determinar la especie, demostrando poca pérdida de información y arrojando menos del 3% de variación interespecie¹¹³.

¹¹⁰ Véase HEBERT, P. *et al.* 2003. "Barcode of Life: Identifying Species with DNA Barcoding Biological identifications through DNA barcodes." *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. Núm. 270 (1512) págs. 313-321.

¹¹¹ Además de la bibliografía más reciente antes citada pueden verse algunos ejemplos de autores: VILACA, S.T. *et al.* 2006. "DNA-based identification applied to Thamnophilidae (Passeriformes) species: the first barcodes of Neotropical birds." *Revista Brasileira de Ornitología*. 14: 7-13; CLARE, E.L. *et al.* 2007. "DNA barcoding of Neotropical bats: species identification and discovery within Guyana." *Molecular Ecology Notes*. 7(2): 184-190; HAJIBABEI, M. *et al.* 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics." *TRENDS in Genetics*. 23(4):167-172; CHAVES, A. *et al.* 2008. "Molecular taxonomy of Brazilian tyrant-flycatchers (Passeriformes: Tyrannidae)." *Molecular Ecology Resources*. 8(6):1169-1177.

¹¹² Véase OCHOA ORREGO, L.E. 2012. *Análise filogeográfica de Brachyplatystoma platynemum (Siluriformes: Pimelodidae)*. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, Brasil.

¹¹³ HSIEH, H.M., CHIANG H.L., TSAI L.C., LAI S.Y., HUANG, N.E., LINACRE, A. y LEE, J. 2001. "Cytochrome b gene for species identification of the conservation animals." *Forensic science international* 122 (1) 7-18. doi: 10.1016/S0379-0738(01)00403-0

Como última área de interés para la identificación de especies tenemos el gen del ARN ribosómico 16S (16S rRNA). Más concretamente, este gen es especialmente útil para la comparación entre dos grupos que se originaron en la misma rama evolutiva, permitiéndonos evaluar los cambios producidos desde la separación y construir así un árbol en el que la longitud de la rama es proporcional al número de cambios sufridos, llamado árbol filogenético universal

2. La extracción del ADN.

Una vez determinados los marcadores genéticos se procede a la extracción de ADN mediante el aislamiento y posterior purificación de las moléculas de ADN basándose en las propiedades fisicoquímicas de la molécula. Como se ha descrito anteriormente, el ADN está compuesto por dos cadenas de nucleótidos unidas entre sí, y esta unión ocurre entre el grupo fosfato y el azúcar, mediante enlaces fosfodiéster.

Estos grupos fosfatos están cargados negativamente y son polares, otorgándole al ADN una carga negativa y altamente polar, siendo estas las características que se aprovecharán para su extracción¹¹⁴, ya que los grupos fosfatos tienen una fuerte tendencia a repelerse debido a la carga negativa que poseen; ello permite, además, disolver el ADN en soluciones acuosas y formar una capa hidratante alrededor de la molécula que en presencia de etanol se rompe, quedando expuestos los grupos fosfato. Estas condiciones favorecen la unión de cationes que reducen las fuerzas repulsivas entre las cadenas de nucleótidos permitiendo que el ADN se precipite¹¹⁵. Además, la carga negativa del ADN propicia que se una a moléculas y matrices inorgánicas cargadas positivamente¹¹⁶.

Son diversos los protocolos que se han ido diseñando para obtener una cantidad y calidad óptima de ADN, además de garantizar la eliminación de inhibidores que dificultan el posterior tratamiento de las moléculas de ADN. Los primeros métodos nacieron en los años 50 y se sirven de solventes orgánicos para separar a las proteínas de ADN y aislarlas

¹¹⁴ Véase ALEJOS VELÁZQUEZ, L.P. *et al.* 2014. "Extracción y purificación de ADN" en CORNEJO ROMERO, A., SERRATO DÍAZ, A., REDÓN AGUILAR, B, y ROCHA MUNIVE, M.G. (eds.) *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*. Págs. 1-26.

¹¹⁵ Véase SAMBROOK, J. *et al.* 1989. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor Laboratory, New York.

¹¹⁶ Véase SIDEN R.R. 1994. *DNA Structure and Function*. Academic Press.

con etanol una vez suspendidas en fase acuosa para que precipiten. Estos métodos más tradicionales requieren la preparación de soluciones y la extracción puede tardar horas e incluso días debido a los numerosos pasos que se deben realizar, cinco etapas consistentes en homogeneización del tejido, lisis celular, separación de proteínas y lípidos, precipitación y redisolución del ADN.

Fue a partir de los años 90 cuando se introdujeron combos o kits comerciales de extracción de ADN, que utilizan matrices inorgánicas compactas cargadas positivamente con la capacidad de retener varios microgramos de ADN y separarlos del resto de las biomoléculas, lo que permite obtener moléculas de ADN libres de inhibidores¹¹⁷.

Gracias a estos kits comerciales la extracción de ADN puede reducirse en tiempo a unas pocas horas ya que se ve reducido el número de pasos durante el proceso y garantiza una extracción de alta pureza (siempre que se lleve a cabo bajo las recomendaciones de cada proveedor) debido a que tanto la recuperación del ADN como la eliminación de contaminantes son muy eficientes¹¹⁸.

A la hora de extraer el ADN es fundamental la correcta selección del método de extracción, el cual dependerá de numerosos factores como el organismo bajo estudio, el tejido disponible y su estado de conservación, la técnica que se aplicará posteriormente, la infraestructura del laboratorio, los recursos económicos y el tiempo para la obtención de resultados. Por lo general, en los laboratorios forenses se utilizan dos formas de extracción de ADN: (i) de un solo paso en el que la muestra biológica se lisa para generar un lisado compatible con PCR, y (ii) de dos pasos en el que las muestras se lisan y se purifica el ADN. Huelga decir que la elección del método de extracción de ADN dependerá de la naturaleza de la muestra. Sea cual sea el método seleccionado se recomienda encontrar un equilibrio entre la pureza y el rendimiento con relación a la aplicación posterior.

¹¹⁷ Véase DUNDASS, N. *et al.* 2008. "Comparison of automated nucleic acid extraction methods with manual extraction." *Journal of Molecular Diagnostics*.10: 311-316.

¹¹⁸ Véase Invitrogen. 2005. *Nucleic acid purification and quantification sourcebook*. Invitrogen Industries, EE.UU; y Qiagen. 2016. *BioSprint DNA Plant Handbook*. BioSprint DNA Plant Handbook - QIAGEN extraído el 22/04/2021.

Además, debe de hacerse la distinción entre muestras que provienen de una fuente indubitada y aquellas que provienen de muestras de evidencias, cuya fuente se desconoce (muestras dubitadas).

En cuanto al primer grupo, como antes se señalaba, son aquellas muestras que se recogen de un único donante conocido, como las pruebas de paternidad, pruebas de un sospechoso o las generadas por una base de datos de ADN. En este caso se cuenta con la ventaja de que obtenemos una gran cantidad de material biológico, se almacenan en ambientes controlados, tienen poca probabilidad de degradarse y contienen una cantidad mínima de inhibidores de la PCR. A pesar de ello, este tipo de muestras de referencia no son realmente uniformes ya que son muestras que proceden de diferentes tipos de muestra (saliva, sangre, cabello, etc.). Gracias a que estas muestras contienen una gran cantidad de ADN y poca cantidad de inhibidores, los métodos de extracción de ADN se limitan a la lisis celular¹¹⁹.

En cuanto a la extracción en pruebas dubitadas, es un procedimiento más crítico ya que a mayor calidad y cantidad del ADN obtenido, mayor calidad de la secuenciación posterior del ADN; pero la cantidad de ADN que se encuentra en una evidencia forense no se puede predecir ya que las muestras biológicas son muy variadas. Los principales desafíos para este tipo de muestras provienen de la variación de las fuentes de la muestra, la exposición a condiciones ambientales variables, la degradación incontrolada del material genético, la contaminación con inhibidores de la PCR y que estas muestras se presenten en cantidades muy limitadas. En estos casos se requiere que la lisis celular venga seguido de la purificación del material genético.

En vista de todo esto, los factores que hay que tener en cuenta para una correcta y efectiva extracción de ADN son: (i) que se logre la extracción de ADN de una variedad de muestras biológicas, (ii) que se reduzca al mínimo la pérdida de ADN disponible de una muestra; (iii) que se obtenga una mayor recuperación de ADN de calidad suficiente para su posterior análisis; (iv) que se permita el aislamiento del ADN de muestras que contienen cantidades pequeñas de material biológico; (v) que dicho aislamiento se haga con una concentración alta de material genético de modo que el volumen de extracto utilizado para la secuenciación sea mínimo y así puedan realizarse futuros análisis; (vi)

¹¹⁹ Véase LEE, S.B. y SHEWALE, J.G. 2017. "DNA Extraction Methods in Forensic Analysis." *Encyclopedia of Analytical Chemistry* doi: 10.1002/9780470027318.a1104m.pub2

que se elimine los inhibidores de la PCR; (vii) que no se contamine la muestra; (viii) que no se introduzca inhibidores de la PCR; (ix) que se mantenga la integridad de la muestra sin degradar el ADN; (x) que sea rápido; (xi) que sea susceptible de automatización; (xii) que se reduzcan los desechos peligrosos; y (xiii) que se pueda utilizar para coextraer ARN.

Como se ha ido diciendo repetidamente, la extracción de ADN es un paso primordial para la obtención de un material genético de alta calidad y en gran cantidad que aumente exponencialmente la probabilidad de obtener un perfil genético completo. Para ello, no solo hay que tener en cuenta las propiedades químicas y físicas del material genético, sino también la necesidad de eliminar elementos intrínsecos al mismo y los inhibidores extrínsecos introducidos, optimizando así lo máximo posible la recuperación de ADN¹²⁰. En cuanto al ADN en sí, se encuentra dentro de las células las cuales contienen una gran variedad de enzimas, proteínas y demás compuestos y químicos orgánicos e inorgánicos que deben eliminarse antes del análisis. Dependiendo tanto de la procedencia como del tipo de muestra, la metodología a seguir varía, aunque los siguientes pasos son comunes en todas ellas.

- El primero de los pasos consiste en la recogida de la muestra, ya que hacerlo o manejar la muestra de forma adecuada es un paso crucial e indispensable para que la extracción de ADN sea exitosa, de forma que permita obtener material genético íntegro y sin contaminantes que puedan afectar a procesos posteriores, como la acción de las enzimas polimerasa en una PCR. Cada protocolo dependerá del tipo de muestra, teniendo en cuenta sus condiciones y características para que la colecta y la extracción sea fructífera.

En genética animal, mayoritariamente las muestras serán de tejidos, procediéndose en estos casos a cortar el tejido en pedazos pequeños de menos de un centímetro cuadrado facilitando así su maceración posterior. El tejido puede deshidratarse con etanol (corriendo el riesgo de degradar el ADN o contaminarlo) o congelarlo con nitrógeno líquido. Si la muestra es de sangre, se hará uso de agujas y se respetará la

¹²⁰ Véase en relación con los inhibidores ALAEDDINI, R. 2012. "Forensic implications of PCR inhibition – A review." *Forensic Science International Genetics* 6: 297-305.

relación muestra/anticoagulante y homogeneizar correctamente la muestra para evitar la hemólisis¹²¹ y/o coagulación¹²², y la contaminación bacteriana.

- El siguiente paso es el de homogeneización de la muestra, que debe hacerse correctamente la muestra para evitar la hemólisis¹²³ y/o coagulación¹²⁴, y la contaminación bacteriana. Dicho proceso consiste en romper las uniones entre las células, facilitándose así la liberación del material genético gracias a la interacción con las soluciones de lisis. Existen dos procedimientos para esta homogeneización: la homogeneización mecánica o la homogeneización química.

a.- En cuanto a la mecánica, puede hacerse mediante el uso de nitrógeno líquido, de modo que la muestra se macera en este líquido (que se encuentra a una temperatura de 196° C), dentro de un mortero de porcelana, hasta obtener un polvo muy fino. De esta forma, la muestra se congela muy rápidamente por lo que se evita que se formen cristales en el interior de las células que pueden romper su estructura y degradarla. Por otro lado, puede realizarse mediante homogeneizadores que disgregan la muestra valiéndose de la fricción con la pared del tubo donde se contiene la misma, pudiéndose utilizar otro material abrasivo como vidrio pulverizado o resinas. Este proceso se realiza manualmente con ayuda de dispositivos electrónicos, los homogeneizadores, siendo necesario en estos casos colocar el tubo sobre una cama de hielo que evite que el ADN se fragmente por el calor que se genera en la fricción. Esta metodología se recomienda para muestras pequeñas y tejidos blandos, y se desaconseja su uso con tejidos congelados ya que las células del interior del tejido se descongelan antes de entrar en contacto con la solución de lisis, lo que provoca que el ADN se fragmente.

b.- En la homogeneización química, como su propio nombre indica se emplean agentes químicos, de modo que la muestra se mantiene en solución a altas temperaturas que rompen las uniones entre las células o incluso pueden perforar la membrana celular. Es una opción recomendable para bacterias, muestras pequeñas de tejidos frescos o

¹²¹ La hemólisis libera hemoglobina que puede contaminar e inhibir la reacción de las enzimas en una futura PCR.

¹²² Durante el proceso de coagulación, las proteínas de la sangre se entrelazan y atrapan a las células impidiendo su lisis.

¹²³ La hemólisis libera hemoglobina que puede contaminar e inhibir la reacción de las enzimas en una futura PCR.

¹²⁴ Durante el proceso de coagulación, las proteínas de la sangre se entrelazan y atrapan a las células impidiendo su lisis.

sangre, y en caso de tejidos fibrosos se recomienda cortar estos en fragmentos muy pequeños para favorecer su disgregación. En este punto hay que ser cuidadoso con la cantidad de tejido que debe utilizarse ya que si se excede puede sobresaturarse el sistema, afectando el rendimiento y aumentando las impurezas del extracto. En el caso de tejido animal, aunque se respeten las cantidades, el rendimiento puede cambiar dependiendo del tipo de tejido.

- El siguiente paso será la lisis celular. Se entiende por lisis celular la disociación del material celular de los sustratos, de modo que la membrana celular y nuclear se destruyen permitiendo que el ADN se libere. La mayoría de las técnicas se basan en la incubación del sustrato en un tampón de extracción y un detergente. Para ello se hace uso de soluciones detergentes o agentes que permiten disolver la membrana celular y también inhibidores que anulan las enzimas que degradan el ADN. Componentes celulares como material fibroso o las proteínas que permanecen en la solución se separan del ADN por centrifugación.

En este paso, la mayoría de los protocolos son similares ya que se emplean reactivos y temperaturas similares con tiempos de incubación variables (desde los 30 minutos a las 48 horas) según el tipo de sustrato y protocolo. Algunos protocolos (como con muestras de sangre) dividen esta fase en dos pasos, primero la separación de los leucocitos mediante el centrifugado o usando métodos químicos, y la sedimentación de los leucocitos.

- Tras la lisis celular se procede al aislamiento del material genético. Cuando la célula se rompe, además de liberarse el ADN se disgregan otro tipo de materiales celulares, sustancias químicas y desechos que deben separarse del ADN. Normalmente se hace uso de métodos fisicoquímicos como precipitaciones en etanol o la electroforesis. Llegados a este punto, existen dos metodologías para recuperar el ADN en genética forense, un primer método donde se usa un único tubo y donde el ADN no se purifica, y un segundo método donde se añade un paso adicional, la purificación del ADN el cual nos da como resultado un ADN de mayor calidad.

Durante el proceso de extracción de un solo tubo, tras la lisis celular, el extracto libre de células se utiliza para la secuenciación del ADN sin ningún tipo de purificación. Esta extracción con un solo tubo se realiza mediante la precipitación selectiva de proteínas

y otros contaminantes, o mediante la quelación¹²⁵ de sustancias inorgánicas. Las principales ventajas de esta metodología son su simplicidad, su rapidez, su escalabilidad, su capacidad de automatizarla fácilmente para un alto rendimiento y que al tener un número limitado de pasos es menos probable que se contamine.

En cuanto a esta metodología, la que más utilizada y que más destaca es la extracción por resina Chelex-100, un reactivo quelante que se usa para unirse a sustancias inorgánicas y limpiar así el ADN de inhibidores de la PCR. Está compuesta de copolímeros de pares de iones que actúa como quelantes en la unión de iones metálicos polivalentes. Estos iones metálicos actúan como catalizadores en la degradación del ADN en altas temperaturas, por lo que hervir muestras en presencia de Chelex previene la degradación del ADN¹²⁶.

Esta técnica es simple y rápida y no involucra múltiples tubos de transferencia. La resina Chelex elimina las impurezas y el pH alcalino altera las membranas celulares dando como resultado la liberación del material genético. No tiene una actividad particularmente selectiva sobre las proteínas y puede ser poco fiable a menos que estén presentes cantidades relativamente grandes de ADN.

En cuanto a la extracción de ADN en dos pasos (primer paso de lisis celular y segundo paso de purificación), existen varios protocolos los cuales se basan en la extracción indirecta de ADN por precipitación selectiva de proteínas y otros contaminantes, o por quelación de sustancias inorgánicas. Tres de los métodos más comúnmente utilizados son: (a) extracción de ADN orgánico con fenol/cloroformo, (b) extracción de ADN en base de sílice, y (c) métodos de salazón saturada.

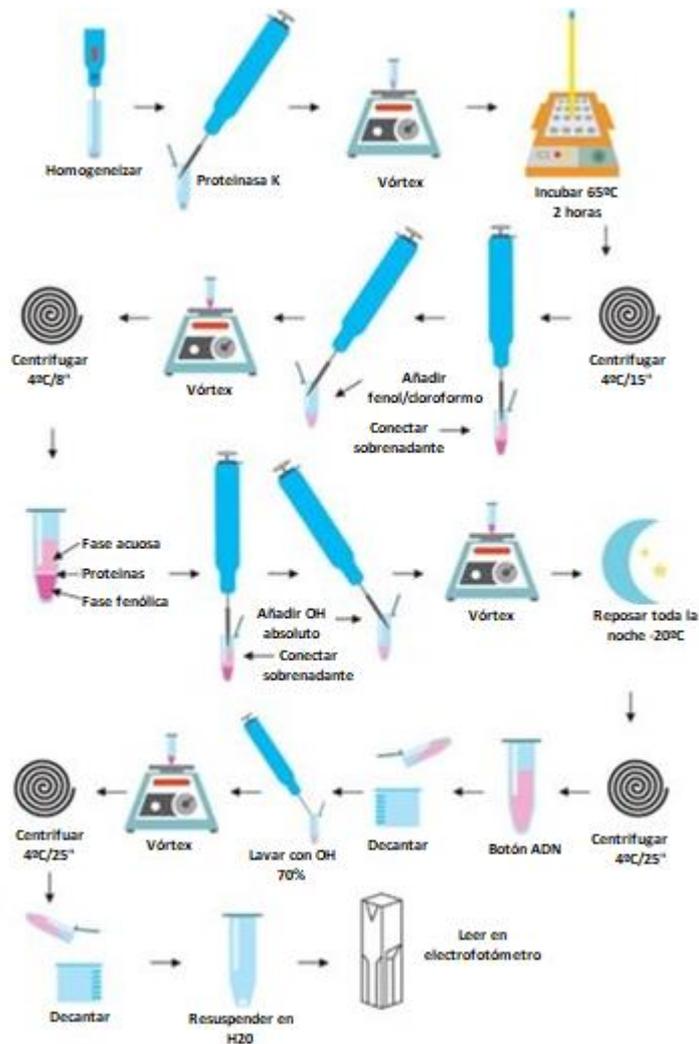
La extracción con fenol/cloroformo es el método de extracción más popular dentro de los laboratorios forenses para muestras desafiantes. Tras la lisis celular, el principal método de purificación del ADN consiste en eliminar las proteínas extrayendo soluciones acuosas de los ácidos nucleicos con fenol y/o cloroformo. La metodología estándar para eliminar estas proteínas consiste en extraer una vez con fenol, otra vez con una mezcla 1:1 de fenol/cloroformo y una última vez con cloroformo. Este método se basa en las

¹²⁵ El reactivo quelante se usa para unirse a sustancias inorgánicas y limpiar el extracto de ADN de inhibidores.

¹²⁶ Véase SINGER-SAM, J. *et al.* 1989. "Use of Chelex to Improve the PCR Signal from a Small Number of Cells." *Amplifications*. Núm. 3, 11.

propiedades físicas y químicas y las interacciones de los reactivos y los materiales celulares. La densidad del fenol es mayor que la del agua, lo que ocasiona la separación de fases cuando se mezcla con la solución acuosa de células lisadas que contienen ADN, proteínas, carbohidratos y otros desechos celulares; quedando en una capa superior.

En presencia del fenol, los núcleos hidrofóbicos de las proteínas interactúan con este, provocando la precipitación de proteínas y polímeros (incluidos los carbohidratos) que se acumulan en la interfaz entre las fases acuosa y orgánica. La desproteización es más eficaz cuando se utilizan dos disolventes orgánicos diferentes en lugar de uno, el cloroformo mejora esta separación de fases ya que es miscible con fenol y tiene una densidad aún mayor que el fenol, lo que origina una separación mejor y más nítida de las fases orgánica y acuosa que da como resultado una recuperación más eficaz de la fase acuosa que contiene el ADN, ya que cuanto más nítida es la interfaz, menos posibilidades hay de aspirar inadvertidamente parte de la fase orgánica inferior, lo que originaría una contaminación cruzada de fenol/cloroformo que inhibe la PCR.



127

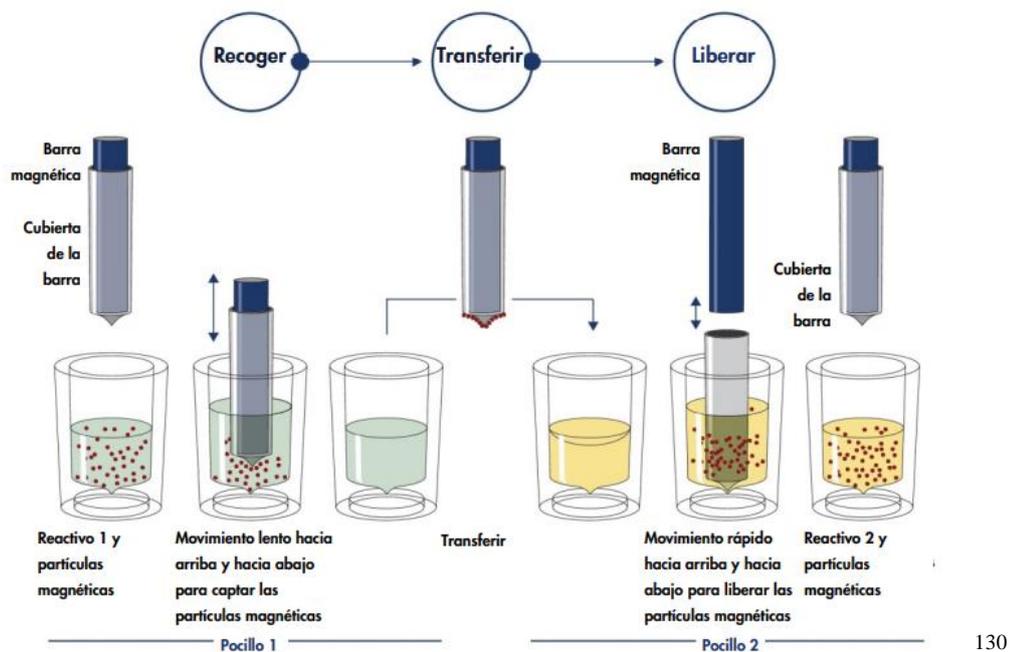
La principal ventaja de este método es que es el más probado para una gran variedad de sustratos. En cuanto a sus desventajas, es un método que no elimina otro tipo de contaminantes no proteicos tan eficientemente, lo que puede reducir el rendimiento debido a que aumentan los pasos para eliminarlos. Además, cuando el material orgánico se separa de la solución de doble capa, parte de la capa acuosa que contiene ADN se pierde, aunque esta pérdida puede disminuirse perforando el tubo y permitiendo que el fenol gotee o usando una pipeta donde se haya cortado la punta estrecha¹²⁸. Otra desventaja es que tanto el fenol como el cloroformo pueden ser perjudiciales tanto para el sustrato como para el operador, y también es posible que se dañe el ADN como

¹²⁷ Representación gráfica del método de extracción de ADN por fenol/cloroformo. Extraído de VALVERDE LOZAMO, G. 2017. *Extracción de ADN por la técnica fenol-cloroformo*. SlidePlayer. Recuperado el 25 de enero de 2022 de <https://slideplayer.es/slide/12758680/>

¹²⁸ WIEGAND, P., SCHÜRENKAMO, M. y SCHÜTTE, U. 1992. "DNA extraction from mixtures of body fluid using mild preferential lysis. *International Journal of Legal Medicine* 104(6):359-60. doi: 10.1007/BF01369558. PMID: 1515365.

resultado del cizallamiento estérico durante las múltiples transferencias necesarias de los tubos en esta metodología. Además, el fenol es un carcinógeno conocido y el cloroformo puede causar daño hepático. A pesar de todos estos inconvenientes, este método sigue en uso gracias a su capacidad para extraer ADN de muestras extremadamente degradadas y comprometidas, además de su capacidad para extraer material genético de una gran variedad de tipos de muestras.

La extracción de ADN en base de sílice se basa en partículas de vidrio que se unen activamente al isotiocianato, que a su vez está unido al guanidinio. Los grupos amina cargados positivamente en el guanidinio actúan como enlace con los grupos fosfato cargados negativamente en el ADN. Una vez que el ADN se une a las partículas del vidrio, se puede lavar y centrifugar repetidamente ya que el ADN queda retenido por las partículas de vidrio lo que permite la eliminación de otros materiales e inhibidores resultantes de la lisis celular. Sin embargo, han surgido otras hipótesis que sugieren que el mecanismo de unión del ADN en este método implica alteraciones de la sal de la estructura del agua alrededor de la sílice cargada negativamente que permite que se forme un puente catiónico entre ella y la cadena de fosfato cargada negativamente del ADN¹²⁹.



¹²⁹ Véase POINAR, H. 1994. "Glass Milk, a Method of Extracting DNA from Fossil Material." *ancient DNA News* 2: 12-13.

¹³⁰ Representación del método de extracción de ADN mediante base de sílice. Extraído de QIAGEN. 2017. Manual de instrucciones de uso del kit QIAasymphony® DSP Circulating DNA.

La principal ventaja de este método es que el material genético se une a un sustrato que puede lavarse repetidamente y una vez limpio extraer el ADN. Esto ofrece muchas más posibilidades de purificar el ADN de los inhibidores de la PCR. En cuanto a sus desventajas, la principal de ellas es el hecho de que cuando hay una gran cantidad de contaminantes puede obstaculizarse el proceso de adsorción de ADN sobre el sustrato de vidrio. Además, este método recupera preferentemente ADN de alto peso molecular por lo que puede perderse ADN de las muestras en las que haya moléculas de forma fragmentada.

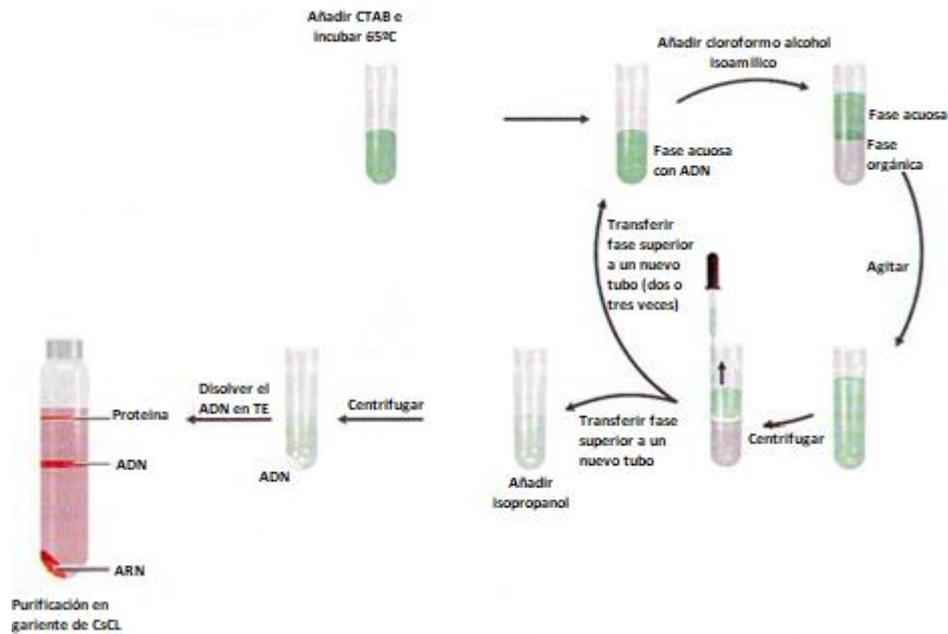
Actualmente QIAGEN distribuye varios kits de extracción de ADN en base de sílice que han sido sometidos a numerosas pruebas que han demostrado la extracción exitosa de ADN de diferentes tipos de tejidos y fluidos¹³¹.

Los métodos de salado saturado implican el uso de sales que se emplean ampliamente en transfusiones de sangre y escenarios clínicos en los que se dispone de abundantes muestras limpias. La salazón es utilizada en laboratorios forenses debido a su exquisita sensibilidad de la PCR y los nuevos avances en química que reducen el impacto de la sal residual en la amplificación. En este método, los reactivos inorgánicos, principalmente sales, precipitan las proteínas y actúan de manera muy similar al fenol/cloroformo. Las proteínas celulares se salen por deshidratación y precipitación con una solución salina saturada. Su principal ventaja es que, si la comparamos con los métodos orgánicos, es una técnica más rápida, económica y menos tóxica. Aun así, su principal desventaja es que no logra eliminar todos los inhibidores y puede retener cantidades considerables de proteína. No existe una variedad amplia de protocolos para la extracción con sal en forense si los comparamos con otros métodos. Sin embargo, se realizó un estudio comparativo con el fenol/cloroformo para la extracción de ADN en restos cadavéricos putrefactos¹³².

¹³¹ Véanse HÖSS, M. y PÄÄNO, S. 1993. "DNA Extraction from Pleistocene Bones by Silicia-Based Purification Method." *Nucleic Acids Research* 21(16):3913-4. doi: 10.1093/nar/21.16.3913; y CHI-YUEN IP, S., LIN S.W. y LAI, K.M. 2015. "An evaluation of the performance of five extraction methods: Chelex® 100, QIAamp® DNA Blood Mini Kit, QIAamp® DNA Investigator Kit, QIASymphony® DNA Investigator® Kit and DNA IQ™." *Science & justice: Forensic Science Society*. 55(3): 200-208. doi: 10.1016/j.scijus.2015.01.005

¹³² Véase CATTANEO, C. *et al.* 1995. "A Simple Method for Extracting DNA from Old Skeletal Material." *Forensic Sci. Int.* Núm. 74, págs. 167-174.

Dentro de los métodos de salado saturado, destaca la extracción por CTAB o bromuro de cetiltrimetilamonio, El CTAB es un detergente catiónico que tiene la propiedad de precipitar el ADN, de forma que las proteínas y demás impurezas permanecen en la solución, aunque en soluciones de alta concentración iónica forma complejos con las proteínas y no precipita las moléculas de ADN. Suele ser un método de extracción más utilizado para ADN vegetal o para algunas bacterias.



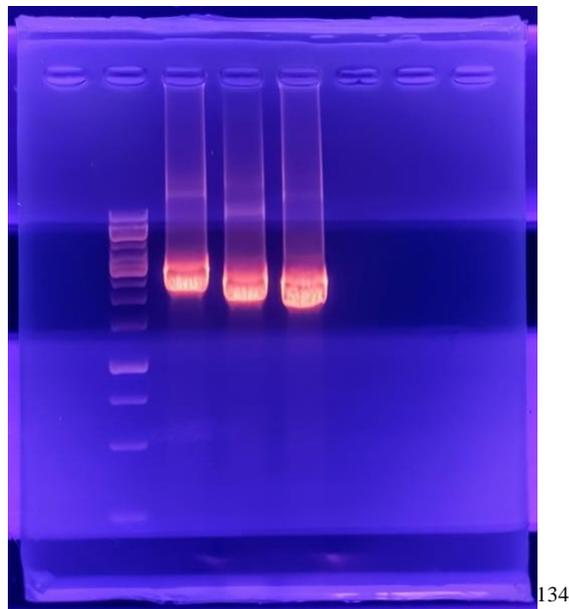
133

3. Cuantificación del ADN.

Tras la extracción es el momento de cuantificar el ADN extraído para determinar si tenemos la cantidad de material genético suficiente para poder analizarlo y si tiene calidad suficiente. De saltarnos este paso estaríamos haciendo un análisis a ciegas, ya que desconocemos si tenemos ADN suficiente, y es muy probable que el posterior análisis nos arroje datos erróneos. Es un paso fundamental si posteriormente se va a realizar una PCR, sin embargo, mediante la PCR en tiempo real se puede cuantificar el ADN, por ello también es conocida como PCR cuantitativa. Para este proceso de cuantificación existen dos métodos, mediante visualización o por espectrofotómetro.

¹³³ Representación de las etapas del método de extracción de ADN por CTAB. Extraído de ROBLE, P. 2016. *Marcadores Moleculares*. SliderPlayer. Recuperado el 25 de enero de 2022 de <https://slideplayer.es/slide/3567765/>

Para la cuantificación por visualización, se hace uso de un gel de electroforesis en el cual se colocan las muestras con concentraciones conocidas previamente para compararlo visualmente con las muestras y estimar su cantidad. Este proceso requiere la preparación de una cámara de electroforesis en donde se coloca una de las muestras a evaluar en pozos individuales. Posteriormente se da comienzo a la electroforesis, y cuando esta concluya se visualiza el resultado con rayos ultravioleta y se fotografía. La estimación se lleva a cabo contrastando la intensidad de luz entre las muestras dubitadas y la muestra conocida; ya sea visualmente o mediante programas informáticos.



A través de la cuantificación mediante espectrofotometría, se pueden identificar compuestos por su espectro de absorción y conocer así la concentración de un material o sustancia determinada, pudiendo entonces conocer la concentración de compuestos como determinadas enzimas, proteínas y, en nuestro caso, ácidos nucleicos. Para ello es necesario un espectrofotómetro, un equipo de laboratorios que es capaz de medir la

¹³⁴ Fotografía de un resultado de electroforesis. En la primera columna se reflejan las muestras conocidas con diferentes concentraciones, la cual nos sirve como una especie de escala para conocer la concentración de ADN de la muestra dubitada, o lo que es lo mismo, para cuantificar el ADN de la muestra. Las sucesivas columnas muestran las concentraciones de ADN de las muestras analizadas. Extraído de SURAT, P. 2021. *Electroforesis como herramienta en medicina legal*. News Medical Life Sciences. Recuperado el 25 de enero de 2022 de [https://www.news-medical.net/life-sciences/Electrophoresis-as-a-Tool-in-Forensics-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/Electrophoresis-as-a-Tool-in-Forensics-(Spanish).aspx).

cantidad de luz que pasa por medio de una longitud específica de onda. La cantidad de luz que es absorbida por un medio es proporcional a la concentración del soluto presente, de forma que la concentración de un soluto colorido en una solución puede ser determinada en el laboratorio mediante la medición de su absorción de luz a una longitud de onda específica.

4. Técnicas de amplificación del ADN.

4.1. La Reacción en Cadena de la Polimerasa o PCR (Polymerase Chain Reaction).

La reacción en cadena de la polimerasa es una reacción enzimática *in vitro* que amplifica millones de veces una secuencia específica de ADN durante varios ciclos repetidos en los que la secuencia blanco es copiada fielmente¹³⁵, aprovechando la actividad de la enzima ADN polimerasa que es capaz de sintetizar naturalmente el ADN en las células.

Los elementos que son necesarios para una correcta PCR son el molde (el ADN extraído) la enzima Taq ADN polimerasa, los *primers* o cebadores, los desoxirribonucleótidos trifosfatados (llamados dNTPs que son adenina, timina, citosina y guanina), un ión magnesio, un buffer y agua pura (H₂O). Todos estos elementos forman lo que es llamado como MasterMix y que interactúan durante las tres etapas principales de la PCR, la desnaturalización, la hibridación y la extensión. Para llevar a cabo este proceso es necesario de un equipo llamado termociclador, el cual está diseñado para establecer un sistema homogéneo de temperatura y tiempo que no varíe en cada uno de los ciclos. Al finalizar la reacción, el resultado será analizado en geles de agarosa para confirmar su éxito, de una forma similar a la anteriormente explicada en la cuantificación por visualización.

Si nos detenemos en cada uno de estos elementos, el molde son las cadenas de ADN las cuales se separan y sirven de molde para que la enzima Taq ADN polimerasa sintetice nuevas cadenas que llevan la secuencia de interés, en nuestro caso los genes de interés descritos anteriormente. En cuanto a la enzima Taq ADN polimerasa, es un tipo

¹³⁵ Véase TAMAYY DE DIOS, L. *et al.* 2013. "Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real." *Investigación en Discapacidad*. 2 (2): 70-78.

de ADN polimerasa termoestable, la cual recibe su nombre al ser producida por la bacteria *Thermus aquaticus*¹³⁶ (Taq) la cual vive en condiciones de temperatura extrema, lo que la hace idónea ya que es capaz de resistir las altas temperaturas que se producen dentro del termociclador a lo largo de los tres ciclos de la PCR.

En cuanto a los *primers* o cebadores, son secuencias de oligonucleótidos (secuencia corta de ADN de entre 15 y 20 pares de bases) que flanquean y delimitan la secuencia de interés que se pretende amplificar y son complementarios a ésta, por lo que variarán en función del gen de interés, siendo los *primers* para el gen COI totalmente diferentes de los utilizados para el citocromo b o para el gen 16S rRNA. Para una PCR se utilizan dos *primers*, uno denominado “*forward*” y otro “*reward*”, los cuales deben de estar diseñados para que hibriden con el ADN molde extendiendo así la cadena de ADN gracias a la Taq polimerasa. Actualmente existen programas informáticos para el diseño de *primers* con alta especialidad¹³⁷, y también laboratorios dedicados a diseñarlos, sintetizarlos y validarlos para garantizar su especificidad, lo que facilita el trabajo al usuario que los compra.

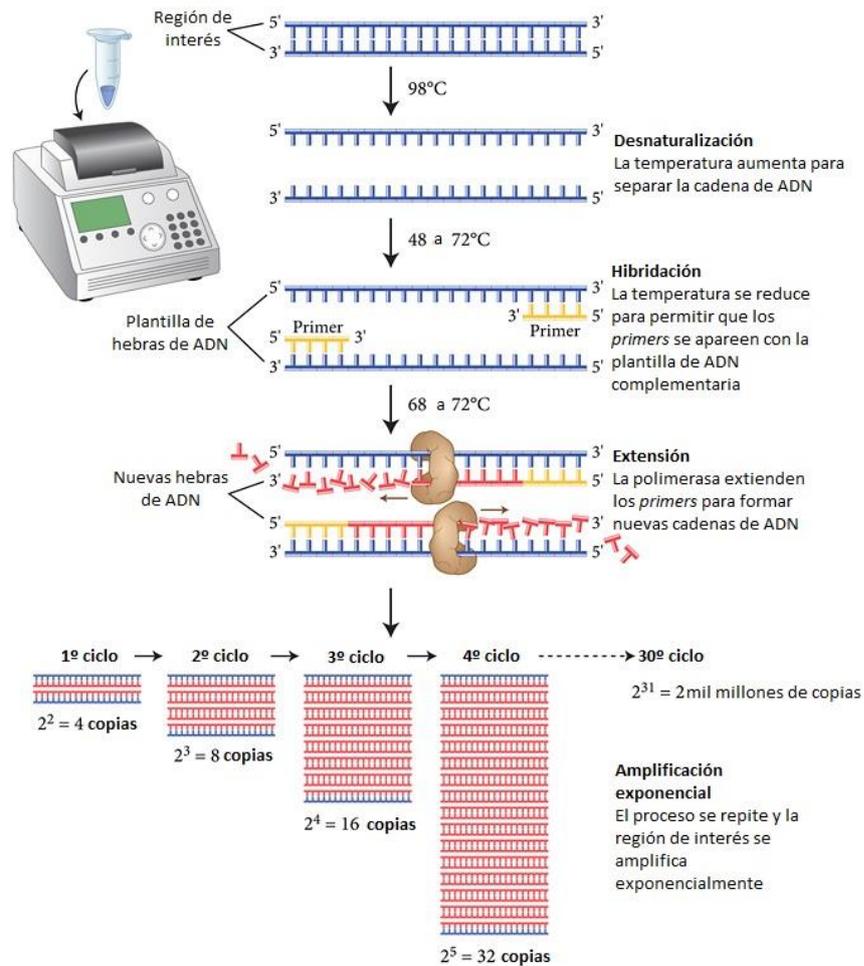
En cuanto a los dNTP's, son las bases nitrogenadas que sirven como “ladrillos” para que la Taq polimerasa construya las nuevas cadenas de ADN. Para una correcta especificidad de la reacción es vital que la concentración de bases nitrogenadas en la MasterMix sea la adecuada ya que de no ser así la Taq polimerasa no reproduciría el ADN. Los buffers son una solución amortiguadora que se usa en la reacción para asegurar un correcto pH de la MasterMix y que a menudo viene incluido con el ión de magnesio, el cual influye en la especificidad de la reacción. Por último, el agua es el disolvente en la reacción y se usa en su forma destilada libre de nucleasas, unas enzimas que ocasionan el degradado del ADN.

Una vez tenemos todos estos elementos en su justa medida en la denominada MasterMix, es el momento de introducirla en el termociclador, en donde se llevan a cabo las tres etapas principales a lo largo de varios ciclos de cambios de temperatura (de ahí el nombre de termociclador) que se van repitiendo. La primera de las etapas es la de

¹³⁶ Véase CHIEN, A., EDGAR, D.B., y TRELIA, J. M. 1976. “Deoxyribonucleic Acid Polymerase from the Extreme Thermophile *Thermus aquaticus*.” *Journal of Bacteriology*. 127 (3): 1550-1557. doi: 10.1128/jb.127.3.1550-1557.1976.

¹³⁷ Software informático ara el diseño de *primers* o cebadores a través de algoritmos Primer3Plus - Pick Primers visto el 04/05/2021.

desnaturalización, en donde las cadenas de ADN se separan al calentarlas a una temperatura de 95°C durante 20 a 30 segundos, obteniendo las cadenas de ADN separadas al final de esta etapa, las cuales sirven de molde para el siguiente paso, la hibridación, en donde los *primers* se alinean a los extremos del molde previamente separado e hibridan con su secuencia complementaria. Para una total hibridación del molde con los *primers* es importante que la temperatura oscile entre los 50 y 60°C que, junto al correcto diseño de los *primers*, hacen que la amplificación sea estable y específica. Por último, la etapa de extensión, la Taq polimerasa actúa sobre la unión del molde con los *primers* y empieza a agregar los dNTP's complementarios creando nuevas cadenas completas de ADN, en la dirección de síntesis del ADN (de 5' a 3'). Para esta etapa se requiere de una temperatura que oscile en torno a los 72°C, la temperatura en la que la enzima Taq polimerasa es funcional. Al final de esta tercera etapa habrá finalizado un ciclo donde se habrán formado ampliaciones con un tamaño dictado por el número total de pares de bases que deberá ser conocido por el investigador. Este ciclo se va repitiendo para lograr una mayor ampliación de la cadena de ADN, obteniendo miles de copias de una cadena de ADN a partir de una única muestra.



138

Al final de la PCR los amplicones (el resultado de la amplificación) son visualizados a través de una electroforesis en gels de agarosa¹³⁹, la cual consiste en la separación de grandes moléculas como los ácidos nucleicos a través de una matriz sólida que hace la función de filtro que separa las moléculas en un campo eléctrico de acuerdo a su tamaño y carga eléctrica. Al iluminar con UV el resultado, se emite una señal que permite la visualización de los amplicones en forma de bandas, que son fotografiados y dicha imagen es procesada por software para analizar las bandas.

¹³⁸ Representación del proceso de PCR. Extraído de NEW ENGLAND BIOLABS®, INC. *Master Mixes*. Recuperado el 26 de enero de 2022 de <https://international.neb.com/products/pcr-qpcr-and-amplification-technologies/master-mixes/master-mixes>

¹³⁹ Véase LEE, P.Y. *et al.* 2012. "Agarose gel electrophoresis for the separation of DNA fragments." *Journal of visualized experimets*. 62: 3923. doi: 10.3791/3923.

4.2. La PCR cuantitativa o en tiempo real (qPCR).

La PCR cuantitativa o en tiempo real, es una técnica que combina la amplificación y la detección en un mismo paso, al introducir la fluorescencia en el proceso de una PCR convencional. Es una metodología con una alta especificidad y un amplio rango de detección y rapidez, con una visualización en tiempo real del producto, por lo que no es necesario realizar la electroforesis anterior¹⁴⁰. Para esta qPCR, además de los elementos necesarios en la PCR convencional, es necesario emplear fluorescencia; por lo que se requiere de un termociclador que tenga acoplado un sistema óptico capaz de monitorear en tiempo real la señal de los fluoruros usados para detectar la amplificación. Esta fluorescencia va aumentando conforme el ADN se va amplificando, por lo que se combinan los procesos de amplificación y detección en una única etapa.

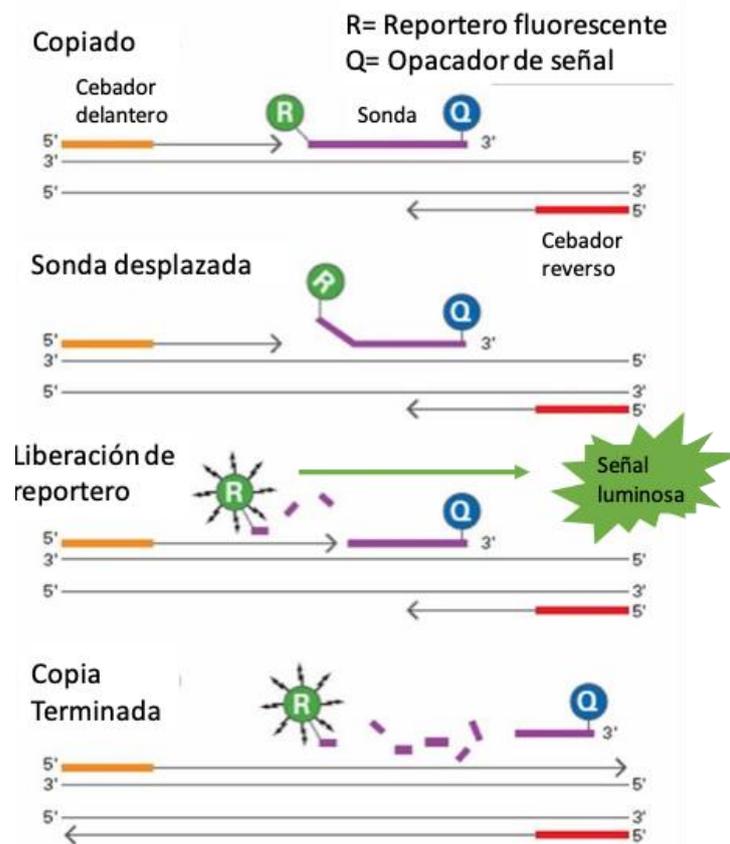
Puede decirse entonces que la qPCR repite la fórmula de la PCR convencional añadiendo el factor de la fluorescencia. Son dos los tipos de fluoróforos que se utilizan para monitorear la amplificación del ADN durante la qPCR, los fluoróforos con afinidad por el ADN y sondas específicas para fragmentos del ADN, los cuales solo emiten fluorescencia cuando se amplifica el fragmento de ADN de interés¹⁴¹.

Los fluoróforos con afinidad por el ADN emiten fluorescencia cuando estos se unen al ADN, en consecuencia, la intensidad de esta fluorescencia se va incrementando conforme van repitiéndose los ciclos y va aumentando la concentración del ADN de interés. El *SYBR Green* es el compuesto de este tipo más utilizado, y funciona de modo que cuanto más ADN de doble cadena hay en el tubo de reacción, mayor es la unión y la señal de fluorescencia del *SYBR Green*. Es un sistema económico que permite emplear un solo fluoróforo en diferentes ensayos, con la contra partida de que no permite reacciones múltiples ya que la señal que emite no es específica del ADN de interés, ya que se uno a cualquier amplicón del ADN. Debido a esto último, la utilización de *SYBR Green* requiere de una verificación de su especificidad de señal, analizar la curva de disociación y comprobar que la señal de fluorescencia obtenida se debe únicamente a la amplificación del gen de interés.

¹⁴⁰ Véase BRECHTUBUEHL, K. *et al.* 2001. "A rapid real-time quantitative polymerase chain reaction for hepatitis B virus." *Journal of Virological Method.* 93(1-2):105-113. doi: 10.1016/s0166-0934(01)00260-9

¹⁴¹ Véase AGUILERA, P. *et al.* 2014. "PCR en tiempo real." en *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*. Instituto Nacional de Ecología. Pgs. 175-201.

En cuanto a las sondas específicas para fragmentos de ADN, son un sistema de detección específicos para una secuencia de ADN de interés (como puede ser gen COI o cyt b) y que pueden distinguirse tres tipos: (i) sondas de hidrólisis, (ii) sondas de hibridación y (iii) sondas de horquilla; basándose todas ellas en el principio FRET (por sus siglas en inglés *Flourescence Resonance Energy Transfer*) por la que la transferencia de energía entre dos fluoróforos, un donador o reportero, y un aceptador o *quencher*; que emiten fluorescencia a diferente longitud de onda. Cuando el reportero y el *quencher* están próximos, este último absorbe la totalidad de la fluorescencia del reportero; en el momento en el que el ADN hibrida, estos fluoróforos se separan, quedando la fluorescencia del reportero libre pudiendo ser detectada por el fotodetector del termociclador y el software informático pertinente¹⁴².

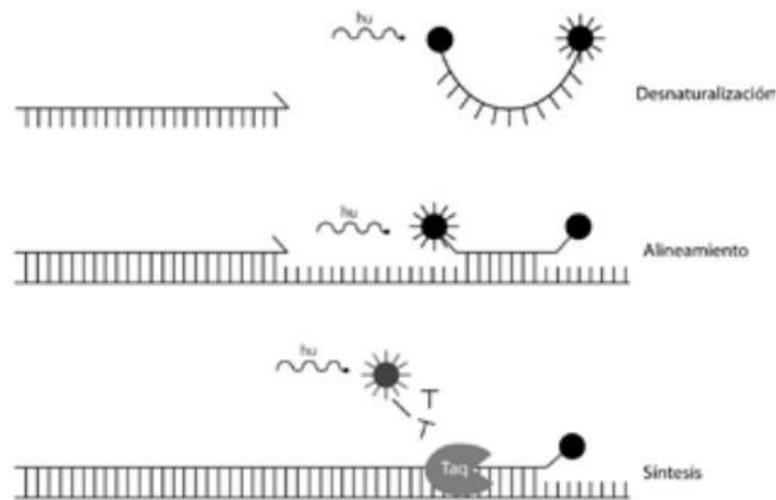


143

¹⁴² Véase KUBISTA, M. *et al.* 2006. "The real-time polymerase chain reaction." *Molecular Aspecto of Medicine*. Núm. 27, págs. 95-125.

¹⁴³ Representación gráfica de un ciclo de PCR cuantitativa o en tiempo real. Extraído de LOPEZ ALARCÓN, J.J. 26 de marzo del 2020. *Detección molecular de SARS-CoV-2 por PCR en tiempo real*.

Desglosando los tipos de sondas específicas, las más utilizadas son las sondas de hidrólisis, concretamente las sondas *TaqMan*®, en el que la secuencia del gen de interés está marcada con dos fluoróforos, un reportero unido a un extremo y un *quencher* al otro; con una distancia entre ambos suficiente para que la fluorescencia del reportero sea absorbida por el *quencher*. Cuando la enzima polimerasa empieza a actuar durante la amplificación, corta los nucleótidos liberando los fluoróforos y estos se separan, pudiéndose observar entonces la señal del reportero, una señal que va aumentando proporcionalmente al incremento de la ampliación.

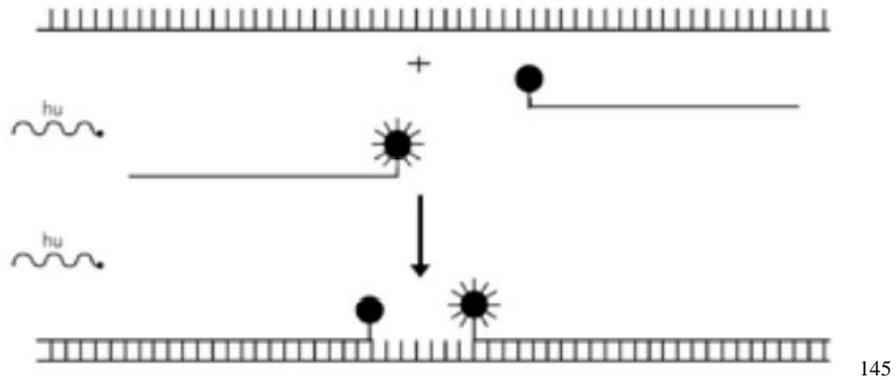


144

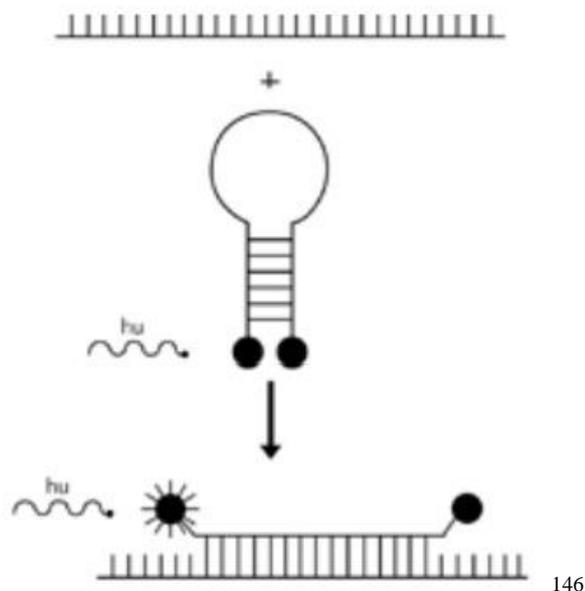
En las sondas de hibridación se hace uso de dos sondas específicas que hibridan con la secuencia del gen de interés, estando una de ellas marcada con un donador y otra con un aceptor. La señal del fluoróforo aceptor se monitorea por el sistema de detección conforme se amplifica el ADN, de modo que la cantidad de oligonucleótidos unidos será mayor por lo que se incrementa la intensidad de la fluorescencia. Mientras que en el sistema anterior se sigue la señal del reportero, en este se sigue la señal del fluoróforo aceptor.

Estorduna.me. Recuperado el 27 de febrero de 2022 de <https://www.estorduna.me/post/deteccion-molecular-de-cov-por-pcr>

¹⁴⁴ Representación gráfica de las sondas de hidrólisis. Extraído de AGUILERA, P. *et al.* 2014. "PCR en tiempo real." *Ob. Cit* nota 143.



Por último, en las sondas de horquilla, los *primers* se marca en sus extremos con un reportero (en el *forward*) y con un apagador (en el *reward*) que forman una horquilla, de forma que se mantienen cercanos para poder llevar a cabo la transferencia de energía que mantiene al reportero apagado. Cuando el *primers* se une al gen de interés y se extiende, aumenta la distancia entre el apagador y el reportero y empieza a detectarse la fluorescencia de este último. Estas sondas de horquilla aportan una gran especificidad.



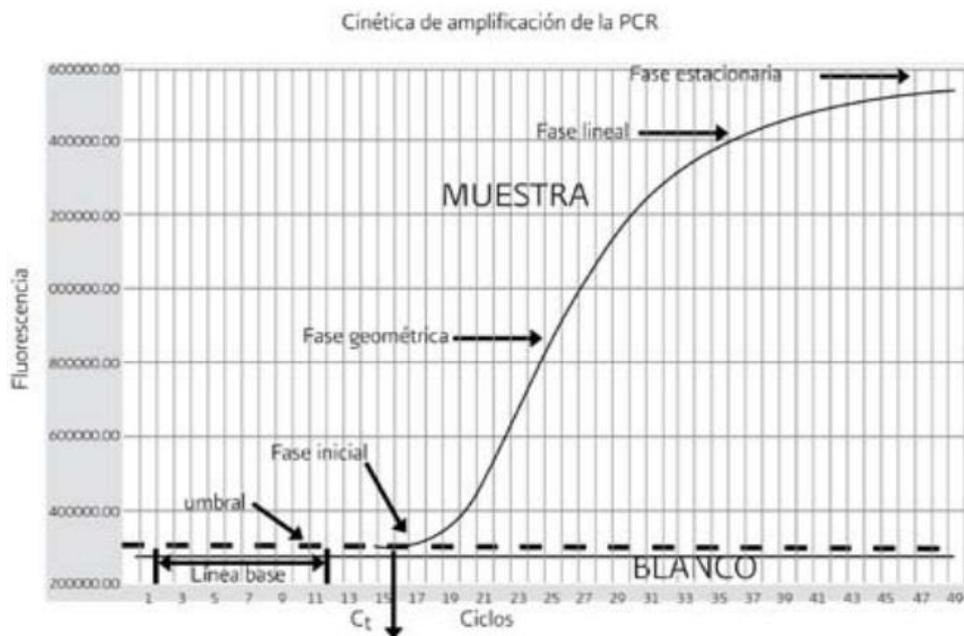
¹⁴⁵ Representación gráfica de las sondas de hibridación. Extraído de AGUILERA, P. *et al.* 2014. “PCR en tiempo real.” *Ob. Cit* nota 143.

¹⁴⁶ Representación gráfica de las sondas de horquilla. Extraído de AGUILERA, P. *et al.* 2014. “PCR en tiempo real.” *Ob. Cit* nota 143.

Durante el proceso de amplificación por qPCR, la sonda genera señal de fluorescencia que refleja la cantidad de producto amplificado. La cinética de amplificación por qPCR se divide en cuatro fases: (i) fase inicial o basal, (ii) fase geométrica, (iii) fase lineal y (iv) fase estacionaria. Durante la primera fase o fase inicial, la cual se concentra entre los primeros 10 a 15 ciclos, la fluorescencia es insuficiente y sirve para delimitar la línea base.

En la fase geométrica, la fluorescencia aumenta exponencialmente por cada ciclo, lo que nos indica que la amplificación tiene una eficiencia cercana al 100%. Es en esta fase en la que cada molécula de ADN genera otras dos, por lo que el producto de la qPCR se duplica cada uno de los ciclos, duplicándose la fluorescencia correlativamente.

En la fase lineal los reactivos empiezan a ser limitantes en la reacción y se divisa un decaimiento de la actividad de la polimerasa, por lo que la amplificación es inconstante a lo largo de esta fase. Por último, la fase estacionaria muestra una señal saturada, la amplificación se detiene ya que los componentes de la reacción se han agotado. En esta fase la cantidad de producto obtenido es constante, aunque vaya aumentando el número de ciclos.



¹⁴⁷ Cinética de amplificación de la qPCR. Extraído de AGUILERA, P. *et al.* 2014. “PCR en tiempo real.” *Ob. Cit* nota 143.

Estas fases se observan desde un software informático que genera una serie de gráficas que muestran los datos necesarios para conocer si la qPCR fue exitosa. Este software arroja al investigador dos gráficas, una referente a la amplificación, en la que se muestra el curso y el progreso de la reacción (las fases anteriormente descritas); y otra gráfica llamada curva de disociación o curva *melting*, donde se observa la información referente a la especificidad de la reacción.

Otro paso importante en la qPCR es el de la cuantificación para determinar la amplificación precisa del gen de interés; y que, en función del interés del investigador, puede elegirse entre dos tipos, la cuantificación absoluta o la cuantificación relativa. La absoluta se utiliza para conocer el número exacto de copias amplificadas del gen de interés o la concentración precisa de ADN en una muestra.

La cuantificación relativa se aplica para evaluar los cambios en la expresión de genes en distintos estados fisiológicos, los cuales se basan en los niveles de ADN del gen de interés con respecto a un gen de referencia que no cambia su expresión. Los datos se expresan como relativos al gen de referencia y son referidos como el número de veces en el que aumentaron o disminuyeron los niveles de ADN de interés. En cualquiera de los dos casos, el software de los equipos de laboratorio tiene la capacidad de realizar los análisis estadísticos para cada tipo de cuantificación.

4.3. La amplificación isotérmica mediada por bucle [loop] (LAMP).

La amplificación por LAMP es una técnica relativamente novedosa, publicada en el año 2000 por Notomi y colaboradores¹⁴⁸, que se lleva a cabo en condiciones isotérmicas, por lo que no requiere de cambios de temperatura y, por ende, de termociclador; además de que este sistema permite la discriminación visual de resultados sin la necesidad de equipos especializados. Todo esto hace que sea una técnica de amplificación que requiere de menos equipo, abaratando considerablemente los costes.

¹⁴⁸ Véase NOTOMI, T. *et al.* 2000. "Loop-mediated isothermal amplification of DNA." *Nucleic acids research*. 28(12): E63. doi:10.1093/nar/28.12.e63.

En cuanto a su funcionamiento¹⁴⁹, este método LAMP se basa en el principio de síntesis de ADN por desplazamiento de cadena, para el cual se hace uso de una polimerasa con alta actividad de desplazamiento de cadena y de un sistema de cuatro *primers*, dos *primers* internos y otros dos *primers* externos, para reconocer un total de seis secuencias distintas del gen de interés.

En la primera fase, la reacción de LAMP utiliza los cuatro *primers*, pero al completar el primer ciclo de la reacción solo los *primers* internos actúan para sintetizar el ADN. Los *primers* internos son denominados *Forward Inner Primer* (FIP) y *Backward Inner Primer* (BIP), respectivamente, conteniendo cada uno dos secuencias distintas que corresponden a las secuencias sentido y anti-sentido del gen de interés, uno encargado de hibridar en la primera etapa y el otro para auto hibridar en etapas posteriores.

Las secuencias dentro de ambos extremos del gen de interés para amplificar el ADN son denominadas F2c y B2 respectivamente. Dos secuencias internas de los extremos F2c y B2 son denominadas F1c y B1 y dos secuencias externas a los extremos de F2c y B2 son denominadas F3c y B3. En conclusión, las secuencias de FIP y BIP se diseñan de la siguiente forma: FIP contiene F1c, un espaciador y la secuencia F2 la cual se complementa a F2c. Por su parte BIP contiene la secuencia B1c complementaria a B1, un espaciador y la secuencia B2. Los *primers* externos corresponden a B3 y F3 complementaria a F3c.

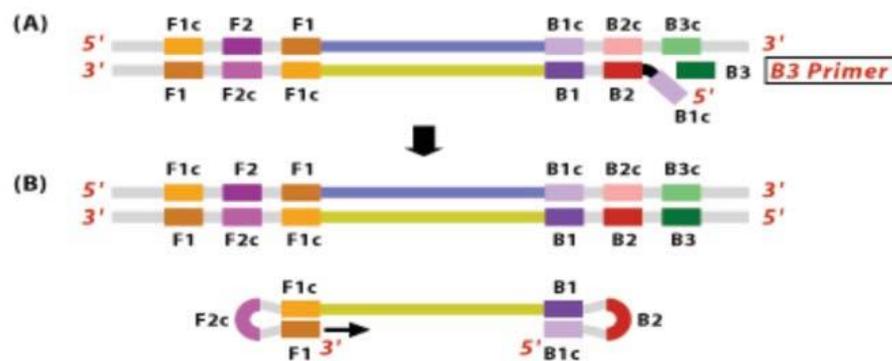
Cuando una muestra contiene el gen de interés más los cuatro *primers*, el ADN se desnaturaliza con alta temperatura y rápidamente se enfría con hielo, comenzando entonces la reacción de LAMP gracias a la adición de un fragmento de la enzima ADN Bst polimerasa (su función es la misma que la Taq polimerasa en la PCR convencional, aunque esta enzima corresponde a la bacteria *Bacillus stearothermophilus*) y se eleva la temperatura a 65°C durante una hora.

El *primer* interno FIP se une a F2c en el gen de interés y comienza la síntesis de la hebra complementaria. El *primer* externo F3 lentamente se une lentamente a F3c en el gen de interés y se inicia la síntesis del ADN por desplazamiento de la hebra. En

¹⁴⁹ ARROYO, M.I., MORALES, G.P., SOSA, P.A., CARMONA-FONSECA, J. y MAESTRE, A. 2008. "Amplificación isotérmica de ácidos nucleicos tipo LAMP para la detección de Plasmodium: nueva técnica diagnóstica." *Médicas UIS*. 21(3). 158-175. doi: 10.18273/revmed.

consecuencia, una cadena complementaria queda liberada y se une a FIP, formando una estructura enrollada o en bucle (loop) en un extremo.

Esta hebra hace de molde para la síntesis de ADN iniciada por BIP y la subsiguiente síntesis de ADN por desplazamiento de la hebra a partir del *primer* B3 producto de un ADN en forma de doble asa, que se convierte en un bucle en tallo debido a la síntesis del ADN del autocebador, que a su vez sirve de inicio para los ciclos de LAMP, la segunda etapa de la amplificación por LAMP.

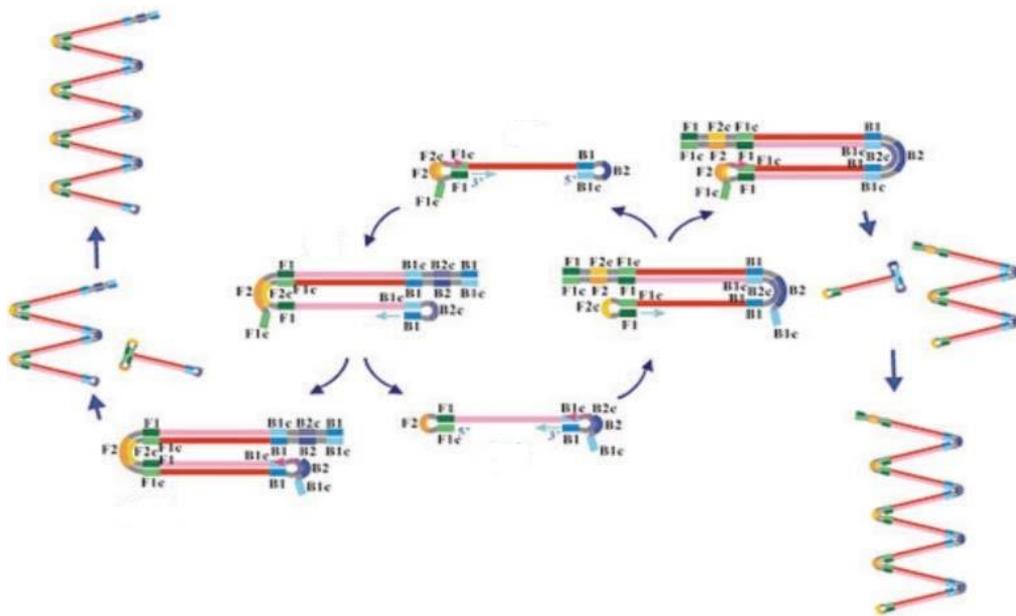


150

Esta segunda etapa comienza cuando FIP se une a la estructura en herradura de ADN y se inicia la síntesis por desplazamiento de la hebra, ocasionando una separación intermedia en la estructura en herradura de ADN con una copia invertida adicional del gen de interés y un bucle formado en el extremo opuesto a través de la secuencia BIP. Posteriormente, la síntesis de ADN por desplazamiento de la hebra produce una estructura complementaria a la herradura de ADN original y un ADN en herradura reparado con una base elongada y un bucle en el extremo opuesto; los cuales hacen de molde para un primer BIP en los ciclos siguientes de la reacción por desplazamiento de la hebra, denominándose a una parte elongación y a la otra, reciclaje.

¹⁵⁰ Representación gráfica del principio de la amplificación por LAMP, cuando se genera el ADN de tallo buble con forma de mancuerna en ambos extremos a la cual se le denomina secuencia madre, lista para pasar a la fase de amplificación cíclica. Extraído de ARROYO, M.I., MORALES, G.P., SOSA, P.A., CARMONA-FONSECA, J. y MAESTRE, A. 2008. "Amplificación isotérmica de ácidos nucleicos... Ob. Cit nota 149.

De este modo, la secuencia original de LAMP se amplifica tres veces cada medio ciclo, obteniendo un producto final que consiste en una mezcla de ADN en herradura con diferentes longitudes en su tallo y con estructuras similares a una coliflor con múltiples bucles que se han formado por la unión entre repeticiones invertidas alternativas del gen de interés en la misma cadena. Para garantizar una alta especificidad de la amplificación, se recomienda el uso de los cuatro *primers* para las primeras etapas de LAMP, y añadir otros dos *primers* durante los pasos siguientes.



151

Esta técnica permite la inspección visual del resultado, ya que la amplificación por LAMP puede generar estructuras de alto peso molecular que contienen hasta 109 copias del gen de interés en una misma cadena. Concretamente, la detección en la amplificación por LAMP puede darse de las siguientes formas: detección visual por turbidez, detección visual por fluorescencia, detección visual por sustancias que se integran al producto, detección en tiempo real por turbidez y detección por electroforesis.

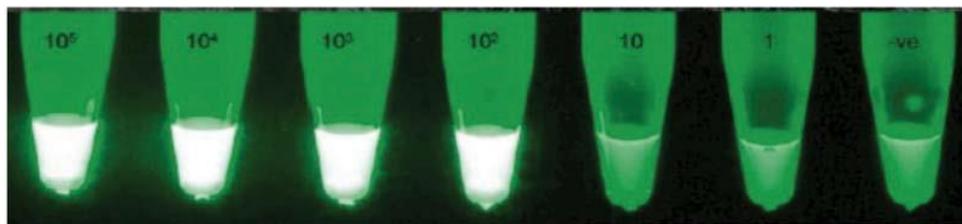
¹⁵¹ Representación gráfica del resultado de la amplificación por LAMP que consisten en estructuras de diferente tamaño de repeticiones de la secuencia blanco, otorgando una forma de coliflor. Extraído de ARROYO, M.I., MORALES, G.P., SOSA, P.A., CARMONA-FONSECA, J. y MAESTRE, A. 2008. "Amplificación isotérmica de ácidos nucleicos... Ob. Cit nota 149.

La detección por turbidez se debe a un subproducto de la reacción, el pirofosfato de magnesio, el cual se produce con proporciones directas con la cantidad de los productos amplificados. Debido a que la amplificación por LAMP produce una cantidad muy grande de productos amplificados, la turbidez blanca se puede apreciar a simple vista. En consecuencia, la presencia de esta turbidez blanca nos indica la presencia del gen de interés, por lo que la amplificación por LAMP logra la detección visual directa.



152

La detección visual por fluorescencia se debe al añadir iones de magnesio a la mezcla para conseguir un efecto de amortiguación. En consecuencia, la amplificación genera un subproducto, concretamente iones pirofosfato, que se unen y eliminan iones manganeso de la calceína para irradiar fluorescencia. A medida que esta calceína se combina con los iones de magnesio, la fluorescencia se va intensificando, llegando a lograrse la detección visual, lo que nos indica la presencia del gen de interés.



153

¹⁵² Fotografía del resultado de una amplificación por LAMP donde puede visualizarse el resultado mediante turbidez. Extraído de ARROYO, M.I., MORALES, G.P., SOSA, P.A., CARMONA-FONSECA, J. y MAESTRE, A. 2008. "Amplificación isotérmica de ácidos nucleicos... Ob. Cit nota 149.

¹⁵³ Fotografía del resultado de una amplificación por LAMP donde se puede visualizar el resultado mediante fluorescencia. Extraído de ARROYO, M.I., MORALES, G.P., SOSA, P.A., CARMONA-FONSECA, J. y MAESTRE, A. 2008. "Amplificación isotérmica de ácidos nucleicos... Ob. Cit nota 149.

La detección visual por sustancias que se integran al producto, si al tubo con los productos de la amplificación se les añade colorante fluorescente capaz de integrarse al ADN y se ilumina posteriormente con una lámpara de rayos UV, se puede observar el aumento de la fluorescencia, lo que hace indicar la presencia del gen de interés.

Para la detección en tiempo real por turbidez se hace necesario un turbidímetro de tiempo real que detecte el pirofosfato de magnesio, del mismo modo, este equipo es capaz de realizar la cuantificación de las copias en tiempo real de una forma similar a la qPCR.

Por último, la detección por electroforesis, la cual es la misma metodología que en la PCR convencional, separar los productos de la amplificación mediante gel de agarosa para visualizarlo posteriormente.

La amplificación por LAMP es un método con una alta capacidad diagnóstica, una técnica altamente específica para el gen de interés pero que goza con poca experimentación para la identificación de anguila europea, aunque se ha demostrado su utilidad¹⁵⁴. Sería de gran interés ahondar en las posibilidades de esta metodología para la identificación de la anguila europea ya que posee numerosas ventajas con respecto a la PCR y qPCR, como la capacidad de amplificar ADN a una temperatura constante entre 60 y 65°C, sin perder tiempo en cambios térmicos y necesitándose únicamente un bloque de calentamiento o incluso baño maría¹⁵⁵, prescindiendo de termocicladores y equipo costoso; y que apenas sufre de inhibidores como sí ocurre con la PCR convencional. Además, es un método rápido (se lleva a cabo entre 35 y 60 minutos), de fácil aplicación, y de bajo coste, ya que no demanda de equipos de laboratorio sofisticados y caros. Esto también nos da la ventaja de poder realizarla fuera de laboratorio. Otra característica que hace de la amplificación por LAMP una técnica ideal en este contexto es la detección visual del resultado, ya sea por turbidez, por fluorescencia o con uso de lámpara UV; una detección que reduce el tiempo de la operación pero que a su vez es menos sensible en comparación con la electroforesis en gel de agarosa.

¹⁵⁴ SPIELMANN, G., ZIEGLER, S., HASZPRUNAR, G., BUSCH, U., HUBER, I., y PAVLOVIC, M. 2019. "Using loop-mediate isothermal amplification for fast species delimitation in eels (genus *Anguilla*), with special reference to the European eel (*Anguilla anguilla*)." *Food Control* 101: 156–162. doi: 10.1016/j.foodcont.2019.02.022

¹⁵⁵ Véase SNOUNOU, G. 2007. "Rapid, sensitive and cheap molecular diagnosis of malaria: is microscopy on the way out?" *Future Microbiology*.2(5): 477-480.

Pero, sin embargo, también es cierto que existen factores que pueden hacer de la amplificación por LAMP un método menos eficaz para la identificación de especies, como la baja eficacia de este método si la muestra contiene una baja concentración de ADN molde, retrasando el tiempo de detección.

A modo de conclusión, la amplificación por LAMP promete ser un método de detección eficaz en el contexto de la identificación de la anguila europea, ya que puede ser una solución para una primera identificación al encontrarnos con una muestra sospechosa. Aun así, se haría necesario un posterior análisis, a modo de prueba de contraste, mediante una PCR convencional o una qPCR que tenga más validez de cara a un futuro proceso judicial.

5. La secuenciación del ADN.

Tras la amplificación del ADN, concretamente del gen de interés, se procede a la determinación del orden de los nucleótidos de estos, lo que se conoce como secuenciación, para poder introducir la secuencia en una base de datos; un paso fundamental en cualquier tipo de investigación dentro de la genética forense. Para este proceso existen varios métodos y técnicas bioquímicas para determinar dicho orden de nucleótidos y obtener la secuencia de ADN, la cual constituye la información genética que forman la base de datos genéticas.

Actualmente existen equipos automatizados encargados de la secuenciación del ADN, pero para encontrar las primeras técnicas de secuenciación de ADN tenemos que retomarnos a la década de los años 60 y 70, cuando dos grupos de investigación idearon dos procedimientos diferentes para secuenciar el ADN; unos métodos que requieren de pequeñas cantidades de ADN y que son altamente confiables y que supusieron una revolución en la biología molecular.

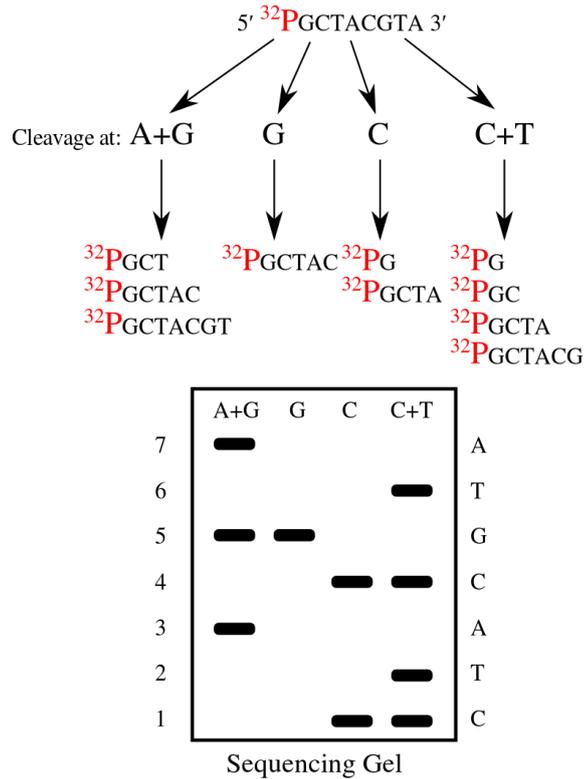
5.1. Secuenciación química de Maxam y Gilbert.

Este método fue desarrollado por uno de los grupos de investigación mencionados anteriormente, que depende de la degradación química del ADN descrita por los

investigadores Maxam y Gilbert en 1977¹⁵⁶. Este método se basa en la fragmentación del ADN, la cual se desarrolla en cinco fases: (i) marcaje radiactivo de uno de los extremos de la cadena de ADN; (ii) la modificación de una base nitrogenada; (iii) la eliminación de la base modificada; (iv) romper la cadena de ADN en la desoxirribosa modificada; y (v) análisis de la secuencia fragmentada por electroforesis en gel de poliacrilamida, el cual limita el poder de la cuantificación a 100 bases.

Durante este proceso, el tratamiento químico rompe en pequeñas porciones de uno o dos nucleótidos, utilizándose diferentes agentes químicos para cada tipo de nucleótido (dimetilsulfato para A+G, ácido fórmico para A, hidrazina para C+T e hidrazina más sales para C), generándose unos fragmentos marcados a partir del final marcado radiactivamente hasta el primer lugar del corte. Durante la electroforesis en gel de poliacrilamida, estos fragmentos se separan en carriles distintos, uno al lado del otro, que posteriormente son visualizados mediante autoradiografía, arrojándonos una imagen con bandas oscuras correspondientes a los fragmentos marcados, pudiendo entonces establecer la secuencia de los nucleótidos del fragmento de ADN.

¹⁵⁶ Véase MAXAM, A.M. y GILBERT, W. 1977. "A new method for sequencing DNA." *Proceedings of the National Academy of Science*. 2(74): 560-564.



157

5.2. El método de Sanger.

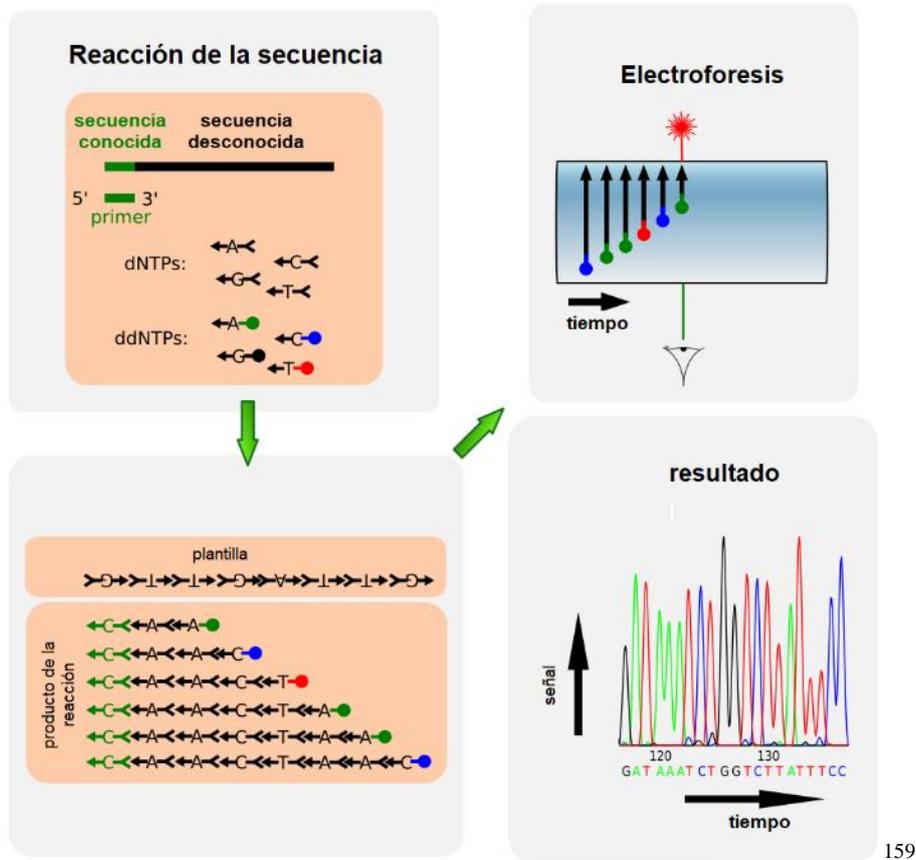
Este método corresponde al otro grupo de investigadores, (liderado por Frederick Sanger y Alan Coulson y publicado dos años antes que el método de Maxam y Gilbert)¹⁵⁸. Se basa en aislar y clonar el ADN a secuenciar, el cual se desnaturaliza y se usa una única hebra para la secuenciación.

En cada uno de los tubos se introduce el ADN molde de una sola hebra, un *primer* de ADN cuyos nucleótidos estarán marcados radiactivamente, una ADN polimerasa y nucleótidos modificados los cuales terminarán la elongación de la cadena de ADN resultante, correspondiendo a cada tubo un único nucleótido de los cuatro estándares (A, T, C y G).

¹⁵⁷ Representación gráfica de un ejemplo de secuenciación química de Maxam-Gilbert. Extraído de WIKIPEDIA. 15 de octubre de 2021. *Secuenciación Maxam-Gilbert*. Recuperado el 26 de enero de 2022 de https://es.wikipedia.org/wiki/Secuenciación_Maxam-Gilbert

¹⁵⁸ Véase SANGER, F. y COULSON, A.R. 1975. "A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase." *Journal of Molecular Biology*. 94(3): 441-448. . doi: 10.1016/0022-2836(75)90213-2

Como resultado, se obtendrán varios fragmentos de ADN de longitud variable que posteriormente serán desnaturalizados por calor y separados por tamaño mediante electroforesis en gel de poliacrilamida-urea, corriendo cada una de las cuatro reacciones en carriles individuales, correspondiendo entonces un carril para cada reacción con el nucleótido correspondiente (carril para A, T, C y G). Posteriormente se procede a la visualización de estas bandas mediante autoradiografía o luz UV, pudiendo leer la secuencia de ADN directamente de la imagen del gel; del mismo modo que el método de Maxam y Gilbert.



El método de Maxam y Gilbert fue muy popular en su inicio, aunque quedó rápidamente en desuso a favor del método de Sanger ya que, además de ser menos complejo, no requería de sustancias peligrosas y grandes cantidades de ADN marcado radiactivamente. Por estas razones, los procedimientos de secuenciación en la actualidad se basan en el método enzimático de Sanger, sustituyendo el marcado radiactivo por el

¹⁵⁹ Representación gráfica de la secuenciación por el método de Sanger. Extraído de BIOINFORMATICS AT COMAV. *Secuenciación de Sanger*. Recuperado el 26 de enero de 2022 de https://bioinf.comav.upv.es/courses/intro_bioinf/sanger.html

uso de fluorocromos, de manera que la lectura de la secuencia se realiza con sistemas ópticos capaces de detectar los fluorocromos empleados, logrando un método más directo, fácil, rápido y seguro¹⁶⁰.

5.3. Secuenciación automatizada.

Aunque los métodos anteriormente descritos son relativamente sencillos de realizar y de interpretar, su capacidad de resolución es limitada, por lo que la automatización de la secuenciación fue uno de los mayores avances en la tecnología de la secuenciación del ADN. Actualmente los laboratorios cuentan con equipos con la capacidad de automatizar las reacciones de secuenciación del método de Sanger. Para ello utiliza microrreacciones a temperatura controlada, en un ciclo de reacción donde se procesan 48 moldes, pudiendo resolver más de 450 bases en secuenciación automática de ADN.

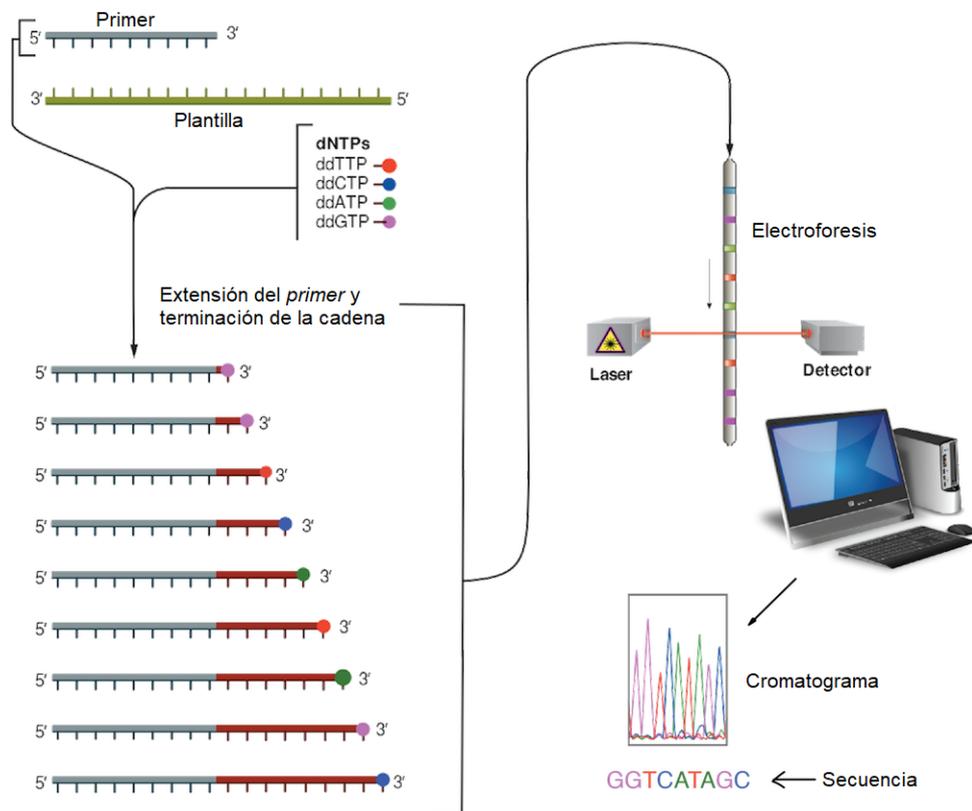
En estos equipos, un láser excita la tinción fluorescente, y dicha señal de fluorescencia emitida por el ADN es digitalizada y captada por los sensores y transcritos por un software informático, capaz de analizar, descifrar y arrojar los resultados en tiempo real en forma de curvas de colores, uno por cada nucleótido, y debajo de cada pico de la secuencia se identifica la secuencia de nucleótidos correspondientes al fragmento analizado; pudiendo entonces secuenciar varias muestras simultáneamente.

Para esta secuenciación se utiliza un fluoróforo unido al primer, utilizando un color diferente para cada fluoróforo de cada reacción específica para nucleótidos (A, T, C o G) marcándolos como terminadores reversibles, de forma que la enzima ADN polimerasa aún la reconozca como sustrato.

Posteriormente, las mezclas de reacción se combinan en una coelectroforesis en un mismo gel, y la información de la secuencia se lee directamente por el software informático. También existe la opción de agregar este fluoróforo a la terminación de la cadena, con la ventaja de que sólo se necesita de una única reacción en vez de cuatro. En

¹⁶⁰ Véase GÓMEZ MEDA, B.C. *et al.* 2013. “Secuenciación del ADN y microarreglos.” En SALAZAR MONTES. A., SANDOVAL RODRÍGUEZ, A. y ARMENDÁRIZ BORUNDA, J. (eds.) *Biología Molecular. Fundamentos y aplicaciones en las ciencias de la salud*. Cap. 17, págs. 160-170.

esta reacción se marcan los dNTPs con fluorocromos de diferentes colores para cada base nitrogenada, de modo que la terminación de cada cadena determina el color y, por ende, el nucleótido respectivo. Esto hace fluorescer a longitudes de onda diferentes que el sistema óptico del equipo de laboratorio identifica en un gráfico de las señales de fluorescencia de cada una de las bases nitrogenadas, representándose cada base con un pico de intensidad de luz.



161

6. Introducción y comparación en las bases de datos genéticas.

Tras secuenciar el ADN amplificado y obtener la secuencia concreta del gen de interés, es el momento de introducirlo en una base de datos genética, ya sea para comprobarla y encontrar alguna coincidencia identificando así la especie ante la que nos

¹⁶¹ Representación gráfica de la secuenciación de ADN automatizada basada en el método Sanger. Extraído de KHAN ACADEMY. *Secuenciación del ADN*. Recuperado el 26 de enero de 2022 de <https://es.khanacademy.org/science/high-school-biology/hs-molecular-genetics/hs-biotechnology/a/dna-sequencing>

encontramos, o para introducir una nueva especie que no se encontrase anteriormente en dicha base para futuras comprobaciones.

Las bases de datos genéticas son un conjunto de software informático y soportes físicos en donde se almacenan ordenada y coherentemente la información genética junto a sus datos asociados y que podrá ser recuperada posteriormente para compararse, de manera automática, de acuerdo con unos parámetros preestablecidos.

El sistema BOLD (de sus siglas en inglés *Barcode of Life Data System*), es la plataforma web dedicada específicamente para el proyecto Código de barras de la vida¹⁶², en donde se almacenan y analizan los datos genéticos, los cuales corresponden exclusivamente a fragmentos de 648 pares de bases pertenecientes al gen COI, que se encuentran almacenados en el Centro de Genómica de la Biodiversidad en Canadá. Esta plataforma web consta de cuatro módulos principales: (i) un portal de datos, (ii) un portal educativo, (iii) un registro de DOORS (especies putativas) y (iv) una mesa de trabajo de recopilación y análisis de datos que proporciona una plataforma online para analizar secuencias de ADN¹⁶³.

Desde el inicio de este proyecto en 2005, la base de datos BOLD se ha ido ampliando con el objetivo de proporcionar una gama de funcionalidades como la organización de datos, validación, visualización y publicación. Actualmente se encuentra en su versión 4 (disponible desde 2017) que mejora la recopilación y análisis de datos, incluyendo además nuevas funciones de difusión, citación y anotación de datos. Actualmente esta base de datos almacena el gen COI de 323.261 especies formalmente descritas, habiéndose registrado un total de más de 12 millones de especímenes analizados¹⁶⁴.

Cualquier investigador puede acceder libremente a la base de datos BOLD, la cual presta servicios especializados para la publicación de registros que cumplen con los estándares necesarios para obtener la designación BARCODE en las bases de datos internacionales. Gracias a que esta plataforma web gratuita y flexible en cuanto a la seguridad de los datos, es una base de datos muy optimizada para apoyar proyectos de

¹⁶² Véase <https://www.boldsystems.org/> revisado el 11 de mayo de 2021.

¹⁶³ Véase RATNASINGHAM, S. y HEBERT, P. 2007. "BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>)." *Molecular Ecology Notes*. Vol. 7, núm. 3, págs. 355-364.

¹⁶⁴ Datos extraídos de https://www.boldsystems.org/index.php/TaxBrowser_Home el 11 de mayo de 2021.

investigación. En esta base de datos genética, toda la colección de especímenes, la asignación de secuencias y la clasificación de información provienen de aportaciones de los científicos, colaboradores e instalaciones de todo el mundo; y gracias a la acumulación y aumento continuo de estos datos, aumenta proporcionalmente la precisión en la identificación genética de especies.

En cuanto a GenBank, es una base de datos pública la cual contiene una colección de secuencias de nucleótidos obtenidas a partir de más de 300.000 especies, incluyéndose además de la secuencia, información bibliográfica y anotaciones funcionales. La gestión y distribución de esta base de datos corresponde al NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) que se encuentra en Estados Unidos; que junto al ENA (*European Nucleotide Archive*) en Europa y el DDBJ (*DNA Data Bank of Japan*) desde Japón, forman el consorcio INSDC (*International Nucleotide Sequence Database Collaboration*), donde cada día, las tres bases de datos ponen en conjunto y actualizan sus contenidos.

GenBank cuenta también con una plataforma web¹⁶⁵ donde puede accederse a todo su contenido de forma pública y gratuita, pudiéndose descargar también los ficheros de la base de datos. Esta base de datos se va actualizando cada dos meses desde 1982, donde las secuencias almacenadas se van publicando cada año. Estas secuencias son enviadas directamente vía telemática (mediante la plataforma web *BankIt* o el software informático *Sequin*), ya sea por parte de los investigadores que obtienen datos de forma experimental, como de los centros de investigación dedicados específicamente a proyectos genómicos de secuenciación.

En GenBank se almacenan una amplia variedad de secuencias ininterrumpidas de una molécula de polinucleótidos, pudiendo encontrar desde ADN genómico hasta ARN mitocondrial, por lo que no se limitan al almacenamiento de un único gen de interés, como ocurre con la base de datos BOLD. El tamaño mínimo de estas secuencias es de 50 pares de bases, sin existir un límite máximo, pudiéndose incluso almacenar genomas completos. A cada secuencia almacenada se le asigna un número de acceso, el cual hace de identificador único que utilizan las tres bases de datos (*GenBank*, ENA y DDBJ) y que estará asociado a dicha secuencia. Para la búsqueda en GenBank basta con introducir el

¹⁶⁵ Véase <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> revisado el 11 de mayo de 2021.

nombre del gen y filtrar los resultados por especie, o acceder directamente a un registro introduciendo su número de acceso

A estas bases de datos debe unirse ahora la utilización de la herramienta denominada BLAST¹⁶⁶, una plataforma web dentro del servidor del NCBI que proporciona la posibilidad de comparar la secuencia obtenida de una amplificación con todas las secuencias que se encuentran en la base de datos, lo que la hace la herramienta más utilizada del mundo para este fin. Este software informático se basa en un algoritmo que encuentra las secuencias de la base de datos que mayor similitud tiene con la secuencia a estudio; y al igual que ocurre con *GenBank* es de uso gratuito y dominio público.

Cuando un investigador introduce una secuencia para su comparación, la herramienta BLAST puede arrojar los siguientes resultados: (i) encontrar una coincidencia del 100% con una secuencia de la base de datos, (ii) encontrar una coincidencia del 100% con una parte de una secuencia de la base de datos, (iii) encontrar secuencias similares en la base de datos o (iv) no encontrar parecidos, introduciéndose la secuencia a estudio como un nuevo gen.

A la hora de utilizar esta herramienta, el investigador puede hacerlo vía *on-line* desde la web del NCBI, o sin necesidad de conexión a internet, para una mayor confidencialidad de los resultados y para ello se requiere de un software informático desde donde se descargan las bases de datos.

BLAST hace uso de algoritmos para comparar las secuencias de ADN, concretamente cuenta con tres algoritmos, cada uno con una función específica, (i) MEGABLAST es el algoritmo diseñado para la identificación de secuencias idénticas o muy parecidas (entre un 100% y un 95% de similitud), (ii) MEGABLAST discontinuo es el algoritmo diseñado para encontrar secuencias similares en organismos distintos y (iii) BLASTN es un algoritmo diseñado también para encontrar secuencias similares en organismos distintos, siendo más sensible y preciso que el anterior.

¹⁶⁶ Véase https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch revisado el 11 de mayo de 2021.

III. EL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN GENÉTICA DE ESPECIES APLICADO A LA ANGUILA EUROPEA (*ANGUILLA ANGUILLA*).

Siguiendo las distintas fases descritas, ¿cuáles han sido aplicadas para facilitar la identificación genética de ejemplares, productos y derivados de la anguila europea?

Con relación a los marcadores genéticos y/o genes de interés, el gen citocromo c oxidasa I (COI), sirviéndose del código de barras para la identificación de especies animales, ha demostrado ser eficaz para la identificación de la anguila europea (*Anguilla anguilla*)¹⁶⁷, aunque no es el gen de interés más utilizado para la identificación de esta especie en concreto. En cuanto al gen citocromo b (cyt b), es también un área de interés para la identificación de la anguila europea como se ha demostrado en numerosos estudios¹⁶⁸. Por último, en cuanto a genes de interés, el gen 16S rRNA ha venido siendo muy utilizado para la distinción entre los diferentes tipos de anguila (*Anguilla anguilla*, *A. rosatra* o *A. japónica*) ya que, en su fase joven o angula, la diferenciación morfológica se hace complicada¹⁶⁹.

¹⁶⁷ Véanse MOHAMMED-GEBA, K, HASSAB EL-NABI, S.S., SAID EL-DESOKY, M. 2016. "Development of cytochrome-c-oxidase 1 specific primers for genetic discrimination of the European eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)." *Journal of Bioscience and Applied Research* 2(4): 258-262; HASSAB EL-NABI, S.S., SAID EL-DESOKY, M. MOHAMMED-GEBA, K. 2016. "Genetic population diversity of European eel *Anguilla anguilla* elvers in two Egyptian water bodies, Rosetta (Rachid) estuary and Burullus Lake." *Genes & Genomics*. doi:10.1007/s13258-017-0572-1; RICHARDS, J.L., SHENG, V., WING, C., LAI YING, C., SIN TING, N., SADOVY, Y. y BAKER, D. 2020. "Prevalence of critically endangered European eel (*Anguilla anguilla*) in Hong Kong supermarkets," *Science Advances* 6(10): eaay0317. doi: 10.1126/sciadv.aay0317; y STEIN, F.M., WONG, J., SHENG, V., LAW, C., SCHRÖDER, B. y BAKER, D.M. 2016. "First genetic evidence of illegal trade in endangered European eel (*Anguilla anguilla*) from Europe to Asia." *Conservation Genetics Resources* 8(4): 533-537.

¹⁶⁸ Véanse LAGO, F., VIEITES, J. y ESPÍERA, M. 2012. "Authentication of the most important species of Freshwater Eels by means of FINS." *European Food Research Technology* 234: 689-694. doi: 10.1007/s00217-012-1672-4; REHBEIN, H., SOTELO, C.G., PEREZ-MARTIN, R.I., CHAPELA-GARRIDO, M.J., HOLD, G.L., RUSSELL, V.J., PRYDE, S.E., SANTOS, A.T., ROSA, C., QUINTERO, J. y REY-MENDEZ, M. 2002. "Differentiation of raw or processed eel by PCR-based techniques: restriction fragment length polymorphism analysis (RFLP) and single strand conformation polymorphism analysis (SSCP)." *European Food Research and Technology*. 214: 171-177. doi:10.1007/s00217-001-0457-y; TRAUTNER, J. 2006. "Rapid identification of European (*Anguilla anguilla*) and North American eel (*Anguilla rostrata*) by polymerase chain reaction." *Information on Fishery Research* 53:49-51; y TRAUTNER, J. 2013. "Stocking the right eel species: a fast PCR-based identification assay to discriminate European (*Anguilla anguilla*) (Linnaeus, 1758), American (*A. rostrata*) (Lesueur, 1817) and Japanese eel (*A. japónica*) (Temminck & Schlegel, 1846)." *Journal of Applied Ichthyology* 29(4): 912-915. doi: 10.1111/jai.12233

¹⁶⁹ Véanse MISAKO NAKAYA, S., KANEKO, G., KONDO, H., SEZAKI, K., y WATABE, S. 2005. "Rapid identification of eels *Anguilla japónica* and *Anguilla anguilla* by polymerase chain reaction with single nucleotide polymorphism-based specific probes." *Fisheries Science*. Núm. 71, págs. 1356-1364. doi: 10.1111/j.1444-2906.2005.01102.x; y ESPINERA, M. y VIEITES, J.M. 2016. "Genetic system for an integral traceability of European eel (*Anguilla anguilla*) in aquaculture and seafood products: authentication by fast real-time PCR." *European Food Research and Technology*. 242: 25-31. doi: 10.1007/s00217-015-2514-y

En cuanto a la extracción de ADN en muestras de anguila europea (*Anguilla anguilla*), en la persecución del tráfico las mismas aparecen en multitud de formas, desde vivas en bolsas de plástico, siendo esto lo más común en las operaciones contra redes de tráfico; a encontrarlas procesadas, más común en mercados donde se vende anguila europea como otro tipo de pescado, como ocurre en Hong Kong, donde gran parte de la anguila que se vende en sus mercados es anguila europea obtenida ilegalmente¹⁷⁰. En la literatura analizada para este presente trabajo se han utilizado muestras de especímenes frescos, muestras conservadas en etanol y muestras de anguila cocinada (mayormente mediante el proceso de ahumado); que posteriormente han sido analizadas por PCR, PCR cuantitativa o en tiempo real y amplificación por LAMP. Como se ha explicado anteriormente, la extracción de ADN dependerá tanto de cómo se presente la muestra, como del método de amplificación elegido.

En este sentido, la PCR se ha convertido en el método estándar para la amplificación y diagnóstico del ADN en general, lo que se traslada también para la identificación de la anguila europea¹⁷¹, siendo el método más utilizado para ello, llevándose la extracción a cabo por bromuro cetiltrimetil amonio o CTAB (del inglés Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide)¹⁷², la extracción de resina Chelex-100¹⁷³ y por el método de extracción en base de sílice mediante el kit comercial QIAGEN¹⁷⁴ para muestras frescas o conservadas en etanol.

Para las muestras analizadas por PCR cuantitativa o en tiempo real, la qPCR, se ha demostrado que, con un correcto diseño de sus *primers*, es un método de gran utilidad para la identificación genética de la anguila europea.¹⁷⁵ Los principales métodos de

¹⁷⁰ Véanse RICHARDS, J.L. *et al.* 2020 *Op.cit supra* nota 167; y STEIN, F.M. *et al.* 2018. *Op.cit supra* nota 167.

¹⁷¹ Véanse RICHARDS, J.L. *et al.* 2020. *Op.cit supra* nota 167; LAGO, F.C. *et al.* 2012. *Op.cit supra* nota 168; REHBEIN, H. *et al.* 2002. *Op.cit supra* nota 168; MOHAMMED-GEBA, K. *et al.* 2016. *Op.cit supra* nota 167; TRAUTNER, J. 2006 *Op.cit supra* nota 168; SHIRO, I. *et al.* 2005. *Op.cit supra* nota 169; y STEIN, F.M. *et al.* 2018. *Op.cit supra* nota 167.

¹⁷² Véanse la primera publicación del método CTAB en MURRAY, M.G. y THOMPSON, W.F. 1980. "Rapid isolation of higher weight DNA." *Nucleic Acids Research*. 8(19): 4321-4325. doi: 10.1093/nar/8.19.4321; LAGO, F.C. *et al.* 2012. *Op.cit supra* nota 168; y REHBEIN, H. *et al.* 2002. *Op.cit supra* nota 168.

¹⁷³ Véase TRAUTNER, J. 2006. *Op.cit supra* nota 168.

¹⁷⁴ Véanse RICHARDS, J.L. *et al.* 2020. *Op.cit supra* nota 167; y STEIN, F.M. Stein *et al.* 2018. *Op.cit supra* nota 167.

¹⁷⁵ Véanse ESPÑEIRA, M. y VIEITES, J.M. 2016. *Op.cit supra* nota 169; TRAUTNER, J. 2013. *Op.cit supra* nota 168; y CARDENOSA, D. *et al.* 2019. "Development and application of a novel real-time polymerase chain reaction assay to detect illegal trade of the European eel (*Anguilla anguilla*)." *Conservation Science and Practice*. 1(5) e39.

extracción han sido la extracción por fenol/cloroformo¹⁷⁶ o por resina Chelex-100¹⁷⁷ tanto para muestras frescas como conservadas en etanol.

En cuanto a la amplificación por LAMP principalmente se hace uso de muestras frescas y extracción por CTAB. Dicha amplificación por LAMP es un método con una alta capacidad diagnóstica, una técnica altamente específica para el gen de interés, pero no goza de una gran experimentación para la identificación de anguila europea, aunque se ha demostrado su utilidad¹⁷⁸. Sería de gran interés ahondar en las posibilidades de esta metodología para su identificación ya que posee numerosas ventajas con respecto a la PCR y qPCR, como la capacidad de amplificar ADN a una temperatura constante entre 60 y 65°C, sin perder tiempo en cambios térmicos y necesitándose únicamente un bloque de calentamiento o incluso baño maría, prescindiendo de termocicladores y equipo costoso; y que apenas sufre de inhibidores como sí ocurre con la PCR convencional.

Recuérdese que, como antes se ha señalado, es, además, un método rápido (se lleva a cabo entre 35 y 60 minutos), de fácil aplicación, y de bajo coste, ya que no demanda de equipos de laboratorio sofisticados y caros e incluso se puede realizar fuera de laboratorio, como en controles de aduanas cuando se incauten muestras de las que se sospeche que proceden de anguila europea para su tráfico ilegal ya que permite hasta la detección visual del resultado.

A modo de conclusión, la amplificación por LAMP promete ser un método de detección eficaz en el contexto de la identificación de la anguila europea, ya que puede ser una solución para una primera identificación al encontrarnos con una muestra sospechosa. Eso sí, como ocurre en general con la utilización del método LAMP, será necesario un posterior análisis, a modo de prueba de contraste, mediante una PCR convencional o una qPCR que tenga más validez de cara a un futuro proceso judicial.

Finalmente, en cuanto a las bases de datos genéticos utilizadas destacan BOLD y *GenBank*. Conviene tener en cuenta que, en la mayoría de los estudios y publicaciones analizados en materia de identificación de anguila europea, hacen uso de la base de datos

¹⁷⁶ Véase ESPÍÑEIRA, M. y VIEITES, J.M. V. 2016. *Ob. Cit* nota 168.

¹⁷⁷ Véanse TRAUTNER, J. 2013. *Ob. Cit* nota 168; y CARDEÑOSA, D. *et al.* 2019 *Ob. Cit* nota 175.

¹⁷⁸ SPIELMANN, G., ZIEGLER, S., HASZPRUNAR, G., BUSCH, U., HUBER, I., y PAVLOVIC, M. 2019. "Using loop-mediate isothermal amplification for fast species delimitation in eels (genus *Anguilla*), with special reference to the European eel (*Anguilla anguilla*)." *Food Control* 101: 156–162. doi: 10.1016/j.foodcont.2019.02.022

GenkBank, en el que para acceder al registro de la anguila europea basta con introducir su número de acceso, el GCF_013347855.1¹⁷⁹. También es especialmente útil porque la plataforma web dentro del servidor del NCBI permite utilizar la herramienta BLAST antes descrita.

¹⁷⁹ Extraído de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/gdv/browser/genome/?id=GCF_013347855.1 a fecha de 11 de mayo de 2021.

CAPÍTULO 3:

EL USO DE LA GENÉTICA FORENSE NO HUMANA EN EL PROCESO
ESPAÑOL

Como acabamos de ver, la genética forense no humana es una herramienta que demuestra ser de gran utilidad contra el tráfico de especies animales en general, y de angula en particular; gracias a su capacidad de identificación de especímenes. Queda patente entonces que su incorporación para la investigación de estos delitos es de gran interés, pero habría que analizar ahora qué papel jugaría la genética forense no humana dentro del proceso judicial.

A priori, puede parecer que la ciencia y el mundo del derecho son dos mundos inmiscibles, pero esta no es un concepto ajeno al proceso judicial. Dentro del mismo, los jueces se enfrentan a numerosas pruebas de índole o carácter científico como es el caso de la dactiloscopia o la propia genética forense, pero no todos los conocimientos que se presentan como científicos (otorgándole un aura de certeza) lo son, por lo que, a lo largo de los años, a base de jurisprudencia y la aprobación de nueva legislación, se ha formado un marco normativo para la aceptación y valoración de este tipo de pruebas.

El objetivo de este capítulo no es más que el de encontrar el lugar que ocupa la genética forense animal dentro del proceso penal español y despejar así toda duda de que la genética forense, ya no es que solo sea una herramienta científica de gran interés, sino que es totalmente admisible y posee valor dentro del proceso tanto como medio de investigación como medio de prueba.

Para ello, primero desarrollaremos la relación entre la ciencia y el proceso judicial desde una perspectiva más general, con el objetivo de ver como la ciencia ha ido introduciéndose dentro del proceso penal hasta el punto de convertirse en una herramienta indispensable para la investigación de determinados delitos. Para ello, se tuvieron que ir despejando algunas incógnitas como qué se puede considerar una ciencia o como puede valorar el juez conceptos científicos que se escapan de su ámbito de conocimiento.

Una vez visto como la ciencia se ha instaurado en el proceso penal español hasta considerarse una medio de investigación y/o medio de prueba más, nos centraremos en la

genética forense, concretamente en la humana. Es indispensable conocer en qué lugar se sitúa el ADN humano como medio investigación y/o medio de prueba para saber si la genética forense animal podría ocupar este lugar. Por ello, veremos la regulación jurídica del ADN dentro del proceso penal, las diferentes reformas que esta ha sufrido a lo largo de los años y cómo los jueces lo han ido valorando.

Una vez situada la genética forense “tradicional”, es el momento de plantear si la genética forense animal puede compartir este lugar dentro del proceso penal español. Para ello, además de analizar y valorar el lugar de la genética forense humana, tendremos en cuenta las particularidades que plantea a nivel procesal, ya no solo la genética forense animal, sino también el fenómeno delictivo en el que se centra este trabajo, el tráfico ilegal de anguila europea.

I. LA CIENCIA COMO MEDIO DE INVESTIGACIÓN Y PRUEBA.

No es erróneo afirmar que tanto el proceso judicial como la ciencia tienen como objetivo la investigación y esclarecimiento de la verdad, aunque una verdad entendida de diferente forma. La investigación científica está enfocada a la búsqueda de la verdad científica, la explicación de cómo ocurren las cosas; mientras que el proceso judicial se orienta en la reconstrucción verídica de los hechos de la causa, en definitiva, en averiguar cómo ocurren los hechos; y para ello surge una figura fundamental, la prueba.

“La prueba no consiste en averiguar sino en verificar¹⁸⁰”, de modo que el juez no averigua los hechos a través de ella, sino que mediante la misma verifica los hechos aportados por las partes de modo que se pueda reconstruir la historia del proceso en cuestión. Podemos decir entonces que “el objeto de la prueba no son los hechos, sino las afirmaciones que sobre los hechos efectúan las partes¹⁸¹”.

Si unimos ambos conceptos, el de prueba y el de ciencia, nos da como resultado las pruebas científicas, el empleo de la ciencia como instrumento para la averiguación y verificación de la verdad sobre los hechos. Esta adhesión de la ciencia al proceso judicial se ha venido acelerando a partir del siglo XX, de modo que cada vez es más común que circunstancias de cierta relevancia para la decisión final de un juez se valoren con instrumentos científicos, de modo que las pruebas científicas son cada vez más frecuentes en procesos judiciales tanto civiles como penales de igual forma que la tecnología se ha instaurado en la vida cotidiana, lo que también origina nuevos tipos de controversias.

En la sociedad actual, la ciencia está envuelta en un aura de misticismo, representando el conocimiento verdadero y objetivo, un conocimiento que se escapa de la media de los ciudadanos, por lo que se la concibe como un elemento ajeno y exótico, pero a su vez indispensable para obtener respuestas verídicas.

En lo referente a la ciencia que en ocasiones resulta necesaria para el proceso, es frecuente que el Juez no disponga de los conocimientos científicos suficientes para decidir

¹⁸⁰ SENTÍS MELENDO, S. 1947. La prueba. *EJEA*, pág. 12.

¹⁸¹ ABEL LLUCH, X. 2012. “Sobre la prueba, el derecho a la prueba y la técnica probatoria”. En *Derecho probatorio*, editado por BOSCH J.M. Barcelona, pág. 21.

sobre hechos de la causa o que tenga dudas sobre cómo adquirir dichos conocimientos y valorarlos.

Pero antes de entrar en el terreno de la valoración de la prueba científica, es preciso responder a la siguiente pregunta: ¿qué es ciencia?, más concretamente, qué ciencia es utilizable como instrumento para la averiguación y verificación de los hechos¹⁸². De este interrogante surgen dos aspectos relevantes, el primero en lo que se refiere a los tipos de ciencias que podemos entender como utilizables, y el segundo con relación a la calidad de la ciencia que se va a utilizar.

1.- La ciencia como medio de investigación y de prueba.

En cuanto al primer aspecto a tener en cuenta, observamos que apenas surgen problemas con las que llamamos ciencias “duras”, como podría ser la biología, la química o las matemáticas. En estos casos, el juez se enfrenta a circunstancias que pueden establecerse, interpretarse y/o valorarse recurriendo únicamente a nociones que pertenecen a estos ámbitos del saber, renunciando a utilizar su propia “ciencia privada” y sirviéndose de expertos en estas materias que le transmiten las nociones técnico-científicas necesarias para emitir una decisión.

Más controversia suscita el papel de las mal llamadas ciencias *soft*, ciencias “humanas” o “sociales” como son la psicología, la economía o la sociología; en donde el problema radica en que son áreas de conocimiento que tradicionalmente se han encasillado dentro del sentido común y no eran consideradas como ciencias por sí mismas. En la actualidad se siguen infravalorando, aunque cada vez sea más común, que se recurra a expertos en el ámbito de la psicología esto no suele suceder con demasiada frecuencia y no en todos los casos se considera necesario¹⁸³.

Trasladándonos al segundo aspecto a tener en cuenta, nos encontramos con la distinción entre ciencia “buena” y ciencia “mala”. Entenderemos en este sentido como

¹⁸² Véase TARUFFO, M. 2005. Conocimiento científico y estándares de prueba judicial. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, núm. 114, págs. 1285-1312.

¹⁸³ Un ejemplo de ello es la pericia psiquiátrica, para profundizar en esto véase PEDRAZ PENALVA, E. 1994. “Apuntes sobre la prueba pericial en el proceso penal: particular consideración de la pericia psiquiátrica.” *Revista de derecho procesal*. Núm. 2, págs. 329-412.

ciencia “mala” aquel conjunto de informaciones científicas que son incorrectas, incompletas, que no han sido contrastadas, que han sido manipuladas, que han sido referidas errónea o, directamente, que no son relevantes para la constatación de los hechos del caso en concreto, lo que en términos procesales se califica como impertinente¹⁸⁴.

Por otro lado, existen también varias pseudociencias que pretenden generar conocimientos sobre bases científicas pero que en realidad no existen o que son prácticas probatorias que carecen de fundamento o credibilidad alguna.

Para poder discernir entre una ciencia “buena” y una ciencia “mala” hay que tener en cuenta cuatro características principales: la mutabilidad, la compatibilidad con la mayoría de los conocimientos existentes, la intersección parcial con otras ciencias y un control llevado a cabo por la comunidad científica¹⁸⁵.

La mutabilidad hace referencia al hecho de que no existe ciencia alguna que no resulte de la constante investigación, de tal forma que la misma se enriquece y permite la corrección los conocimientos adquiridos. Esta investigación continua es la que modifica la ciencia, la que le otorga la mutabilidad. Este proceso que no ocurre en las pseudociencias, en ellas los conocimientos están totalmente estancados.

En cuanto a la segunda característica, para que un descubrimiento científico capte la atención de la comunidad científica no debe ser demasiado obvio, pero tampoco romper con los conocimientos establecidos previamente. Dicho conocimiento ha de ser totalmente compatible con la sabiduría adquirida y contrastada previamente, no sólo para evitar la crítica, sino para poder entender las nuevas aportaciones y valorar las mismas. En conclusión, una hipótesis será válida en mayor o menor medida dependiendo del grado de compatibilidad con los conocimientos que se consideran consolidados en la materia.

La tercera propiedad de una buena ciencia hace referencia al uso de otras áreas de investigación. Las clasificaciones de las ciencias duras es algo artificial, las ciencias

¹⁸⁴ Véase LORCA NAVARRETE, A.M. 2023. “La prueba que vulnera derechos fundamentales.” *Revista vasca de derecho procesal y arbitraje*. Vol. 35, núm. 1, págs. 29-40.

¹⁸⁵ Véase FALCÓN, E.M. 2012. La prueba científica. *Revista del Instituto Colombiano de Derecho Procesal*. Núm. 38, págs. 217-257.

comportan un amplio sistema donde interactúan entre ellas, algo que no ocurre con las pseudociencias, las cuales se encuentran aisladas.

Por último, pero no por ello menos importante, tenemos el control de la comunidad científica. Los propios investigadores interaccionan con sus compañeros formando una comunidad donde toman prestados descubrimientos y problemas, así como se enfrentan a las críticas y opiniones que son demandadas por el propio investigador. Estas interacciones originan un sistema de control y difusión propio y, en consecuencia, la investigación científica es capaz de autocorregirse y autocuestionarse, dándole la capacidad de encontrar errores y corregirlos, un fenómeno que no ocurre en la pseudociencia, donde se establecen y consolidan creencias alejadas de la crítica.

Pero ninguno de estos aspectos se tiene en cuenta en nuestra legislación, ya que no opera bajo ningún tipo de protocolo de admisión para las pruebas científicas, por lo que en caso de que exista alguna controversia en cuanto a la fiabilidad de las mismas, los jueces y especialistas en la materia se encuentran desorientados; los jueces, al desconocer las características y especificaciones de las mismas; y los especialistas, porque ignoran las referencias a tener en cuenta a la hora de justificar el uso de dicha técnica científica, lo que ha originado diversos errores dentro de los tribunales españoles.

En este sentido, es importante recalcar el que se produjo en el “caso José Bretón¹⁸⁶” en el que se investigaba la desaparición de dos hermanos menores, Ruth y José, que posteriormente se demostró que fueron asesinados por su padre, José Bretón. En plena investigación de la desaparición de estos menores, se hallaron unos restos óseos calcinados en la finca de José Bretón que, tras un primer examen realizado por los antropólogos forenses de la Policía Científica, se catalogaron como restos de animales. En respuesta a este dictamen, la parte acusadora realizó un segundo peritaje en el que se aseguraba que los restos óseos correspondían a restos humanos pudiendo ser de niños entre los dos a los seis años. Con el fin de aclarar esta discrepancia, se acordó un tercer y

¹⁸⁶ Véase DELGADO, D., POYATO, F.J. & BAQUERO, P.G. 10 de octubre de 2021. Diez años del crimen de José Bretón. El caso que pudo resolverse en horas y el fallo que alargó la tragedia. ABC Sevilla. Extraído de https://sevilla.abc.es/andalucia/cordoba/sevi-errores-tragedia-cordoba-enf-202110071940_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F#disqus_thread el 23/11/2021

último informe pericial el cual confirmaba que dichos restos óseos pertenecían a humanos.

Este incidente sirvió para que en los tribunales españoles se les diera una mayor trascendencia a los protocolos de análisis y de la metodología empleada en cada prueba científica.

Es imprescindible recoger, estudiar y publicar toda la información necesaria para que tanto los tribunales como expertos sean conocedores de la metodología y la fiabilidad de los métodos empleados, así como de la existencia de otras técnicas.

Es en este sentido cuando adquiere relevancia la llamada científicidad de la prueba¹⁸⁷. Para desarrollar este término es necesario remontarnos al año 1984, cuando los padres del menor Jason Daubert promovieron un juicio civil contra *Merrrel Dow Pharmaceuticals Inc.*, un caso que supuso que los tribunales internacionales se preocuparan por la científicidad de las pruebas utilizadas para la averiguación de los hechos, el llamado “caso Daubert”¹⁸⁸.

La denuncia de los padres de Daubert contra dicha farmacéutica fue una de las 1700 donde se alegaban que uno de sus fármacos patentados (el Bendectin, un antihistamínico para aliviar las náuseas y mareos propios del embarazo) producía malformaciones congénitas en los fetos de aquellas mujeres embarazadas que lo consumieran con frecuencia. Ambas partes presentaron pericias expuestas por sus propios expertos para probar los efectos de dicho fármaco. Debido a la controversia que generaron los diferentes estudios presentados por las partes debido a su dudosa base científica, y para ayudar al juez a identificar que una prueba científica y el testimonio del experto pertenezcan al conocimiento científico, la Corte Suprema de los Estados Unidos desarrolló un catálogo de requisitos útiles para constatar la llamada científicidad de las pruebas. Tales requisitos son:

¹⁸⁷ Véase VÁZQUEZ ROJAS, C. 2014. Sobre la científicidad de la prueba científica en el proceso judicial. *Anuario de Psicología Jurídica*. Núm. 24, págs. 65-73.

¹⁸⁸ Véase VÁZQUEZ ROJAS, C. 2015. “De la prueba científica a la prueba pericial.” Colección Filosofía y Derecho. Ed. Marcial Pons. Madrid. ISBN: 978-84-16402-76-2.

- La teoría o técnica empleada debe ser comprobada. Lo que distingue a la ciencia es el uso del método científico el cual se basa en la generación y contrastación de hipótesis para comprobar así si pueden ser falsables.
- La teoría o la técnica empleada debe haber sido publicada y ha de encontrarse sujeta a revisión.
- La técnica científica empleada ha de determinar un margen o un porcentaje de error, así también ha de especificar los estándares de su proceso de elaboración.
- Ha de existir un amplio grado de aceptación de estas teorías o técnicas científicas por parte de la comunidad científica.

Una vez constatada la científicidad de la prueba, habrá que valorar ahora la calidad y la fiabilidad de la prueba científica¹⁸⁹. En cuanto a la calidad de la prueba, ésta va a depender en gran medida de la validez científica de la metodología empleada. Las pruebas científicas pueden realizarse por diferentes métodos, pero no todos gozan del mismo crédito dentro de la comunidad científica. Como se ha visto anteriormente, existen multitud de métodos a la hora de realizar una identificación por ADN; numerosas técnicas de extracción, de amplificación y de secuenciación del ADN y no todas ofrecen el mismo rendimiento, dependiendo en muchos casos del tipo de muestra ante el que nos encontramos. Es por ello que habrá que tener en cuenta cual es la metodología llevada a cabo para realizar la prueba científica en cuestión y asegurar que es la óptima para ese caso. No obstante, tampoco sobre esto tienen los jueces su parcial conocimiento.

En relación con la fiabilidad, esta también se verá influenciada por la calidad de la técnica empleada, pero esta vez dependiendo de su correcta realización en el laboratorio. Es fundamental que los laboratorios posean una infraestructura y personal adecuado, además de que sigan unos rigurosos protocolos a la hora de llevar a cabo los análisis y estudios pertinentes. Pero no solo se hace referencia a la calidad de la técnica empleada por el laboratorio, sino también al proceso durante el análisis, valorando desde el descubrimiento o registro de la muestra hasta su análisis. En este sentido es muy importante la estandarización de los laboratorios y de la realización del análisis de las muestras, además de una correcta cadena de custodia. Será en el siguiente apartado

¹⁸⁹ Véase GASCÓN ABELLÁN, M. 2010. Prueba científica: mitos y paradigmas. *Anales de la Cátedra Francisco Suárez*. Núm. 44, págs. 81-103.

cuando desarrollaremos los criterios a valorar para la homologación de los laboratorios de análisis de ADN en nuestro país.

Para concluir, no debemos de olvidar que las leyes científicas que sirven de base para este tipo de pruebas son mayoritariamente de naturaleza probabilística, por lo que el resultado de una prueba científica es una probabilidad y no una certeza, por muy alta que resulte dicha probabilidad. Es por ello por lo que resulta de vital importancia que el juez o tribunal sepa atribuir a este tipo de pruebas un valor probatorio proporcionado y adecuado, no dejándose llevar por la sobreestimación de la prueba en atención a su carácter científico. La validez de una prueba científica no debe darse por sentada por el hecho de proceder del campo de las ciencias, aunque la misma cumpla con todos los requisitos anteriormente descritos.

2.- *La valoración de la prueba científica.*

Siguiendo a ALFREDO GOZAÍNI “La utilización de la ciencia como medio de prueba destinado a verificar los hechos que las partes llevan al proceso, produce un cierto temor sobre la influencia que pueda tener en el ánimo del juzgador al producir una convicción superior a los estándares de la libertad probatoria”¹⁹⁰. En efecto, el hecho de que una prueba tenga un fundamento científico no le otorga, ni tampoco le resta, valor probatorio; no deja de ser una prueba más de entre todo el conjunto de pruebas, pero con la ventaja de ofrecernos unas conclusiones con un alto grado de probabilidad para llegar a la verdad del hecho.

Cuando hablamos de la valoración de la prueba científica hacemos referencia a la credibilidad que esta merece atendiendo a un sistema de valoración¹⁹¹. El juez, a medida que valora estas pruebas, adquiere conocimientos sobre los hechos objeto del proceso, dichos conocimientos, interpretados y valorados correctamente, permiten aproximarse a la conclusión de si los hechos existieron o no. Pero en nuestra legislación no se plantean reglas de valoración, así como los jueces pueden interpretar y valorar mediante los principios de la sana crítica según lo establecido por el artículo 348 de la Ley de

¹⁹⁰ ALFREDO GOZAÍNI, O. 2012. La Prueba Científica No es Prueba Pericial. *Derecho & Sociedad*. Núm. 38, pág. 173.

¹⁹¹ Véase FALCÓN, E.M. 2012. La prueba científica. *Op.cit.* supra, nota 185.

Enjuiciamiento Civil¹⁹² (en adelante LEC). En este sentido se entiende por sana crítica “el arte de juzgar, atendiendo a la bondad y verdad de los hechos, sin vicios ni error, mediante la lógica, la dialéctica, la experiencia, la equidad y las ciencias y artes afines y auxiliares y la moral, para alcanzar y establecer, con expresión motivada, la certeza sobre la prueba que se produce en el proceso”¹⁹³.

Como se ha venido diciendo, los jueces no poseen, por norma general, conocimientos tan técnicos y específicos requeridos para una correcta valoración de las pruebas científicas, por lo que se puede entender que esta puede darse de manera limitada para lo que la ley proporciona algunos parámetros relacionados con la forma en la que debe llevarse a cabo. De esta forma, para asegurarse una correcta valoración de la prueba científica dentro del proceso, el legislador nos proporciona la figura del perito, la cual se desarrolla detalladamente en el siguiente apartado, y las pautas que deben seguir los informes periciales en el artículo 478 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal (en adelante LECrim), las cuales son:

“El informe pericial comprenderá, si fuera posible:

1.º Descripción de la persona o cosa que sea objeto del mismo en el estado o del modo que se halle.

El secretario extenderá esta descripción, dictándola los peritos y suscribiéndola todos los concurrentes.

2.º Relación detallada de todas las operaciones practicadas por los peritos y de su resultado, extendida y autorizada en la misma forma que la anterior.

3.º Las conclusiones que en vista de tales datos formulen los peritos conforme a los principios y reglas de su ciencia o arte.”

Nos planteamos entonces si este informe del experto condiciona de cierta manera la decisión del juez, que poco puede hacer en lo referente a las operaciones que el experto haya realizado, ya que no puede comprobarlas de primera mano; ocasionando un problema al juez a la hora de valorar los elementos de prueba que exigen de una cultura especializada en la materia. Pero todo lo referente al informe del experto, conocido en nuestro sistema procesal como informe pericial, se desarrollará en el siguiente apartado.

El hecho de que la prueba científica exceda el conocimiento común acarrea el problema de valorarla, lo que hace que sea la única prueba que incorpore adjunta la opinión y el análisis del experto. En base a las mismas, el juez deberá aplicar las reglas

¹⁹² Artículo 348 LEC: “El tribunal valorará los dictámenes periciales según las reglas de la sana crítica.”

¹⁹³ BARRIOS GONZÁLEZ, B. 2003. Teoría de la sana crítica. *Opinión Jurídica*. Vol. 2, núm. 3, págs. 102.

de la sana crítica, un método científico que pretender formar certeza en el juez en relación con los hechos, para así poder decidir correctamente sobre la causa.

Para hacer una correcta valoración de la prueba científica, hay que tener en cuenta el experimento que se haya realizado sobre el particular, la existencia de una ley o teoría de carácter científico aceptada por la comunidad científica, la aplicación del método adecuado a la prueba científica practicada, el estado de certeza que presenta la ciencia utilizada, un grado de comunicación óptima, las reglas de prevalencia que otorga el legislador y el examen según las reglas de la sana crítica.

La experimentación es la vía mediante la cual se realiza la prueba científica. En este punto hacemos referencia tanto a los elementos experimentales utilizados como a los conocimientos que se obtienen a partir del resultado. La LECrim, en su artículo 457, desarrolla que “los peritos pueden ser o no titulares”, entendiéndose como titulares “los que tienen título oficial de una ciencia o arte cuyo ejercicio esté reglamentado por la Administración”, y no titulares los que “careciendo de título oficial, tienen, sin embargo, conocimiento o prácticas especiales en alguna ciencia o arte”.

No es necesario que el experimento realizado sea excesivamente complejo, existen pruebas científicas como la dactiloscopia que se realizan con una metodología sencilla, aunque también nos encontramos con experimentos que requieren de herramientas complejas y exigentes para su uso, como hemos visto anteriormente con el análisis de ADN.

Las leyes o teorías científicas son las precursoras de las pruebas científicas, que en muchos casos aún se encuentran en fase de investigación o se están llevando a cabo sus estadísticas o muestreos. En este sentido, para el informe pericial se exige que se indique el margen de error y que se expliquen las leyes científicas vigentes.

El método científico aplicado a cada caso es un apartado importante y donde el juez tiene un mayor control. Como se ha explicado anteriormente, cada ciencia tiene numerosos métodos y su idoneidad es variable dependiendo del tipo de muestra. Para una correcta aplicación del método científico los pasos a seguir son: enunciar preguntas correctamente formuladas; idear hipótesis, fundadas o contrastadas con la experiencia, para conseguir una respuesta a esas preguntas; tener en cuenta las posibles consecuencias

de esas hipótesis; elegir las técnicas óptimas para someter y contrastar las hipótesis; contrastar a su vez las técnicas a utilizar teniendo en cuenta su relevancia y fiabilidad; interpretar los resultados obtenidos; valorar la pretensión de veracidad de las hipótesis y la fiabilidad de las técnicas empleadas; y determinar los ámbitos en donde valen las hipótesis y las técnicas, y formular nuevos problemas que puedan surgir de la investigación.

El estado de la ciencia en cuestión, al igual que el método científico, es variable y puede pasar por diferentes etapas dependiendo de la fiabilidad de ésta y de la objetividad con la que el juez en cuestión la valore. Como hemos señalado anteriormente, las denominadas ciencias “duras” tienen mucho camino recorrido en el ámbito procesal, lo que no ocurre con las ciencias sociales cuya metodología en muchos casos puede ser incluso más severa y demostrar ser más fiables en determinadas áreas. Pero esto puede variar en el momento en el que surge un nuevo descubrimiento, que puede afianzar o echar por tierra los conceptos preestablecidos.

La comunicación y transmisión del conocimiento es de gran importancia debido a que es el primer paso para la valoración de la prueba científica. El profesional debe exponer las razones y fundamentos de manera entendible, para que el dictamen y su apoyo en los conocimientos científicos puedan ser comprendidos por el juez. Cuando se habla de comunicación, esta comprende no solo la correcta redacción del informe pericial presentado al juez, sino también cuando el experto proceda a realizar su dictamen en el juicio oral y también en el momento de responder las preguntas que las partes puedan realizarle.

La prevalencia de las reglas del derecho es otro elemento que hay que entrar a valorar. Esto es que, aunque se cumplan todos los requisitos anteriores y la prueba científica pueda ser válida, si la prueba se ha obtenido bajo fraude de ley se considerará como prueba ilegal y no se tendrá en consideración. Esta circunstancia se da cuando la prueba de ADN se ha obtenido contra la voluntad del investigado, sin autorización judicial o sin motivación.

La sana crítica¹⁹⁴, como último elemento, conforma la fuerza probatoria de una prueba científica valorada por el juez teniendo en cuenta la competencia y experiencia del experto, los principios o técnicas científicas en los que se basan, la concordancia de su aplicación con las reglas de la sana crítica, las observaciones formuladas por los consultores o letrados y otros elementos de convicción que se ofrezcan a la causa. En consecuencia, cualquiera que sea el valor o la fuerza de la prueba científica, esta misma debe ceñirse a los valores de legalidad, admisibilidad, pertinencia, relevancia y fiabilidad, e integrarse al procedimiento probatorio.

Para no caer en la sobrestimación de la prueba científica, la sana crítica debe atender no sólo al análisis individual de este tipo de pruebas, si no también debe hacerse una valoración conjunta a la totalidad de las pruebas aportadas. El juez debe apreciar todos los elementos de prueba que se le presenten en el proceso penal, primero de forma individual y después en conjunto, donde forman una unidad capaz de producir certeza y convicción. La prueba tiene su propio valor individual, el cual debe ser valorado, pero una vez analizada su fuerza probatoria, esta debe apreciarse en concordancia con el resto del elenco de pruebas que se presentan en el proceso.

Por último, en el contexto de la sana crítica, es indispensable exponer el problema que plantea el conocimiento privado del juez¹⁹⁵. Estos conocimientos provienen de diferentes fuentes: los que obtiene como persona, los que obtiene de su formación y profesión de jurista y los que adquiere como persona que estudia distintas disciplinas.

El juez, como persona, es poseedor de sentido común, de las reglas de la experiencia y de la sociología común de la relación entre seres humanos dentro de su condición social. Por su formación y profesión de jurista, posee los conocimientos relativos a las normas y los principios que rigen el sistema de aportación de pruebas. Por último, como persona curiosa que estudia otras materias en base a sus gustos, inquietudes y pasatiempos, puede poseer un amplio abanico de conocimientos paralelos que, en algún momento de su vida profesional, pueden serle de utilidad.

¹⁹⁴ Véase BARRIOS GONZÁLEZ, B. 2003. Teoría de la sana crítica. *Op.cit.* supra, nota 193.

¹⁹⁵ Véase STEIN, F. 1973. "El Conocimiento Privado del Juez: investigaciones sobre el Derecho Probatorio en ambos procesos". Traducción y Notas. De la Olivia Santos, A., Universidad de Navarra. Y más recientemente CALDERÓN BAREÑO, J. & JIMÉNEZ M., F. 2016. Juez y parte: sobre el conocimiento privado del juez y su uso para fundamentar la decisión judicial. *Cuadernos De Derecho Penal*. Núm. 15, págs. 141-173.

Cuando la persona del juez realiza su función, juzga según los datos que se le ofrecen, pero no solo los proporcionados por las pruebas, algunos provienen de él mismo. Estos conocimientos que el juez posee de forma externa, sin ser otorgados los resultados de las pruebas, podrían impactar en la imparcialidad de este. Entenderemos entonces como conocimiento privado del juez¹⁹⁶ todo aquel conocimiento que el juez posee con respecto a los hechos objeto del proceso, obtenido a través de medios externos al proceso; todos los datos aprendidos por el juez fuera de los aportados por las pruebas aportadas y practicadas a lo largo del proceso penal en cuestión. Se exige entonces que este conocimiento le sea de utilidad al juez para motivar su decisión, siendo entonces un conocimiento extraído de medios ajenos al proceso y los medios probatorios pero que a su vez son el sustento de la decisión del juez.

Este conocimiento privado plantea entonces un problema debido a que el proceso debe garantizar una armonía en el sistema de valoración de las pruebas, en donde sea posible una discusión y participación de las partes e intervinientes que emplean distintos medios de prueba para comprobar los hechos. Además, se puede aludir al principio del juez imparcial, pues si el juez acude a su conocimiento privado puede decantarse por una de las partes. Debido a este conocimiento privado, el juez puede perder su imparcialidad de tal manera que no podría motivar una sentencia basa en sus conocimientos obtenidos durante el proceso a partir de los medios de prueba. También pueden surgir conflictos en el momento en el que una de las partes le presente unos datos que sean contrarios a los conocimientos privados del juez, por lo que sería difícil que este llegara a un convencimiento contrario a su conocimiento privado.

Esta situación plantea dos escenarios contradictorios. Si el juez decide a favor de la parte negando sus propios conocimientos privados y sujetándose a las pruebas practicadas durante el proceso, traicionaría a sus propias convicciones. Por el contrario, si decide en contra de estas, está imposibilitando a una de las partes de réplica defensiva. Para evitar este tipo de conflictos, los conocimientos en los que los jueces se fundamenten para decidir deben basarse en los medios de prueba demostrados por las partes, sin poder ser suplidas por el conocimiento personal del juzgador.¹⁹⁷

¹⁹⁶ Véase STEIN, F. 2018. “El Conocimiento Privado del Juez”. *Ed. Temis. ISBN 10: 9583511943*

¹⁹⁷ Conocimiento privado del Juez y su admisibilidad y eficacia que es totalmente distinto de la posibilidad de valorar los hechos notorios que hayan sido aportados al proceso sin necesidad de practicar prueba sobre

II. EL ANÁLISIS DE ADN COMO MEDIO DE INVESTIGACIÓN Y DE PRUEBA.

Una vez analizada la relación existente entre el proceso y la ciencia, expuestas las exigencias para que los actos de investigación y las pruebas de carácter científico sean aceptadas como tales y cómo estas deben valorarse por parte del juez; es el momento de entrar de lleno en el lugar que ocupa la genética forense, en concreto la identificación por ADN, en el proceso penal español.

Es imperativo enmarcar exhaustivamente esta herramienta como acto de investigación y/o como medio de prueba de forma que, cuando entremos en el ámbito de la genética forense animal, no quepa ningún tipo de duda de que esta puede ser admitida y que posee valor dentro del proceso de investigación y en el momento de juzgar los hechos.

La aparición de la genética no solo supuso una revolución dentro de su propio ámbito, el de la biología molecular, sino que traspasó este y se instauró como herramienta fundamental en otras áreas como el de la medicina, la biología evolutiva, la zoología y botánica; y en nuestro caso, en el mundo del derecho, surgiendo así la genética forense. Como veremos más adelante, la irrupción de la genética dentro del proceso ha supuesto una revolución que ha planteado numerosos problemas que la jurisprudencia primero, y luego el legislador español, han ido resolviendo (de mejor o peor manera), centrándonos en este texto en el valor de esta herramienta como medio de prueba, ya que la identificación de individuos mediante el análisis de ADN se ha convertido en la prueba estrella en multitud de procedimientos, siendo incluso fundamental para resolver casos que supusieron un antes y un después en nuestra jurisprudencia. Todo esto se desarrollará en el presente apartado, pero lo primero que debemos aclarar es la naturaleza jurídica de la prueba de ADN.

ellos (ex. Art. 281 LEC) alegarse en el proceso. A título de ejemplo y como muestra de algunos supuestos en los que no fue necesaria la práctica de prueba sobre hechos que gozaban de notoriedad absoluta y general, véanse, entre otras, Auto del Juzgado de lo Mercantil, nº 1, de Alicante, de 22 de mayo de 2007; Sentencia del Juzgado de Primera Instancia de Mataró, nº 1, de 6 de junio de 2014; del de Primera Instancia e Instrucción de Sepúlveda, de 6 de noviembre de 2017 o del de Primera Instancia nº 1 de Segovia, de 23 de febrero de 2016 Sentencia del Tribunal supremo nº 337/2022, de 27 de abril o, por ser de las escasas resoluciones que se pronuncian sobre la notoriedad en relación a la prueba en el proceso penal, sentencia nº 1169/2010, de la Audiencia provincial de Madrid, Sección 17ª, de 25 de octubre.

1. La naturaleza jurídica de la prueba de ADN.

Entendemos por prueba “la verificación de afirmaciones formuladas por las partes, relativas, en general, a hechos y excepcionalmente a normas jurídicas, que se realizan utilizando fuentes las cuales se llevan al proceso por determinados medios¹⁹⁸”. Llegados a este punto, deberíamos distinguir la prueba de los actos de investigación, que serían “aquellas que diversos sujetos, como pueden ser la policía judicial, los fiscales o los jueces de instrucción, realizan en la etapa de instrucción de un proceso penal con el fin de comprobar o averiguar la realización de hechos delictivos y a sus autores¹⁹⁹”. Mientras que, en la fase de juicio oral, las pruebas sirven como medio de verificación de los hechos para que las partes convenzan al juez, los actos de investigación pretenden descubrir y comprobar los hechos. La prueba tiende a destruir la presunción de inocencia, los actos de investigación tienden a conformar el objeto del proceso y a fundamentar la acusación y la defensa.

Las pruebas científicas, que tienen por objeto técnicas de investigación y que requieren de expertos para su realización, se engloban dentro de las llamadas diligencias y pruebas periciales, regulada en los artículos 456 a 485 (como diligencia de investigación) y del 723 al 725 LECrim (como medio de prueba), ya que es a través de la pericia como la prueba científica se integra dentro del proceso²⁰⁰. En este sentido, por sus propias condiciones, la prueba de identificación por ADN entraría dentro de este conjunto, y así lo entiende la propia jurisprudencia²⁰¹.

1.1. La pericia dentro del proceso penal.

La pericia es otro tipo de acto de investigación y/o de prueba cuyo propósito no difiere en exceso en relación con el resto de los tipos de actos y pruebas, que no es más que averiguar y constatar los hechos acontecidos, pero esta vez a través de un informe técnico que un experto de una concreta disciplina científica incorpora al proceso. Debido a estas dos particularidades (el experto y su correspondiente informe) cabe la posibilidad

¹⁹⁸ SENTIS MELENDO, S. 2010. Estudios sobre Prueba Penal. Volumen II. *LA LEY*, pág. 16.

¹⁹⁹ LÓPEZ-FRAGOSO ÁLVAREZ, T. 1995. Las pruebas biológicas en el proceso penal. Consideraciones sobre la identificación por el ADN. *DS: Derecho y salud*. Vol. 3, núm. 1, pág. 226.

²⁰⁰ Véase SANCHEZ RUBIO, A. 2016. *Ciencia y proceso penal. Un estudio sobre el concepto y régimen jurídico de la llamada prueba científica*. Tesis doctoral, Universidad Pablo de Ola de Sevilla, Sevilla.

²⁰¹ SSTs 682/2017, 615/2017, 286/2016.

de que la pericia se la pueda concebir como prueba documental²⁰² cuando se cumplen algunos requisitos.

La regulación jurídica de la pericia científica es bastante confusa y deficiente, como consecuencia de coexistir con normas que datan de 1882 y haber padecido multitud de reformas. Este tipo de acto de investigación/prueba consta de dos fases: una primera fase de elaboración del informe pericial -pudiendo entrar como acto de investigación en la fase de instrucción- y una segunda fase de introducción de la prueba en la fase de juicio oral ya como prueba pericial científica, esta última siempre a petición de la parte interesada y que se supedita a la necesaria contradicción de las partes.

La pericia como fuente de prueba implica una constatación de una realidad o la determinación de unos hechos²⁰³, entrando aquí aquellas pericias técnicas que se desarrollan en la fase de investigación como acto de investigación. Estas pericias como actos de investigación se caracterizan porque suelen provocar el inicio de la fase de instrucción y, como veremos más adelante, aunque suelen realizarse por los agentes de la Policía Judicial tras mandato del Juez de Instrucción, esto no siempre es así ya que son muy abundantes los casos en los que la realización de la pericia se practica, ya no solo sin mandato directo del instructor, sino incluso antes de la apertura de la investigación. Esto ocurre, por ejemplo, en determinados delitos de tráfico de estupefacientes que, tras examinar el contenido de un paquete sospechoso en la maleta de un viajero, se puede determinar, tras un test, si el contenido del bulto son sustancias prohibidas. De esta forma, gracias a la práctica de una pericia (el test de identificación de drogas), se abre un proceso de investigación. Podemos trasladar este caso también al ámbito del tráfico ilegal de anguila europea, ya que, tras realizar la correspondiente identificación genética de los especímenes, si esta es positiva se abre el proceso penal correspondiente.

En todo caso, es necesario distinguir entre la actuación policial ante el delito flagrante -que vendría respaldada por el contenido del artículo 13 LECrim- y la actuación policial que trae causa de investigación iniciadas por la sospecha de comisión de estas

²⁰² Véase RICHARD GONZÁLEZ, M. 2010. Estudios sobre prueba penal. *LA LEY*, pág. 464.

²⁰³ DE MIGUEL HERRÁN, I. 1997. "Policía Judicial y Prueba Pericial." *EGUZKILORE*. Núm. 11, pág. 61.

conductas delictivas. Y, en este caso, ha de venir respaldada por la incoación del proceso penal previo.

Cabe preguntarse ahora si este acto policial, realizado por los agentes de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado (en adelante FCSE) sin mandato policial y que provoca el inicio del posterior proceso, puede aportarse posteriormente en la fase de juicio oral como prueba pericial, al igual que ocurre con los actos de investigación. En este sentido, la doctrina de la Sala Segunda del Tribunal Supremo (en adelante TS) descarta la inutilidad de estos actos policiales practicados sin mandato judicial, remarcando que únicamente sería necesario que la evidencia sea introducida al juicio por la vía de prueba testifical de los funcionarios que la realizaron. El Tribunal se basa en la idea de la especialización de determinadas diligencias y, por ende, en la innecesariedad de que deba intervenir directamente el juez de instrucción, pues esto no aporta ninguna garantía específica²⁰⁴.

En este sentido, la STS de 18 de mayo de 2001, afirma que la recogida de determinadas evidencias no constituye una función que entre dentro del ámbito de experiencia y conocimiento del juez instructor; por lo que en esta fase procesal se asume una especie de dirección difusa del juez instructor, el cual no puede impedir que los agentes de la policía judicial realicen sus funciones para las que están especializados; de igual forma que no está obligado a realizar de personalmente y sobre el terreno las labores de búsqueda, recogida y análisis de evidencias. En este sentido se desarrolla el artículo 326 LECrim²⁰⁵, que permite la intervención autónoma de los agentes de la policía judicial para la búsqueda de determinados medios de constatación de delitos si bien bajo la inspección y control del Juez.

²⁰⁴ SSTS 25 de enero de 2005 y 26 de enero de 2000

²⁰⁵ Artículo 326 LECrim: “Cuando el delito que se persiga haya dejado vestigios o pruebas materiales de su perpetración, el Juez instructor o el que haga sus veces ordenará que se recojan y conserven para el juicio oral si fuere posible, procediendo al efecto a la inspección ocular y a la descripción de todo aquello que pueda tener relación con la existencia y naturaleza del hecho.

A este fin, hará consignar en los autos la descripción del lugar del delito, el sitio y estado en que se hallen los objetos que en él se encuentren, los accidentes del terreno o situación de las habitaciones y todos los demás detalles que puedan utilizarse, tanto para la acusación como para la defensa.

Cuando se pusiera de manifiesto la existencia de huellas o vestigios cuyo análisis biológico pudiera contribuir al esclarecimiento del hecho investigado, el Juez de Instrucción adoptará u ordenará a la Policía Judicial o al médico forense que adopte las medidas necesarias para que la recogida, custodia y examen de aquellas muestras se verifique en condiciones que garanticen su autenticidad, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 282.”

Es necesario aclarar entonces las peculiaridades del atestado policial y del acto de investigación a la hora de incorporarlos en la fase de juicio oral como medio de prueba²⁰⁶. A priori, ninguno goza de un valor probatorio propio, siendo necesaria su reiteración o reproducción en el acto de juicio oral para que alcance dicho valor. Sin embargo, existen excepciones a esta afirmación, las cuales se encuentran sujetas a circunstancias de irrepetibilidad y de urgencia del acto en el momento de su ejecución, e incluso de la necesidad de una actuación rápida para un mayor aseguramiento de la fiabilidad de la investigación.

Se nos plantean entonces dos escenarios relativos a este aseguramiento de la prueba, bien para su ejecución en el mismo momento, poniendo en marcha el procedimiento de recogida de efectos o vestigios del delito; y/o para su posterior práctica en la fase de juicio oral. Es entonces cuando hay que cuestionar el valor probatorio que podemos asignarle a los actos de investigación que constan en el atestado policial o en la fase pre-procesal. En este sentido, partimos de la irrepetibilidad y/o de la urgencia de la actuación, de modo de que, si se constata la irreproducibilidad de la diligencia y no existe medio de prueba alternativo, tanto el atestado como el acto de investigación pre-procesal pueden gozar del estatus de prueba en el futuro plenario.

Lo común es que el atestado policial tenga valor de denuncia, de modo que, por norma general, queda relegado a un medio de transmisión de la llamada *notitia criminis*²⁰⁷. Pero si dicho atestado posee elementos objetivos y técnicos con las características anteriormente descritas (irrepetibilidad y/o urgencia) y es ratificado en la fase de juicio oral, su trascendencia puede ascender al de medio de prueba. En este sentido BURGOS LADRON DE GUEVARA defiende que este tipo de diligencias “practicadas con las formalidades legales, prueban la existencia en la causa de una suficiente y razonable actividad probatoria de cargo o inculpativa apta para enervar la presunción de inocencia. Por ello, aunque el atestado tenga principalmente valor de denuncia, esto no impide el valor probatorio de lo que en él tenga carácter objetivo.”²⁰⁸

²⁰⁶ Véase ASECIO MELLADO, J.M. (1989) “Prueba prohibida y prueba preconstituida”. *Ed. Trivium*. Madrid

²⁰⁷ Véase TORRES ROSELL, N. (1991) “La denuncia en el proceso penal”. Madrid. Págs. 427-443

²⁰⁸ BURGOS LADRON DE GUEVARA, J. 1992. “El valor probatorio de las diligencias sumariales en el proceso penal español.” *Ed. Civitas*. Pág 175.

En esta misma línea, la jurisprudencia del TC, como por ejemplo en la STC 173/1997, se reconoce la virtualidad probatoria del atestado cuando el mismo contenga datos objetivos y verificables que puedan utilizarse como elementos de juicio coadyuvantes, siempre y cuando sean introducidos en el juicio oral como prueba documental (que veremos más adelante) para posibilitar así la efectiva contradicción por las partes.

Debemos saber diferenciar también entre la actividad típica de aseguramiento de fuentes de prueba, actos no repetibles y no sometidos a intermediación judicial ni contradicción en el momento de su práctica (como podría ser el análisis genético de un espécimen que se reintroduce en su hábitat antes de la apertura del juicio oral); de la recogida de vestigios que posteriormente podrán alcanzar un valor de prueba en el juicio oral al poder realizarse con plena intermediación y contradicción (siguiendo con el ejemplo de tráfico de anguilas, aquellos casos en los que los especímenes no se encuentren con vida y se almacenen para un posterior análisis a petición de las partes en la fase de plenario).

Llegados a este punto es necesario desarrollar los mecanismos procesales que permiten el acceso de la pericia como fuente de prueba a practicar en la fase de juicio oral. En cuanto a las actuaciones policiales contenidas en el atestado policial (reguladas en los artículos 297 y 707 LECrim), tendrán valor de denuncia y serán objeto de prueba, precisándose que serán introducidos en la fase de juicio oral como prueba testifical por parte de los agentes de la policía judicial.²⁰⁹

En cuanto a las actuaciones asegurativas de fuentes de prueba, realizadas por los agentes de policía, y que consisten en el análisis o pericias sobre vestigios, instrumentos o el cuerpo del delito para conservar los mismos y ser utilizados como fuente de prueba en el acto de juicio oral; la Sala Segunda del TS admite la introducción de estas pericias como medios de prueba a través de la prueba documental (la cual veremos más adelante) en base a los informes periciales elaborados por los laboratorios oficiales, con el requisito

²⁰⁹ Es ya una obra de referencia el estudio realizado por FONT SERRA, E., línea de investigación que amplió al proceso penal en su estudio “Los informes periciales en el proceso penal”, Aportaciones del profesor Font Serra a la doctrina jurídica, ED. Ministerio de Justicia de España, Madrid. 2004. Págs. 241-254. Este artículo fue publicado originalmente en la Revista General de Derecho, Núm. 669, junio de 2000.

de que la defensa no los impugne en tiempo oportuno y se atienda la imparcialidad, objetividad y competencia técnica de los funcionarios integrantes²¹⁰. Podemos entender entonces que recae sobre la defensa la petición de la ratificación por parte de los peritos en la fase de juicio oral o la impugnación de sus conclusiones²¹¹.

En el procedimiento ordinario por delitos graves²¹², la primera fase de la pericia se regula en los artículos 456 a 485 de la misma, concretamente el trámite de nombramiento de los peritos, la realización del informe pericial y la posibilidad de que las partes intervengan en las actuaciones de reconocimiento y examen pericial. La regulación de la práctica del informe pericial en la fase de juicio oral se encuentra regulada en los artículos 723 a 725 LECrim.

Esta regulación jurídica se extiende también a los demás tipos de procedimientos penales. Para el procedimiento abreviado y los juicios rápidos de determinados delitos, la pericia se regula con determinadas puntualizaciones en los artículos 788.2 y 796.1 LECrim²¹³. En este último se contemplan una serie de especialidades para los juicios rápidos para determinados delitos.

²¹⁰ STSS del 10 de junio de 1999, 23 de febrero del 2000, 28 de junio del 2000, 18 de enero del 2002 y 25 de enero del 2005. Véase también PEDRAS PENALVA, E. 2008. “Notas sobre policía y justicia penal.” *Revista jurídica de Castilla y León*. Núm. 14, págs. 15-109.

²¹¹ Véase HERNÁNDEZ GARCÍA, J. 2010. “El valor probatorio de la actividad investigadora de la Policía Judicial.” *Revista Catalana de Seguretat Pública*. Mayo 2020, págs. 87-130; VELAYOS MARTÍNEZ, M.I. (1995): “El derecho del imputado al silencio”, *Justicia, Revista de derecho Procesal*, nº 1-2, Págs.59-94; LOZANO EIROA, M (2012) “El derecho al silencio del imputado en el proceso penal”, *Diario La Ley*, nº 7925; ORTEGO PÉREZ, F. (2006): consideraciones sobre el derecho del imputado a guardar silencio y su valor (Interpretación jurisprudencial del *ius tacendi*), *La Ley: Revista jurídica española de doctrina, jurisprudencia y bibliografía*, nº 1, Págs. 1409-1418.

²¹² El juicio ordinario por delitos graves es el proceso penal reservado para aquellos delitos que se sancionan con penas de prisión superior a nueve años. Se compone de una fase de instrucción, a cargo del Juez de Instrucción, y una fase de juicio oral o plenario, que le corresponde a la Audiencia Provincial o Nacional, dependiendo de si el hecho se encuentra en alguno de los supuestos enumerados en el artículo 65 Ley Orgánica del Poder Judicial.

²¹³ Los procedimientos abreviados permiten enjuiciar hechos sancionados con pena privativa de libertad hasta 9 años, penas de otra naturaleza cualquiera que sea su duración y pena de multa, cualquiera que sea su cuantía. Si la pena privativa de libertad no supera los 5 años y si es de otra naturaleza, los 10, conocerá, además del Juzgado de Instrucción, o Central de Instrucción, el Juzgado de lo Penal o Central de lo Penal. Superados esos topes punitivos, del juicio oral conocerá la Audiencia Provincial o la Sala de lo Penal de la Audiencia Nacional –art. 14 LECrim-. No es relevante para este trabajo examinar los aspectos de la pericia en el procedimiento para el enjuiciamiento de delitos leves, ni en el de aceptación del decreto del fiscal; puesto que en ningún caso la persecución penal de estos hechos seguiría estos cauces procedimentales, debido a que los topes punitivos señalados en el Código Penal excederían del ámbito de aplicación de estos procedimientos (arts. 33 CP y 803.bis a) LECrim). No mencionamos si quiera la posible modificación de estos topes punitivos previstos en el Proyecto de LO para la modificación de la LO 10/1995, LO 5/200, pues solamente afectaría a los delitos contra la libertad sexual.

La pericia se encuentra regulada en los arts. 334 a 367 LECrim como diligencia de investigación sobre el cuerpo del delito; en los artículos 326 y 363, reguladores de la recogida y obtención de muestras biológicas, al igual que el 778.3, en relación con el procedimiento abreviado; y en los artículos 723 a 725 como medio de prueba a practicar en el juicio oral. Por su parte, el art. 788.3, y solo para los procedimientos abreviados, dispone que “En el ámbito de este procedimiento, tendrán carácter de prueba documental los informes emitidos por laboratorios oficiales sobre la naturaleza, cantidad y pureza de sustancias estupefacientes cuando en ellos conste que se han realizado siguiendo los protocolos científicos aprobados por las correspondientes normas”

Por norma general, las pericias suelen aportarse en el proceso en la fase de investigación en forma del correspondiente informe pericial. En esta fase la designación del perito se realiza de oficio, con independencia de que las partes puedan también designar a sus propios peritos para que con aquél realicen todas las actividades que requiere esta diligencia sumarial.

En el juicio oral, por el contrario, es posible que no llegue a practicarse prueba de peritos, pues son las partes quienes deben proponerla. Si se propone y se admite la práctica de esta prueba, pueden designar al perito que realizó la pericia en la instrucción, para proceder, tras su declaración, a rebatirla o para que corrobore sus alegaciones, o pueden llamar a otros peritos, con idéntica finalidad.

La propuesta de este medio de prueba se realiza bien en los escritos de calificación provisional –en el procedimiento ordinario–, bien en los escritos de acusación y defensa –en los procedimientos abreviados– (artículos 650 y 786.2, respectivamente).

En este sentido, el art. 728 establece para el procedimiento ordinario que “no podrán practicarse otras diligencias de prueba que las propuestas por las partes (...)”. En todo caso, no puede olvidarse que el Ministerio Fiscal es parte necesaria en el proceso y que, por tanto, aunque las partes demás no hayan propuesto la prueba pericial, él también puede hacerlo.

Prohibición de la que podría quedar exceptuada la prueba pericial conforme a la excepción establecida en el número 2 del artículo 729: podrán no obstante practicarse las diligencias de prueba que el Tribunal considere necesarias para comprobar cualquiera de

los hechos que hayan sido objeto de los escritos de calificación. Y sin duda, una de ellas podría ser la pericial.

Esta disposición y sus excepciones se aplicarán a todos los procedimientos, salvo que exista una disposición expresa en contrario para alguno de ellos. Disposición contraria que se encuentra en el art. 786 para los abreviados, conforme al cual podría resultar admisible que en el juicio oral puedan practicarse pruebas no propuestas en los escritos de acusación y defensa, pues entre las “cuestiones previas” que pueden plantearse al inicio del acto del juicio oral se encuentra la posibilidad de impugnar el contenido y finalidad de las pruebas propuestas “o que se propongan para practicarse en el acto”²¹⁴.

La pericia no es más que un medio de prueba ordinario, pero con la particularidad de que es realizada por un experto o técnico que auxilia al Juez, o en su caso, a las partes; por lo que deducimos que la figura que destaca es la del perito, entonces cabe preguntarse qué es, quién es y quién puede ser el perito.

El perito es un auxiliar del juez que suple su falta de conocimiento en áreas muy especializadas, para que así el juzgador tenga un correcto conocimiento de los hechos que enjuicia. De esta forma lo percibe también la jurisprudencia del Tribunal Supremo en base a la STS 383/2010 cuando expone que:

“Respecto a las pruebas periciales la doctrina de esta Sala Segunda, SS 13.2.2008, 5.12.2007, 6.3.2007, entre las más recientes, mantiene que dichos informes no son en realidad documentos, sino pruebas personales documentadas consistentes en la emisión de pareceres técnicos sobre determinadas materias o sobre determinados hechos por parte de quienes tiene sobre los mismos una preparación especial con la finalidad de facilitar la labor del Tribunal en el momento de valorar la prueba. No se trata de pruebas que aporten aspectos fácticos, sino criterios que auxilian al órgano jurisdiccional en la interpretación y valoración de los hechos, sin modificar las facultades que le corresponden en orden a la valoración de la prueba.”

²¹⁴ Artículo 786.2 LECrim: “El Juicio oral comenzará con la lectura de los escritos de acusación y de defensa. Seguidamente, a instancia de parte, el Juez o Tribunal abrirá un turno de intervenciones para que puedan las partes exponer lo que estimen oportuno acerca de la competencia del órgano judicial, vulneración de algún derecho fundamental, existencia de artículos de previo pronunciamiento, causas de la suspensión de juicio oral, nulidad de actuaciones, así como sobre el contenido y finalidad de las pruebas propuestas o que se propongan para practicarse en el acto. El Juez o Tribunal resolverá en el mismo acto lo procedente sobre las cuestiones planteadas. Frente a la decisión adoptada no cabrá recurso alguno, sin perjuicio de la pertinente protesta y de que la cuestión pueda ser reproducida, en su caso, en el recurso frente a la sentencia”

Es la misma línea que sigue el Tribunal Constitucional (en adelante TC) en la STC 33/1992 donde establece que “en la prueba pericial lo que el perito aporta al juzgador no son los hechos, sino sus conocimientos técnicos o artísticos sobre los mismos que puedan resultar necesarios para su correcta apreciación”.

Podemos afirmar entonces que la pericia supone un medio de prueba muy importante y eficaz como medio de auxilio para la actividad decisoria y probatoria de los jueces y tribunales. Es por ello por lo que, a lo largo del proceso penal, el Juez puede disponer la práctica de pericias en la fase de investigación con la finalidad de esclarecer los hechos, unas pericias que, posteriormente, pueden aportarse como pruebas en la fase de juicio oral.

La elaboración de los informes periciales en esta fase de instrucción puede acordarse tanto de oficio como a instancia de parte “cuando para descubrir alguna circunstancia o hecho en el sumario fuesen apropiados o útiles conocimientos científicos, artísticos o técnicos” como así lo establece el artículo 456 LECrim. Esta posibilidad se limita a la fase de instrucción, ya que en la fase de juicio oral el juez no tiene potestad para acordar la práctica de prueba alguna, por lo que solo pueden realizarse a solicitud de las partes.

En cuanto a la figura del perito, los artículos 457 a 459 LECrim se regula la posibilidad de que el Juez de Instrucción llame a dos peritos para la elaboración de un informe pericial. Estos peritos pueden ser tanto personas físicas como organismos especializados. Cabe la posibilidad de que el informe sea emitido por un único perito en el caso de que no haya más de uno en el partido judicial o si no fuera posible encontrarlo. En el caso del proceso abreviado, el informe pericial podrá ser emitido por un único perito cuando el Juez lo estime suficiente (artículos 778.1 y 778.2 LECrim). En el caso de los laboratorios oficiales, al ser organismos formados por grupos de técnicos, se da por cumplida la exigencia de los dos peritos.

Continuando con la figura del perito, según el artículo 458 LECrim, los mismos pueden ser titulares en su arte o ciencia, aunque no es una exigencia. La pericia la llevarán a cabo aquellos técnicos colegiados de cada profesión, siempre que exista y se encuentre regulada; aunque también se puede nombrar perito a expertos en materias que no se hallen reguladas y que no posean titulación o colegiación; e incluso cabe la posibilidad de que

sean expertos sin titulación en materias técnicas de una profesión regulada, siempre que fuese necesario por motivos de sus conocimientos específicos.

Como se ha dicho anteriormente, la pericia puede acordarse tanto de oficio como por solicitud de las partes interesadas. El Juez instructor nombrará a los peritos, que tendrán que prestar juramento de proceder fielmente (artículo 474 LECrim), a comparecer al llamamiento judicial y a realizar su informe, bajo pena de sanción (artículos 430, 462 y 463 LECrim), aunque tiene la posibilidad de excusar su comparecencia cuando se encuentre impedido, en otro caso, podrían imponérsele las sanciones previstas en el art. 175 LECrim e incluso iniciar un proceso contra ellos por un delito de obstrucción a la justicia.

En garantía del cumplimiento de sus funciones con la máxima imparcialidad y objetividad las leyes procesales regulan el deber de abstención de los peritos y la posibilidad de las partes de recusarlos por las causas previstas en la ley. La decisión estimatoria de la abstención o en su caso de la recusación implicará apartar a ese perito y proceder a la designación de otro.

La recusación de los peritos presenta particularidades en el proceso penal. Cuando el perito interviene en la práctica de una diligencia de investigación, la LECrim prohíbe que puedan ser recusados por las partes, salvo que en el juicio oral no pueda reproducirse como medio de prueba (art. 467 LECrim). Pero sí podrá recusarse cuando en el juicio oral vaya a practicarse la prueba pericial, aunque solamente consista en la lectura del informe pericial y en la formulación de preguntas para aclarar o rebatir su contenido o sus conclusiones (art 723 LECrim).

El plazo para la recusación dependerá de si la pericia tiene lugar como diligencia de investigación o como medio de prueba. En el primer caso, hecha la designación del perito de oficio por el Juez la parte que quiera recusarlo deberá hacerlo antes de que empiece a practicarse la diligencia pericia y en su escrito deberá expresar la causa de recusación y la prueba testifical de ella, si la hay, acompañándola del documento o indicando dónde se encuentra si no lo tiene a su disposición.

La recusación del perito en el juicio oral ha de realizarse tras haber sido propuesto por la parte y necesariamente antes del inicio de las sesiones del juicio, pues el incidente

de recusación ha de decidirse antes de que den comienzo las sesiones del juicio oral (art. 723).

En ambos casos, el Juez o Tribunal decidirá el incidente de recusación, tras oír en su caso al testigo propuesto y examinar la prueba documental, de forma inmediata (“sin levantar mano”, dice el art. 470, al que remite el 723).

También en ambos casos, las causas de recusación previstas en la LECrim son el parentesco por consanguinidad o afinidad con el querellante o con el investigado; el interés directo o indirecto en esa causa o en otra semejante y la amistad íntima o la enemistad manifiesta, aunque no lo señala con cualquiera de las partes. Aunque la LECrim no lo establezca y aunque la víctima o el perjudicado no se hayan constituido en parte, también podría recusarse al perito si la causa 1ª o 3ª se da respecto de ellos. Ante el silencio legal, el auto por el que se resuelva la recusación será recurrible en reforma y queja, si lo dicta el Juez Instructor y en súplica, si lo dicta el Tribunal (por aplicación de lo dispuesto con carácter general en los artículos 216, 218 y 236 LECrim)²¹⁵.

Para el procedimiento abreviado el legislador ha detallado más la tramitación de este incidente (art. 662 LECrim): el plazo para recusar al testigo se inicia con el traslado a la parte del escrito con la lista de peritos que pretenda presentar –junto con el escrito de acusación o defensa– y finaliza dentro de los tres días siguientes. De la recusación se debe dar traslado a la parte que propuso al recusado para que también alegue lo que estime oportuno; se practicará la prueba propuesta y admitida para fundar o impugnar la recusación y, finalmente se celebrará una vista en la que el Tribunal resolverá el incidente sin que contra su resolución pueda interponerse recurso.

En cualquier caso, la estimación de la causa de recusación provoca que se proceda al nombramiento de otro perito y se anulará el informe emitido por el recusado y si el

²¹⁵ El régimen de la recusación difiere del establecido en la LEC en la que solo pueden ser recusados los peritos designados por el Juez, mientras que los designados por las partes pueden ser tachados y donde el elenco de causas de recusación y tacha es más amplio, pues además de las señaladas para el proceso penal, se incluyen la de haber estado o estar en situación de dependencia o de comunidad o de contraposición de intereses con alguna de las partes o con sus abogados y procuradores y “cualquier otra circunstancia, debidamente acreditada, que les haga desmerecer en el concepto profesional” (art. 343 LEC). Y, mientras que el perito recusado no intervendrá en la prueba; el “tachado” si intervendrá, pero el Juez al valorar su informe habrá de ponderarlo teniendo en cuenta la causa de tacha alegada y probada (prueba de la que queda excluida la de testigos) (art. 344 LEC).

perito fue nombrado por las partes, podrán designar otro, cuando la causa haya sido el interés directo o indirecto en el proceso o en otro semejante.

Cuando los informes periciales sean aportados por las partes, los mismos serán unidos a los autos, pudiendo ser objeto de prueba en el juicio oral sin que sea necesaria autorización o nombramiento judicial del perito.

En la práctica, la pericia la aportan los laboratorios oficiales de las FCSE o del Instituto de Toxicología y Ciencias Forenses del Ministerio de Justicia, los cuales elaboran un informe pericial en sus laboratorios sin la asistencia de las partes y que suelen adjuntarse a los atestados policiales, al menos cuando estas actuaciones policiales se realizan de forma inmediata tras el descubrimiento de los hechos flagrantes y son los medios para dirigir la investigación e imputar a los infractores²¹⁶.

Si, por el contrario, la diligencia pericial se ha ordenado incoado el proceso deberán remitir un informe, que ya no revestirá forma de atestado. En todo caso, resultará frecuente que en estos momentos del proceso no estén aún identificados todos los posibles investigados, también que aún no se haya personado ningún acusador popular o particular, aunque sí estará ya personado como parte el Ministerio Fiscal. En cualquiera de estos casos, los laboratorios han de conservar las muestras y objetos para futuros análisis que se pueden practicar a instancia de la parte investigada, de la acusación particular o popular, e incluso por orden del juez a la luz de los nuevos datos que vayan descubriéndose²¹⁷.

Gracias a la introducción de una pericia se añaden hechos en el litigio, ya sean de carácter complementario o aclaratorios. Estas pericias pueden tener contenidos diversos y tener diferentes fines, desde aportar certeza acerca de unos determinados hechos, como dar explicación sobre determinados fenómenos científicos, o incluso añadir nuevos hechos al proceso tras el análisis de hechos ya existentes.

A causa de esta regulación, solo se podrá valorar como prueba pericial aquella que se haya practicado en juicio oral bajo los principios de contradicción e inmediación,

²¹⁶ Véase PEDRAZ PENALVA, E. 2009. “Actividad policial reprochable.” *Revista de derecho procesal*. Núm. 1, págs. 763-888.

²¹⁷ Véase BURGOS LADRON DE GUEVARA, E. 1992. “El valor probatorio...” *Op.cit. supra*, nota 208. Págs. 173-182.

siguiendo la línea marcada por la jurisprudencia del Tribunal Supremo en la STS 6689/2001 donde afirma que:

“El contestar a las preguntas y repreguntas que las partes les dirijan no es una exigencia formalista sin otro alcance que el respeto a la liturgia judicial, sino que entronca sustancialmente con el derecho fundamental a la defensa a través de la contradicción y también con el derecho a la presunción de inocencia en cuanto que -con singulares excepciones- ésta solo es susceptible de vencerse mediante la actividad probatoria de cargo practicada en la juicio oral en condiciones de oralidad, publicidad, intermediación y contradicción, de tal suerte que el derecho a contradecir las pruebas de contenido incriminatorio -es decir, de cargo- en presencia del tribunal se constituye en el elemento fundamental y garantía básica de ambos derechos consagrados constitucionalmente en el artículo 24 CE.”

Llegados a este punto, es necesario aclarar algunas confusiones que pueden producirse con relación a la prueba pericial, como puede ser la de la figura del perito contra la del testigo perito, o si la prueba pericial es una prueba de carácter personal o de carácter documental.

En cuanto a la diferencia entre perito y testigo perito; mientras el perito realiza su dictamen acerca de un hecho que conoce a raíz del proceso, el testigo emite su testimonio sobre los hechos que conoce por su directa apreciación y conocimiento. Otra diferencia entre la prueba pericial y la prueba testifical recae en la formación técnico-científica que posee el perito, la cual no se le exige al testigo; aunque un testigo puede poseer dicha formación y aportar en su testimonio su criterio científico tal y como prevé el artículo 370.4 LEC²¹⁸ con la figura del testigo perito²¹⁹. A pesar de esta posibilidad, y redundando en lo dicho anteriormente, la principal diferencia entre el perito y el testigo es que, mientras el perito conoce del hecho a través del proceso debido al encargo del Juez o de las partes; el testigo conoce del hecho debido a su percepción directa del mismo.

Como diría FONT SERRA, “testigo es la persona física que es interrogado sobre lo que sabe en torno a la perpetración del hecho delictivo, tanto si ha percibido los hechos de un modo directo, como si ha tenido noticia de los mismos a través de otras

²¹⁸ Artículo 370.4 LEC: “Cuando el testigo posea conocimientos científicos, técnicos, artísticos o prácticos sobre la materia a que se refieran los hechos del interrogatorio, el tribunal admitirá las manifestaciones que en virtud de dichos conocimientos agregue el testigo a sus respuestas sobre los hechos.”

²¹⁹ Véase FONT SERRA, E. 2001. “Delimitación práctica del concepto de testigo y perito”. Protección de testigos y peritos en causas criminales. *Ed. Centro de Ediciones de la Diputación de Málaga*, Málaga.

personas”²²⁰, mientras que “perito es la persona física o jurídica que emite un informe o dictamen cuando, para conocer o apreciar hechos o circunstancias importantes en el proceso, sean necesarios o convenientes conocimientos especializados”²²¹.

Como se ha mencionado anteriormente, la pericia consiste en la redacción de un informe escrito tras la realización de las actividades de análisis y en el que se da respuesta a las cuestiones formuladas por el Juez (con el contenido que señala el artículo 478). Este informe es lo que se incorpora a la causa. Sin embargo, la LECrim no indica nada sobre en qué ha de consistir su declaración como prueba.

Si aplicamos supletoriamente la LEC las partes pueden pedirle al perito que exponga de forma completa el dictamen “cuando esa exposición requiera la realización de otras operaciones complementarias del informe aportado, mediante documentos, materiales y otros elementos adecuados” para exponer la opinión del perito –arts. 347 y 336 LEC–, también que explique el dictamen o alguno de sus puntos si consideran que el escrito no es suficientemente expresivo a efectos de la prueba; pueden formularle preguntas y objeciones sobre el método seguido, las premisas de las que partió, sus conclusiones o cualquier otro punto del dictamen; pueden pedirle que amplíe su parecer a puntos conexos –si puede realizarse en el acto- o en todo caso, que exprese su opinión sobre la posibilidad y utilidad de esta ampliación y el plazo en que podría llevarse a efecto; puede criticarse el dictamen del perito propuesto por la parte contraria o designado de oficio por el juez. También el Juez o Tribunal podrá preguntar a los peritos y pedirle explicaciones sobre el objeto del dictamen aportado –el Tribunal no podría, no obstante, pedirles que lo amplíen, salvo que se tratara del perito designado de oficio– (art. 347 LEC).

Si con la pericia se introducen en el proceso hechos, a través del dictamen escrito y también a través del interrogatorio del perito, es posible entender que estamos ante una diligencia de carácter personal o, por el contrario, ante una de carácter documental, según se haga énfasis en la figura del perito y su carácter de experto, o en el carácter escrito de

²²⁰ FONT SERRA, E. 2004. “Aportaciones del profesor Font Serra a la doctrina jurídica. *Op.cit. supra*, nota 209. Pág. 248.

²²¹ FONT SERRA, E. 2004. “Aportaciones del profesor Font Serra a la doctrina jurídica. *Op.cit. supra*, nota 209. Pág. 258.

su informe que, normalmente emitido por un laboratorio oficial. Y en este punto es en el que pueden encontrarse algunas excepciones.

El Tribunal Supremo, en su STS 304/2012 afirma que “la prueba pericial es una prueba de carácter personal donde el principio de inmediación personal, particularmente cuando esta prueba se practica en el juicio oral, tiene una relevancia que no aparece en la documental”. En el mismo sentido, la STS 383/2010 señala que “su carácter de prueba personal no debe perderse de vista cuando la prueba pericial ha sido ratificada, ampliada o aclarada en el acto de juicio oral ante el Tribunal, puestos estos aspectos quedan entonces de alguna forma afectados por la percepción directa del órgano jurisdiccional a consecuencia de la inmediación.”

Es el momento entonces de ver lo que ocurre con los informes técnicos emitidos por los laboratorios oficiales, donde la pericia adquiere carácter de prueba documental y se quebrantan los principios de contradicción e inmediación a los que normalmente se ven sujetas las pruebas periciales, particularidad que se da exclusivamente en el proceso abreviado y no así para el proceso ordinario. Así lo establecen los Acuerdos del Tribunal Supremo, de 21 de mayo de 1999 y de 2001; al desarrollar que los informes que emanan de organismos oficiales, realizados en la fase instructora, pueden valorarse como medio de prueba si no son impugnados por las partes. Debido a esto, el artículo 788.3 LECrim sufrió una reforma²²², estableciendo que “tendrán carácter de prueba documental los informes emitidos por laboratorios oficiales sobre la naturaleza, cantidad y pureza de sustancias estupefacientes cuando en ellos conste que se han realizado siguiendo los protocolos científicos aprobados por las correspondientes normas.”

Posteriormente, la Jurisprudencia del Tribunal Supremo dotó de la misma naturaleza, como prueba documental, a otros informes periciales emanados de Laboratorios Oficiales sobre otras materias ajenas a los estupefacientes, como es el caso que nos ocupa, la prueba de ADN. Entonces, podemos afirmar que la pericia practicada por laboratorios oficiales se concibe como una especificidad dentro de las pruebas periciales (vuelvo a apuntar, para el proceso abreviado), ya que poseen una especial fuerza probatoria y no se les exige una sujeción a las reglas procedimentales de los informes

²²² Véase LOPEZ CASTILLO, M., y DÍAZ CABIALE, J.A. 2003. La conversión de la prueba pericial en documental, artículo 788.2.II LECr. *Jueces para la democracia*. Núm. 46, págs. 67-74.

periciales ordinarios²²³. En este sentido, entiende FONT SERRA que “cuando estos informes no han sido ratificados, ni sometidos a contradicción policial, pueden ser valorados por el tribunal, ya que la ausencia de contradicción significa que las partes aceptan que el informe pericial ingrese en el Juicio oral como prueba documental”²²⁴.

Esto se debe a que el Tribunal Supremo considera la garantía y la fiabilidad de los informes técnicos emitidos por laboratorios oficiales, junto a la comparecencia y ratificación de los peritos que elaboran dichos informes: además de que en la actualidad los laboratorios oficiales realizan análisis prácticamente inmediatos de vestigios, permitiendo llegar a conclusiones fiables difíciles de impugnar²²⁵.

Por todo ello, este tipo de pericias tienen una consideración especial en relación con la prueba pericial ordinaria, aunque esto no impide que las partes puedan impugnar estos informes, requiriéndose en este caso la comparecencia al juicio oral de los funcionarios periciales que emitieron el informe, la lectura de dicho informe, e incluso, si es posible, se puede reproducir o repetir el informe por parte de otros peritos.

En relación con aquellas pericias preconstituídas que vienen incluidas en los atestados policiales, también adquieren efectos probatorios a modo de prueba documental cuando dichas pericias son ratificadas en la fase de juicio oral.²²⁶ En este sentido, la STC 173/1997, de 14 de octubre, señala que:

“Asimismo, cuando los atestados contienen determinadas pericias técnicas realizadas por los agentes policiales -por ejemplo, el test alcoholimétrico-, y que no pueden ser reproducidas en el acto del Juicio oral, es posible considerar dichas pericias como actividad probatoria, a título de prueba pericial preconstituída, siempre y cuando el atestado se incorpore al proceso y sea debidamente ratificado /SSTC 100 y 145/1985 y 5/1989). Por lo mismo, las pericias técnicas que se adjuntan al atestado -como puede ser el certificado del médico forense- no pierden por ello su propio carácter, y constituyen pruebas preconstituídas, que despliegan toda su validez probatoria, si son incorporadas debidamente al proceso (...). Sólo en los casos antes citados -*verbigracia*, croquis, planos, test alcoholimétrico, certificados médicos, etc.-, el atestado puede tener la consideración de prueba documental, siempre y cuando, como hemos subrayado, se incorpore al proceso,

²²³ Véase DOLZ LAGO, M.J., FIGUEROA NAVARRO, M.C. y EXPÓSITO MÁRQUEZ, N. 2012. *La prueba pericial científica*. Madrid. Ed. Edisofer. Págs. 405 y ss.

²²⁴ FONT SERRA, E. 2004. “Aportaciones del profesor Font Serra a la doctrina jurídica. *Op.cit. supra*, nota 209. Pág. 243.

²²⁵ Véase BURGOS LADRON DE GUEVARA, E. 1992. “El valor probatorio...” *Op.cit. supra*, nota 208. Págs. 176-182.

²²⁶ Véase FONT SERRA, E. 2004. “Aportaciones del profesor Font Serra a la doctrina jurídica. *Op.cit. supra*, nota 209.

respetando, en la medida de lo posible, los principios de inmediación, oralidad y contradicción”

En aquellos casos donde las partes no citen a los peritos, la jurisprudencia admite que dichos atestados periciales puedan ser valorados por el tribunal aun sin ser ratificados ni leídos en el acto del juicio oral, basándose en el argumento de que la única forma de desvirtuar su fuerza como prueba preconstituida (que veremos a continuación) es pedir la citación de los peritos en el juicio oral. Siguiendo con FONT SERRA, “si las partes, a través de la comparecencia de los peritos, no ponen en duda la corrección científica o técnica del informe pericial preconstituido, el tribunal puede valorarlo, siempre que lo examine por sí mismo, al tratarse de un documento que puede contribuir al esclarecimiento de los hechos o a la más segura investigación de la verdad”²²⁷.

1.2. La prueba anticipada o prueba preconstituida.

Además de la particularidad que supone la figura del perito en el contexto de la prueba de ADN, existen otras circunstancias que otorgan una característica especial a este tipo de pruebas. En la prueba de ADN convencional se recoge y se analizan tanto muestras encontradas en el cuerpo del delito cuyo origen se desconoce (las llamadas pruebas dubitadas) como muestras recogidas directamente de los sospechosos (las muestras indubitadas); estas últimas están recogidas dentro de las llamadas intervenciones corporales, teniendo por tanto sus propias características y su propia regulación, y que no exploraremos dentro de este texto²²⁸. Esta recogida y análisis de muestras se realiza en la fase de instrucción, y posteriormente se trasladan a la fase de juicio oral, siendo esto una particularidad dentro de la práctica común de las pruebas; de forma que la prueba de ADN se enmarcará en las llamadas pruebas preconstituidas²²⁹, un tipo de pruebas que conviene analizar y debemos distinguir de la prueba anticipada, ya que estos conceptos generan confusión y poco consenso dentro de la doctrina.

²²⁷ FONT SERRA, E. 2004. “Aportaciones del profesor Font Serra a la doctrina jurídica. *Op.cit. supra*, nota 209. Pág. 242.

²²⁸ Para profundizar en esta materia véase FONTE MENDOZA, G. 2019. “Los actos corporales en el proceso penal español: inspecciones, registros e intervenciones corporales.” Trabajo Final de Grado. Universidad de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.

²²⁹ Véase ÁLVAREZ BUJÁN, M.V. 2018. *La prueba de ADN como prueba científica. Su virtualidad jurídico-procesal*. Tirant lo Blanch, Valencia.

Empecemos entonces desarrollando esta última, la llamada prueba anticipada, para desmarcarla de la prueba preconstituida, una tarea ardua ya que la distinción doctrinal y jurisprudencial entre ambas es caótica, incluso hay autores que no recogen una clara distinción entre ambas²³⁰, debido a que ni el propio legislador deslinda un concepto de otro. En consecuencia, no existe unanimidad doctrinal a la hora de acotar el concepto de esta, aunque podemos entender por prueba anticipada, aquella prueba que no se pueden practicar en el acto del plenario dentro de la fase de juicio oral, no solo por las características propias de la prueba *per se*, sino también por circunstancias ajenas a la misma.

Aunque existen autores que diferencian este tipo de pruebas en base al momento procesal en el que se desarrollan, es más oportuno separarlas teniendo en cuenta las características de las propias pruebas. Esto quiere decir que la prueba será anticipada cuando no se pueda practicar en el juicio oral debida a circunstancias ajenas a las características de la prueba, mientras que la prueba preconstituida se practica antes del juicio oral debido a las características de la propia prueba, es la esencia de la propia prueba la que imposibilita que se practique en el plenario²³¹.

Continuando con la prueba anticipada, un sector doctrinal postula que la prueba anticipada es aquella que se practica antes del inicio de la fase de juicio oral²³², por lo tanto, existirían dos tipos de prueba anticipada: la prueba anticipada a la fase de instrucción y la prueba anticipada realizada antes de que se inicien las sesiones del juicio oral, pero ya declarado oficialmente abierto. Así, y para el procedimiento abreviado, el art. 781 LECrim posibilita que en los escritos de acusación y defensa las “partes puedan solicitar la práctica de las pruebas que no puedan llevarse a efecto durante las sesiones del juicio oral [...]”

Por otro lado, otro sector doctrinal limita la prueba anticipada a esta última, la que se desarrolla una vez se ha abierto la fase de juicio oral, aunque la misma no se practica dentro de la sala, durante las sesiones del juicio. Este sector entiende que situar la prueba anticipada dentro de la fase de juicio oral implica mayor garantía de los principios rectores

²³⁰ Véase RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. 2015. “Prueba preconstituida y prueba anticipada. Análisis jurisprudencial”. *Diario la Ley*, núm. 8487, págs. 1-27.

²³¹ Véase PEDRAZ PENALVA, E. 1998. “La práctica probatoria anticipada y la denominada prueba preconstituida.” Cuadernos de derecho judicial. Núm. 3, págs. 11-62.

²³² Véase ASENCIO MELLADO, J.M. 1989. *Prueba prohibida y prueba preconstituida*. Ed. Trivium.

de la actividad probatoria²³³; ya que, si la fase de juicio oral está ya abierta, habrán de respetarse sin quebras los principios de inmediación, publicidad y contradicción. Para los defensores de esta corriente, una de las principales diferencias de la prueba anticipada respecto a la preconstituida es que el órgano ante el que se practica es distinto, de modo que mientras que la prueba anticipada se practica ante el mismo Tribunal sentenciador, la prueba preconstituida se practica ante el Juez de instrucción²³⁴, que es el que les otorga valor probatorio a las diligencias de investigación.

Otro sector doctrinal no encuadra la prueba según el momento en el que se practica, sino en orden a las circunstancias que hacen necesaria su anticipación. Desde este prisma, la prueba anticipada es aquella que ha de ser practicada anticipadamente debido a circunstancias ajenas al medio de prueba en cuestión. Para este sector, sólo sería anticipada la que se practica en los supuestos previstos en el artículo 448 –para el testigo, e incluso, en relación a la de peritos, supuesto implícitamente previsto por el artículo 467 que impide la recusación del perito si el reconocimiento e informe pericial puede tener lugar de nuevo en el acto del juicio, mientras que si no puede tener lugar, si podrán ser recusados y, también implícitamente se desprende del supuesto regulado por el art. 484; o, por último, cuando a tenor del art. 730 podrán leerse o reproducirse, a petición de parte, las diligencias practicadas en el sumario que no puedan ser reproducidas en el juicio oral por causas independientes de la voluntad de la parte que las solicita.

Sea cual sea la perspectiva desde la que se observe a la prueba anticipada, la misma debe practicarse garantizando los principios que rigen la actividad probatoria. Así pues, y si aglutinamos los puntos coincidentes entre todas las corrientes, la prueba anticipada no es más que una prueba común que se anticipa su práctica en el tiempo debido a que se prevé la imposibilidad de practicarla en la fase de juicio oral, con la única diferencia, en su caso, de que en lugar de estar presidida y regida por el principio de inmediación con el Juez o Tribunal que ha de valorarla para dictar sentencia, lo estará por el Juez que conoce de la instrucción.

²³³ Véase GUZMÁN FLUJA, V.C. 2006. *Anticipación y preconstitución de la prueba en el proceso penal*. Ed. Tirant lo Blanch.

²³⁴ Véase MAGRO SERVET, V. 2012. “Perceptividad de la práctica de la prueba preconstituida con víctimas en el proceso penal.” *La Ley penal*, núm. 92, págs. 5-12.

Pero ¿qué dice la jurisprudencia al respecto? Tanto el TS como el TC han establecido unos requisitos para la anticipación de la prueba: el requisito material, que se refieran a actividades que no puedan llevarse a cabo en el acto de juicio oral; el requisito subjetivo, que sea necesaria la intervención de la autoridad judicial; y el requisito objetivo, que se respete el principio de contradicción. De este modo, la única diferencia entre la práctica de la prueba anticipada y la práctica de la prueba común en el juicio oral sea su anticipación temporal; de modo que la práctica de la prueba anticipada respete íntegramente los cuatro principios en materia probatoria: inmediación y oralidad.

El de la preconstitución de la prueba o del medio de prueba es uno de los conceptos más complejos del proceso penal español debido al gran vacío legal existente en esta materia, al menos hasta que por la LO 8/2021 y la LO 10/2022 se ha introducido formalmente en la LECrim²³⁵ por lo que se hace necesario acudir tanto a la doctrina, y sus numerosas posiciones; como a la jurisprudencia.

Podemos deducir entonces que acotar el concepto de prueba preconstituida es una tarea complicada, de forma que si ni el legislador, ni la doctrina ni la jurisprudencia han conseguido alcanzar un consenso en torno a esta materia; el presente texto no ambiciona alcanzar dicha meta, pero sí exponer las diferentes posiciones y corrientes para analizar que, tanto la prueba de ADN convencional como la prueba de ADN animal, entran dentro de esta tipología de prueba, sea cual sea la perspectiva desde la que se observe.

La primera de estas posiciones o corrientes doctrinales no hace distinción entre prueba anticipada y prueba preconstituida. Para este sector de la doctrina²³⁶, ambas tipologías son la misma, y defienden que toda prueba que no haya podido practicarse en el acto del juicio oral, independientemente de las razones por las que se ha imposibilitado su práctica; es prueba preconstituida o anticipada, de modo que tratan estos términos como sinónimos. Esta corriente es defendida por un sector minoritario de la doctrina, para los que ambos tipos de prueba mantienen una idea superficial en torno a la antelación de la práctica probatoria, por lo que la línea que las separa es difusa. Aun así, hacen

²³⁵ De protección integral de la infancia y la adolescencia contra las violencias y de garantía integral contra la violencia sexual. En ambos casos, se ha introducido la prueba preconstituida pero únicamente en relación con la declaración de los testigos y cuando así lo haya permitido expresamente la ley –artículo 449.bis– o para la declaración de testigos menores de 14 años en relación a determinados tipos delictivos –449.ter–

²³⁶ Véase RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. 2015. “Prueba preconstituida y prueba anticipada. Análisis jurisprudencial.” *Ob. Cit* 217.

distinción entre aquellas pruebas que se anticipan debido a la imposibilidad material de que la actividad concreta se pueda desarrollar en el juicio oral, y las que se anticipan por la previsión de que, por circunstancias ajenas al medio de prueba, no vaya a ser posible su práctica. En conclusión, el no distinguir entre una y otra obedece más bien a la falta de claridad entre ambos conceptos.

Un segundo grupo doctrinal defiende que la prueba preconstituida es toda prueba que se haya practicado previamente en la fase de juicio oral en sentido amplio; pero no profundizan en los distintos procedimientos seguidos ni en las causas que imposibilitan la práctica de la prueba en la fase de juicio oral. Para este sector doctrinal, todas las pruebas que se hayan practicado previamente al inicio de la fase de juicio oral son consideradas pruebas preconstituidas. En consecuencia, el concepto de prueba anticipada se reserva para aquellas pruebas que se han de practicar una vez abierta la fase de juicio oral, pero de forma previa al inicio de las sesiones²³⁷.

Por último, tenemos un tercer grupo doctrinal que define a la prueba preconstituida de forma más compleja, profundizando tanto en los motivos que provocan la preconstitución de la prueba como en las correspondientes garantías que rigen el procedimiento a seguir en el ámbito de la preconstitución de la prueba. Esta corriente es la defendida por la mayoría de la doctrina, los que entienden que prueba preconstituida es aquella que, debido a la esencia de esta, no se puede practicar en las sesiones del juicio oral; correspondiéndose con aquellos actos de investigación practicados en la fase de instrucción y que, dada la naturaleza del medio de prueba, es imposible reproducirse de forma exacta en el juicio oral. Estos actos de investigación alcanzan el valor de prueba siempre que se cumplan los requisitos y garantías legales; siendo aquí donde conciben el nombre de prueba preconstituida, una prueba que sin ser practicada en el juicio oral se tiene presente como prueba de cargo en el momento de fundamentar una sentencia.

Continuando con esta corriente, la prueba preconstituida se suele introducir al juicio oral mediante documento, por lo tanto, se trata de una prueba que se practica de forma directa por el Juez instructor, preconstituyendo la fuente de prueba que se

²³⁷ Véase GUZMÁN FLUJA, V.C. 2006. *Anticipación y preconstitución de la prueba en el proceso penal*. Ob. Cit nota 219.

introducirá posteriormente al juicio oral para su valoración por parte del Juez sentenciador, que es el encargado de apreciar la prueba de forma indirecta.

En cuanto a la jurisprudencia, el inicio lo marca la STC 31/1981 donde se establece la regla general: únicamente las pruebas practicadas en las sesiones de juicio oral, con respecto a los principios en materia probatoria, podrán valorarse en el momento de fundamentar la sentencia. A partir de aquí, la doctrina constitucional ha ido matizando esta cuestión, configurando el supuesto atípico del valor probatorio de las diligencias sumariales. Esta evolución se hace patente en consecutivas sentencias del TC, como por ejemplo un matiz que expone la STC del 81 cuando añade que “normalmente” las pruebas practicadas en el juicio son las únicas que pueden fundamentar el sentido de la sentencia; y llegando a concretar una excepción a través de la prueba preconstituida o anticipada. En este sentido es importante remarcar la evolución que supuso la STC 137/1988, la cual justifica la posibilidad de otorgar valor probatorio de forma anticipada o preconstituida en la búsqueda de la verdad material inherente al proceso penal²³⁸.

En conclusión, la jurisprudencia admite la prueba preconstituida para aquellos casos en los que es imposible reproducir los actos de investigación necesarios para

²³⁸ «Es doctrina consolidada de este Tribunal desde su STC 31/1981, de 28 de julio -recurso de amparo 113/1980-, que únicamente pueden considerarse auténticas pruebas que vinculen a los órganos de la justicia penal en el momento de dictar sentencia aquellas a las que se refiere el art. 741 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal, esto es, las practicadas en el juicio oral. En efecto, conforme a lo que se declara en su propia exposición de motivos, la citada ley, frente al sistema inquisitivo precedente, introdujo en nuestro ordenamiento procesal penal los principios de publicidad, oralidad e inmediación, que en la actualidad no sólo constituyen elementos consustanciales del sistema acusatorio en que se inscribe nuestro proceso, sino que tienen el valor que les otorga el reconocimiento constitucional efectuado en el art. 120.1 y 2 de la Norma Fundamental. Conforme a ellos, el procedimiento probatorio ha de tener lugar necesariamente en el debate contradictorio que, en forma oral, se desarrolla ante el mismo Tribunal que ha de dictar sentencia, de suerte que la convicción de este sobre los hechos enjuiciados se alcance en contacto directo con los medios aportados a tal fin por las partes [...]. Por el contrario, las diligencias sumariales son actos de investigación encaminados a la averiguación del delito e identificación del delincuente (art. 299 de la L. E. Cr.) y que, como se advierte en la citada STC 101/1985, no constituyen en sí mismas pruebas de cargo. De acuerdo con la regulación contenida en el título V del libro II de la L. E. Cr., distinta de la que se refiere al modo de practicar la prueba en el juicio oral (título III del libro III de la propia L. E. Cr.), su finalidad específica no es la fijación definitiva de los hechos para que éstos trasciendan a la resolución judicial, sino la de permitir la apertura del juicio oral, proporcionando a tal efecto los elementos necesarios para la acusación y defensa y para la dirección del debate contradictorio atribuido al juzgador. Sólo cuando las diligencias o actuaciones sumariales son de imposible o muy difícil reproducción en el juicio oral, es posible traerlas al mismo como prueba anticipada o preconstituida, en los términos señalados por el artículo 730 de la Ley Procesal Penal, conforme ha declarado ya este Tribunal en la STC 62/1985, de 10 de mayo. Esta posibilidad está justificada por el hecho de que, estando sujeto también el proceso penal al principio de búsqueda de la verdad material, es preciso asegurar que no se pierdan datos o elementos de convicción, utilizando en estos casos la documentación oportuna del acto de investigación, llevado a cabo, en todo caso, con observancia de las garantías necesarias para la defensa»

alcanzar la verdad material en la fase de juicio oral; y establece también las garantías que deben cumplirse para ello, las cuales son respetar los principios de inmediación, oralidad, publicidad y contradicción; de forma que se introduce la prueba en el juicio oral mediante la lectura de los documentos que la reflejan.

Al igual que con la admisión de la preconstitución de las pruebas, el TC ha ido fijando los requisitos para elevar el valor de las diligencias al de prueba de manera paulatina. Pero antes de desarrollar estos requisitos, es necesario diferenciar entre los requisitos exigidos a las pruebas preconstituidas en general, de aquellos requisitos que se exigen específicamente para distintas clases de pruebas preconstituidas: las pruebas preconstituidas judiciales y las pruebas preconstituidas policiales.

Con relación a los requisitos generales, estas diligencias han de ser actuaciones que, en principio, son imposibles de ser practicadas en el acto del juicio oral, intervenidas por la autoridad judicial y respetando el principio de contradicción, lo que supone la repetición en el juicio oral mediante la lectura de los documentos que acrediten el contenido de la prueba o la ratificación por parte de los peritos o agentes que han practicado la diligencia y redactado el informe y que las partes puedan interrogarlos y pedirles las aclaraciones que estimen oportunas y el Tribunal estime pertinentes.

En cuanto a la prueba preconstituida policial, es la propia Constitución Española, en su artículo 126²³⁹, la que otorga a las autoridades policiales sus funciones en la investigación del delito, lo que va unido con sus facultades en relación con la preconstitución de la prueba, y a su vez, su sujeción a la autoridad judicial; lo que refleja la importancia del papel de la Policía Judicial en el proceso penal.

Para encontrar una regulación más profunda de las funciones de la Policía Judicial, debemos trasladarnos a la LECrim, concretamente a los artículos 282 a 298 para sus funciones en el desarrollo del sumario, los artículos 769 a 773 para el ámbito del proceso abreviado y el artículo 796 para el procedimiento de enjuiciamiento rápido.

Conforme a esta regulación, la intervención de la Policía Judicial en la investigación de los delitos se caracteriza por la presencia de dos competencias bien

²³⁹ Artículo 126 CE: “La Policía Judicial depende de los Jueces, de los Tribunales y del Ministerio Fiscal en sus funciones de averiguación del delito y descubrimiento y aseguramiento del delincuente, en los términos que la Ley establezca.”

diferenciadas: la función de investigación, por un lado; y el aseguramiento del cuerpo del delito y todos los objetos e indicios relacionados que sirvan para probar las circunstancias que rodean el hecho, por otro. Por lo tanto, en esta regulación se pone de manifiesto el fundamento jurídico por el que la Policía Judicial “está constitucionalmente legitimada para generar actos de prueba preconstituida²⁴⁰”.

Cuando aludimos a prueba preconstituida policial, no nos referimos exclusivamente a actos de investigación o actos instructorios; sino también a las diligencias propias de la llamada investigación preliminar. Así mismo, se puede diferenciar entre diligencias policiales en función de las razones que posibilitan su práctica, de forma que nos encontramos con las diligencias policiales de prevención, aquellas motivadas por razones de urgencia y que imposibilitan la intervención del Juez; y aquellas diligencias que son ordenadas por la autoridad judicial.

En cuanto a la primera de ellas, las diligencias policiales de prevención son aquellas que, por razones de urgencia, no puede demorarse el tiempo necesario para lograr la intervención judicial, por lo que deben desarrollarse y aplicarse en el momento justo en el que nace la necesidad de practicarlas. En nuestro Derecho Procesal se integran dentro de esta tipología la recogida del cuerpo del delito, los métodos de detección alcohólica, los análisis sobre estupefacientes, las grabaciones de videovigilancia, las inspecciones corporales, la geolocalización y la entrada y registro policial en caso de flagrante delito y tendrían todas cabida dentro de las Primeras Diligencias reguladas en el art. 14 LECrim²⁴¹.

En cuanto a las diligencias policiales ordenadas por autoridad judicial, tienen lugar cuando el Juez ya ha ordenado la incoación del proceso y, para conocer con exactitud el hecho, las circunstancias, los implicados, ordena a la policía que practique determinadas diligencias, entre las que tiene cabida la posible pericial. Y, entre ellas también, pero sometidas a requisitos adicionales, aquéllas diligencias cuya práctica, puede vulnerar derechos fundamentales del investigado, por lo que se requiere la orden judicial señalando su contenido, duración y el posterior control del Juez de un control judicial para su

²⁴⁰ GIMENO SENDRA, V. 2016. En GIMENO SENDRA, V. y MARCHAL ESCALONA, N.A. “Código Procesal Penal para la Policía Judicial”. *Ed. Aranzadi*. Pág. 212.

²⁴¹ Véase GOMEZ ORBANEJA (1947) Comentarios a la Ley de Enjuiciamiento Criminal, T. I, Barcelona. Pág. 347-348.

desarrollo. Dentro de estas nos encontramos las intervenciones telefónicas, la entrega vigilada y; el caso que nos interesa, la identificación por ADN, en la que nos centraremos más adelante, tras desarrollar la prueba preconstituida judicial²⁴².

En contraposición a la anterior, cabe aludir a la prueba preconstituida policial, nos centramos ahora en la prueba preconstituida judicial. Nos referimos a las diligencias de investigación que son ordenadas por el Juez instructor y que, debido a su naturaleza, no pueden ser realizadas en el juicio oral; lo que ocasiona la preconstitución de la prueba. En este sentido, son pruebas preconstituidas judiciales la recogida y conservación del cuerpo del delito, el reconocimiento judicial, las inspecciones e intervenciones corporales, la entrada y registro y la intervención de las comunicaciones.

Como se verá y se desarrollará más adelante, la LO 7/2010, de 8 de octubre, reguladora de la base de datos policiales sobre identificadores obtenidos a partir del ADN, es la base jurídica en la que se cimienta este tipo de diligencia policial. La finalidad de esta Ley es la de disponer de mayores herramientas “tanto para la investigación y averiguación de delitos, como para los procedimientos de identificación de restos cadavéricos o de averiguación de personas desaparecidas;” y es la Policía Judicial de las FCSE a la que se le encomienda la función de gestionar esta base de datos.

En estas bases de datos genéticos policiales se almacenan muestras biológicas obtenidas tanto del cuerpo del delito u objetos relacionados con el hecho (pruebas dubitadas) como muestras de un detenido o sospechosos de haber cometido el delito (prueba indubitada). Además, se pueden obtener muestras de criminales condenados por delitos de crimen organizado, crímenes contra la vida, la libertad, la indemnidad o la libertad sexual, la integridad de las personas, o contra el patrimonio si fueron realizados con fuerza en las cosas o violencia o intimidación en las personas.

En cuanto a qué datos se pueden obtener y almacenar en estas bases de datos, el artículo 4 de la LO 7/2010 contempla “los identificadores obtenidos a partir del ADN [...] que proporcionen, exclusivamente, información genética reveladora de la identidad de la

²⁴² El artículo 48 de la reciente LO 8/2022 de garantía integral de la libertad sexual, señala que la recogida de muestras biológica de la víctima y otras evidencias (de la comisión de violencias sexuales), incluidas las imágenes que puedan contribuir a (su) acreditación, no estará condicionada a la presentación de denuncia o al ejercicio de la acción penal. Estas muestras recogidas en el centro sanitario en que se atiende a la víctima se conservarán para su remisión, garantizando la cadena de custodia.

persona y de su sexo.” Esta identificación genética tiene condición de diligencia en primera instancia, y para que sea totalmente válida la Ley exige una serie de garantías las cuales son: que las identificaciones las lleve a cabo un laboratorio acreditado y que la Policía Judicial asegure su conservación y custodia (cadena de custodia). Por tanto, y como se desarrolló en apartados anteriores, la acreditación de los laboratorios y la cadena de custodia son requisitos indispensables para el valor probatorio de la identificación de ADN y, en este caso, para que los actos de investigación alcancen valor probatorio.

Entendemos que esta prueba de ADN convencional, en humanos, ha de enmarcarse en el contenido de prueba preconstituida. La cuestión está en determinar si también sería prueba preconstituida la de ADN animal. Veamos entonces algunas diferencias entre la convencional y la animal:

Mientras la prueba de ADN convencional la practica la policía, pero ha de ser ordenada judicialmente, porque supone un menoscabo de los derechos fundamentales del investigado, este carácter no es predicable a la prueba de ADN animal.

Mientras que la prueba de ADN humana se practica una vez ya cometido el hecho delictivo, sobre el cuerpo del delito, sobre objetos relacionados con el hecho o sobre el sospechoso para averiguar la autoría de los hechos; en la de ADN animal y, concretamente en los casos de tráfico ilegal de animales (importante este matiz) se lleva a cabo justo en el momento en el que nace la necesidad de practicarla ante la presencia de una mercancía sospechosa. De ahí que la prueba de ADN animal en casos de tráfico ilegal de animales entraría dentro de las diligencias policiales de prevención. En este sentido, y desde la perspectiva jurídica, la prueba de ADN animal en casos de tráfico ilegal de animales tendría más en común con los métodos de alcoholemia o los análisis sobre estupefacientes que con la prueba de ADN convencional; ambas calificadas como pruebas preconstituidas periciales por la jurisprudencia y la doctrina²⁴³.

²⁴³ La STC 100/1985 atribuye la condición de prueba preconstituida pericial a la prueba de alcoholemia y son varias las SSTs que hacen lo propio con el análisis de estupefacientes, pero de forma limitada, ya que las sustancias se almacenan en sede judicial para su posterior análisis, siempre que sea posible.

1.3.- Pruebas directas y pruebas indiciarias.

Aunque la precisión de la identificación por ADN sea muy elevada, su resultado nunca nos muestra la autoría o participación del delito por parte de un acusado. Si encontramos el ADN de una persona en la escena de un crimen, esta nos indica que dicho sujeto en algún momento estuvo en dicho lugar, pero no por ello es partícipe del delito. Por consiguiente, la prueba de ADN no es una prueba directa del delito sino una prueba indiciaria²⁴⁴.

Son tres las perspectivas desde las que se pueden observar los conceptos de prueba directa y prueba indiciaria y sus diferencias²⁴⁵. Una primera perspectiva la deducimos si observamos la relación que se establece entre el jugador y la realidad que está tras las pruebas del hecho. En este sentido, se considera prueba directa aquella con la que el Juez entra en contacto directo y personal con la realidad del hecho, mientras que en la prueba indiciaria alguien o algo se interpone entre el Juez y la realidad del hecho evitando dicho contacto directo. Desde esta perspectiva, sería prueba directa únicamente la inspección ocular del hecho delictivo por parte del Juez; por lo que suele ser un punto de vista infrecuente y que choca con los planteamientos de este trabajo.

Desde el segundo punto de vista, la distinción entre prueba directa y prueba indirecta se basará en si el método de prueba tiene por objeto un hecho que forma parte del supuesto fáctico de la norma jurídica implicada, siendo este caso prueba directa; o si tiene por objeto un hecho secundario, el caso de la prueba indiciaria. Según esta perspectiva, un mismo método de prueba se considerará prueba directa en unos casos y prueba indiciaria en otros.

La última perspectiva se enfoca en distinguir en la relación que guardan la información que recibe el Juez sobre la realidad gracias al medio de prueba. Desde este prisma, la prueba directa es aquella que representa la realidad, como podría ser el caso de material videográfico o la narración de un testigo directo del hecho; en estos casos se le traslada al Juez una proyección, más o menos homogénea, de la realidad. Por otro lado, la prueba indiciaria es aquella cuya información que proporciona al Juez no representa la

²⁴⁴ Véase ÁLVAREZ DE NEYRA, S.I. 2017. “La prueba pericial de ADN.” En PICÓ I JUNOY, J. & DE MIRANDA VÁZQUEZ, C. “Peritaje y prueba pericial”. Ed. J.B. Bosch, 1ª edición, Barcelona, págs. 455-463.

²⁴⁵ Véase DE MIRANDA VÁZQUEZ, C. 2015. “Prueba directa vs. Prueba indirecta (un conflicto inexistente)”. *DOXA, Cuadernos de Filosofía del Derecho*, núm. 38, págs. 73-100.

realidad, pero sí permite establecer un vínculo racional asociativo. Este sería el enfoque que más se aproxima al planteamiento de este texto.

Aunque los conceptos de prueba directa y prueba indiciaria se contradigan entre sí, según la jurisprudencia del TS el Juez o Tribunal tiene la potestad de escoger y basarse en la prueba indiciaria cuando, habiendo valorado todos los medios de prueba y estimado su veracidad y credibilidad, se decanten por las pruebas indiciarias al encontrar en ellas un mayor esclarecimiento de los hechos objetos de prueba; debiendo entonces razonarse esta decisión debidamente en la sentencia²⁴⁶. El TC también reconoce que esta prueba es totalmente compatible con el derecho a la presunción de inocencia, ya que considera que los indicios son más que simples sospechas, estableciendo a su vez una serie de requisitos capaces de desvirtuar o de romper la presunción de inocencia.

En este sentido, se entiende a la prueba indiciaria a aquella que tiene por objeto conformar la convicción al Juez de la veracidad de unos hechos que, aunque no son constitutivos del delito que se está enjuiciando, sí le permiten deducir la existencia de dicho delito o la participación del investigado de acuerdo con las reglas de la lógica y de la experiencia.

Aun habiéndose enmarcado conceptualmente este tipo de prueba, y aunque se encuentre totalmente aceptada por la jurisprudencia, el hecho de atribuirle la consideración de medio de prueba a la prueba indiciaria ha provocado gran debate, pues hay un sector que defiende esta tesis, y un grupo contrario a esta idea. Quienes consideran que la posición de la prueba indiciaria es comparable a la de la prueba directa argumentan que ambas pruebas son la base de los mecanismos encaminados a lograr la convicción judicial mediante operaciones mentales llevadas a cabo por el Juez gracias a la lógica y la experiencia. En este sentido, la prueba indiciaria no es un medio de prueba, sino más bien aquella actividad mental e intelectual del Juez que, teniendo en cuenta los hechos constatados en el proceso (los indicios), estos le permiten concluir la veracidad de otros hechos (las afirmaciones presuntas) gracias al nexo directo y lógico entre ambos. Por tanto, la estructura de la prueba indiciaria, esta consta de: el indicio, que es el hecho del

²⁴⁶ Véase PASTOR ALCOY, F. 2003. “Prueba de indicios, credibilidad del acusado y presunción de inocencia”. Ed. *Tirant lo Blanch*.

que se parte; la afirmación presumida, que la conclusión a la que llegamos; y el nexo lógico que uno los dos anteriores.

En cuanto al indicio, es aquel dato fáctico que configura el hecho-base de la prueba indiciario, momento en el que adquiere valor de prueba. En este caso, y continuando con el ejemplo expuesto al principio de este apartado, el indicio es la presencia del sospechoso en la escena del crimen. La afirmación presumida hace alusión a los hechos deducidos por el juzgador basados en la lógica y la experiencia del indicio, la conclusión lógica propia del indicio. Siguiendo con el ejemplo, la afirmación presumida es que, si el sospechoso se encontraba en la escena del crimen, puede ser autor potencial de los hechos enjuiciados. Por último, en cuanto al nexo entre indicio y afirmación presumida, es la pieza fundamental para configurar la prueba indiciaria, sin la existencia de nexo no podríamos llegar a la afirmación presumida. Para finalizar con el ejemplo, el nexo sería la relación lógica que se deduce entre, estar en la escena de un crimen y tener algún tipo de relación potencial con el mismo.

Por otro lado, la jurisprudencia del TS ha ido estableciendo los requisitos necesarios para la aceptación de las pruebas indiciarias, y su capacidad de romper con la presunción de inocencia. En la STS 1099/2001, de 6 de junio de 2001, se establece que para que el juzgador pueda declarar la existencia de un delito y la participación del acusado, debe tenerse en cuenta “a) la existencia de una pluralidad de datos indiciarios plenamente probados; b) la racionalidad de la inferencia obtenida, de manera que el hecho consecuencia fluya de forma natural y lógica de los hecho-base, según un proceso deductivo basado en la lógica, el recto criterio humano y las reglas de la experiencia²⁴⁷.”

Por otro lado, en la STS 851/1998, de 18 de junio de 1998, se establece una lista más precisa de requisitos, los cuales son “a) pluralidad de hechos-base o indicios; b) precisión de que tales hecho-base estén acreditados por prueba de carácter directo; c) necesidad de que sean periféricos o concomitantes respecto del dato fáctico a probar; d) interrelación en cuanto esta misma naturaleza periférica exige que los datos estén no solo

²⁴⁷ Véase BURGOS LADRON DE GUEVARA, J. 1992. “El valor probatorio de las...” *Op.cit. supra*, nota 208. Págs. 185-189, para quien es necesario distinguir entre indicios y sospecha o conjetura. El indicio exige prueba plena y el Juez debe explicitar el razonamiento mediante el cual se alcanzan las conclusiones partiendo de los indicios probados, para no vulnerar así el derecho a la presunción de inocencia (pág. 189). En este sentido se pronuncia también PEDRAZ PENALVA, E. 1994. “Apuntes sobre la prueba pericial...” *Op.cit. supra*, nota 183. Pág. 331.

relacionados con el hecho nuclear precisado de prueba, sino también interrelacionado; e) racionalidad de la inferencia; y f) expresión de la motivación de cómo se llegó a la inferencia en la instancia.”

Para concluir, queda claro que la prueba de ADN convencional entra dentro de las pruebas indiciarias, tal y como se ha ejemplificado a lo largo de este apartado; pero este aspecto no lo comparte con la prueba de ADN animal en casos de tráfico ilegal de especies, que, como se verá más adelante en un apartado centrado en este tipo de prueba, si podría concebirse como prueba directa.

2. La regulación jurídica de la prueba de ADN y sus reformas.

La constante en nuestro ordenamiento jurídico en relación con la regulación de la prueba de ADN era precisamente la ausencia de esta, el desarrollo normativo de las inspecciones e intervenciones corporales ha sido siempre deficiente en la LECrim, en parte debido a la dificultad que plantea el amplio abanico de supuestos que entran en este apartado, siendo la prueba de ADN tan solo una de tantas²⁴⁸.

Para encontrar las primeras menciones en la normativa procesal penal en materia de prueba de ADN debemos trasladarnos a la Ley Orgánica 15/2003, de 25 de noviembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del CP de 2003; hasta entonces, debido a esta escasez normativa de la LECrim, se efectuaban este tipo de pruebas teniendo en cuenta la normativa internacional y la doctrina del Tribunal Europeo de Derechos Humanos que avalaban estas pruebas siempre que se cumpliera las exigencias del principio de proporcionalidad.

Mediante la mencionada reforma, se añadieron a la LECrim: en el artículo 326.3²⁴⁹ la recogida de muestras biológicas dubitadas y en el artículo 363.2²⁵⁰ la recogida de

²⁴⁸ Véase GARZÓN FLORES, J.M. 2017. *La prueba de ADN en el proceso penal*. Tesis Doctoral. Escuela Internacional de Doctorado. UNED.

²⁴⁹ Artículo 326.3 LECrim: “Cuando se pusiera de manifiesto la existencia de huellas o vestigios cuyo análisis biológico pudiera contribuir al esclarecimiento del hecho investigado, el Juez de Instrucción adoptará u ordenará a la Policía Judicial o al médico forense que adopte las medidas necesarias para que la recogida, custodia y examen de aquellas muestras se verifique en condiciones que garanticen su autenticidad, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 282.”

²⁵⁰ Artículo 363.2 LECrim: “Siempre que concurren acreditadas razones que lo justifiquen, el Juez de Instrucción podrá acordar, en resolución motivada, la obtención de muestras biológicas del sospechoso que

muestras biológicas indubitadas del sospechoso, en ambos casos sin definir la misma ni desarrollar conceptos importantes como su recogida, embalaje, conservación, transporte, cadena de custodia o la fiabilidad de los resultados.

Tampoco se tuvo en cuenta los casos en los que el sospechoso o investigado se negase a someterse a dicha prueba, una controversia que se solucionó en reformas posteriores; ni la práctica de esta prueba a terceras personas como testigos, familiares o allegados de la víctima e incluso a la propia víctima.

Otra ausencia destacable era a regulación de las bases de datos de ADN, la cual no se encontraba unificada en España y dicha situación tuvo que subsanarse, ante la imposición desde el ámbito europeo, con la aprobación de la Ley Orgánica 10/2007, de 8 de octubre, reguladora de la base de datos policial sobre identificadores obtenidos a partir del ADN, de forma que quedaron totalmente integrados los ficheros de las fuerzas i cuerpos de seguridad del estado, tanto para la investigación de delitos como para la identificación de cadáveres y personas desaparecidas.

Una base de datos unificada es un instrumento indispensable para los investigadores, ya que permite un intercambio ágil, fiable y seguro para un correcto avance de las investigaciones ya no solo en el plano nacional, sino también en el ámbito comunitario e internacional, motivo por el cual han surgido numerosas normas que promueven la cooperación policial y judicial internacional y pretenden fortalecer la efectividad del Espacio Europeo de Libertad Seguridad y Justicia.

Como garantía, según el artículo 4 de esta ley²⁵¹, solamente podrán inscribirse en esta base de datos los identificadores obtenidos a partir del ADN dentro de una investigación policial, analizando y almacenando exclusivamente aquellos marcadores genéticos relevantes para la identificación personal y de su sexo (como se ha visto anteriormente, lo correspondiente al ADN no codificante). Además, y como añadido a lo establecido en los artículos 326 y 363 LECrim anteriormente reformados, la LO 10/2007

resulten indispensables para la determinación de su perfil de ADN. A tal fin, podrá decidir la práctica de aquellos actos de inspección, reconocimiento o intervención corporal que resulten adecuados a los principios de proporcionalidad y razonabilidad.”

²⁵¹ Artículo 4 LO 10/2007: “Sólo podrán inscribirse en la base de datos policial regulada en esta Ley los identificadores obtenidos a partir del ADN, en el marco de una investigación criminal, que proporcionen, exclusivamente, información genética reveladora de la identidad de la persona y de su sexo.”

exige en su artículo 3.1 a)²⁵² que la prueba de ADN se realice únicamente para la investigación de delitos graves en base al principio de proporcionalidad.

No será hasta 2015 cuando se realizan más reformas normativas importantes en materia de regulación de las pruebas de ADN y las bases de datos de perfiles genéticos con fines de investigación criminal e identificación de desaparecidos²⁵³. Concretamente con la entrada en vigor la Ley Orgánica 13/2015, de 5 de octubre, de modificación de la Ley de Enjuiciamiento Criminal para el fortalecimiento de las garantías procesales y la regulación de las medidas de investigación tecnológicas; donde en su artículo 520.6 c), párrafo segundo se determina que “si el detenido se opusiera a la recogida de las muestras mediante frotis bucal, [...] el juez de instrucción, a instancia de la Policía Judicial o del Ministerio Fiscal, podrá imponer la ejecución forzosa de tal diligencia mediante el recurso a las medidas coactivas mínimas indispensables, que deberán ser proporcionadas a las circunstancias del caso y respetuosas con su dignidad.”

Esta reforma es una consecuencia de la preocupación de la doctrina de dejar en manos del investigado la efectividad de la prueba de ADN ya que ante su negativa esta no podría realizarse, de forme esta falta de cooperación es supeditada por la autorización del juez de instrucción, otorgándole en la práctica aún más eficacia judicial al anteriormente mencionado y reformado artículo 363 LECrim.

Además, ese mismo año se aprueba la Ley Orgánica 1/2015, de 30 de marzo, por la que se modifica la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del CP, donde se incorpora el artículo 129 bis²⁵⁴ en el que el legislador contempla también la vía coactiva

²⁵² Artículo 3 LO 10/2007: “1. Se inscribirán en la base de datos policial de identificadores obtenidos a partir del ADN los siguientes datos:

a) Los datos identificativos extraídos a partir del ADN de muestras o fluidos que, en el marco de una investigación criminal, hubieran sido hallados u obtenidos a partir del análisis de las muestras biológicas del sospechoso, detenido o imputado, cuando se trate de delitos graves y, en todo caso, los que afecten a la vida, la libertad, la indemnidad o la libertad sexual, la integridad de las personas, el patrimonio siempre que fuesen realizados con fuerza en las cosas, o violencia o intimidación en las personas, así como en los casos de la delincuencia organizada, debiendo entenderse incluida, en todo caso, en el término delincuencia organizada la recogida en el artículo 282 bis, apartado 4 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal en relación con los delitos enumerados.”

²⁵³ Véase ÁLVAREZ BUJÁN, M.V. 2028. El artículo 24 de la Constitución Española y la prueba de ADN en el proceso penal. *Revista Española de Derecho Constitucional*. Núm. 114, págs. 131-161.

²⁵⁴ Artículo 129 bis CP: “Si se trata de condenados por la comisión de un delito grave contra la vida, la integridad de las personas, la libertad, la libertad o indemnidad sexual, de terrorismo, o cualquier otro delito grave que conlleve un riesgo grave para la vida, la salud o la integridad física de las personas, cuando de las circunstancias del hecho, antecedentes, valoración de su personalidad, o de otra información disponible pueda valorarse que existe un peligro relevante de reiteración delictiva, el juez o tribunal podrá acordar la toma de muestras biológicas de su persona y la realización de análisis para la obtención de identificadores

para obtener muestras de ADN como consecuencia accesoria en casos de condena por delitos graves, incluyendo los perfiles genéticos de los condenados en la base de datos policial con el objetivo de un futuro cotejo presumiendo la reincidencia de los mismos debido a la tipología del delito (asesinos en serie, agresores sexuales, etc.).

A modo de conclusión, la regulación jurídica de la prueba de ADN en nuestro país ha venido siendo deficiente, en primer lugar debido a la ausencia de regulación durante años, la cual se subsanaba acudiendo a la normativa europea; y en segundo término por el retraso a la hora de contemplar la prueba de ADN en nuestra legislación, que no llegó hasta 2003, además de hacerlo de forma incompleta, sin contemplar la importancia de las bases de datos genéticos de carácter policial la cual llegó en 2007, ni una respuesta ante la negativa del sospechoso a que se le practique la prueba de ADN, una respuesta que no llegó hasta 2015.

Podemos catalogar entonces la evolución de la regulación jurídica de la prueba de ADN en España como un proceso que ha llegado con retraso y a trompicones, sobre todo si se compra con la evolución histórica de la prueba de ADN en los juzgados españoles como veremos en el siguiente apartado.

3. La historia de la prueba de ADN en España: repaso jurisprudencial.

No podemos contextualizar y valorar el proceso de regulación de la prueba de ADN en nuestra legislación sin conocer cómo la misma se ha ido introduciendo y tomando un papel relevante dentro de los juzgados españoles. Además, a coalición con el objetivo de este texto, es importante remarcar el camino que la genética forense humana ha seguido hasta establecerse para saber si la genética forense no humana puede seguir esa misma línea y cómo de allanado tiene el camino.

de ADN e inscripción de los mismos en la base de datos policial. Únicamente podrán llevarse a cabo los análisis necesarios para obtener los identificadores que proporcionen, exclusivamente, información genética reveladora de la identidad de la persona y de su sexo.

Si el afectado se opusiera a la recogida de las muestras, podrá imponerse su ejecución forzosa mediante el recurso a las medidas coactivas mínimas indispensables para su ejecución, que deberán ser en todo caso proporcionadas a las circunstancias del caso y respetuosas con su dignidad.”

Será en 1988 cuando aparece el primer caso en el que se usa la prueba de ADN, concretamente el caso *Pitchfork*²⁵⁵, resuelto en primera instancia por la Crown Court at Leicester, recurrida y resuelta por The Royal Courts of Justice of England and Wales en el año 2009. En este caso se resuelve la autoría de una serie de delitos sexuales, de los cuales dos de ellos acabaron en asesinato, en el que, a primera instancia, un joven de 17 años llamado Richard Buckland acabó confesando los hechos tras un duro interrogatorio.

Fue entonces cuando la Comisión Judicial encargada del caso, solicitó al Dr. Alec Jeffreys, de la Universidad de Leicester (que por entonces se encontraba desarrollando las primeras técnicas de análisis de polimorfismos), el análisis de las muestras de esperma comparándolas con las del sospechoso. El resultado fue que dichas muestras no pertenecían al sospechoso, Richard Buckland, por lo que la policía solicitó a todos los varones entre 13 y 33 años que aportasen una muestra de sangre para su análisis.

Todos los resultados de las muestras fueron negativos, pero entonces la policía supo que un hombre llamado Ian Kelly había recibido 200£ por haber donado su muestra a su amigo Colin Pitchfork, que tras su detención y análisis genético se pudo demostrar que era el autor de los hechos. De este modo, en este primer caso no solo se consiguió descubrir al autor de los hechos, sino que se pudo demostrar la inocencia de un inocente, en este caso Richard Buckland.

Otro caso que es importante remarcar, y que coincide en el tiempo con el anterior, es el de Kirk Bloodsworth, un preso de Estados Unidos que conoció del caso anterior y que, tras años en el corredor de la muerte, pudo salvar su vida gracias a la prueba de ADN al demostrar su inocencia. Fue entonces cuando se convirtió en la primera persona en salvarse de la pena de muerte gracias a esta prueba.

No será hasta el año 1992 cuando esta técnica llegue a España, más concretamente junto a la Sentencia del Tribunal Supremo de 13 de julio de ese año, en el que resuelve un recurso contra una Sentencia de la Audiencia Provincial (en adelante AP) de Zaragoza de 3 de enero de 1990. Los hechos probados fueron que “una joven estudiante de la Universidad Laboral de Zaragoza, al salir del centro, hizo autostop para regresar a su vivienda, accediendo a la solicitud el procesado, que la llevó a un descampado y tras

²⁵⁵ Para un relato completo sobre el caso véase HOMBREIRO NORIEGA, L. 2013. “El ADN de Locard: Genética forense y criminalística.” Editorial Reus, Madrid, págs. 42-47.

desnudar a la víctima, la penetró vaginal y analmente, eyaculando en ambas zonas, venciendo la tenaz resistencia de la víctima, a la que golpeó repetidamente, estrangulándola a continuación. Se deshizo de la ropa de la víctima y enterró su cuerpo en los alrededores.”

Fueron analizadas muestras de sangre del vehículo del acusado, además de muestras de secreción vaginal y contenido rectal del cadáver de la víctima; dando como resultado la coincidencia absoluta de los marcadores genéticos de las pruebas dubitadas con los de las muestras extraídas del acusado, por lo que resultó condenado. Hay que destacar de este caso el dictamen del Instituto de Medicina Legal de Zaragoza con respecto a la identificación por ADN cuyos médicos forenses afirmaron que “el procedimiento sobre investigación biológica mediante el análisis de ADN basado en el polimorfismo genético individual tiene un alto o altísimo poder de diagnóstico individual.”

En cuanto a las afirmaciones del TS con respecto a la identificación por ADN, se refiere a esta como “conclusiones científicas plenamente responsables y serias. Es cierto que el mayor progreso se ha conseguido, a través de las correspondientes evoluciones en este orden de cosas, al poderse descifrar el código genético de la persona humana por un grupo de investigadores estadounidenses de la Universidad de Cambridge, entre cuyos hallazgos y los actuales en progresión hay un enlace muy preciso”. A modo de conclusión, “se puede destacar por tanto de esta primera Sentencia del TS, los elogiosos comentarios que dedica a esta pionera prueba, como instrumento básico en el caso concreto para alcanzar la verdad real o histórica²⁵⁶”. Aun así, y como veremos, la aceptación de la prueba de ADN se produce de forma progresiva a medida que esta va siendo cada vez más específica; de hecho, en el momento de esta sentencia se utilizaban 8 marcadores de ADN mientras que, en la actualidad, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad utilizan 16 más el sexo; por lo que, si en aquel momento la prueba de ADN se destacaba una prueba eficaz para la identificación, hoy en día lo es aún más²⁵⁷.

²⁵⁶ MORA DÍEZ, P. 2021. *Cuestiones procesales y sustantivas relativas a la prueba de ADN en el proceso penal español. Análisis del artículo 129 bis del Código Penal*. Tesis Doctoral, Universidad de Huelva, Huelva, pág. 28.

²⁵⁷ Véase RAMALLO MACHÍN, A.C. 2015. *ADN: Huellas Genéticas en el Proceso Penal*. Tesis Doctora. Universidade da Coruña. A Coruña.

Otro caso destacable es el primer procedimiento penal en el que se declara la inocencia de dos condenados y su inmediata puesta en libertad. Se trata de la Sentencia del TS de la Sala de lo Penal nº 789/1997, dictada en el proceso de revisión de la sentencia firme dictada por la Audiencia Provincial de Barcelona en la que se condenó a los acusados como autores del delito de robo con violencia, violación, detención ilegal y de lesiones.

En la sentencia de la AP la identidad de los condenados se consiguió fundamentalmente por el reconocimiento realizado por la víctima del delito de violación. Posteriormente, y como consecuencia de la investigación desarrollada contra otro investigado, se pone de manifiesto, a través del análisis genético de una muestra de sangre de éste -realizado en 1995- y de un análisis de las muestras obtenidas en el primer proceso y de la sangre de quienes fueron condenados por la comisión de los delitos señalados, que "los adelantos científicos han permitido alcanzar finalmente unos resultados claros y decisivos allí donde los conocimientos de 1992 fueron insuficientes (...) puesto que no lograron trazar perfil alguno de ADN". En consecuencia, el TS anula la condena y ordena la puesta en libertad de quienes fueron condenados.

Como se ha explicado anteriormente, la prueba de identificación por ADN en genética forense humana se centra en el análisis del ADN no codificante que se localiza dentro del núcleo de las células o ADN nuclear. Pero para la identificación de especies se hace uso del ADN mitocondrial, por lo que es conveniente analizar también la cabida de este dentro del proceso penal, para lo cual nos trasladamos a los primeros casos judiciales en los que se aplica el análisis del ADNmt.

A nivel internacional, el primer caso de análisis de ADNmt se dio en el Estado de Tennessee, EE. UU., a causa de una violación y asesinato en 1996. En España, el primer caso de produce en 1995 por la Audiencia Provincial de Córdoba²⁵⁸, por lo que las aplicaciones del ADNmt también se dan dentro del proceso penal.

Si seguimos repasando las sentencias que marcaron el devenir de la prueba de ADN en el proceso penal en España, tras la mencionada STS 1701/1992, la primera sentencia donde se declaró nula la prueba de ADN es la STS 1261/1994, donde se ordenó

²⁵⁸ Véase CARRACEDO, A. 2003. "La huella genética". En GARCÍA BARRENO, P. "50 años de ADN. La doble hélice." Ed. España, pág. 248.

la prueba de ADN “con fines de exculpación”, viciando entonces el consentimiento del sospechoso.

Otra sentencia a destacar por la nulidad de la prueba de ADN es la STS 510/1997, donde dicha nulidad se debió a que el vestigio abandonado por el sospechoso fue recogido por los agentes de policía sin intervención judicial y motivo de urgencia; una doctrina que quedó sin efecto por el Acuerdo del Pleno de la Sala Segunda de 31 de enero de 2006 donde se acuerda que “la Policía Judicial puede recoger restos genéticos o muestras biológicas abandonadas por el sospechoso sin necesidad de autorización judicial.”

La primera vez que la prueba de ADN fue considerada una prueba de cargo directa y no un mero indicio fue en la STS 126/1998, y las sentencias STS 644/1998 Y STS 11/2000 fueron muy importantes en ya que se obvia la necesidad de la ratificación de los peritos expertos en la fase de juicio oral.

En el año 2003, concretamente en la STS 1007/2003, surge uno de los temas más delicados desde la aparición de la prueba de ADN, que no es más que el uso de la fuerza sobre el investigado para practicarle las intervenciones corporales necesarias para obtener una muestra. Es la propia sentencia la que rechaza el uso de la fuerza, aunque deja abierto el debate “que ha sido resuelto, de forma diferente, por los diversos sistemas procesales de nuestro común acervo jurídico y cultural”. Recordad que la aprobación del uso de la fuerza no llega hasta la reforma del año 2015 mencionada en el apartado anterior.

Antes de la llegada de las reformas realizadas por la LO 17/2003, es importante destacar la Sentencia del Tribunal Constitucional 207/1996, donde se establecen los requisitos constitucionales necesarios para admitir y regular las intervenciones corporales como prueba con el proceso penal. Esta sentencia exige una regulación legal específica con rango de Ley Orgánica para aquellas intervenciones corporales que afecten a derechos fundamentales, como es el caso de la prueba de ADN.

Tras la aprobación de la LO 17/2003 se dictan sentencias importantes y relevantes como la STS 510/2004, en donde se especifica que la negativa del investigado a proporcionar una muestra de ADN carece de valor inculpatario, pero sí sirve para corroborar y valorar otras pruebas o indicios (doctrina superada con las reformas de la LO 1/2015); o la STS 995/2004 donde se revoca una Sentencia condenatoria basada

únicamente en el testimonio de la víctima, por una indebida denegación de la prueba de ADN pedida por la defensa.

Debemos mencionar también la STS 501/2005, de gran relevancia por la absolución del acusado por irregularidades en la cadena de custodia al recogerse las muestras sin autorización judicial. Esta doctrina fue posteriormente contradicha por la STS 1311/2005. Posteriormente, la STS 709/2005 establece que la toma de muestras de semen es igualmente válida tanto si las recoge el ginecólogo como el médico forense.

La primera sentencia en afirmar la legalidad de las bases de datos genéticos de carácter policial es la STS 949/2006, que se dicta justo antes de la aprobación de la LO 10/2007 que regula y unifica las bases de datos genéticos del Cuerpo Nacional de Policía (en adelante CNP) y de la Guardia Civil.

En cuanto a la primera sentencia que legitima aquella muestra de ADN obtenida sin el consentimiento del investigado con autorización judicial, es la STS 968/2006 que afirma que “el juicio de ponderación efectuado y la decisión adoptada respetó los principios de proporcionalidad y razonabilidad que exige el artículo 363.2 de la LECrim.”, sentencia importante ya que aparece antes de la regulación del uso de la fuerza para toma de muestras de ADN del año 2015.

En la STS 940/2007 se afirma la irregularidad al tomar una muestra de ADN sin asistencia letrada, estableciendo un paralelismo entre el régimen jurídico de las intervenciones corporales y la entrada y registro domiciliario. En cuanto a la STS 397/2008 se destaca el momento procesal de interés de la práctica de la prueba de ADN, localizándola en la fase de instrucción.

Importante la STS 426/2008 que califica la prueba de ADN como de “franca fiabilidad”, otorgándole gran relevancia a este tipo de diligencia, una prueba que fue de vital importancia en la STS 503/2008 (la sentencia de los atentados terroristas del 11 de marzo) ya que aparecieron restos biológicos de los acusados en el piso donde se ocultaban, siendo entonces la prueba de ADN el indicio más relevante y que más reforzó la acusación y castigo del mayor atentado de la historia de nuestro país.

En el año 2008 destacan dos sentencias, la STS 667/2008 donde se resalta el carácter ambivalente de la prueba de ADN ya que permite tanto inculpar como absolver

a un sospechoso; y la STS 863/2008 donde se afirma la legalidad del registro de la celda del investigado para intervenir cualquier objeto que permita obtener una muestra de ADN para su análisis sin necesidad de asistencia letrada.

La STS 792/2009 es destacable ya que gracias a la prueba de ADN permite acreditar la inocencia de un acusado vía recurso. La STS 287/2010 declara que los informes oficiales de ADN pueden ratificarse en el juicio oral por cualquiera de los técnicos que realicen sus funciones en el centro en el que se practica la prueba.

Ese mismo año destaca la STS 685/2010 ya que establece por primera vez la necesidad de asistencia letrada para la toma de muestras biológicas; y la STS 1027/2010 que valida la toma de muestras biológicas obtenidas de un vaso de agua el que bebió el investigado en comisaría.

Con respecto a las bases de datos de ADN resulta interesante mencionar la STS 680/2011 donde se afirma la licitud de la toma de muestras biológicas realizadas en procedimientos anteriores que se encuentran dentro de las bases de datos.

Una sentencia en la que es interesante detenerse es la Sentencia de la Audiencia Nacional (en adelante AN) 48/2011, cuya peculiaridad del caso recae en la imposibilidad de reconocer al culpable por parte de los testigos debido a que utilizaba un pasamontañas, y que mató a una persona en un bar. Años más tarde se comprobó casualmente que el ADN del acusado, recogido por la Ertzaintza en una botella recogida en un bar, coincidía con la muestra hallada en su día en la taza de café que el asesino utilizó en dicho bar el día del asesinato. Posteriormente, el imputado se negó a someterse al análisis de su ADN, por lo que el juez instructor consiguió la muestra indubitada de una botella de agua consumida por el sospechoso durante su declaración. Este caso es muy interesante ya que la prueba de ADN era el único indicio incriminatorio contra el acusado, obtenido además sin el consentimiento del sospechoso. También se debatió en este caso sobre lo que se conoce como la falacia del fiscal y de la defensa, concepto que desarrollaremos más adelante.

La STS 709/2013 se establece que aquellas muestras biológicas obtenidas sin consentimiento del investigado ni asistencia letrada puede ser subsanada con la ratificación posterior por el letrado debidamente notificado. En este sentido, fue en 2014

cuando se introduce la obligatoriedad de asistencia letrada en la toma de muestras de ADN por el Acuerdo del Pleno no jurisdiccional de 24 de septiembre, y sería la STS 734/2014 la primera sentencia en aplicar este acuerdo.

Una curiosa sentencia es la STS 7/2015 ya que se trata de un delito de tráfico de drogas y donde la presencia de ADN del acusado en un cepillo de dientes fue determinante para acreditar que vivía en el lugar donde aparecieron indicios de tráfico de estupefacientes. Esta aplicación en varios de tipos penales resalta también en la STS 815/2016, en donde gracias a la prueba de ADN puedo corroborarse la identidad de un grupo de aluniceros en Barcelona.

Ese mismo año se dicta la sentencia 75/2016, la cual es importante analizar en relación con el valor de la prueba de ADN²⁵⁹. Este caso trata sobre un delito de agresión sexual y lesiones y la condena en primera instancia (en el año 2005 por la Audiencia Provincial de Málaga) se basó en el testimonio de la víctima. Diez años más tarde se formula recurso de revisión por la aparición de nuevos indicios que demostraban la inocencia del condenado, los cuales se basaban en un informe del Jefe de la Unidad de Análisis Científicos de la Dirección General de la Policía de Madrid que consistió en una doble comparativa entre el perfil genético de un ciudadano británico que constaba en la base de datos de la INTERPOL y la mezcla de perfiles genéticos que se obtuvieron al analizar los restos orgánicos adheridos a un peine hallado en el lugar de las agresiones sexuales, cuyo resultado fue de compatibilidad; y una segunda comparativa entre el perfil genético del condenado y el de los restos anteriormente mencionados, cuyo resultado fue de incompatibilidad.

De esta sentencia destaca el valor que el Ministerio Fiscal atribuye a la prueba de ADN, superando el valor de la prueba testifical de la víctima; palabras que fueron reproducidas por el TS en la sentencia. Esta sentencia tuvo una gran difusión por parte de los medios de comunicación, los cuales presentaron a la prueba de ADN como prueba de carácter técnico e identificador de superior valor, unas conclusiones que no son plenamente ciertas y que, en este caso, el TS considera esta prueba como un indicio más

²⁵⁹ Para un relato más completo y extenso véase CHAVES MORA, A. 2017. Comentario a la Sentencia del Tribunal Supremo N° 75/2016 de 10 de febrero y el valor de la prueba de ADN. *Gabilex. Revista del Gabinete Jurídico de Castilla-La Mancha*. Núm. 10, págs. 9-23.

y no como una prueba plena, por lo que podemos concluir que esta sentencia no supuso una evolución en la jurisprudencia del TS con relación al valor de la prueba de ADN.

Se destaca la STS 682/2017 por abordar la cuestión sobre la transferencia directa o indirecta de ADN de forma que:

“Como conclusión, respecto al valor probatorio de la prueba de AD debe considerarse que constituye un indicio especialmente significativo, es decir de “una singular potencia acreditativa” debiendo admitirse su efectividad para desvirtuar la presunción de inocencia en cuanto constituye prueba plena en lo que respecta a la acreditación de la presencia de una persona determinada en el lugar en que la huella genética se encuentra si este es un objeto fijo, o permite esclarecer con seguridad prácticamente absoluta que sus manos -en el presente caso- han estado en contacto con la superficie u objeto en que aparecen, en el caso de objetos muebles móviles.”

También es destacable la STS 93/2017 con relación a un delito de violación donde no aparecieron restos de semen en la vagina de la víctima, pero sí restos epiteliales, un hecho que “no resta un ápice de validez a lo afirmado por la víctima, ni añade crédito al procesado ni verosimilitud a sus manifestaciones, pues células epiteliales se encuentran no solo en los dedos como se pretende.”

Es muy importante destacar la STS 14/2018, la relativa al vaso del violador de Ciudad Lineal, ya que en ella se aborda el valor identificativo del haplotipo del cromosoma Y. Este método de identificación no ha sido estudiado en el presente texto y, a modo de resumen, permite la identificación vía paterna, tanto ascendente como descendente, de igual forma que el ADNmt permite la identificación por vía materna²⁶⁰.

En la STS 349/2019 se utiliza la presencia de ADN del investigado en las uñas de la víctima por parte de la defensa para acreditar que esta última ha intentado defenderse, para neutralizar así la aplicación de la alevosía.

Un aspecto importante es la coincidencia de un perfil genético tiempo después de que acontecieran los hechos. En este sentido, STS 720/2019 recoge que:

²⁶⁰ Véase CRESPILO MÁRQUEZ, M., BAÑÓN GONZÁLEZ, R. & VALVERDE VILLAREAL, J.L. 2011. Aprendizaje y reflexiones de la identificación de cadáveres mediante marcadores genéticos monoparentales (ADN mitocondrial, cromosoma Y). A propósito de un caso. *Revista Española de Medicina Legal*. Vol. 37, núm. 1, págs. 17-21.

“En el caso de autos, aun cuando los hechos acaecieron en el mes de noviembre de 2009, el acusado no fue identificado hasta el mes de marzo de 2011, ya que, como se ha expresado en el fundamento anterior; en un principio su perfil de ADN no estaba incluido en la base de datos de la Dirección General de la Policía y de la Guardia Civil. Fue después, a raíz de su detención en Salamanca por un delito de robo, cuando fue obtenido su perfil y fue analizado y contrastado con el perfil hallado en las muestras que se obtuvieron en las prendas y cuerpo de las víctimas.”

La STS 3450/2019 destaca ya que, en ella, la prueba de ADN resulta decisiva para condenar al investigado por violación ya que, en este caso se analiza la aparición de restos de ADN tanto en la vagina como en las uñas de la víctima, lo que “refleja más una conducta de resistencia u oposición que una actitud complaciente.”

La STS 4302/2019 y 3500/2019 señalan la innecesariedad de resolución judicial previa a la hora de recoger muestras o vestigios biológicos abandonados por el sospechoso en la escena del crimen o cuerpo del delito.

Tras completar este repaso por la jurisprudencia española en relación con la prueba de ADN, podemos destacar la gran importancia que ésta ha tenido para las decisiones de los organismos judiciales. Tal es el caso, que en España se construyó un derecho judicialista al estilo de la *Common Law* hasta la regulación de las intervenciones corporales introducidas por la LO 15/2003; lo que también evidencia que la regulación española en esta materia ha sido lenta, resolviendo tarde los problemas que se iban planteando, como así se afirmaban las conclusiones del apartado anterior.

Queda aún un largo recorrido pero que los avances en materia de ADN sean una herramienta jurídicamente valorada y admitida por todos los operadores jurídicos, ya que el TS aún se muestra cauto a la hora de valorar esta prueba, aunque a su vez esta se va interiorizando, y cada vez es más consciente de su necesidad, aunque este proceso de aceptación se está llevando a cabo de forma muy lenta y atendiendo a las circunstancias concretas de los casos. En conclusión, nos encontramos en el momento de adquirir formación en esta materia por parte de los operadores jurídicos, y de renovar el régimen jurídico que sigue anclado en los avances científicos del siglo XIX²⁶¹.

²⁶¹ Véase DE LUCAS, S., NAVARRO, F. & CAMERIERE, R. 2013. La prueba pericial y su valoración en el ámbito judicial español. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*. Vol. 15-19.

4. La valoración de la prueba de ADN.

La valoración de la prueba de ADN es competencia exclusiva del tribunal sentenciador, una labor para la cual es indispensable analizar tanto el mayor número de polimorfismos de la muestra dubitada y conocer las regiones de las que se extraen; así como su comparación con los resultados de las muestras indubitadas del inculpado o la víctima, ya que de no existir coincidencia la prueba de ADN no tendrá efecto incriminatorio. De darse dicha coincidencia, es el juzgador el que deberá valorar el régimen de dicha prueba, teniendo en cuenta la alta probabilidad de culpabilidad cuando coinciden dichos patrones, y la incidencia de esta prueba por su intensidad y singularidad²⁶². Al igual que ocurre con la prueba pericial científica, la valoración de la prueba de ADN está sujeta a la sana crítica del juez, con la peculiaridad que los informes presentados por los profesionales tienen mayor relevancia en la prueba de ADN²⁶³.

Siguiendo con la tendencia de su regulación jurídica, la valoración de la prueba de ADN también se caracteriza por un vacío normativo subsanado en parte por la jurisprudencia, quien ha respondido ante esta cuestión con diferentes concepciones de la prueba de ADN, ya que esta prueba no es una prueba pericial común. En este sentido, el Tribunal Superior de Justicia (en adelante TSJ) de Madrid se refiere a la identificación por ADN como una herramienta que, gracias a la variabilidad de los polimorfismos entre individuos, estadísticamente las matemáticas certifican que no hay dos ADN iguales, lo que denota su excepcional poder identificador; pero le corresponde determinar el valor a los Tribunales con criterios interpretativos racionales y de sentido común, sobre la certeza o fiabilidad de la prueba de ADN y su ratio de veracidad e incidencia sobre los hechos²⁶⁴.

Para la STS 821/2006, la prueba de ADN es una prueba más a valorar, limitando el alcance de esta prueba alegando que, aunque exista coincidencia entre el perfil genético indubitado y las muestras encontradas en el cuerpo del delito, esto sólo sitúa al sospechoso en el lugar de los hechos pero no es prueba determinante y concluyente por sí misma de su culpabilidad, por lo que para pronunciarse a favor de esta es necesario que dicha prueba

²⁶² Véase LEAL MEDINA, J. 2013. El tratamiento procesal y penal del ADN. Aspectos biológicos y jurídicos que definen su aplicación y las consecuencias que produce en el campo de la prueba. *Diario La Ley*, núm. 8190, págs. 1-12.

²⁶³ Véase ÁLVAREZ BUJÁN, M. 2018. *Ob. Cit* nota 216.

²⁶⁴ STSJ M 5782/2004

venga acompañada de otras pues el acusado puede ofrecer una coartada o justificación al tribunal.

La STS 829/2007 la califica como prueba directa, aunque la misma ha sido valorada mayoritariamente dentro de la actividad probatorio en el juicio oral como prueba indiciaria (como se explicaba en apartados anteriores), ya que no constituye por sí sola prueba directa, sino que es necesaria la existencia de otras pruebas en las que apoyarse para poder romper la presunción de inocencia. Las STS 940/2007 y STS 504/2004 interpretan la prueba de ADN como un instrumento de corroboración externo o periférico que otorga veracidad a los hechos y contribuye a condenar al acusado.

La STS 3/2013 estipula que “el estado de la ciencia permite reconocer un gran efecto probatorio a las pruebas de ADN, en cuanto conducen a la identificación de la persona que dejó los restos que se analizan con un irrelevante margen de error.” Como se observa, se sigue remarcando que la identificación por ADN nos permite conocer si una persona estuvo o no en el lugar de los hechos o en contacto con el cuerpo del delito, pero no su grado de culpabilidad. En este sentido, la STS 869/2018 deja muy claro que la prueba de ADN “se constituye como una prueba plena en lo que respecta a la acreditación de la presencia de una persona determinada en el lugar en el que la huella genética se encuentra si éste es un objeto fijo, o permite esclarecer con seguridad prácticamente absoluta que sus manos han estado en contacto con la superficie u objeto en que aparecen, en el caso de los objetos móviles.”

En conclusión, ante la falta de normativa en esta materia, la valoración de la prueba de ADN va a depender mucho del tribunal encargado de sentenciar el caso. De forma general, se admite que la identificación por ADN producirá un indicio que no concluirá en prueba directa de la autoría o participación del acusado, por lo que se considerará teniendo en cuenta el resto de las pruebas de las que se disponen²⁶⁵.

También debe tenerse en consideración que el análisis del ADN es en sí mismo una prueba probabilística, un cálculo de probabilidad que debe valorarse según las reglas científicas que derivan del cálculo de probabilidades²⁶⁶. Por lo tanto, la prueba de ADN

²⁶⁵ Véase BURGOS LADRON DE GUEVARA, J. 1992. “El valor probatorio...” *Op.cit. supra*, nota 208.

²⁶⁶ Véase ÁLVAREZ DE NEYRA KAPPLER, S.I. s.f. “La prueba por marcadores de ADN.” Universidad Autónoma de Madrid. Extraído de https://www.fiscal.es/search?p_p_id=com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResu

“no es una prueba directa sino una prueba indiciaria²⁶⁷”, en base a lo cual, en el caso en el que el análisis del ADN ofrezca una coincidencia, dicho resultado deberá valorarse junto al resto de pruebas para poder establecer y determinar el nexo entre el individuo identificado gracias a esta prueba y el hecho delictivo.

En la actualidad, para una correcta valoración de la prueba de ADN que tenga en cuenta su naturaleza probabilística, se utiliza el llamado Teorema de Bayes²⁶⁸, el cual “mide el impacto que, sobre la probabilidad subjetiva previa del hecho que se pretende acreditar, provoca la posterior toma en consideración de otros elementos de prueba²⁶⁹”. Es un instrumento que permite valorar en conjunto la prueba de ADN con aquellas pruebas que carecen de naturaleza estadística, con el resultado de una valoración final que nos arroja la probabilidad de la veracidad del suceso, “es el principio lógico-matemático que utilizamos en Genética Forense y que debe utilizar el juez si quiere combinar la probabilidad que indica el perito en su informe con el valor a priori que sobre la culpabilidad e inocencia del acusado tenga antes de la prueba pericial²⁷⁰”. Por desgracia, el Teorema de Bayes requiere de una explicación basada en conocimientos estadísticos que quedan fuera del alcance del presente trabajo²⁷¹.

A modo de conclusión, para una correcta valoración de la prueba de ADN cuando el resultado es de coincidencia, se requiere que el tribunal no solo tenga en cuenta dicha prueba, sino también la naturaleza de la mismas, debiendo llevar a cabo un razonamiento lógico-deductivo teniendo en cuenta todas las circunstancias que rodean al caso, y en

[ltsPortlet&p_p lifecycle=0&p_p state=maximized&p_p mode=view& com.liferay.portal.search.web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet.mvcPath=%2Fview_content.jsp& com.liferay.portal.search.web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet.redirect=%2Fsearch%3Fq%3D%25C3%2581LVA REZ%2BDE%2BNEYRA%2BKAPPLER%252C%2BS.I.& com.liferay.portal.search.web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_assetEntryId=277690& com.liferay.portal.search.web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_type=document](#) el 22/11/2021.

²⁶⁷ CASTAÑÓN MUÑIZ, K. 2020. “El ADN en el proceso penal.” Trabajo Final de Máster. Universidad de León. León. Pág. 28.

²⁶⁸ Véase BAYES, T. 1763. An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, núm. 53, págs. 370-418.

²⁶⁹ MUÑOZ ARANGUREN, A. 2013. La valoración judicial de la prueba de ADN: estadística y verdad procesal. A propósito de la STS nº 607/2012, de 9 de julio de 2012. *Revista de derecho procesal y penal*, núm. 30, págs. 287.

²⁷⁰ CARRACEDO, A. & PRIETO, L. 2014. Valoración de la prueba genética. En CASADO, M. & GUILLÉN, M. “ADN forense: problemas éticos y jurídicos.” Ed. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona. Pág. 146.

²⁷¹ Para profundizar sobre el Teorema de Bayes véase CARRACEDO, A. & PRIETO, L. 2014. *Ob. Cit* nota anterior. Págs. 149-154.

ausencia de prueba directa de los hechos, será obligatorio argumentar más detallada y concienzudamente todos los elementos que permiten al juzgador condenar al acusado.

En cuanto a este último aspecto, la STS 3504/2019 determina que, en caso de ausencia de prueba directa, contando únicamente con una prueba de ADN, el fallo requiere de una deducción razonada y sólida, especificando qué pruebas han llevado a tomar la decisión de condenar y por qué, tomando en cuenta la pluralidad de indicios probados que conservan un nexo causal entre ellos, y analizarlos en conjunto.

Tras este breve repaso a la jurisprudencia, observamos que el principal debate que se plantea a la hora de valorar la prueba de ADN es el poder que la misma posee para romper con la presunción de inocencia, quedando claro que la misma es una prueba indiciaria que por sí sola no es capaz de establecer la culpabilidad de un sujeto. Lo que no se pone en duda es el poder del análisis del ADN para la identificación genética, por lo que podemos afirmar que los tribunales españoles ya admiten con total normalidad la prueba de ADN como el método por excelencia para este fin, encontrándose totalmente estandarizado en el proceso penal español.

Pero para que un tribunal deposite tal nivel de confianza en esta prueba resulta imperativo que: se haya respetado la cadena de custodia, y la prueba de ADN se haya realizado en laboratorios oficiales totalmente homologados; dos requisitos indispensables que en el caso de que alguno de los dos fallase, la prueba de ADN podría perder todo su valor. Varios han sido los casos que han terminado en absolución de los investigados por haberse roto la cadena de custodia, siendo el más famoso en nuestro país el caso de Ortega Cano, cuya prueba de alcoholemia fue anulada tras romperse la cadena de custodia²⁷².

La cadena de custodia es un informe detallado que documenta la manipulación y el acceso a las pruebas objetivo de la investigación, un proceso para mantener y documentar la historia cronológica de las pruebas²⁷³. Durante el mismo, se hace un control de las personas que recogen la muestras y de cada persona o entidad que, posteriormente, tiene custodia de esta, las fechas en las que recogieron y transfirieron las muestras, el

²⁷² Véase RTVE.ES. 24 de abril de 2013. Ortega Cano, condenado a dos años y medio de cárcel por el accidente de tráfico mortal. RTVE.ES. Extraído de <https://www.rtve.es/noticias/20130424/ortega-cano-condenado-dos-anos-medio-carcel-accidente-traffic-mortal/648406.shtml> el 23/11/2021.

²⁷³ Véase MARQUÉS ARPA, T. & SERRA RUIZ, J. 2-5 de septiembre de 2014. *Cadena de Custodia en el Análisis Forense. Implementación de un Marco de Gestión de la Evidencia Digital*. XIII Reunión Española sobre Criptología y Seguridad de la Información. Alicante. Págs. 167-172.

número del caso y una breve descripción de esta. “Fija la garantía de identidad, integridad y autenticidad de los restos y vestigios relacionados con los hechos objeto de la causa, si de forma ininterrumpida han estado siempre a disposición de la autoridad judicial competente²⁷⁴”.

En definitiva, es un “procedimiento documentado de recogida, traslado y conservación del material probatorio, manteniendo inalterable e indemne la prueba que se realice sobre las muestras e indicios obtenidos en la investigación criminal hasta su presentación en el juicio oral²⁷⁵”.

La cadena de custodia es un elemento imprescindible para la valoración de la prueba de ADN y su ruptura es uno de los argumentos más utilizados por las defensas para desacreditar su fiabilidad. De comprobarse la manipulación o contaminación de las muestras biológicas, así como la falta de control adecuado, ya sean porque han sido abandonadas o depositadas en manos de personal no autorizado, la prueba de ADN pierde su capacidad incriminatoria, dejando de ser fiable y segura, por lo que sus efectos quedan anulados.

La cadena de custodia no se encuentra regulada en la LECrim bajo esta denominación, sino que viene expresamente prevista en diversos preceptos²⁷⁶. De este modo, y siguiendo un orden cronológico (el hallazgo de la muestra, el amparo legal para la recogida de esta, su custodia y su transporte) su regulación sería la siguiente.

Según el artículo 282 LECrim, los agentes de Policía, que suelen ser los encargados de hallar y recoger indicios, tienen la obligación de “recoger todos los efectos, instrumento o pruebas del delito cuya desaparición hubiera peligro, poniéndolos a disposición de la autoridad judicial.” El artículo 292, párrafo 1º, añade que dichas actuaciones vendrán reflejadas documentalmente en el atestado²⁷⁷. El artículo 770.3º

²⁷⁴ FIGUEROA NAVARRO, C. 2011. El aseguramiento de las pruebas y la cadena de custodia. *La Ley Penal*, núm. 84, pág. 4.

²⁷⁵ VILCHEZ GIL, M.A. 2018. Marcadores genéticos, ADN y su incidencia en el proceso penal como valor probatorio. *Revista Aranzadi de Derecho y Proceso Penal*, núm. 49, pág. 4.

²⁷⁶ Véase PERALS CALLEJA, J. 26-27 de junio de 2014. *La cadena de custodia. Problemas probatorios*. Ponencia del curso de formación para Fiscales del CEJ “Cadena de custodia”. Madrid. Págs. 1-43.

²⁷⁷ Artículo 292, párrafo 1º LECrim: “Los funcionarios de Policía Judicial extenderán, bien en papel sellado, bien en papel común, un atestado de las diligencias que practiquen, en el cual especificarán con mayor exactitud los hechos por ellos averiguados, insertando las declaraciones e informes recibidos y anotados todas las circunstancias que hubiesen observado y pudiesen ser prueba o indicio del delito.”

añade que los agentes de la policía judicial no solo se recogerán las muestras, sino que también tienen el deber de custodiarlas para posteriormente remitirlas al Instituto de Toxicología, al Instituto de Medicina Legal o al laboratorio correspondiente, como establece el artículo 796.1.6ª LECrim.

El artículo 11.1.g) de la Ley Orgánica 2/1986, de 13 de marzo, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, establece sus funciones de “asegurar los instrumentos, efectos y pruebas del delito, poniéndolos a disposición del Juez o Tribunal competente.” Siguiendo este precepto, el artículo 28 del Real Decreto 769/1987, de 19 de junio, sobre regulación de la Policía Judicial, establece entre sus funciones la “recogida de pruebas”.

Por último, y centrándonos en el hallazgo de la “prueba genética”, la Disposición Adicional 3ª de la Ley orgánica 10/2007, reguladora de la base de datos policial sobre identificadores obtenidos a partir del DN, dice que “para la investigación de los delitos enumerados en la letra a) del apartado 1 del art. 3²⁷⁸, la policía judicial procederá a la toma de muestras y fluidos del sospechoso, detenido o imputado, así como del lugar del delito.”

Según el artículo 326 LECrim, será el Juez de Instrucción quien ordene la recogida de los vestigios cuando practique la inspección ocular, refiriéndose de forma específica a las pruebas biológicas en su párrafo 3º de forma que “el Juez de Instrucción adoptará u ordenará a la Policía Judicial o al médico forense que adopte las medidas necesarias para que la recogida, custodia y examen de aquellas muestras se verifique en condiciones que garanticen su autenticidad.” En este sentido, el artículo 778.3 establece que “el Juez podrá acordar, cuando lo considere necesario, que por el médico orense u otro perito se proceda a la obtención de muestras o vestigios cuyo análisis pudiera facilitar la mejor calificación

²⁷⁸ Artículo 3.1.a) LO 10/2007: “1. Se inscribirán en la base de datos policial de identificadores obtenidos a partir del ADN los siguientes datos:

a) Los datos identificativos extraídos a partir del ADN de muestras o fluidos que, en el marco de una investigación criminal, hubieran sido hallados u obtenidos a partir del análisis de las muestras biológicas del sospechoso, detenido o imputado, cuando se trate de delitos graves y, en todo caso, los que afecten a la vida, la libertad, la indemnidad o la libertad sexual, la integridad de las personas, el patrimonio siempre que fuesen realizados con fuerza en las cosas, o violencia o intimidación en las personas, así como en los casos de la delincuencia organizada, debiendo entenderse incluida, en todo caso, en el término delincuencia organizada la recogida en el artículo 282 bis, apartado 4 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal en relación con los delitos enumerados.”

del hecho, acreditándose en las diligencias su remisión al laboratorio correspondiente, que enviará el resultado en el plazo que se le señale.”

El último eslabón de la cadena de custodia es el Juez de lo Penal o la Sección de lo Penal de la Audiencia Provincial a quien se haya repartido el asunto para la fase de juicio, pues es donde las muestras terminan su camino en el acto de juicio oral. Según el artículo 622 de la LECrim, el Juez instructor, terminado el sumario, remitirá “los autos y las piezas de convicción al Tribunal competente para conocer del delito.” Finalmente, el artículo 688 LECrim obliga a que las muestras se encuentren en el local del tribunal cuando comienza el juicio, si bien esta exigencia se ve atemperada en la práctica por la exigencia de que estén “a disposición” del tribunal.

Junto a lo anterior, es necesario que nos refiramos también a la Orden JUS/1291/2010, de 13 de mayo, por la que se aprueban las normas para la preparación y remisión de muestras objeto de análisis por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Según su artículo 29 el proceso de recogida de muestras se desarrollará de la siguiente forma:

- Aislar y proteger lo más rápido posible el lugar de los hechos y recoger los indicios biológicos.
- Usar guantes limpios y cambiarlos con frecuencia, especialmente cuando se manipulan indicios biológicos susceptibles de tener distinto origen.
- Evitar hablar, toser o estornudar sobre las muestras, usar mascarilla.
- Usar bata, calzas u otro tipo de ropa protectora.
- Utilizar instrumental desechable de un solo uso siempre que sea posible o limpiarlo bien antes de recoger cada indicio biológico.
- No añadir conservantes a las muestras.
- Dejar las muestras secar a temperatura ambiente, en un lugar protegido, antes de empaquetarlas para su envío a laboratorio.
- Empaquetar cada muestra por separado.
- Empaquetar las muestras en bolsas de papel o cajas de cartón evitando utilizar plásticos, los hisopos deben ser introducidos en cajas específicas para los mismos.

- Es recomendable el uso de equipos que trabajen con luz en rango visible del espectro.
- Se recomienda uso de reactivos con compatibilidad conocida para análisis genéticos.
- Enviar inmediatamente las muestras al laboratorio.

En cuanto al envío de las muestras al laboratorio, el artículo 44 establece que “todas las muestras para análisis microbiológico se remitirán al servicio de biología del Departamento de Madrid del INTCF. El traslado de las muestras debe realizarse de forma inmediata. Las muestras deben conservarse en una temperatura entre 2.8°C. Si el envío se va a retrasar más de 24-48 horas, la muestra podrá ser congelada a -70°C, manteniendo la cadena de frío durante el transporte.”

Trasladándonos a la valoración por parte de los jueces y tribunales de la cadena de custodia, suele desestimarse la mayoría de las veces las cuestiones planteadas sobre la misma. En este sentido, la doctrina viene manteniendo una argumentación que se condensa en la STS 629/2011 cuando desarrolla que:

“Existe la presunción de [que] lo recabado por el juez, el perito o la policía se corresponde con lo presentado el día del juicio como prueba, salvo que exista una sospecha razonable de que hubiese habido algún tipo de posible manipulación. Por ello en STS. 4.6.2010 hemos dicho que la irregularidad de la “cadena de custodia,” de ser ese el caso, no constituye, de por sí, vulneración de derecho fundamental alguno que tan solo vendría dado por el hecho de admitir y dar valor a una prueba que se hubiera producido sin respetar las garantías esenciales del procedimiento y especialmente, el derecho de defensa, y en segundo lugar, que las formas que ha de respetarse en las tareas de ocupación, conservación, manipulación, transporte y entrega en el laboratorio de destino de la sustancia objeto de examen, que es el proceso al que denominamos genéricamente “cadena de custodia”, no tiene sino un carácter meramente instrumental, es decir, que tan sólo sirve para garantizar que la analizada es la misma e íntegra materia ocupada, generalmente, al inicio de las actuaciones. De modo que, a pesar de la comisión de algún posible error, ello no supone, por sí solo, sustento racional y suficiente para sospechar siquiera que la analizada no fuera aquella sustancia originaria, ni para negar el valor probatorio de los análisis y sus posteriores resultados debidamente documentados.”

Para la STS 808/2012, la finalidad de la cadena de custodia es “garantizar la exacta identidad de lo incautado y de lo analizado. Tiene por tanto un valor instrumental para garantizar que lo analizado fue lo mismo que lo recogido. En tal sentido, SSTS 1190/2009 de 3 de diciembre; 6/2010 de 27 de enero o 129/2011 de 10 de marzo, correspondiendo a

la policía judicial ser los garantes del cumplimiento de la cadena de custodia como recuerda el art. 282 LECrim y recuerda el art. 11 apartado g) de la L.O. 2/1986 de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad y el Decreto 769/1987 Regulador de la Policía Judicial.”

Con relación a la cadena de custodia en el ámbito de la fiabilidad para la valoración de la prueba, en las SSTS 506/2012, 1072/2012, 339/2013 y 308/2013 se expresa que “la regularidad de la cadena de custodia es un presupuesto para la valoración de la pieza o elemento de convicción ocupado. Se asegura de esa forma que lo que se analiza es justamente lo ocupado y que no ha sufrido contaminación alguna. [...] El cumplimiento de los procedimientos de gestión y custodia determinará la autenticidad de la fuente de prueba llevada al juicio oral. [...] El quebrantamiento de la cadena de custodia será valorado por el tribunal a los efectos de determinar la fiabilidad de la fuente de prueba.”

Tras la cadena de custodia, otro aspecto importante para garantizar la fiabilidad y validez de la prueba de ADN son los laboratorios científicos encargados de analizar las muestras. Gracias a las pruebas de ADN se resuelven casos importantes de asesinato, agresiones sexuales e incluso de terrorismo, por lo que es indispensable establecer un sistema de calidad y seguridad de los resultados, un sistema metodológico uniforme capaz de garantizar resultados seguros y precisos. El cumplimiento de estos requisitos es lo que acredita a un laboratorio forense, el resultado de un proceso de carácter tecnológico, metodológico, de instalaciones y de personal; suponiendo un aval de confianza en la prueba de ADN.

El marco normativo, a nivel europeo, de esta acreditación de los laboratorios forenses la encontramos en la Recomendación nº R(92)1 del Comité de Ministros del Consejo de Europa a los Estados miembros, de 10 de febrero de 1992, sobre utilización de los resultados del análisis de ADN en el marco de la justicia penal; la cual surge del Grupo de Trabajo de Pruebas Genéticas con fines policiales y penales (CAHBI/CDPC-GT). Años después, se aprobó la Decisión Marco 2009/905/JAI, de 30 de noviembre de 2009, sobre acreditación de prestadores de servicios forenses que llevan a cabo actividades de laboratorio, aprobada por el Consejo de Europa; siendo uno de sus

objetivos la acreditación de los laboratorios bajo la norma EN ISO/IEC 17025²⁷⁹, que se desarrollará más adelante.

En el plano nacional, nos encontramos con la Ley Orgánica 15/2003, de 25 de noviembre, que modificó la LECrim, y cuya Disposición Adicional 3ª establece que “encomienda al Gobierno regular mediante Real Decreto la estructura, composición, organización y funcionamiento de la Comisión Nacional sobre el uso forense del ADN” (en adelante CNUFADN).

La Ley Orgánica 10/2007, de 8 de octubre, reguladora de la base de datos policial sobre identificadores obtenidos a partir del ADN, establece en su artículo 5 que “solo podrán realizar análisis de ADN con fines de identificación genética los laboratorios acreditados a tal fin por la Comisión Nacional para el Uso Forense de ADN que superen los controles periódicos de calidad a que deben someterse.”

De este modo la CNUFADN pasa a ser un órgano de acreditación regulada por el Real Decreto 1977/2008, por el que se fija la composición y funciones de la Comisión Nacional para el uso forense del ADN, y así se recoge en los artículos 3 y 8 que desarrollan sus funciones como la de “la acreditación de los laboratorios que estén facultados para contrastar perfiles genéticos en la investigación y persecución de delitos.” Sobre sus funciones, el Acuerdo de 21 de julio de 2009 sobre acreditación y control de calidad de los laboratorios de genética forense establece que “1.- Los laboratorios deberán superar al menos un control de calidad externo anual de entre los siguientes reconocidos por la Sociedad Internacional de Genética Forense (ISFG) o por la Red Europea de Institutos de Ciencias Forenses (ENFSI), respectivamente: - El control de calidad de polimorfismos de ADN del Grupo Español y Portugués de la Sociedad Internacional de Genética Forense (GEP-ISFG). – El control de calidad de polimorfismos de ADN del Grupo Alemán de la Sociedad Internacional de Genética Forense (GEDNAP) (control oficial de los laboratorios pertenecientes a ENF-SI.”

Según el acuerdo de la CNUFADN de 25 de noviembre de 2020, los laboratorios que cumplen con la acreditación y control de calidad son:

²⁷⁹ Para profundizar sobre dicha norma véase ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO (AEAS). 2019. “Orientación para la evaluación de riesgos y las reglas de decisión según la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017”. Ed. AENOR Internacional, S.A.U. Madrid.

- Laboratorio de ADN de la Comisaría General de la Policía Científica (Madrid)
- Laboratorio Territorial de Biología/ADN de la Jefatura Superior de Policía de Andalucía Occidental (Sevilla)
- Laboratorio Territorial de Biología/ADN de la Jefatura Superior de Policía de Andalucía Oriental (Granada)
- Laboratorio Territorial de Biología/ADN de la Jefatura Superior de Policía de Cataluña (Barcelona)
- Laboratorio Territorial de ADN de la Jefatura Superior de Policía de la Comunidad Valenciana (Valencia)
- Laboratorio Territorial de ADN de la Jefatura Superior de Policía de Galicia (A Coruña)
- Servicio de Criminalística de la Guardia Civil. Departamento de Biología (Madrid)
- Laboratorio de Genética Forense de la Jefatura de Policía Científica. Ertzaintza. (Erandio, Vizcaya)
- Unidad Central del Laboratorio Biológico de la División de Policía Científica. Mossos d'Escuadra
- Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Servicio de Biología. Departamento de Madrid
- Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Servicio de Biología. Departamento de Barcelona
- Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Servicio de Biología. Departamento de Sevilla.
- Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Servicio de Biología. Departamento de La Laguna
- Instituto Universitario de Medicina Legal. Servicio de Genética Forense. Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña)
- Policía Foral-Navarra de Servicios y Tecnologías, S.A. (NASERTIC) (Villana, Navarra)
- Neodiagnostica S.L. (Lleida)
- Genómica SAU (Madrid)
- Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU
- Fundación Tecnalia Research & Innovation, (Victoria)

En la Disposición Adicional 4ª de la Ley Orgánica 10/2007, de 8 de octubre, se dispone que “a los efectos de lo dispuesto en el artículo 5 de esta Ley, los laboratorios del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (en adelante el INTCF), podrán realizar los correspondientes análisis del ADN para la identificación genética, de acuerdo con las funciones que le atribuye la LO 6/1985, del Poder Judicial,” quedando así el INTCF acreditado.

En cuanto a la norma ISO/IEC 17025, tiene el objetivo de establecer unos requisitos generales para la competencia de los laboratorios en materia de ensayo y calibración, siendo una norma fundamental que cumplir por los laboratorios forenses de análisis de ADN. Los requisitos más destacables son:

- Que el personal directivo y técnico esté libre de presión indebida.
- La existencia de un manual de calidad cuyos objetivos son establecidos y revisados por la dirección del laboratorio.
- Debe haber un procedimiento para el control, revisión y aprobación de los documentos del laboratorio, en todo momento correctamente identificados.
- El laboratorio debe asegurarse que tiene capacidad suficiente para cumplir con los pedidos y contratos, y en caso de subcontratación deberá hacerse a un laboratorio competente.
- Deberán inspeccionarse y verificarse los suministros, al igual que evaluar a los proveedores de estos.
- En cuanto al servicio al cliente, los mismos podrán valorar los servicios prestados por el laboratorio, existiendo un registro de quejas.
- Deberá de fijarse un sistema de control de los ensayos o calibraciones no conformes, así como corregir los mismos.
- Deben controlarse los registros y el acceso a los mismos.
- El laboratorio realizará auditorías internas.
- Le laboratorio debe asegurar la competencia de los empleados y fijar metas en materia de formación y habilidades.
- Asegurar las condiciones ambientales para que no comprometan la calidad de las mediciones.

- El laboratorio establecerá métodos y procedimientos apropiados para los ensayos o calibraciones.
- Deben existir instrucciones para el uso y funcionamiento de los equipos.
- Debe fijarse un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición en todas las calibraciones.
- Los equipos del laboratorio deben permitir lograr la exactitud requerida.
- Deben ser operados por personal autorizado.
- Debe establecerse un registro del equipo en el que se haga constar las fechas y resultados de los informes, plan de mantenimiento o daño o mal funcionamiento del equipo.
- Se requiere que las calibraciones y mediciones hechas por el laboratorio sean trazables de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.
- El laboratorio debe tener un procedimiento para el muestreo de sustancias o materiales que luego ensaye o calibre.
- El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, recepción, manipulación y conservación de los ítems de ensayo o calibración.
- Existirán instalaciones para evitar el deterioro o daño de ítems de ensayo o calibración durante su almacenamiento y manipulación.
- El laboratorio debe tener un procedimiento de control de la calidad de los ensayos y calibraciones que realice, así como los resultados deben ser analizados y corregirse si los resultados no son satisfactorios.
- Los resultados de los ensayos y calibración se informarán al laboratorio de manera exacta, clara y objetiva, incluyendo información sobre el procedimiento empleado, nombre y firma de la persona que autoriza el ensayo, etc.
- Todos los laboratorios que realicen esta clase de pericia deben ajustar su tratamiento de datos a la LO 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

Uno de los problemas más importantes a los que puede enfrentarse un laboratorio y que compromete la calidad de la prueba de ADN es el de la contaminación de la muestra a analizar. Para un laboratorio es imprescindible minimizar todo lo posible los riesgos de

contaminación, por lo que a continuación se señalan una serie de medidas para garantizar la calidad del ensayo y evitar o minimizar el riesgo de contaminación de la muestra²⁸⁰:

- Garantizar una adecuada formación del personal para evitar en cualquier fase del proceso, hábitos o conductas inadecuadas.
- Prestar especial atención a la separación física pre y post PCR.
- Controlar y limitar el personal de laboratorio.
- Los materiales y reactivos deben ajustarse a los establecido en la norma ISO 18385:2016.
- Automatizar lo máximo posible el proceso para reducir el riesgo de contaminación.

Otro aspecto importante para garantizar la calidad de la muestra es la de detectar la contaminación, para lo cual debemos destacar:

- El uso de controles negativos para evitar la contaminación por reactivos empleados o la ejecución del procedimiento de trabajo.
- El uso de bases de datos de ADN de descarte, como el del personal del laboratorio o cualquiera que tenga acceso al mismo.
- Una gestión informatizada del laboratorio que facilite la trazabilidad de las muestras.
- La validación interna de los métodos empleados por el laboratorio.

El ADN puede transferirse entre personas o entre personas y objetos, por lo que se hace imprescindible que los laboratorios establezcan mecanismos para evitar la contaminación de las muestras, y en el caso en que esta se produzca, su inmediata detección. La contaminación se produce cuando se introducen agentes externos al proceso de identificación genética que producen un error en el resultado de este. En este sentido se pueden dar dos tipos de contaminaciones: la contaminación natural, que es aquella que se produce cuando el contaminante procede de materiales circundantes a la prueba antes

²⁸⁰ Véase CRESPILO MÁRQUEZ, M., GARCÍA FERNÁNDEZ, O., PAREDES HERRERA, M.R. y LUQUE GUTIÉRREZ, J.A. 2017. La importancia de garantizar la calidad y minimizar los riesgos de contaminación en el análisis genético forense. *Revista española de medicina legal*. Núm. 43, págs. 20-15.

de su recogida; o contaminación artificial, que es aquella que se produce por parte de una persona durante la recogida, el embalaje, la conservación o el análisis de la muestra.

Evitando la contaminación mediante los correctos protocolos de actuación, se garantiza la seguridad y calidad del análisis genético, ya que la prueba de ADN es esencial en la mayoría de los procesos penales. Afortunadamente, la contaminación no es un fenómeno frecuente, dándose muy pocos casos, destacando en este sentido el del caso Asunta, donde los restos seminales de un violador investigado por el Laboratorio de Criminalística de la Guardia Civil, apareció en la camiseta de la niña asesinada cuando dicho sujeto no estaba relacionado con los hechos²⁸¹. Este caso, como el anteriormente mencionado caso de José Bretón, remarcan la necesidad de acreditación del laboratorio que realice el análisis del ADN, ya que, como hemos visto, se trata de una técnica compleja, además de la importancia y trascendencia de los intereses en juego.

²⁸¹ Para un mayor relato sobre el caso Asunta véase JABOIS, M. octubre de 2013. Caso Asunta: ¿Qué mató al pajarillo? El Mundo. Extraído de <https://www.elmundo.es/espana/2020/11/18/5fb4f12efc6c8323628b45c2.html> el 25/11/2021

III. EL ANÁLISIS DEL ADN ANIMAL COMO MEDIO DE PRUEBA.

Tras el análisis de los apartados anteriores, vemos que la genética forense, más concretamente la identificación por ADN, es una herramienta totalmente válida e instaurada en el sistema judicial español, hasta el punto de otorgarle un gran valor probatorio, de modo que las FCSE operan bajo un sistema totalmente estandarizado y especializado en este tipo de vestigios para asegurar su fiabilidad. Es el momento entonces de preguntarnos si el uso del ADN animal puede llegar a instaurarse de la misma forma y hasta qué punto el sistema judicial español hace uso de esta técnica en la actualidad.

1.- La posición de la prueba ADN animal dentro del proceso penal.

Para responder a la primera de las preguntas anteriormente planteadas, es conveniente analizar los siguientes aspectos: el estado de la ciencia, las características jurídicas, y los obstáculos para implantarla.

En cuanto al primero de los aspectos, el estado de la genética forense animal queda totalmente expuesto en el capítulo anterior, que como se puede observar ostenta la misma capacidad de identificación que la ya estandarizada genética forense. Bajo este criterio, la identificación genética por ADN animal y por ADN humana son, a nivel práctico, iguales; cambiando únicamente el tipo de material genético a analizar (ADN humano y ADN animal) y el gen de interés (gen COI, 16s rRNA o cyt b del ADNmt para la identificación de especies; y determinados locus del ADN nuclear no codificante para la identificación de personas) compartiendo las mismas técnicas para la extracción, cuantificación, ampliación, secuenciación y análisis del ADN.

En esencia, el proceso es el mismo al igual que la fiabilidad de los resultados, dependiendo también de los mismos factores, como la cadena de custodia y calidad de los laboratorios. Desde este prisma podríamos concluir que la identificación por ADN animal tiene el mismo valor probatorio que el ADN humano, pero esta afirmación no es del todo correcta ya que, además del punto de vista científico, hay que tener en cuenta el punto de vista jurídico.

Es aquí donde entra el segundo apartado, el referente a las características jurídicas de la identificación por ADN animal o, mejor dicho, de sus diferencias con respecto a la de ADN humano. Como se ha visto en el apartado anterior, la identificación por ADN humano entra dentro de las llamadas intervenciones corporales y requiere de unos requisitos específicos ya que su práctica puede afectar, en el caso de la prueba de ADN indubitada de acusados o sospechosos, a determinados derechos fundamentales tales como el derecho a la integridad física y moral, derecho a la salud, derecho a la libertad personal, derecho a la intimidad y el derecho a la dignidad personal; y también a derechos procesales como el derecho a no declarar contra sí mismo y a no confesarse culpable y el derecho a la presunción de inocencia²⁸².

La identificación por ADN animal se practica, como su propio nombre indica, en animales, los cuales no poseen los derechos anteriormente mencionados, por lo que para su puesta en práctica los investigadores no se enfrentan a los mismos obstáculos que el ADN humano en el plano jurídico; de forma que poseen una mayor potestad y libertad para tomar muestras y analizarlas; ya que no se requiere ni de consentimiento ni de orden judicial para realizarla, agilizando dicho sea de paso el proceso de investigación.

Otra gran diferencia de la identificación por ADN animal con respecto a la de ADN humano la encontramos en su valoración jurídica. Continuando con el ejemplo del apartado anterior, si encontramos ADN en un piso del sospechoso de un asesinato, esta prueba nos indicaría que dicho sospechoso estuvo en dicho apartamento, pero no nos resolvería la duda de si es o no el asesino. Es una prueba indiciaria que requeriría de su análisis en conjunto con el resto de las pruebas para poder determinar así si el sospechoso es el autor del delito.

La prueba de ADN animal, en el caso que nos afecta, que es el del tráfico ilegal de especies, más concretamente de anguila europea; nos sirve para determinar que el espécimen encontrado entra dentro del catálogo de especies amenazadas o en peligro de extinción, un aspecto esencial ya que como expresa el artículo 334.1 del CP, la conducta típica es la de adquirir, poseer o traficar con especímenes de especies protegidas de fauna

²⁸² Véase ÁLVAREZ DE NEYRA KAPPLER, S.I. s.f. “La prueba por marcadores de ADN.” *Ob. Cit.* nota 247.

silvestre²⁸³. De esta forma, podemos catalogar la identificación por ADN animal como una prueba directa, ya que la misma nos indica directamente la existencia o no de delito.

Siguiendo con los ejemplos, supongamos que unos agentes aduaneros encuentran un carguero de producto alimenticio etiquetado como merluza importada desde China. Debido a los crecientes casos de reintroducción de anguila europea (en etapa adulta) en nuestro país desde ciudades como Hong Kong, y a que esta se presenta cortada y fileteada dificultando su identificación ya que se asemeja a otro tipo de productos de mar; los investigadores requerirían de una herramienta capaz de identificar con la mayor fiabilidad posible para poder determinar si nos encontramos ante un caso de tráfico ilegal de especies amenazadas o es mercancía totalmente legal. Podemos afirmar entonces que, en este tipo de casos, que son para los que va proyectado este trabajo, la identificación por ADN animal es una prueba directa de la concurrencia de una conducta típica, aunque no siempre de la culpabilidad de los investigados.

A mi juicio, estos dos aspectos, el de la ausencia de daño a bienes jurídicos y el de su catalogación como prueba directa, son ventajas jurídicas que la identificación por ADN animal posee frente al ADN humano. La ausencia de requisitos legales tales como el consentimiento del sospechoso o, en su defecto, de una orden judicial; agilizan el proceso de toma y análisis de muestras de ADN ya que las mismas se llevarán a cabo con mayor brevedad; de modo que la muestra se puede tomar desde el descubrimiento del espécimen, ahorrando el tiempo que se emplea para pedir y recibir tanto el consentimiento como la orden judicial.

Por otro lado, que la identificación por ADN animal sea una prueba directa para la concurrencia de una conducta típica le otorga mayor valor y fuerza probatoria. También hay que tener en cuenta que en estos casos se pueden obtener varias muestras y almacenarlas para, posteriormente, volver a practicar la prueba de ADN animal en la fase de juicio oral para su correcta valoración. En un contexto ideal, donde los juzgados

²⁸³ Artículo 334.1 CP: “Será castigado con la pena de prisión de seis meses a dos años o multa de ocho a veinticuatro meses y, en todo caso, inhabilitación especial para profesión u oficio e inhabilitación especial para el ejercicio del derecho de cazar o pescar por tiempo de dos a cuatro años quien, contraviniendo las leyes u otras disposiciones de carácter general:

- a) cace, pesque, adquiera, posea o destruya especies protegidas de fauna silvestre;
- b) trafique con ellas, sus partes o derivados de las mismas; o,
- c) realice actividades que impidan o dificulten su reproducción o migración.

La misma pena se impondrá a quien, contraviniendo las leyes u otras disposiciones de carácter general, destruya o altere gravemente su hábitat.”

contasen con laboratorios equipados, la prueba de ADN animal perdería la condición de prueba anticipada o preconstituida, pero en la práctica esto no es así, debiendo sumar también los casos donde el espécimen en concreto sea un animal vivo ya reintroducido en su hábitat en el momento del juicio oral.

En cuando al último de estos tres apartados, son varios los obstáculos que la prueba de ADN animal puede encontrarse en su camino hacia la estandarización y asentamiento en el proceso judicial. Uno de los obstáculos importantes a señalar es que cuando tratamos el tráfico ilegal de especies nos encontramos ante una amalgama de normas de diferente naturaleza, desde la Ley Orgánica 12/1995, de 12 de diciembre, de Represión del Contrabando, donde se recogen tanto sanciones administrativas como penales; hasta el CP donde regula estos comportamientos en su capítulo IV relativo a los delitos relativos a la protección de la flora, fauna y animales domésticos; concretamente en el artículo 334 mencionado anteriormente. Este hecho ocasiona que una parte de los casos de tráfico de especies se deriven por vía administrativa, sobre todo aquellos en los que los especímenes no entran dentro de los catálogos de especies protegidas o el valor de estos sea menor a lo establecido por la LO 12/1995 de Represión del Contrabando²⁸⁴.

La identificación genética es un proceso que supone altos costes económicos, ya que se requiere de un laboratorio especializado totalmente equipado con maquinaria y materiales específicos, y largos plazos de tiempo; por lo que su práctica queda reservada para los casos más graves. Es por ello por lo que sería una prueba que no se practicaría dentro del ámbito administrativo, donde se prima la rapidez en los procesos de sanción. Este mismo razonamiento se da en relación con los casos que son catalogados como delitos, ya que estos tienen unas penas de prisión comprendidas entre los seis meses y los dos años, entrando dentro de las llamadas penas menos graves según el artículo 33.3

²⁸⁴ Artículo 2.2 LO 12/1995: “Cometen delito de contrabando, siempre que el valor de los bienes, mercancías, géneros o efectos sea igual o superior a 50.000 euros, los que realicen alguno de los siguientes hechos:

b) Realicen operaciones de importación, exportación, comercio, tenencia, circulación de: Especímenes de fauna y flora silvestres y sus partes y productos, de especies recogidas en el Convenio de Washington, de 3 de marzo de 1973, o en el Reglamento (CE) n.º 338/1997 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, sin cumplir los requisitos legalmente establecidos.”

CP²⁸⁵, por lo que este tipo de delitos son considerados delitos menos graves según lo dispuesto en el artículo 13.2 CP²⁸⁶.

Para que la prueba de ADN animal se estandarice al mismo modo que la prueba de ADN humano se requeriría de la creación de laboratorios especializados en esta materia y separados de los laboratorios centrados en ADN humano, ya que, como se desarrolló en el capítulo anterior, el análisis del ADN mitocondrial requiere de su propio espacio separado de donde se realice análisis de ADN nuclear para evitar cruce de muestras. Además, sería interesante implantar laboratorios equipados en puntos de interés como son los controles de aduanas en puertos y aeropuertos para una rápida detección en los casos más conflictivos. En conclusión, se requeriría de una amplia inversión para aumentar los laboratorios y equiparlos con el material necesario, un muy alto desembolso económico difícil de asumir si tenemos en cuenta que gran parte de los casos se derivan por vía administrativa, y los que llegan a la vía penal muy difícilmente llegan a suponer penas de prisión. En este sentido, y centrándonos en el tráfico ilegal de angulas, actualmente sólo existe un caso en el que el tribunal haya decidido condenar con penas de prisión.

A modo de reflexión, la prueba de ADN humano se lleva a cabo principalmente para resolver los delitos que más preocupan a la sociedad, como son los delitos contra la vida, contra la libertad sexual e incluso de terrorismo; delitos considerados como los más graves y que más conmoción causan, encabezando los periódicos e informativos y siendo los más buscados en portales de internet y los más comentados y compartidos en las redes sociales.

Ante estos hechos la sociedad demanda una rápida y eficaz respuesta, siendo entonces la identificación por ADN una herramienta idónea como se ha venido demostrando en los últimos años. Esto no ocurre con los delitos de tráfico ilegal de especies, ya que, a pesar de la creciente preocupación de la sociedad por los animales que ha derivado en la reciente reforma del Código Civil²⁸⁷, no son delitos que inquieten a la

²⁸⁵ Artículo 33.3 CP: “Son penas menos graves:

a) La prisión de tres meses hasta cinco años”.

²⁸⁶ Artículo 13.2 CP: “Son delitos menos graves las infracciones que la Ley castiga con pena menos grave.”

²⁸⁷ Tras la aprobación de la Ley 17/2021, de 15 de diciembre, de modificación del Código Civil, la Ley Hipotecaria y la Ley de Enjuiciamiento Civil, sobre el régimen jurídico de los animales; se incluye el artículo 333 bis en el Código Civil el cual expresa que “*los animales son seres vivos dotados de sensibilidad,*” rompiendo así con la anterior concepción de los animales como bienes muebles. Para más

masa social, por lo que la implantación de un sistema estandarizado e incrustado en el proceso supondría un coste innecesario, ya que son pocos, tanto en número como en relevancia, los casos que requerirían de la prueba de ADN animal. Es este sin duda el principal obstáculo que se encuentra la prueba de ADN animal y su principal diferencia en este sentido con respecto a la prueba de ADN humano.

No obstante, esto no quiere decir que la identificación por ADN animal no deba de ser una herramienta necesaria para la persecución del tráfico ilegal de especies amenazadas, sino que su uso sería más específico para casos concretos, incluso para casos ajenos al tráfico ilegal, pero en el que los animales se ven envueltos, como veremos con el posterior repaso a la jurisprudencia.

2.- La aceptación de la prueba de ADN animal en el proceso penal. Repaso de su jurisprudencia reciente.

Continuando con lo desarrollado en el apartado anterior, es interesante analizar la jurisprudencia reciente para deducir hasta qué punto, la prueba de ADN animal es una opción para tener en cuenta por los jueces que se enfrentan a casos de tráfico ilegal de especies amenazadas.

En la gran mayoría, por no decir en la totalidad de ellos, los peritos encargados de catalogar los especímenes incautados se sirven de estudios morfológicos para la identificación de las especies. Por ejemplo, en la SAP AV 394/2020, donde se pretende identificar si el animal afectado pertenece a una especie de lobo protegida, el perito biólogo y jefe de la Sección de Espacios Naturales y Especies Protegidas de la Junta de Castilla y León, realiza una prueba consistente en la comparación de los pelos recogidos de los restos encontrados con una muestra indubitada de un lobo que habita por la misma zona, coincidiendo en un 999996% y demostrando así que el animal en cuestión pertenece a una especie protegida.

información sobre este tema véase MEDINA MARTÍN, E.M. 2020. “Regulación jurídica de las políticas públicas de protección, bienestar o "derechos" de los animales: de la instauración del bienestar animal como política pública por la Unión Europea en 1974 a la reciente sentencia del Tribunal Constitucional, 81/2020, de 15 de julio, sobre el papel del derecho privado y el derecho público y las respectivas competencias del estado y las comunidades autónomas.” *Ob. Cit* nota 26.

Lo mismo ocurre si nos trasladamos al tráfico ilegal de marfil, uno de los mercados más prolíficos dentro del tráfico ilegal de especies amenazadas. Un ejemplo de ello es la SJP 2374/2020 donde unas piezas y tallas son analizadas por el Servicio de Inspección SOIVRE de la provincia de Gijón para certificar que, efectivamente, han sido elaboradas con marfil de elefante protegido.

En otros casos son los propios agentes del SEPRONA que, tras una inspección ocular de los especímenes encontrados, catalogan los mismos, como así se describe en la SAP M 233397/2012 donde los agentes de la Guardia Civil, tras una entrada y registro en un domicilio, encuentran, entre muchos otros especímenes vivos, huevos que, tras su eclosión, son catalogados como especies en peligro de extinción.

Existen casos en donde lo relevante ya no es solamente a qué especie pertenece un espécimen, sino si ese espécimen es pre CITES, es decir, anterior a la adhesión de España al tratado CITES por lo que no requiere de permisos o certificados para su posesión. Un ejemplo de ello lo encontramos en la SAP M 15069/2020.

En todos estos casos, los especímenes encontrados son animales vivos o piezas de la suficiente entidad para poder ser catalogadas con un estudio morfológico. La dificultad y la necesidad del análisis de ADN radica en aquellos casos en los que los especímenes son muy difíciles de catalogar por los expertos, ya sea porque el espécimen consiste en una parte derivada que, con un estudio morfológico, sería muy difícil de identificar al poder pertenecer a varias especies, siendo unas protegidas y otras no; o, como lo que ocurre en el curioso caso que trata la SAP B 4493/2018, donde se pretende identificar la especie a la que pertenecen unas crías de tortuga, existiendo un conflicto entre dos grupos reproductivos, siendo uno de ellos de una sub especie protegida y el otro no, por lo que dependiendo de a qué línea reproductiva pertenecen los especímenes incautados nos encontramos ante un delito o no. Es importante remarcar este caso ya que la perita experta afirma que, aunque los rasgos morfológicos externos son compatibles con la especie protegida, se hace necesaria una prueba genética para excluir cualquier tipo de hibridación entre subespecies y asegurar así que los especímenes pertenecen a la subespecie en cuestión.

Si analizamos las sentencias donde se haga uso de la prueba de ADN animal, o, mejor dicho, donde la prueba de ADN animal es una prueba directa o relevante, son muy

pocos los casos encontrados y los mismos no hacen referencia al tráfico ilegal de especies amenazadas, sino que es una prueba que se utiliza más para esclarecer delitos más graves como delitos contra la vida, contra la integridad física o contra la salud pública.

A modo de introducción, para encontrarnos a uno de los primeros casos relevantes en el que se hizo uso de la genética forense animal para el esclarecimiento de un delito, tenemos que trasladarnos a Canadá, concretamente a la isla de Prince Edward en 1904, cuando se declara desaparecida a una mujer de 32 años. Los investigadores encontraron su coche abandonado con abundante sangre en el interior y, semanas después, se encontró una chaqueta de cuero de un hombre también ensangrentada en un bosque cercano. Los análisis concluían que tanto la sangre del coche como la de la chaqueta pertenecían a la mujer desaparecida. Por desgracia, se desconocía la identidad del propietario de la chaqueta, la única pista eran unos pelos de gato blanco hallados en la prenda. Por aquel entonces, un hombre que había vivido con la víctima, en el momento del delito vivía con sus padres y su gato blanco llamado Snowball²⁸⁸.

El misterio se mantuvo años sin resolverse, hasta que los investigadores se pusieron en contacto con el genetista Stephen J. O'Brien y su equipo, que por entonces trabajaban en el Laboratorio de Diversidad Genética del Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos, los cuales establecieron que dicho pelo de gato pertenecía a Snowball. Tras esto, el cuerpo de la mujer fue encontrado y su excompañero arrestado y condenado.

Si volvemos a la jurisprudencia española, un caso curioso e interesante es el expuesto en la STSJ M 1700/2017, en donde se debate la presencia de harina de rumiante en una partida declarada como pienso agrícola de proteínas animales transformadas, estando prohibida por el Reglamento CE 999/2001 su exportación. Esta harina de rumiante se detecta mediante el método de PCR en tiempo real, denegando entonces a la empresa la solicitud de exportación.

Esta sentencia también es interesante en relación con este trabajo ya que existe un conflicto con el laboratorio que realiza el análisis, más concretamente con la acreditación necesaria para llevar a cabo la técnica de análisis PCR, un argumento que la defensa

²⁸⁸ Véase EL PAÍS. 24 de abril de 1997. "El ADN del pelo de un gato, prueba clave en un caso de asesinato." *Revista Nature*. Extraído de https://elpais.com/diario/1997/04/24/sociedad/861832803_850215.html el 01 de septiembre de 2022.

utiliza para anular la prueba de ADN. Como se explica en el apartado anterior, la acreditación de los laboratorios es un requisito indispensable para la fiabilidad de la prueba de ADN junto a la cadena de custodia.

Hablábamos anteriormente de que la prueba de ADN animal se hará necesaria también en casos donde los animales se ven envueltos, tanto como sujetos activos, como sujetos pasivos. En el primer supuesto nos encontramos con el caso de la SJP 85/2018, donde canes catalogados como potencialmente peligrosos causan la muerte de una persona. Para llegar a esta conclusión, se hizo necesario tomar muestras biológicas indubitadas a los canes y compararlas con las muestras recogidas de las uñas y las heridas del cadáver.

Otro caso similar, y que se resuelve también gracias a la prueba de ADN animal, es el de la SAP SA 833/2019, donde cuatro canes se escaparon de una finca debido al descuido de su dueño, y le causan la muerte a un hombre. Fue el departamento de Química y Medio Ambiente del Servicio de Criminalística y Medio Ambiente de la Guardia Civil quienes tomaron muestras indubitadas de la saliva de los perros y la compararon con la encontrada en la ropa y heridas de la víctima, existiendo coincidencia entre ellas y concretando que los canes causaron la muerte de la víctima.

En cuanto al papel de los animales como sujeto pasivo, nos encontramos con la sentencia SAP BI 2705/2019. En este caso se investiga el abandono de dos cachorros, para lo que se requirió del análisis genético de los mismos para determinar que son hijos de una perra adulta propiedad del acusado, confirmando así las sospechas de los agentes.

El último caso es el de la SAP TO 359/2020, donde se abatieron dos ciervos sin el consentimiento del titular de la finca, para despiezarlos y venderlos posteriormente. Para llegar a esta conclusión, el Instituto de Investigación de los Recursos Cinegéticos (IREC) de Ciudad Real realizaron el análisis genético de la sangre encontrada en las navajas empleadas por los acusados. Mediante el análisis genético del ADN mitocondrial, se identificó la especie como *cerverus elaphus*, y no de vaca como alegaban los acusados; resolviendo entonces el conflicto.

De las anteriores resoluciones pueden derivarse las siguientes conclusiones. La primera de ellas, y la más evidente y relevante, es el poco uso en la actualidad de la prueba

de ADN animal que se acentúa además en los casos de tráfico de especies animales, donde no se han encontrado casos donde haya sido necesario echar mano de esta herramienta para resolverlos. Esto puede deberse a multitud de factores, desde que la herramienta no sea realmente necesaria y relevante, o que estos delitos no gozan de la suficiente entidad o los casos difíciles de resolver no son lo suficientemente numerosos como para invertir en ella.

Esto se acentúa si valoramos que gran parte de los casos de tráfico ilegal de especies se deriva por la vía administrativa (esto puede observarse en los apartados anteriores donde se arrojan datos sobre incautaciones), debiendo plantearnos aquí la duda de cuantos casos, cuyo espécimen pertenecía a especies en peligro de extinción, han quedado fuera del ámbito de aplicación de los delitos de tráfico ilegal al no poder identificarse correctamente la especie, pudiendo haberse resuelto gracias a la prueba de ADN animal. Siguiendo con los casos hipotéticos, si, aun demostrándose que dicho espécimen pertenece a una especie amenazada, la pena impuesta va a consistir en una multa similar a la que se le pudiera aplicar por la vía administrativa, y teniendo en cuenta el principio de ultima ratio del Derecho Penal, a la práctica los casos se resolverían por vía administrativa, por lo que el uso de la prueba de ADN animal no sería relevante. Habría que plantearse, llegado a este punto, si fuera necesario aumentar la punibilidad de estos hechos delictivos y la importancia de detectarlos y castigarlos, para que así la prueba de ADN animal sea una herramienta por la que merezca la pena invertir económicamente. Son reflexiones que aquí se plantean y que serían interesante profundizar en ellas pero que no entran dentro del presente texto.

De los casos encontrados donde sí se hace uso de la Genética Forense No Humana, se destaca que en la mayoría de ellos la prueba de ADN animal sirve de prueba directa para esclarecer casos de animales que causan la muerte de humanos. Como se comenta anteriormente, son los casos que afecta a la vida de una persona los que más preocupan a la sociedad, por lo que se busca resolverlos de forma rápida y eficiente, siendo la prueba de ADN animal la correcta para estos casos en concreto, por lo que, si seguimos por este razonamiento, la prueba de ADN animal es igual de válida que la prueba de ADN humano y puede gozar de la misma admisibilidad y prestigio en los procesos de investigación y dentro de los tribunales.

CONCLUSIONES

Primera: Sobre la importancia del problema.

El tráfico de especies animales es un problema universal y creciente, y debe ser afrontado con todos los instrumentos objetivos y científicos disponibles en la actualidad.

Segunda: Sobre el uso habitual de la genética forense en el proceso penal.

El recurso a la genética forense se encuentra ya plenamente incorporado a la investigación policial y judicial y a la actividad probatoria del proceso penal, por lo que la ampliación de esta disciplina para acoger también la genética animal no resultaría extraña ni difícil: nuestros Jueces, Fiscales y policías están ya familiarizados con los principios, procedimientos y requisitos para una correcta valoración de los resultados obtenidos con su utilización en el proceso y en la previa investigación policial.

Tercera: Sobre la especificidad y calidad de la genética forense.

La genética forense animal es una disciplina que genera resultados de muy alta especificidad y probabilidad. Resulta, por tanto, una técnica de investigación y una prueba procesal fiable y que ofrece datos en un corto espacio de tiempo, permitiendo responder así de forma rápida y eficaz a las conductas detectadas con las que se intenta encubrir el tráfico ilegal haciéndolo pasar por tráfico legal para proceder a su comercialización.

Cuarta: Sobre la identificación indubitada de la anguila europea.

La detección e investigación del tráfico ilegal de la anguila europea resultaría más eficaz si esta disciplina pudiera incorporarse de forma plena entre las herramientas policiales de investigación; de igual forma que su utilización como diligencia de investigación judicial y como actividad probatoria acentuaría eficazmente el enjuiciamiento y sanción de los delitos de tráfico ilegal de esta especie.

Quinta: Sobre los inconvenientes para la incorporación de la prueba.

Hemos detectado una serie de inconvenientes que obstaculizan la incorporación de la genética animal en los laboratorios criminalísticos y forenses, y surge por ello la necesidad de resolverlos. En este contexto, la práctica de las pruebas de genética animal requiere espacios especializados, bien equipados y que se encuentren debidamente aislados de otros laboratorios en los que se trabaja con otro material genético. Entendemos que el modelo más óptimo es aquel en el que los laboratorios encargados de trabajar con ADN humano están físicamente separados de aquellos que lo hacen con ADN animal.

De lo anterior se deriva una elevación de los costes (personal, equipos de laboratorios, mantenimiento, acreditaciones, etc.), que quizá generaría reticencias teniendo en consideración que, pese a los datos estadísticos examinados en la primera parte de la tesis, la sociedad actual aún no considera que estas conductas merezcan la consideración de delitos graves, por lo que podría entenderse que la lucha contra ellas no merece aún tal elevados costes.

Sexta: Sobre las posibilidad y fiabilidad de pruebas alternativas.

Valoración de la investigación y prueba basada en la genética animal. En la actualidad el recurso a las técnicas de investigación y a las actividades de prueba basadas en la genética forense animal no resulta frecuente en la práctica forense, entre otros factores, debido a que los hechos, de estar tipificados, lo están como delitos menos graves, lo que provoca que nuestros tribunales acepten otras diligencias de investigación y de prueba más rápidas y económicas -aunque también como hemos señalado, menos fiables- como la inspección de los especímenes por expertos que, sin duda, es admisible y válida, pero que no resultan ni tan específicas ni tan eficaces como la que recurre a la genética animal que en algunos casos resulta indispensable.

Séptima: Sobre la necesidad de protocolos internacionales.

Estimamos necesario el establecimiento de protocolos internacionales que permitan la comparación automática y la validación de las pruebas efectuadas sobre material genético animal entre los distintos países que efectivamente intentan luchar

contra el tráfico ilegal de animales silvestres, entre los que se encuentra la anguila europea.

La mejor forma de lucha contra esta actividad es aquella que asume el carácter transnacional de esta delincuencia, propiciando la existencia de acuerdos marco que permitieran una colaboración eficaz consistente en el cruce de información y en la validación de los resultados obtenidos con la genética forense animal.

Octava: Sobre la necesidad de bases de datos nacionales e internacionales.

En consonancia con la anterior conclusión, y una vez establecidos protocolos internacionales, entendemos que al igual que se ha venido haciendo con las bases de identificación criminal humana, deben generarse progresivamente bases de datos nacionales e internacionales donde, de acuerdo a las normas que se establezcan, queden reflejados datos de tipo genético a los efectos de identificación de especies y de seguimiento de las actividades generadas en este contexto por bandas criminales especializadas.

BIBLIOGRAFÍA

ABEL LLUCH, X. 2012. “Sobre la prueba, el derecho a la prueba y la técnica probatoria”. En *Derecho probatorio*, editado por BOSCH J.M. Barcelona, pág. 21.

AGARWAL, P. 2015. “A Global Challenge: The Illegal Wildlife Trade Chain.” *Journal of Commerce and Trade*, vol. 10, núm. 2, págs. 7-14.

AGUILERA, P. *et al.* 2014. “PCR en tiempo real.” en *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*. Instituto Nacional de Ecología. Pgs. 175-201.

ALAEDDINI, R. 2012. “Forensic implications of PCR inhibition – A review.” *Forensic Science International Genetics* 6: 297-305.

ALEJOS VELÁZQUEZ, L.P. *et al.* 2014. “Extracción y purificación de ADN” en CORNEJO ROMERO, A., SERRATO DÍAZ, A., REDÓN AGUILAR, B, y ROCHA MUNIVE, M.G. (eds.) *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*. Págs. 1-26.

ALFREDO GOZAÍNI, O. 2012. La Prueba Científica No es Prueba Pericial. *Derecho & Sociedad*. Núm. 38, pág. 173.

ALONSO GARCÍA, E. 2012. Handbook of International Environmental Law: Cases and Materials for American Lawyers. URJC/Wiliam & Mary ed., 3^a ed. 2012), Chapter 3. Pgs. 3-34 a 3-26.

ALVARADO-MARTÍNEZ, I. 2012. “Delincuencia organizada ambiental en México, una nueva manifestación criminal del tráfico de especies.” *Criminalidad*, vol. 54, núm. 1, págs. 283-311.

ÁLVAREZ BUJÁN, M.V. 2018. El artículo 24 de la Constitución Española y la prueba de ADN en el proceso penal. *Revista Española de Derecho Constitucional*. Núm. 114, págs. 131-161.

ÁLVAREZ BUJÁN, M.V. 2018. *La prueba de ADN como prueba científica. Su virtualidad jurídico-procesal*. Tirant lo Blanch, Valencia.

ÁLVAREZ DE NEYRA KAPPLER, S.I. s.f. “La prueba por marcadores de ADN.” Universidad Autónoma de Madrid. Extraído de https://www.fiscal.es/search?p_p_id=com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_mvcpath=%2Fview_content.jsp&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_redirect=%2Fsearch%3Fq%3D%25C3%2581LVAREZ%2BDE%2

BNEYRA%2BKAPPLER%252C%2BS.I.&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_assetEntryId=277690&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_type=document

ÁLVAREZ DE NEYRA, S.I. 2017. “La prueba pericial de ADN.” En PICÓ I JUNOY, J. & DE MIRANDA VÁZQUEZ, C. “Peritaje y prueba pericial”. Ed. J.B. Bosch, 1ª edición, Barcelona, págs. 455-463.

AQUADRO, C.F. y GREENBERG, B.D. 1983. “Human mitochondrial DNA variation and evolution: Analysis of nucleotide sequences from seven individuals.” *Genetics*. Núm. 103, vol. 2, págs. 287-312. doi: 10.1093/genetics/103.2.287

ARROYO, M.I., MORALES, G.P., SOSA, P.A., CARMONA-FONSECA, J. y MAESTRE, A. 2008. "Amplificación isotérmica de ácidos nucleicos tipo LAMP para la detección de Plasmodium: nueva técnica diagnóstica." *Médicas UIS*. 21(3). 158-175. doi: 10.18273/revmed.

ASENCIO MELLADO, J.M. 1989. *Prueba prohibida y prueba preconstituida*. Ed. Trivium.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO (AEAS). 2019. “Orientación para la evaluación de riesgos y las reglas de decisión según la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017”. Ed. AENOR Internacional, S.A.U. Madrid.

AVISER, J.C. *et al.* 1987. “Intraspecific Phylogeography: The Mitochondrial DNA Bridge Between Population Genetics and Systematics.” *Annual Review of Ecology and Systematics*. 18: 489-522.

BARRIOS GONZÁLEZ, B. 2003. Teoría de la sana crítica. *Opinión Jurídica*. Vol. 2, núm. 3, págs. 102.

BAYES, T. 1763. An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, núm. 53, págs. 370-418.

BRECHTUBUEHL, K. *et al.* 2001. “A rapid real-time quantitative polymerase chain reaction for hepatitis B virus.” *Journal of Virological Method*. 93(1-2):105-113. doi: 10.1016/s0166-0934(01)00260-9

BRUFAO CURIEL, P. 2020. “El Derecho Ambiental y el Derecho Pesquero ante la conservación de la biodiversidad: el caso de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) como especie protegida.” *Actualidad Jurídica Ambiental*, n.º 105, sección “Artículos doctrinales”, pág. 3. nota 1.

BURGOS LADRON DE GUEVARA, J. 1992. “El valor probatorio de las diligencias sumariales en el proceso penal español.” *Ed. Civitas*. Pág 175.

- CALDERÓN BAREÑO, J. & JIMÉNEZ M., F. 2016. Juez y parte: sobre el conocimiento privado del juez y su uso para fundamentar la decisión judicial. *Cuadernos De Derecho Penal*. Núm. 15, págs. 141-173.
- CAMIS, I.; CASANOVA, C. y BRIZI, L. 2011. *Comercio internacional de especies exóticas: Mercado negro*. Trabajo de Fin de Grado. Universitat Autònoma de Barcelona, pág. 3.
- CARDEÑOSA, D. *et al.* 2019. “Development and application of a novel real-time polymerase chain reaction assay to detect illegal trade of the European eel (*Anguilla anguilla*).” *Conservation Science and Practice*. 1(5) e39.
- CARRACEDO, A. & PRIETO, L. 2014. Valoración de la prueba genética. En CASADO, M. & GUILLÉN, M. “ADN forense: problemas éticos y jurídicos.” Ed. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona. Pág. 146.
- CARRACEDO, A. 2003. “La huella genética”. En GARCÍA BARRENO, P. “50 años de ADN. La doble hélice.” Ed. España, pág. 248.
- CASTAÑÓN MUÑIZ, K. 2020. “El ADN en el proceso penal.” Trabajo Final de Máster. Universidad de León. León. Pág. 28.
- CATTANEO, C. *et al.* 1995. “A Simple Method for Extracting DNA from Old Skeletal Material.” *Forensic Sci. Int.* Núm. 74, págs. 167-174.
- CHAVES MORA, A. 2017. Comentario a la Sentencia del Tribunal Supremo N° 75/2016 de 10 de febrero y el valor de la prueba de ADN. *Gabilex. Revista del Gabinete Jurídico de Castilla-La Mancha*. Núm. 10, págs. 9-23.
- CHAVES, A. *et al.* 2008. “Molecular taxonomy of Brazilian tyrant-flycatchers (Paseriformes: Tyrannidae).” *Molecular Ecology Resources*.8(6):1169-1177.
- CHIEN, A., EDGAR, D.B., y TRELA, J. M. 1976. “Deoxyribonucleic Acid Polymerase from the Extreme Thermophile *Thermus aquaticus*.” *Journal of Bacteriology*. 127 (3): 1550-1557. doi: 10.1128/jb.127.3.1550-1557.1976.
- CHI-YUEN IP, S., LIN S.W. y LAI, K.M. 2015. “An evaluation of the performance of five extraction methods: Chelex® 100, QIAamp® DNA Blood Mini Kit, QIAamp® DNA Investigator Kit, QIASymphony® DNA Investigator® Kit and DNA IQ™.” *Science & justice: Forensic Science Society*. 55(3): 200-208. doi: 10.1016/j.scijus.2015.01.005
- CLARE, E.L. *et al.* 2007. “DNA barcoding of Neotropical bats: species identification and discovery within Guyana.” *Molecular Ecology Notes*. 7(2): 184-190

CRESPILLO MÁRQUEZ, M., BAÑÓN GONZÁLEZ, R. & VALVERDE VILLAREAL, J.L. 2011. Aprendizaje y reflexiones de la identificación de cadáveres mediante marcadores genéticos monoparentales (ADN mitocondrial, cromosoma Y). A propósito de un caso. *Revista Española de Medicina Legal*. Vol. 37, núm. 1, págs. 17-21.

CRESPILLO MÁRQUEZ, M., GARCÍA FERNÁNDEZ, O., PAREDES HERRERA, M.R. y LUQUE GUTIÉRREZ, J.A. 2017. La importancia de garantizar la calidad y minimizar los riesgos de contaminación en el análisis genético forense. *Revista española de medicina legal*. Núm. 43, págs. 20-15.

D'AMANTO, M.E. 2015. "Identificación especie-específica en tráfico de fauna silvestre" en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata, págs. 186-222.

DE LUCAS, S., NAVARRO, F. & CAMERIERE, R. 2013. La prueba pericial y su valoración en el ámbito judicial español. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*. Vol. 15-19.

DE MIGUEL HERRÁN, I. 1997. "Policía Judicial y Prueba Pericial." *EGUZKILORE*. Núm. 11, pág. 61.

DE MIRANDA VÁZQUEZ, C. 2015. "Prueba directa vs. Prueba indirecta (un conflicto inexistente)". *DOXA, Cuadernos de Filosofía del Derecho*, núm. 38, págs. 73-100.

DEELDER, C.L. 1984. "Synopsis of biological data on the eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)." *FEO Fisheries Synopsis*. n° 80, Rev. 1, pg. 73.

DELGADO, D., POYATO, F.J. & BAQUERO, P.G. 10 de octubre de 2021. Diez años del crimen de José Bretón. El caso que pudo resolverse en horas y el fallo que alargó la tragedia. ABC Sevilla. Extraído de https://sevilla.abc.es/andalucia/cordoba/sevi-errores-tragedia-cordoba-enf-202110071940_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F#disqus_thread el 23/11/2021

DEWEY WATSON, J. y COMPTON CRICK, F.H. 1953. "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid." *Nature* 171: 737-738.

DOADRIO, I., PEREA, S., GARZÓN-HEYDT, P. y GONZÁLEZ, J.L. 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza (MIMAM) y Museo Nacional de Ciencias Naturales. págs. 115 y ss.

DOLZ LAGO, M.J., FIGUEROA NAVARRO, M.C. y EXPÓSITO MÁRQUEZ, N. 2012. *La prueba pericial científica*. Madrid. Ed. Edisofer. Págs. 405 y ss.

DUNDASS, N. *et al.* 2008. "Comparison of automated nucleic acid extraction methods with manual extraction." *Journal of Molecular Diagnostics*.10: 311-316.

ESPIÑERA, M. y VIEITES, J.M. 2016. “Genetic system for an integral traceability of European eel (*Anguilla anguilla*) in aquaculture and seafood products: authentication by fast real-time PCR.” *European Food Research and Technology*. 242: 25-31. doi: 10.1007/s00217-015-2514-y

FAJARDO DEL CASTILLO, T. 2018. “El Plan de Acción español contra el tráfico ilegal y el furtivismo internacional de especies silvestres”. *Revista General de Derecho Animal y Estudios Interdisciplinarios de Bienestar Animal / Journal of Animal Law & Interdisciplinary Animal Welfare Studies – JAL&IAWS*. n.º 1.

FALCÓN, E.M. 2012. La prueba científica. *Revista del Instituto Colombiano de Derecho Procesal*. Núm. 38, págs. 217-257.

FARMER, A., FAURÉ, M. y VAGLIASINDI, G.M. (Eds.) 2017. *Environmental Crime in Europe, Modern Studies in European Law*. Londres: Hart Publishing. Pgs. 319-332.

FIGUEROA NAVARRO, C. 2011. El aseguramiento de las pruebas y la cadena de custodia. *La Ley Penal*, núm. 84, pág. 4.

FONTE MENDOZA, G. 2019. “Los actos corporales en el proceso penal español: inspecciones, registros e intervenciones corporales.” Trabajo Final de Grado. Universidad de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.

GARCÍA, M.^a A. y SUÁREZ, C. 2000. “El tráfico ilegal de especies silvestres.” *Cuadernos de Biodiversidad*, núm. 5, págs. 12-14.

GARZÓN FLORES, J.M. 2017. *La prueba de ADN en el proceso penal*. Tesis Doctoral. Escuela Internacional de Doctorado. UNED.

GASCÓN ABELLÁN, M. 2010. Prueba científica: mitos y paradigmas. *Anales de la Cátedra Francisco Suárez*. Núm. 44, págs. 81-103.

GIMENO SENDRA, V. 2016. En GIMENO SENDRA, V. y MARCHAL ESCALONA, N.A. “Código Procesal Penal para la Policía Judicial”. *Ed. Aranzadi*. Pág. 212.

GIOVAMBATTISTA, G. y PERAL GARCÍA, P. 2015. “Introducción a la Genética Forense No-Humana,” en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata. Págs. 6-31.

GÓMEZ MEDA, B.C. *et al.* 2013. “Secuenciación del ADN y microarreglos.” En SALAZAR MONTES, A., SANDOVAL RODRÍGUEZ, A. y ARMENDÁRIZ BORUNDA, J. (eds.) *Biología Molecular. Fundamentos y aplicaciones en las ciencias de la salud*. Cap. 17, págs. 160-170.

GOMEZ ORBANEJA. 1947. Comentarios a la Ley de Enjuiciamiento Criminal, T. I, Barcelona. Pág. 347-348.

GUTIÉRREZ, D. 2013. *STRs*. Ciencias Forenses. El punto de vista molecular en un click. Recuperado el 24 de enero de 2022 de <https://forensemolecular.es/tl/STRs.htm>

GUZMÁN FLUJA, V.C. 2006. *Anticipación y preconstitución de la prueba en el proceso penal*. Ed. Tirant lo Blanch

HAJIBABEI, M. *et al.* 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics." *TRENDS in Genetics*. 23(4):167-172

HANCOCK, J.M. 1999. "Microsatellites and other simple sequences: genomic context and mutational mechanism," en Daniel B. Goldstein y Christian Schlötterer (eds.) *Microsatellites, evolution and applications*. Oxford University Press. Págs. 1-10.

HARROP, S.R. 2013. "Wild Animal Welfare in International Law: The Present Position and the Scope for Development." *Global Policy* vol. 4, núm. 4, págs. 381-390.

HASSAB EL-NABI, S.S., SAID EL-DESOKY, M. MOHAMMED-GEBA, K. 2016. "Genetic population diversity of European eel *Anguilla anguilla* elvers in two Egyptian water bodies, Rosetta (Rachid) estuary and Burullus Lake." *Gens & Genomics*. doi:10.1007/s13258-017-0572-1

HEBERT, P. *et al.* 2003. "Bardone of Life: Identifying Species with DNA Barcoding Biological identifications through DNA barcodes." *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. Núm. 270 (1512) págs. 313-321.

HERNÁNDEZ GARCÍA, J. 2010. "El valor probatorio de la actividad investigadora de la Policía Judicial." *Revista Catalana de Seguretat Pública*. Mayo 2020, págs. 87-130

HOMBREIRO NORIEGA, L. 2013. "El ADN de Locard: Genética forense y criminalística." Editorial Reus, Madrid, págs. 42-47.

HÖSS, M. y PÄÄNO, S. 1993. "DNA Extraction from Pleistocene Bones by Silicia-Based Purification Method." *Nucleic Acids Research* 21(16):3913-4. doi: 10.1093/nar/21.16.3913

HSIEH, H.M., CHIANG H.L., TSAI L.C., LAI S.Y., HUANG, N.E., LINACRE, A. y LEE, J. 2001. "Cytochrome b gene for species identification of the conservation animals." *Forensic science international* 122 (1) 7-18. doi: 10.1016/S0379-0738(01)00403-0

IBERO SOLANA, C. 2016. Análisis sobre el Comercio y Tráfico de Especies Silvestres en España. WWF España.

IBERO SOLANA, C. y SUÁREZ, L. 2018. "El negocio de la extinción en España." WWF/Adena, Madrid, España.

INVITROGEN. 2005. *Nucleic acid purification and quantification sourcebook*. Invitrogen Industries, EE.UU; y Qiagen. 2016. BioSprint DNA Plant Handbook. BioSprint DNA Plant Handbook - QIAGEN extraído el 22/04/2021.

KOCHER, T.D. *et al.* 1989. "Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers." *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Núm. 86, vol. 16, págs. 6196-200.

KUBISTA, M. *et al.* 2006. "The real-time polymerase chain reaction." *Molecular Aspects of Medicine*. Núm. 27, págs. 95-125.

LAGO, F., VIEITES, J. y ESPIÉIRA, M. 2012. "Authentication of the most important species of Freshwater Eels by means of FINS." *European Food Research Technology* 234: 689-694. doi: 10.1007/s00217-012-1672-4

LEAL MEDINA, J. 2013. El tratamiento procesal y penal del ADN. Aspectos biológicos y jurídicos que definen su aplicación y las consecuencias que produce en el campo de la prueba. *Diario La Ley*, núm. 8190, págs. 1-12.

LEE, P.Y. *et al.* 2012. "Agarose gel electrophoresis for the separation of DNA fragments." *Journal of visualized experiments*. 62: 3923. doi: 10.3791/3923.

LEE, S.B. y SHEWALE, J.G. 2017. "DNA Extraction Methods in Forensic Analysis." *Encyclopedia of Analytical Chemistry* doi: 10.1002/9780470027318.a1104m.pub2

LOBÓN-CERVIA, J. y IGLESIAS, T. 2008. "Long-term numerical changes and regulation in a river stock of European eel *Anguilla anguilla*." *Freshwater Biology* 53(9), 1832-1844. doi: 10.1111/j.1365-2427.2008.02008.x

LODISH, H., BERK, A., ZIPURSKY, S.L., MATSUDAIRA, P., BALTIMORE, D. y DARNELL, J. 2000. "Integrating cells into tissues." En *Molecular Cell Biology 6th*. Por W.H. Freeman and Company. Chapter 19.

LOPEZ ALARCÓN, J.J. 26 de marzo del 2020. *Detección molecular de SARS-CoV-2 por PCR en tiempo real*. Estorduna.me. Recuperado de <https://www.estorduna.me/post/deteccion-molecular-de-cov-por-pcr>

LOPEZ CASTILLO, M., y DÍAZ CABIALE, J.A. 2003. La conversión de la prueba pericial en documental, artículo 788.2.II LECr. *Jueces para la democracia*. Núm. 46, págs. 67-74.

LÓPEZ-FRAGOSO ÁLVAREZ, T. 1995. Las pruebas biológicas en el proceso penal. Consideraciones sobre la identificación por el ADN. *DS: Derecho y salud*. Vol. 3, núm. 1, pág. 226.

LOZANO EIROA, M. 2012. “El derecho al silencio del imputado en el proceso penal”, *Diario La Ley*, nº 7925

MAGRO SERVET, V. 2012. “Perceptividad de la práctica de la prueba preconstituida con víctimas en el proceso penal.” *La Ley penal*, núm. 92, págs. 5-12.

MARQUÉS ARPA, T. & SERRA RUIZ, J. 2-5 de septiembre de 2014. *Cadena de Custodia en el Análisis Forense. Implementación de un Marco de Gestión de la Evidencia Digital*. XIII Reunión Española sobre Criptología y Seguridad de la Información. Alicante. Págs. 167-172.

MAXAM, A. y GILBERT W. 1977. “A new method for sequencing DNA.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2 (74).

MEDINA MARTÍN, E.M. 2020. "Regulación jurídica de las políticas públicas de protección, bienestar o "derechos" de los animales: de la instauración del bienestar animal como política pública por la Unión Europea en 1974 a la reciente sentencia del Tribunal Constitucional, 81/2020, de 15 de julio, sobre el papel del derecho privado y el derecho público y las respectivas competencias del Estado y las Comunidades Autónomas." *Revista General de Derecho Animal y Estudios Interdisciplinarios de Bienestar Animal / Journal of Animal Law & Interdisciplinary Animal Welfare Studies – JAL&IAWS*. n.º 6. (RI§423052)

MEIKLEJOHN, K.A., DAMASO, N. y ROBERTSON, J.M. 2019. "Assessment of BOLD and GenBank – Their accuracy and reliability for the identification of biological materials." *PLoS ONE* **12(6)**:e0217084. doi: 10.1371/journal.pone.0217084

MENDEL, G. 1866. “Experimentos en la Hibridación de las Plantas”. *Negociaciones de la Asociación de Historia Natural de Brno*, vol. IV para el año 1865, tratados, 3.

MENOTTI-RAYMOND, M.A., DAVJR, V.A. y O'BRIEN, S.J. 1997. “Pet cat hair implicates murder suspect.” *Nature*.386: 774.

MILÁN ARBELÁEZ, J.P. 2014. *La Suerte de la Fea la Bonita la Desea*. Una revisión de la literatura científica sobre los impactos del tráfico ilegal de fauna silvestre en el mundo. Trabajo de Fin de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Pág. 7.

MISAKO NAKAYA, S., KANEKO, G., KONDO, H., SEZAKI, K., y WATABE, S. 2005. “Rapid identification of eels *Anguilla japonica* and *Anguilla anguilla* by polymerase chain reaction with single nucleotide polymorphism-based specific probes.” *Fisheries Science*. Núm. 71, págs. 1356-1364. doi: 10.1111/j.1444-2906.2005.01102.x

- MOHAMMED-GEBA, K, HASSAB EL-NABI, S.S., SAID EL-DESOKY, M. 2016. "Development of cytochrome-c-oxidase 1 specific primers for genetic discrimination of the European eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)." *Journal of Bioscience and Applied Research* 2(4): 258-262
- MORA DÍEZ, P. 2021. *Cuestiones procesales y sustantivas relativas a la prueba de ADN en el proceso penal español. Análisis del artículo 129 bis del Código Penal*. Tesis Doctoral, Universidad de Huelva, Huelva, pág. 28.
- MORENO I OLIVER, F.X. 2019. "Mafias y tráfico ilícitos: Tráfico ilícito de animales y derivados". *Cuadernos de criminología: revista de criminología y ciencias forenses*. N° 44, págs. 4-10.
- MULÀ ARRIBAS, A. 2016. "La protección de los animales en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)". *Revista Aranzadi de derecho ambiental*, núm. 23, págs. 135-168.
- MULLIS, K. *et al.* 1986. "Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction." *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*. Núm. 51, vol. 1, págs. 263-73.
- MUÑOZ ARANGUREN, A. 2013. La valoración judicial de la prueba de ADN: estadística y verdad procesal. A propósito de la STS n° 607/2012, de 9 de julio de 2012. *Revista de derecho procesal y penal*, núm. 30, págs. 287.
- MURRAY, M.G. y THOMPSON, W.F. 1980. "Rapid isolation of higher weight DNA. " *Nucleic Acids Research*. 8(19): 4321-4325. doi: 10.1093/nar/8.19.4321
- NOTOMI, T. *et al.* 2000. "Loop-mediated isothermal amplification of DNA." *Nucleic acids research*. 28(12): E63. doi:10.1093/nar/28.12.e63.
- OCHOA ORREGO, L.E. 2012. *Análise filogeográfica de Brachyplatystoma platynemum (Siluriformes: Pimelodidae)*. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, Brasil.
- OJASTI, J. y DALLMEIER, F. 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. Smithsonian Institution, MAB Program. Washington D.C. págs. 2-230.
- ORTEGO PÉREZ, F. 2006. Consideraciones sobre el derecho del imputado a guardar silencio y su valor (Interpretación jurisprudencial del *ius tacendi*), *La Ley: Revista jurídica española de doctrina, jurisprudencia y bibliografía*, n° 1, Págs. 1409-1418.
- PAETKAU, D. *et al.* 1995. "Microsatellite análisis of population structure in Canadian polar bears." *Molecular Ecology* 4 (3): 347-354. doi:10.1111/j.1365-294X.1995.tb00227.x

PASTOR ALCOY, F. 2003. “Prueba de indicios, credibilidad del acusado y presunción de inocencia”. Ed. *Tirant lo Blanch*.

PEDRAS PENALVA, E. 2008. “Notas sobre policía y justicia penal.” *Revista jurídica de Castilla y León*. Núm. 14, págs. 15-109.

PENTINSAARI, M., RATNASINGHAM, S., MILLER S.E. y HEBERT, P.D.N. 2020. "BOLD and GenBank revisited – Do identification errors arise in the lab or in the sequence libraries?" *PLoS ONE* 15(4): e0231814. doi: 10.1371/journal.pone.0231814.

PERALS CALLEJA, J. 26-27 de junio de 2014. *La cadena de custodia. Problemas probatorios*. Ponencia del curso de formación para Fiscales del CEJ “Cadena de custodia”. Madrid. Págs. 1-43.

POINAR, H. 1994. “Glass Milk, a Method of Extracting DNA from Fossil Material.” *ancient DNA News* 2: 12-13.

POSIK, D.M. *et al.* 2015. “Identificación especie-específica en animales domésticos” en *Genética forense no-humana*. Editorial de la Universidad de La Plata, págs. 163-185.

QIAGEN. 2017. Manual de instrucciones de uso del kit QIASymphony® DSP Circulating DNA.

QUIRÓS RODRÍGUEZ, J.M. 2014. “El papel del SEPRONA en la prevención e investigación de los delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales.” En *Encuentro sobre integrantes de la Carrera judicial y fiscal sobre delitos ambientales*. Sevilla: Foro de formación y estudios medioambientales del Poder Judicial en la Comunidad autónoma andaluza: Pg. 8.

RAMALLO MACHÍN, A.C. 2015. *ADN: Huellas Genéticas en el Proceso Penal*. Tesis Doctora. Universidade da Coruña. A Coruña.

RATNASINGHAM, S. y HEBERT, P. 2007. “BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>).” *Molecular Ecology Notes*. Vol. 7, núm. 3, págs. 355-364.

REHBEIN, H., SOTELO, C.G., PEREZ-MARTIN, R.I., CHAPELA-GARRIDO, M.J., HOLD, G.L., RUSSELL, V.J., PRYDE, S.E., SANTOS, A.T., ROSA, C., QUINTERO, J. y REY-MENDEZ, M. 2002. “Differentiation of raw or processed eel by PCR-based techniques: restriction fragment length polymorphism análisis (RFLP) and single strand conformation polymorphism análisis (SSCP).” *European Food Research and Technology*. 214: 171-177. doi:10.1007/s00217-001-0457-y

RICHARD GONZÁLEZ, M. 2010. Estudios sobre prueba penal. *LA LEY*, pág. 464.

RICHARDS, J.L., SHENG, V., WING, C., LAI YING, C., SIN TING, N., SADOVY, Y. y BAKER, D. 2020. "Prevalence of critically endangered European eel (*Anguilla anguilla*) in Hong Kong supermarkets," *Science Advances* 6(10): eaay0317. doi: 10.1126/sciadv.aay0317

RICO, Y. 2019. "Herramientas genéticas para proteger a la naturaleza." *Ecofronteras*, vol. 23, núm. 66, págs. 30-33.

ROBLE, P. 2016. *Marcadores Moleculares*. SliderPlayer. Recuperado el 25 de enero de 2022 de <https://slideplayer.es/slide/3567765/>

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. 2015. "Prueba preconstituida y prueba anticipada. Análisis jurisprudencial". *Diario la Ley*, núm. 8487, págs. 1-27.

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, E.T. y CRUZ, D.E. 2009. *Caracterización ecológica, económica y administrativa del tráfico ilegal de fauna silvestre*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de la Salle, Colombia. Extraído de: https://ciencia.lasalle.edu.co/administracion_agronegocios/76 el 17/11/2020.

ROEWER, L. 2013. "DNA fingerprinting in forensics: past, present, future". *Investigative Genetics*. Núm.4, págs. 22.

SAMBROOK, J. *et al.* 1989. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor Laboratory, New York

SANCHEZ RUBIO, A. 2016. *Ciencia y proceso penal. Un estudio sobre el concepto y régimen jurídico de la llamada prueba científica*. Tesis doctoral, Universidad Pablo de Ola de Sevilla, Sevilla.

SANGER, F. y COULSON, A.R. 1975. "A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase." *Journal of Molecular Biology*. 94(3): 441-448. . doi: 10.1016/0022-2836(75)90213-2

SCHLÖTTERER, C. 2000. "Evolutionary dynamics of microsatellite." *Chromosoma*. Núm. 109, págs. 365-371.

SENTÍS MELENDO, S. 1947. La prueba. *EJEA*, pág. 12.

SENTIS MELENDO, S. 2010. Estudios sobre Prueba Penal. Volumen II. *LA LEY*, pág. 16.

SIDEN R.R. 1994. *DNA Structure and Function*. Academic Press.

SINGER-SAM, J. *et al.* 1989. "Use of Chelex to Improve the PCR Signal from a Small Number of Cells." *Amplifications*. Núm. 3, 11.

SNOUNOU, G. 2007. "Rapid, sensitive and cheap molecular diagnosis of malaria: is microscopy on the way out?" *Future Microbiology*.2(5): 477-480.

SPIELMANN, G., ZIEGLER, S., HASZPRUNAR, G., BUSCH, U., HUBER, I., y PAVLOVIC, M. 2019. "Using loop-mediate isothermal amplification for fast species delimitation in eels (genus *Anguilla*), with special reference to the European eel (*Anguilla anguilla*)." *Food Control* 101: 156–162. doi: 10.1016/j.foodcont.2019.02.022

STEIN, F. 2018. "El Conocimiento Privado del Juez". Ed. Temis. ISBN 10: 9583511943

STEIN, F.M., WONG, J., SHENG, V., LAW, C., SCHRÖDER, B. y BAKER, D.M. 2016. "First genetic evidence of illegal trade in endangered European eel (*Anguilla anguilla*) from Europe to Asia." *Conservation Genetics Resources* 8(4): 533-537.

SURAT, P. 2021. *Electroforesis como herramienta en medicina legal*. News Medical Life Sciences.

TAMAYY DE DIOS, L. *et al.* 2013. "Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real." *Investigación en Discapacidad*. 2 (2): 70-78.

TARUFFO, M. 2005. Conocimiento científico y estándares de prueba judicial. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, núm. 114, págs. 1285-1312.

TORRES ROSELL, N. 1991. "La denuncia en el proceso penal". Madrid. Págs. 427-443

TRAUTNER, J. 2006. "Rapid identification of European (*Anguilla anguilla*) and North American eel (*Anguilla rostrata*) by polymerase chain reaction." *Information on Fishery Research* 53:49-51

TRAUTNER, J. 2013. "Stocking the right eel species: a fast PCR-based identification assay to discriminate European (*Anguilla anguilla*) (Linnaeus, 1758), American (*A. rostrata*) (Lesueur, 1817) and Japanese eel (*A. japonica*) (Temminck & Schlegel, 1846)." *Journal of Applied Ichthyology* 29(4): 912-915. doi: 10.1111/jai.12233

TREJO POISON, M. 2001. "Tráfico Ilegal de Especies Protegidas: Criminalidad Medioambiental Organizada", en III Jornadas de Estudios de Seguridad, Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado – UNED.

TUGLIO, V. 2017. "La lucha contra el tráfico de especies silvestres en América del Sur." *DA. Derecho Animal. Forum of Animal Law Studies*. Vol. 8, núm. 2, págs. 1-4.

VALVERDE LOZAMO, G. 2017. *Extracción de ADN por la técnica fenol-cloroformo*. SlidePlayer. Recuperado el 25 de enero de 2022 de <https://slideplayer.es/slide/12758680/>

- VAZQUEZ LOBO TURÉN, A. y MORALES GARCÍA, A.E. 2014. “Microsatélites” en Amelia Cornejo Romero, Alejandra Serrato Díaz, Beatriz Rendón Aguilar y Martha Graciela Rocha Munive (eds.) *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*. Pág. 76.
- VÁZQUEZ ROJAS, C. 2014. Sobre la científicidad de la prueba científica en el proceso judicial. *Anuario de Psicología Jurídica*. Núm. 24, págs. 65-73.
- VÁZQUEZ ROJAS, C. 2015. “De la prueba científica a la prueba pericial.” Colección Filosofía y Derecho. Ed. Marcial Pons. Madrid. ISBN: 978-84-16402-76-2.
- VELAYOS MARTÍNEZ, M.I. 1995. “El derecho del imputado al silencio”, *Justicia, Revista de derecho Procesal*, nº 1-2, Págs.59-94
- VILACA, S.T. *et al.* 2006. “DNA-based identification applied to *Thamnophilidae* (Passeriformes) species: the first barcodes of Neotropical birds.” *Revista Brasileira de Ornitología*. 14: 7-13
- VILCHEZ GIL, M.A. 2018. Marcadores genéticos, ADN y su incidencia en el proceso penal como valor probatorio. *Revista Aranzadi de Derecho y Proceso Penal*, núm. 49, pág. 4.
- VILLEGAS, E.E. *et al.* 2015. “Métodos de genotipificación” en *Genética forense no humana*.” Editorial de la Universidad de La Plata. Págs. 54-101.
- WASSER, S.K. *et al.* 2008. “Combating the illegal Trade in African Elephant Ivory with DNA Forensics.” *Conservation Biology* 22 (4): 1065-1071. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01012.x
- WIEGAND, P., SCHÜRENKAMO, M. y SCHÜTTE, U. 1992. "DNA extraction from mixtures of body fluid using mild preferential lysis. *International Journal of Legal Medicine* 104(6):359-60. doi: 10.1007/BF01369558. PMID: 1515365.
- ZAFRA ESPINOSA DE LOS MONTEROS, R. 2010. “Implicaciones del Tratado de Lisboa en la lucha contra la delincuencia organizada.” *Revista General de Derecho Penal*. Núm. 14, págs. 1-36.
- ZANE, L., BARGELLONI, L. y PATARNELLO, T. 2002. “Strategies for microsatellite isolation: a review.” *Molecular Ecology*. Núm. 11, págs. 1-16.

