Boletín de información

Marzo de 2000

NAWEG

El análisis de ADN en la zoología forense

INTRODUCCIÓN

El análisis de ADN en la medicina forense examina la evidencia contenida en el material genético encontrado en la escena del crimen con objeto de vincular al sospechoso con la víctima y la escena del crimen. En los crímenes relacionados con la vida silvestre su empleo permite a los analistas hoy en día responder a un abanico de preguntas más amplio que antes. Por ejemplo, puede ayudar a determinar no sólo si las muestras recogidas durante una investigación correspondían a la misma especie, sino también al mismo animal.

El objetivo de este folleto es ofrecer un panorama general del uso del análisis de ADN en la zoología forense. No pretende ser un manual completo de la manera de aplicarlo. La Comisión para la Cooperación Ambiental y el Grupo de América del Norte para la Aplicación de la Legislación sobre Vida Silvestre (NAWEG) ofrecen esta breve introducción con la esperanza de contribuir a controlar los crímenes de la vida silvestre en los tres países de América del Norte.

En este folleto se cubren varios temas:

- Antecedentes del ADN y de su análisis, incluido el espectro de preguntas que éste puede responder.
- Información sobre cómo recoger y manejar la evidencia y la manera de enviar muestras evitando su contaminación.
- Información de los requerimientos jurídicos para interponer una acción judicial.

ANTECEDENTES DEL ADN

Presente en las células de los organismos vivos, el ADN está constituido por largas moléculas de dos bandas. Cada banda tiene un eje a lo largo del cual se encuentran secuencias organizadas de compuestos químicos llamados nucleótidos. La molécula de ADN se puede comparar con una vía férrea: los rieles forman el eje y las traviesas representan a los nucleótidos. Sólo hay cuatro nucleótidos distintos, pero su secuencia lineal es genéticamente relevante porque determina todas las características hereditarias del individuo: desde la especie y el sexo hasta rasgos secundarios como el color de los ojos.

Casi todas las clases de análisis de ADN que se hacen hoy en día implican un proceso de RCP (reacción en cadena de la polimerasa). La RCP "aumenta", o copia, pequeñas regiones específicas del ADN. Al igual que en el fotocopiado, la RCP produce muchas copias de una región específica del ADN, generando el ADN suficiente para analizar e incrementar la sensibilidad del análisis. Ello significa que pequeñas muestras, e incluso las parcialmente degradadas, se pueden analizar mediante la RCP: atributo por demás útil en situaciones forenses en que la calidad de la muestra no suele ser óptima.

PARA QUÉ SE PUEDE USAR EL ANÁLISIS DE ADN

1. **Identificación de especies.** Para identificar la especie de una muestra, la secuencia de un segmento específico del ADN se determina y compara con tramos conocidos. Esta técnica se emplea para muestras que se han cocido o degradado parcialmente o carecen de material suficiente para probarse con métodos menos costosos. Una desventaja es que determinar la secuencia del ADN es más laborioso y caro que otras técnicas de uso generalizado, como el análisis de las proteínas.
2. **Determinación de género.** El género (sexo) del animal del que proviene una muestra se puede definir fácilmente.

Cooperación entre el NAWEG y la Comisión para la Cooperación Ambiental

Cuando Canadá, Estados Unidos y México fortalecieron sus vínculos económicos mediante el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), también se comprometieron a emprender una asociación medioambiental. En 1993 los tres países firmaron el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) y crearon la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). Entre los objetivos del ACAAN figura el establecimiento de cooperación regional para la conservación, la protección y el enriquecimiento del medio ambiente. El ACAAN también encomienda a las Partes la aplicación efectiva de sus respectivas legislaciones ambientales, incluidas las destinadas a la protección de la flora y la fauna silvestres.

En respuesta a estos compromisos, la CCA estableció en 1995 un programa de cooperación para la aplicación de las leyes a fin de brindar un foro de cooperación regional e intercambiar experiencia, generar capacidad para aplicar las leyes y explorar enfoques alternativos para la aplicación efectiva. El Consejo de la CCA instituyó el Grupo de Trabajo de América del Norte de Cooperación para la Aplicación y el Cumplimiento Ambientales (GTA) para formar un foro de cooperación regional. El NAWEG participa como miembro del GTA y ofrece orientación para identificar prioridades de cooperación regional en las actividades destinadas a proteger la vida silvestre del subcontinente.

CCE CCA CEC

Programa de Cooperación para la Aplicación
de la Legislación Ambiental
393, rue St. Jacques ouest, bureau 200
Montréal (Québec) H2Y 1N9
T (514) 350-4334 F (514) 350-4314
info@ccemtl.org
http://www.cec.org

North American Wildlife Enforcement Group (NAWEG)
Groupe nord-américain sur l'application des lois sur les espèces sauvages
Grupo de América del Norte para la aplicación de la legislación sobre vida silvestre

Regiones específicas del ADN se aumentan mediante la RCP y luego se separan para ser estudiadas. En la mayoría de los sistemas usados, la presencia de dos bandas de ADN significa que el animal era macho y la de una, hembra. Esta prueba es rápida y se puede realizar con equipo relativamente barato.

3. **Identidad individual.** A la determinación de la identidad mediante el uso del ADN se le conoce de manera diversa: definir el genotipo, las huellas dactilares, el tipo y el perfil del ADN. Los grupos de etiquetas genéricas (locus) de las cadenas de ADN se aumentan aplicando la RCP para establecer los genotipos ("las huellas dactilares del ADN") de cada muestra. Luego se comparan para establecer si dos o más muestras se originaron en el mismo animal; es éste el uso más común del análisis de ADN. Sin embargo, el equipo necesario es similar al empleado para fijar la secuencia y es costoso. Los cálculos de la posibilidad de que ocurran coincidencias por azar exigen análisis estadísticos que comparen las muestras del caso con una base de datos genética. Esta base se construye mediante la tipificación de muestras de ADN de la misma manera en que se procede para encontrar la identidad individual.

   Se cuenta con sistemas de tipificación de ADN para la mayoría de las especies con que se topan los funcionarios encargados de la vida silvestre, como mamíferos, aves y peces. Los sistemas para otras especies se desarrollan de continuo en numerosas universidades con fines de investigación. Éstos se pueden adaptar a las aplicaciones forenses cuando es necesario.

4. **Número mínimo de animales.** Cuando un funcionario encuentra un gran número de piezas suele ser útil saber cuántos animales distintos están implicados. En estos casos se determina el genotipo de cada muestra. Por ejemplo, si después del análisis se descubren tres genotipos diferentes, significa que al menos tres animales distintos están representados en el grupo de muestras.

5. **Relaciones progenitor-cría.** El análisis de ADN se puede utilizar para establecer si cierta muestra es del progenitor de otra muestra. Por ejemplo, se pueden entablar cargos adicionales si se puede demostrar que el cadáver de un osezno encontrado cerca de un ejemplar adulto muerto era su cría. De nuevo, los genotipos de cada muestra se obtienen y comparan. El genotipo de una cría debe compartir ciertas características con sus padres. De no ser así, entonces los dos animales no tienen relación progenitor-cría. Si la tienen, entonces no se puede descartar este tipo de relación. El establecimiento de una relación progenitor-cría requiere un análisis estadístico que compare muestras del caso con la población de la que provinieron. Esta clase de análisis depende de la disponibilidad de un número de etiquetas genéticas para fijar el genotipo mayor del que suele ser necesario para el análisis de identidad individual (véase el inciso 3) y, por ende, es más difícil.

6. **Identificación de la población.** Diversas poblaciones de la misma especie animal pueden ser genéticamente distintas y estas diferencias se pueden aprovechar para determinar el origen geográfico de un ejemplar. Esta clase de análisis podría ser de utilidad en investigaciones en que se desconoce el escenario del crimen. Para establecer qué poblaciones son probables desde la óptica genética es necesario determinar los genotipos de los animales de esas poblaciones. Estas bases de datos se construyen mediante la tipificación de ADN de la misma manera en que se procede para definir la identidad individual. Luego de establecer lo anterior, se puede realizar un análisis estadístico para determinar la población de procedencia más probable de las muestras del caso. Con todo, hoy en día la limitada cantidad de las bases de datos genéticos restringe esta clase de análisis a un puñado de especies de unas cuantas zonas.

Los análisis estadísticos requieren bases de datos de diversas especies y variadas poblaciones de la especie. El conjunto de muestras de ADN recogidas por los encargados de la vida silvestre y los biólogos de campo ayudarán a los laboratorios a construir las bases de datos necesarias para incrementar la disponibilidad de las técnicas descritas en los incisos 3, 5 y 6.

LIMITANTES DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE ADN

1. El análisis de ADN no se puede usar para determinar la edad de la muestra.
2. No se puede aplicar si no se puede extraer ADN.
3. El análisis de ADN puede resultar costoso y se ha de emplear sólo cuando sea necesario. Por ejemplo, si es posible demostrar que dos muestras se originaron del mismo animal mediante la correspondencia de las partes del cuerpo, entonces el análisis de ADN no se debe aplicar.

4. Un gran inconveniente del análisis de ADN es el costo del equipo requerido para realizar los análisis. Para los laboratorios locales puede resultar prohibitivo establecer en sus instalaciones capacidad para trabajar con ADN, lo que puede conducir a la creación de centros regionales competentes. Un problema de optar por "laboratorios regionales" es el costo de llevar testigos especializados para que testifiquen en los juicios de la jurisdicción afectada. Esto puede requerir más iniciativas de financiamiento o el establecimiento de arreglos entre las jurisdicciones.

RECOPILACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LAS PRUEBAS

Para que un análisis de ADN se considere jurídicamente válido es de vital importancia garantizar la integridad de la muestra y la continuidad de la evidencia; es preciso formular procedimientos de recopilación y manejo de la evidencia que aseguren lo anterior. Si una muestra se recopila, se somete a análisis o se maneja de algún modo que permita su degradación o contaminación, puede resultar imposible hacer un análisis preciso. Son diversas las maneras de que esto puede suceder:

1. **La contaminación cruzada de muestras durante la recopilación.** Para evitar todo riesgo de contaminación, se deben limpiar cada vez, entre una muestra y otra, los cuchillos empleados para hacer los cortes en el cuerpo del animal muerto.
2. **Degradación de las muestras por técnicas inadecuadas de almacenamiento y embarque.** Una vez que se recopila la evidencia ésta se debe almacenar en condiciones que eviten que se siga degradando. Las muestras de tejido, y sobre todo de sangre, frescas, son muy proclives a descomponerse si no se guardan congeladas o al menos frías. Si las condiciones de campo no permiten enfriar la muestra, entonces puede convenir secarla. El ADN es estable cuando se seca y se le puede aislar fácilmente a partir de tejidos o sangre secos. Hay portamuestras para manejar especímenes frescos. También es posible almacenar tejidos en soluciones de etanol o sulfóxido de dimetilo (DMSO, por sus siglas en inglés) o sal saturada a temperatura ambiente.
3. **Contaminación cruzada de muestras durante el embarque de la evidencia.** Las muestras forenses se suelen embarcar en bolsas de plástico. Aunque esto es aceptable para artículos frescos siempre que se mantengan congelados o fríos, las muestras con extremos afilados o puntiagudos, como cuchillos, piezas de hueso y rocas, son muy pesados cuando están congelados y pueden hacer agujeros en el material de embalaje si no se evita que los paquetes se golpeen entre sí durante la travesía. Las bolsas aparentemente intactas cuando su contenido está congelado pueden dar la sorpresa de estar goteando al momento de llegar a su destino. Los embarques de especímenes secos en contenedores de papel, como bolsas o sobres, también están expuestos al problema de que se perforen o mezclen.

CONSIDERACIONES PARA UN EMBARQUE ADECUADO

La evidencia debe sellarse y guardarse debidamente en empaques adecuados. Si las piezas se necesitan guardar frías, se deben usar contenedores aislantes, como refrigeradores con bloques de hielo. Una caja de cartón con la evidencia envuelta en papel periódico no es conveniente. Hay que asegurarse de que al margen de lo que se use como fuente de frío no pueda gotear y dañar la evidencia. El envío de evidencia a los laboratorios suele hacerse mediante un servicio de paquetería. Aunque estos servicios "garantizan" el embarque durante cierto periodo, no es mala idea preparar el paquete para un lapso mayor al previsto.

No es necesario enviar todo. El análisis de ADN no requiere grandes cantidades y si el funcionario conserva parte de la evidencia, ésta se puede emplear en caso de pérdida o daño del envío original. Además, se contará con evidencia si el abogado defensor desea que las pruebas las haga un laboratorio independiente.

La evidencia debe ir acompañada de los documentos del caso. Esto se aplica a la evidencia que cruza fronteras internacionales sujetas a inspección de los aduaneros, así como la que incluye especies cuyo movimiento está restringido por acuerdos internacionales u otras legislaciones. Es preciso tomar todas las medidas posibles para evitar la pérdida de continuidad. Hay que tener todos los permisos necesarios por adelantado.

Los funcionarios deben estar en contacto con el laboratorio antes del embarque de toda evidencia. El personal de éste podrá discutir la habilidad del establecimiento para realizar los análisis requeridos, prever el tiempo que tomará, calcular los costos y dar asesoría sobre el mejor método de embarque. Los laboratorios también deben ser capaces de responder preguntas en torno de la recopilación de la evidencia. Hay que acordar el método de envío y confirmar la

fecha aproximada de su arribo. Esto puede permitir al laboratorio receptor seguir la pista de los embarques perdidos antes de que sea demasiado tarde.

REQUERIMIENTOS JURÍDICOS PARA EL ACTO JUDICIAL

La evidencia presentada para prueba de ADN se somete a los mismos requisitos que toda evidencia física. Esto incluye el historial de custodia (continuidad de la evidencia) y la preservación de la evidencia. Si hay fallas en el mantenimiento de un adecuado historial de custodia, es probable que la evidencia sea inadmisible. Si ésta no se recoge y mantiene de manera correcta es posible que no se pueda usar para un análisis forense. Los procedimientos del manejo de la evidencia en todas las fases de la investigación se pueden poner en tela de juicio en la corte. El mero uso de un análisis de ADN no sustituye las técnicas adecuadas de investigación y no eximirá de una investigación si no se llevan a cabo los procedimientos correctos.

Los funcionarios y los laboratorios encargados de la vida silvestre comparten la responsabilidad de que la evidencia adecuada llegue a los tribunales. Es responsabilidad del funcionario asegurar que la recopilación de la evidencia y otras partes de la investigación se manejen apropiadamente. La del laboratorio es tener personal bien capacitado que efectúe el análisis, ya que es esencial que, de ser necesario, los analistas puedan ser considerados como peritos en el tribunal. Los laboratorios forenses deben también manejar y almacenar la evidencia adecuadamente, manteniendo el historial de custodia una vez recibida la evidencia. Estos laboratorios llevan registros de cómo se realizan los procedimientos analíticos. Estos procedimientos están estandarizados en el laboratorio. Los de zoología forense comienzan a implantar técnicas estandarizadas entre los que realizan las mismas clases de análisis. Algunos laboratorios han recibido acreditación de dependencias del exterior. Otros están pensando en hacer lo propio. Sin embargo, aún si no cuentan con una acreditación formal, los laboratorios pueden tomar medidas para garantizar que el trabajo realizado pueda soportar el escrutinio de los tribunales.

Los requisitos jurídicos para la presentación de la evidencia en el tribunal pueden variar de una jurisdicción a otra. Las modificaciones en las leyes relativas a la evidencia y a la jurisprudencia que interpretan esas leyes pueden afectar la manera en que se realizan las investigaciones, qué evidencia se puede recoger y cómo se presenta la evidencia en el tribunal. Los funcionarios deben estar alertas ante cualquier innovación en los requisitos técnicos jurídicos.

CONCLUSIÓN

El análisis de ADN, en particular su tipificación, tiene una amplia aceptación en la comunidad científica. La tipificación ya se emplea como herramienta para responder muchas preguntas relacionadas con la medicina forense. Y la evidencia de pruebas de ADN se ha usado con éxito por algún tiempo en los tribunales para casos de crímenes humanos. Está ganando presencia en investigaciones y juicios de crímenes de la vida silvestre y los funcionarios relacionados con la materia la deben aprovechar.

Mayor información con las siguientes entidades de su jurisdicción:

Estados Unidos

Special Operations
Division of Law Enforcement
U.S. Fish and Wildlife Service
P.O. Box 3247
4401 North Fairfax Drive, 5th Floor
Arlington, VA 22203
Tel.: (703) 358-1949
Fax: (703) 358-2271
Correo-e: R9LE_www@fws.gov
Internet: http://www.fws.gov

Canadá

Chief, Wildlife Division
Environment Canada
351 St. Joseph Blvd.
17th floor
Hull (Québec) K1A 0H3
Tel.: (819) 953-4383
Fax: (819) 953-3459
Correo-e: wildlife.enforcement@ec.gc.ca
Internet: http://www.ec.gc.ca

México

Subprocurador de Recursos Naturales
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa)
Periférico Sur 5000, 2° piso
Col. Insurgentes Cuicuilco
C.P. 04530, México, D.F.
Tel.: (525) 665-0757/665-0748
Fax: (525) 666-9482
Correo-e: pfpaweb@correo.profepa.gob.mx
Internet: http://www.profepa.gob.mx