

MEMORIA TÉCNICA

TÍTULO DEL PROYECTO: Análisis genético de muestras críticas

- **Datos del proponente:**

Las dos proponentes pertenecen al Departamento de Medicina Legal, Psiquiatría y Patología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

Las responsables internas son las docentes e investigadoras Cláudia Lopes Gomes y Sara Palomo Díez, expertas en el análisis de material genético en avanzado estado de descomposición. Ambas investigadoras están colegiadas en el Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, con los respectivos números de colegiadas: 20633-M y 20646-M.

- **Descripción del proyecto:**

El análisis genético de muestras biológicas degradadas o críticas es un área de estudio que requiere de una gran especialización, tanto técnica como de instalaciones, aparatos y reactivos necesarios para su realización. Entendemos por muestras biológicas críticas aquellas que hayan sufrido un proceso de descomposición/degradación que las lleve a tener una concentración de ADN inferior a 1 ng por µl, que conlleve la pérdida, alteración y daño de las moléculas de ADN. Pudiendo tratarse tanto de muestras contemporáneas, que hayan sufrido un avanzado grado de degradación molecular debido a cuestiones ambientales; así como de muestras de interés arqueológico que pueden tener de cientos a miles de años de antigüedad.

El tipo de muestras a analizar en estos contextos suele ser predominantemente óseo y dental; sin embargo, también se llevarán a cabo análisis de sedimentos y tierras circundantes a los enterramientos, con la finalidad de detectar transferencias de ADN desde las muestras humanas hacia el terreno, o bien para analizar la presencia de determinados microorganismos. Existe también otro tipo de muestras que, debido a la forma como han sido conservadas, requieren un procesamiento y un análisis genéticos diferentes, específicos de muestras en avanzado estado de descomposición, como son muestras de sangre degradada impregnadas en tejidos, muestras de cabello, tejidos momificados, entre otras muestras humanas.

Los objetivos de los análisis llevados a cabo mediante técnicas de genética aplicada a muestras críticas son diversos, siendo los principales los siguientes:

1. El estudio del origen biogeográfico: Mediante el análisis de marcadores de linaje, principalmente el ADN mitocondrial y el cromosoma Y.
2. El estudio de relaciones de parentesco cercano: Mediante el estudio de marcadores STRs autosómicos, u otros tipos de polimorfismos autosómicos; cumplimentado con análisis de cromosoma Y y de ADN mitocondrial. Este tipo de estudios resulta especialmente interesante en casos de enterramientos múltiples y/o colectivos, así como en ciertos casos de identificación genética.
3. La identificación personal: mediante el estudio de marcadores autosómicos nucleares, así como complementada con ADN mitocondrial y cromosoma Y.
4. Diagnóstico molecular del sexo: se pueden analizar marcadores genéticos ubicados en los cromosomas sexuales o la cuantificación de marcadores de cromosoma Y.
5. Estudio de marcadores genéticos no humanos: por ejemplo, con fines de investigación paleopatológica; analizando el genoma de microorganismos de interés; tanto ambientales como potenciales patógenos que pudieron haber desencadenado algún tipo de enfermedad en los individuos estudiados.
6. Estudio de marcadores genéticos patológicos: por ejemplo, marcadores asociados a intolerancias alimentarias, o a determinadas enfermedades con base genética.
7. Estudio de marcadores fenotípicos (EVCs, o External Visible Characters): Con la finalidad de aproximarnos al conocimiento del aspecto físico del individuo, incluyendo su color de ojos, cabello y piel.
8. Estudio geológico y químico: este estudio permite contextualizar el análisis genético de suelo, materiales de interés arqueológico.

Todos estos análisis contribuyen al mejor conocimiento de las poblaciones humanas, contribuyendo de este modo a otras áreas de conocimiento como la historia, la arqueología, la forense y la evolución de las poblaciones. Así como complementando información en el caso de muestras actuales, que pueden aportar información relevante en el ámbito forense.

- **Justificación de la externalización:**

La realización de análisis de ADN crítico no puede llevarse a cabo en un laboratorio de genética cualquiera, requiere de unas instalaciones específicas debido a la fragilidad y la propia naturaleza de las muestras.

Las muestras trabajadas en este ámbito son de gran valor por ser únicas e irremplazables, lo que requiere un trabajo muy especializado y profesional. Además, se trata de muestras en las que la concentración de ADN es baja, pudiendo encontrar la molécula fragmentada, y dañada; y siendo más susceptible de ser contaminada con ADN exógeno.

Por estas razones, para llevar a cabo este tipo de análisis se necesitan laboratorios aislados de acceso restringido, que dispongan de diversas salas para llevar a cabo las diferentes etapas del procedimiento analítico. Concretamente se requiere de tres áreas físicamente separadas:

- Un área pre-PCR: en la que se reciben las muestras, son fotografiadas, y se someten a un pretratamiento, para eliminar posibles partículas de ADN contaminante adherido a sus superficies. Posteriormente, en otra sala dentro de esta área pre-PCR se llevará a cabo la extracción de ADN a partir de las muestras.
- Un área de preparación de PCR. Donde se lleva a cabo la preparación de las mezclas de PCR de forma previa a su procesamiento en el termociclador, que se encuentra en un área físicamente separada. También en esta área se prepara la reacción para cuantificación por Real-Time PCR o cuantificación absoluta.
- Un área post-PCR: donde se realizan todos los procesos posteriores a la PCR, tales como geles de agarosa, preparación de reacciones para secuenciación, etc.

El laboratorio en el que se ubican nuestros servicios cuenta con todas estas áreas, estando todas ellas físicamente separadas y aisladas. Tanto el área pre-PCR como el área de preparación de PCR, son de acceso restringido, al que solo accede el personal especializado en el análisis de muestras críticas. Estas dos salas están dotadas de luz UV para inhabilitar las posibles moléculas de ADN contaminante, y son sometidas a limpiezas recurrentes, antes y después de cada uso, con lejía y etanol diluidos. Los trabajadores siempre acceden a estas salas con vestuario exclusivo de un único uso, que

consta de: buzo, patucos, gorro, mascarilla, gafas y guantes. Siempre se trabaja con doble guante. El vestuario es radiado con luz UV previo uso.

Las labores de extracción y PCR se llevan a cabo dentro de cabinas de flujo laminar, y el instrumental de cada sala es de uso único y exclusivo dentro de esa sala, no pudiendo intercambiarse material entre las diferentes áreas de trabajo.

Todo este protocolo de trabajo está claramente estandarizado, para asegurar la obtención de resultados fiables; cumpliendo con los criterios de autenticidad del ADN crítico para garantizar resultados sólidos y libres de contaminación.

JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE EXTERNALIZACIÓN

Fundamentalmente podemos centrarnos en dos razones primordiales para justificar la necesidad de externalización del servicio:

1. En base a la explicación anterior, podemos entender que se trata de un tipo de servicio altamente cualificado y específico, que requiere de instalaciones, materiales y conocimientos para trabajar adecuadamente. Nuestro equipo consta de estos tres elementos, pudiendo dar un servicio adecuado para posibles interesados: como historiadores, arqueólogos, antropólogos, u otros especialistas de otros ámbitos de conocimiento que puedan tener interés en el análisis genético de este tipo de muestras.
2. Por otro lado, es cierto que en algunos casos hemos trabajado con pequeños encargos utilizando contratos por el Artículo 60. Sin embargo, esto supone un problema importante de gestión. La dificultad radica en el elevado coste de los reactivos que utilizamos para la realización del proceso analítico, especialmente en la etapa de amplificación del ADN y de secuenciación (ya sea mediante técnicas clásicas como Sanger, o mediante secuenciación masiva, NGS). La dificultad está en que cuando recibimos un encargo particular, normalmente éste consiste en el análisis de un número reducido de muestras, que pueden ir desde un único individuo hasta decenas de ellos. Pero sea un encargo para el análisis de una muestra o varias, si debemos llevar a cabo, por ejemplo, un estudio de STRs autosómicos, requiere la compra de un kit comercial cuyo coste

oscila entre los 4000 y los 8000 euros (por favor, consultar <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/A43565>; <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/4484678?SID=srch-srp-4484678>). Este kit puede servir para llevar a cabo 200 análisis; sin embargo, necesitamos comprarlo a pesar de que ese encargo concreto consista en un único análisis, y, por ende, el coste del contrato por el artículo 60 sea muy inferior a lo que pueda cubrir el coste del gasto del kit. Siendo este kit además sólo una parte del material necesario para llevar a cabo la analítica.

Por esta razón, la posibilidad de realizar un contrato de Servicios Externos nos facilitaría mucho la forma de gestionar los gastos del laboratorio; dado que permitiría acumular los importes de diferentes encargos, para poder obtener los reactivos fungibles necesarios y así cubrir el análisis de esos diferentes proyectos; lo que es imposible por las vías alternativas al encontrarse los importes fraccionados y no alcanzar el monto necesario para poder realizar la compra de ciertos materiales de alto coste.

- **Protocolo de análisis genético:**

1. **Obtención de la muestra:** Se lleva a cabo la toma de la muestra, a ser posible, *in situ* por parte del personal especializado. Si esto no fuera posible, los especialistas en antropología física, arqueología, o médicos forenses que atiendan el caso, tomarán la muestra de acuerdo con las recomendaciones indicadas por el laboratorio. Siempre tratando de tomar dos muestras por cada individuo para así poder replicar el proceso analítico, cumpliendo de este modo con otro de los criterios de autenticación de resultados de ADN crítico.
2. **Pretratamiento de la muestra:** Las muestras son fotografiadas, y adecuadamente registradas a la llegada al laboratorio, manteniendo actualizado el registro de muestras procesadas. Posteriormente su superficie es limpiada mediante abrasión utilizando una arenadora con óxido de aluminio a presión. Tras este procedimiento las muestras son radiadas con luz UV durante un periodo de tiempo determinado en función de cada muestra.
3. **Técnicas de extracción y cuantificación de ADN:** El ADN se extrae mediante un proceso de extracción orgánica no destructiva, basado en la utilización de

sílica combinada con tiocianato de guanidina, de acuerdo con el protocolo de Gomes and Palomo-Díez 2015. Posteriormente los extractos de ADN son cuantificados mediante cuantificación absoluta o específica, según la necesidad de la prueba solicitada.

4. **Amplificación del material genético:** Según la necesidad específica del análisis solicitado, se amplifica el material genético correspondiente, bien el ADN nuclear autosómico, los cromosomas sexuales, el ADN mitocondrial o marcadores genéticos no humanos.
5. **Protocolos de secuenciación:** En función de la necesidad específica del análisis solicitado, se optará por la secuenciación Sanger clásica, el análisis de fragmentos cromosómicos, secuenciación masiva o el análisis metagenómico. En este paso del procedimiento analítico, cabe destacar que ciertos análisis, tales como la secuenciación mediante Sanger y el análisis de fragmentos cromosómicos, se llevarán a cabo a través de la Unidad de Genómica del C.A.I. de Técnicas Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.
 - a. Se hace constar explícitamente la ausencia de conflicto de competencias con dicha Unidad; de hecho, el procedimiento operativo de esta bolsa de servicios contempla la utilización del C.A.I. como proveedor interno para las fases de electroforesis capilar, cuyos costes públicos vigentes ya han sido integrados en nuestra propuesta de tarifas.
 - b. Nuestro servicio aporta un valor diferenciador que va más allá de la obtención del perfil genético base. Nuestra labor abarca tanto el tratamiento especializado de muestras críticas previo a la fase analítica, como la posterior interpretación técnica de los resultados, especialmente compleja en muestras con bajo contenido de ADN. Por tanto, nuestra actividad se define como una extensión especializada y sinérgica que complementa la capacidad tecnológica del C.A.I., transformando datos brutos en informes técnicos o periciales de alto valor añadido.
6. **Resultados y objetivos científicos:** El análisis de resultados se realizará por el personal del propio laboratorio, utilizando los softwares específicos para cada tipo diferente de análisis; tales como Chromas y Mutatio Surveyor para el análisis de secuencias; Gene Mapper * para el análisis de fragmentos;

Stripper * para el análisis de SNPs de EVCs, etc. U otros en función de las necesidades de cada tipo de servicio solicitado.

7. **Emisión de informe final:** Todo trabajo realizado se detallará, así como los resultados obtenidos a través de un informe técnico final.
8. **Otro tipo de análisis:** En ciertos casos puede ser recomendable la realización de análisis de prospección molecular (análisis químico) para valorar el estado de preservación de la molécula de ADN o bien para realizar estudios complementarios. En estos casos, el servicio será solicitado a entidades colaboradoras externas o servicios externos.

• **Presupuesto detallado:**

A continuación, se desglosan los valores para cada tipo de posible gasto clasificados en los diferentes procedimientos que se llevan a cabo en el laboratorio, de modo que el solicitante del servicio podrá seleccionar aquel procedimiento o aquellos procedimientos que necesite, no siendo obligatorio realizar todos ellos:

- a) **Personal:** En caso necesario para pagar a un profesional autónomo, el precio por hora será de 25€ + IVA.
- b) **Materiales:** El coste de los consumibles depende del objetivo del cliente en cuestión, llevándose a cabo el análisis genético pertinente.
- c) Se ha considerado un 10% de gasto de mantenimiento de equipos del laboratorio.

A continuación, se indican los precios para el análisis de 1 individuo (2 muestras):

PROCEDIMIENTO	PRECIO UCM	PRECIO OPIS	PRECIO EXTERNOS
Limpieza (en caso de muestras óseas y dentales)	23 € + IVA	26,45 € + IVA	28,75 € + IVA
Extracción y Cuantificación y Evaluación de la Calidad del material genético (muestras óseas)	248,4 € + IVA	285,66 € + IVA	310,5 € + IVA
Extracción y Cuantificación y Evaluación de la Calidad del material genético (muestras no óseas)	9,2 € + IVA	10,58 € + IVA	11,5 € + IVA
Linaje materno	322 € + IVA	370,3 € + IVA	402,5 € + IVA
Linaje paterno	184 € + IVA	211,6 € + IVA	230 € + IVA
Determinación parentesco biológico cercano (por individuo)	138 € + IVA	158,7 € + IVA	172,5 € + IVA
Estudio de linaje mixto (AIMs)	138 € + IVA	158,7 € + IVA	172,5 € + IVA
Estudio de EVCs (External Visible Characters)	165,6 € + IVA	190,44 € + IVA	207 € + IVA
Intolerancias alimentarias	165,6 € + IVA	190,44 € + IVA	207 € + IVA
Metagenómica de microorganismos	161 € + IVA	185,15 € + IVA	201,25 € + IVA
Informe científico-técnico	46 € + IVA	52,9 € + IVA	57,5 € + IVA

- **Análisis y Justificación del Coste Unitario**

Los precios se calcularon con base en una investigación de mercado, así como de empresas presentes en el Acuerdo Marco, consultando los valores de proveedores de reactivos y material fungible (incluyendo ThermoFisher SCIENTIFIC, Biotools, Qiagen, DeltaLab, Labbox y Promega), además de las tarifas internas del Centro de Apoyo a la Investigación de Genómica de la UCM.

- **Previsión de gastos**

Los beneficios obtenidos por la prestación del servicio serán destinados a las siguientes finalidades:

- Compra de material fungible para la realización del servicio.
- Compra de material inventariable para la realización del servicio.
- Pago de cuotas de los casi (Centros de Apoyo a la Investigación) de la UCM
- Congresos
- Traducciones
- Publicaciones
- Viajes, alojamiento y dietas
- Otros servicios, como puede ser el caso de profesionales autónomos
- Ponencias

Fdo.: Dra. Sara Palomo Díez

Firmado por PALOMO DIEZ
SARA - ***5291** el día
28/05/2026 con un
certificado emitido por
AC FNMT Usuarios

Fdo.: Dra. Cláudia Lopes Gomes

Firmado por LOPES GOMES
CLAUDIA FILIPA - ****5729* el día
28/05/2026 con un certificado emitido
por AC FNMT Usuarios

SOLICITUD SERVICIOS EXTERNOS (ANEXO IV)

D./DÑA. Sara Palomo Díez y Cláudia F. Lopes Gomes CON DNI N° 70252917S y Y2845729E, respectivamente. DEL DEPARTAMENTO DE Medicina Legal, Psiquiatría y Patología DE LA FACULTAD DE Medicina. IMPORTE: 100%. DURACIÓN 3 años.

GASTOS GENERALES

- Importe sin IVA	100%
- Costes de ejecución (*)	90%
- Gastos generales administración y gestión económica (5% del Importe sin IVA. Elegir gestión UCM o FGUCM):	5%
UCM ☐	
FGUCM ☒	
- Gastos generales UCM (2.5% del Importe sin IVA)	2,5%
- Gastos generales DPTO (2.5% del Importe sin IVA)	2,5%
- Total costes (Costes ejecución + gastos FGUCM+UCM+DPTO)	100%
- Cuantía para retribuciones (diferencia entre ingresos y gastos)	

X Marcar en el caso de utilización de la Plataforma de talleres de Apoyo a la Investigación.
En caso afirmativo, deberá adjuntar el presupuesto emitido por la Plataforma.

Desglose Retribuciones PDI UCM (**)

Nombre y Apellidos	Tipo Vinculación (***)	RETRIBUCIONES (****)		
		Cuantía final a percibir	Cuantía de la retención	Cuantía Bruta en concepto retribución
Prof 1				
Prof 2				
Prof 3				
Prof 4				
Prof 5				
Prof 6				
Prof 7				
Prof 8				
Prof 9				
Prof 10				
		Total	Total	Total

(*) Incluye material fungible, inventariable, viajes y dietas, varios y personal externo (colaboradores). En el caso de contratos laborales contactar con el departamento de recursos humanos de la Fundación General UCM.

(**) Se deben incluir ÚNICAMENTE el PDI de la UCM (personal docente e investigador de la UCM)

(***) Indicar si la vinculación del PDI es: - Permanente a tiempo completo

- Otra vinculación

Fdo.: (nombre y apellidos)

Firmado por PALOMO DIEZ SARA - ***5291** el día 28/05/2026 con un
Firmado por LOPES GOMES CLAUDIA FILIPA - ****5729* el día 28/05/2026 con un certificado emitido por AC FNMT

Información básica de protección de datos del tratamiento: Ayudas a la Investigación y Movilidad Investigadora	
Responsable	Vicerrectorado de Investigación y Transferencia +info
Finalidad	Gestión de ayudas a programas y proyectos de investigación y acciones complementarias, acciones especiales +info
Legitimación	Cumplimiento de una obligación legal, Misión en interés público +info
Destinatarios	Se prevén cesiones +info
Derechos	Acceder y rectificar los datos, así como otros derechos, explicados en la información adicional +info
Información adicional	Puede consultarse con detalle en: https://www.ucm.es/ata/com/00ca20-2019-10-17-info-610-Tratamiento%20de%20ayudas%20a%20la%20investigaci%C3%B3n_y%20movilidad_investigadora.pdf



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

[****] Exclusivamente al PDI de la UCM permanente a tiempo completo se aplicará una retención adicional sobre la cantidad destinada en concepto de retribución de persona por tramos de retribución de acuerdo a la siguiente tabla: Hasta 3.000 euros: una retención del 3 por ciento. Desde 3.000,01 hasta 10.000 euros: un 5 por ciento. Desde 10.000,01 euros en adelante: 10 por ciento.

Información básica de protección de datos del tratamiento: Ayudas a la Investigación y Movilidad Investigadora	
Responsable	Vicerrectorado de Investigación y Transferencia +info
Finalidad	Gestión de ayudas a programas y proyectos de investigación y acciones complementarias, acciones especiales +info
Legitimación	Cumplimiento de una obligación legal, Misión en interés público +info
Destinatarios	Se prevén cesiones +info
Derechos	Acceder y rectificar los datos, así como otros derechos, explicados en la información adicional +info
Información adicional	Puede consultarse con detalle en: https://www.ucm.es/data/cont/docs/2019-10-17-info-610-Tratamiento-de-ayudas-investigacion-y-movilidad-investigadora.pdf