



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE CIENCIAS MÉDICAS

ESTUDIO DEL ADN DE LA MICROBIOMA HUMANA Y SU APORTE EN
MEDICINA LEGAL

TIPAN PALADINES BRYAN DARIO
MÉDICO

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE CIENCIAS MÉDICAS

ESTUDIO DEL ADN DE LA MICROBIOMA HUMANA Y SU
APORTE EN MEDICINA LEGAL

TIPAN PALADINES BRYAN DARIO
MÉDICO

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE CIENCIAS MÉDICAS

EXAMEN COMPLEXIVO

ESTUDIO DEL ADN DE LA MICROBIOMA HUMANA Y SU APOORTE EN
MEDICINA LEGAL

TIPAN PALADINES BRYAN DARIO
MÉDICO

JARA GUERRERO EDMO RAMIRO

MACHALA, 25 DE OCTUBRE DE 2023

MACHALA
25 de octubre de 2023

ESTUDIO DEL ADN DE LA MICROBIOMA HUMANA Y SU APOORTE EN MEDICINA LEGAL

por BRYAN DARIO TIPAN PALADINES

Fecha de entrega: 09-oct-2023 11:19p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2191079274

Nombre del archivo: BRYAN_TIPAN_TURNITIN_CORREGIDO.docx (54.09K)

Total de palabras: 4391

Total de caracteres: 24009

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, TIPAN PALADINES BRYAN DARIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ESTUDIO DEL ADN DE LA MICROBIOMA HUMANA Y SU APORTE EN MEDICINA LEGAL, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 25 de octubre de 2023



TIPAN PALADINES BRYAN DARIO
0704644012

ESTUDIO DEL ADN DEL MICROBIOMA HUMANO Y SU APORTE EN MEDICINA LEGAL

RESUMEN

Introducción: Las ciencias forenses han ido avanzando a pasos acelerados en las últimas décadas y naciendo con ella nuevos métodos útiles para el peritaje como la secuenciación del ADN del microbioma para establecer y aclarar casos de ámbito médico legal como desapariciones, medio probatorio basados en varios aspectos de cada microorganismo que encontramos en áreas anatómicas que pueden ser usados como huellas particulares de cada individuo.

Objetivo: Determinar la utilización de la secuenciación del ADN del microbioma humano mediante el estudio bibliográfico para conocer el uso en medicina legal.

Metodología: : El presente estudio se realizó mediante método de análisis – síntesis últimos artículos científicos de alto impacto dentro de la comunidad científica con la ayuda de buscadores con terminología MESH una vez seleccionado se buscó en revistas indexadas como pubmed, Elsevier o en buscadores externos de revistas de alto valor académico para esta elaboración se estudió una variedad de artículos, se llegó a la selección específica para el enriquecimiento del tema buscado para comprensión del aporte del microbioma en el área de medicina legal

Conclusión: Según la información encontrada sobre el ADN del microbioma humano se ha tomado en cuenta en pocas investigaciones médicas legales que ayudaron a esclarecer casos tomando en cuenta ello la secuenciación genómica del microbioma debe estudiarse más a fondo que servirá como medio probatorio si no existiera ADN humano específico debido a degradación ya que el microbioma puede conservarse de una manera más efectiva permitiendo a los profesionales médicos legales para informes periciales.

Palabras clave:

Microbiología forense, microbioma, biogeografía forense, microbiota humano, tanatomiobioma, microbiota de la piel.

ABSTRACT

Introduction: Forensic sciences have been advancing at accelerated pace in recent decades and with it new useful methods for expert witnessing have been born, such as DNA sequencing of the microbiome to establish and clarify medical-legal cases such as disappearances, a means of evidence based on several aspects. . of each microorganism that we find in anatomical areas that can be used as particular fingerprints of each individual.

Objective: Determine the use of DNA sequencing of the human microbiome through bibliographic study to understand its use in legal medicine.

Methodology: This study was carried out using an analysis-synthesis method for the latest high-impact scientific with the help of search engines with MESH terminology. Once selected, it was searched in indexed journals such as Pubmed, Elsevier or in external search engines. journals of high academic value for this elaboration, a variety of articles were studied, a specific selection was reached to enrich the topic sought for understanding the contribution of the microbiome in the area of forensic medicine.

Conclusion: According to the information found about the DNA of the human microbiome, it has been taken into account in few legal medical investigations that helped clarify cases, taking this into account, the genomic sequencing of the microbiome should be studied further, which will serve as a means of proof if there is no DNA. specific human due to degradation since the microbiome can be preserved in a more effective way allowing legal medical professionals for expert reports.

Keywords: Forensic microbiology, microbiome, forensic biogeography, human microbiota, thanatomicrobiome, skin microbiota.

INDICE	
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCION	6
DESARROLLO	7
BANCOS DE MICROBIOMA	8
DIFERENTES USOS DE MICROBIOMA	9
BIOGEOGRÁFICA FORENSE	12
LAS MUESTRAS AISLADAS DE CABELLO Y VELLO	13
USO DEL MICROBIOMA COMO HUELLA INDIVIDUAL	14
MICROBIOMA POST MORTEM	15
EL VERDADERO USO DEL MICROBIOMA COMO PRUEBA PERICIAL	16
CONCLUSION	17
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	18

INTRODUCCION

La microbiología forense es una rama a de la microbiología ayuda en el campo de la medicina legal con la caracterización, especies de los microorganismos, así como su distribución para obtener un respaldo legal, la tanatomiología evaluación tiempo de muerte con microorganismos después de la muerte, por ende, debemos comprender que es microbiota y microbioma. (1–3)

La simple caracterización del microbiota que es el conjunto de microorganismos mientras que microbioma hablamos las funciones representa a los microorganismos con sus elementos genéticos y las interacciones que establecen con el medio ambiente en el que se encuentran cada una de estas características de cada microorganismo es el aplicaremos en las ciencias de medicina legal (1–3)

El microbioma es estudiado por barias subespecialidades capaces de ayudar con el aporte información al momento de cultivar cada uno de estos microorganismos como bacteriólogos, micólogos servirá identificación de algún individuo sea este criminal o algún desaparecido, hasta la determinación del sexo de alguna persona hasta su etnia y determinación de geolocalización de una persona con el microbioma específico de un área delimitada, determinación de negligencia. (2) (4)

La secuenciación de ADN del microbiana se ha usado en varias investigaciones federales en USA pero a lo largo de la historia el estudio y revisión bibliográfico como en algunos de ellos la realización de buscadores y paginas como bancos de estos genomas han ayudado en el despegue de esta nueva rama de las ciencias forenses en especial Usa y China fueron de mayor avance de un total de 40 países que ayudaron entre otros como Australia, Italia, Francia, Alemania, España, Suecia entre otros. (5)

Dentro de la región existen desde el años 2019 laboratorios de genética aplicada en medicina forense pero no realiza estudio específicos en este ámbito dos países se han observado el interés de la aplicación del microbioma en el campo médico legal pero no más allá de teoría, existen tesis en Brasil del estudio del microbioma, además la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de São Paulo tiene propuesta nuevas metas para la investigación con ayuda Horizon Europe que ha financiado estos estudios que partieron del año 2021 hasta el 2027. (5),(6),(7)

En la actualidad existen variedad de peritajes en medicina legal, pero a pesar de ello es difícil la determinación de bases al 100% procesos que lleguen al reconocimiento de una

persona, o muestras que incriminen a nivel civil o penal para ellos existen investigaciones periciales específicas el microbioma puede ser usado como una huella ADN extra de personas podrían ser usados para investigaciones en el área médico legal que podrían un punto de partida o incriminación esto sentar pilares fundamentales para definir sus terminologías como protocolos que puedan ser usados a nivel mundial para usarlos como medios probatorios.

DESARROLLO

En la actualidad en Latinoamérica y nuestra región es difícil contar con un estudio exhaustivo de la determinación rápida de ADN para fines prácticos como es en la identificación de víctimas , criminales; se realizara un estudio retrospectivo con la última literatura que se complementa más de una especialidad para analizar estudios genómico acoplados con la microbioma, uno de los problemas para los profesionales de ciencias forenses en la degradación de las muestras para realizar una identificación genética. (8,9)

La base de datos que existe esta aun en crecimiento con nuevas investigaciones para la comparación de las muestras dadas, además el tiempo de procesamiento de los materiales genéticos obtenidos debido a la carencia de laboratorio y profesionales capacitados en este ámbito, pero que a pesar de ello se ha ido aumentando el conocimiento sobre ellos.(8,9)

Dentro del campo de la ciencia forense existen algunos apartados o especialidades específicas que puede ser prometedoras tanto como ciencia exacta o complementaria a la hora de esclarecer hechos delictivos en la criminología que ayudarían con éxito a las investigaciones de técnico o especialistas en el peritaje, dentro de esta encontramos la microbiología forense se ha observado la aplicación en el microbioma específico dentro de investigaciones de Stefano Tambuzzi publicado en el actual año se ha evidenciado la capacidad del detección a nivel del meta genoma específico bacteriano mediante secuenciación reducida del meta genoma serviría como una "firma" microbiota del órgano que se recogió muestra. (8,10)

Para todo ello la determinación del ADN del genoma específico tomado del microbioma humano debe ser almacenado y obtener una base de datos para comparar la secuenciación de locus específicos del gen específico de un microorganismo para investigaciones se ha venido realizando desde la época de 1990 pero ha ido evolucionando a lo largo del camino puede existir algunas complicaciones para secuenciar os diversos alelos para distinguir

de otras muestras como los colorantes índigo, materiales orgánicos del del suelo, degradación de componentes sanguíneos como el grupo hemo, entre algunos que podrían variar los resultados. (11)

BANCOS DE MICROBIOMA

Dentro de las investigaciones realizadas del microbioma se ha visto en la necesidad en la creación de biobancos pero para el estudio desde una perspectiva clínica para el avance con ayuda de la biotecnología pero que a su vez tendrán importancia para el estudio de microbiología forense, todas las investigaciones que se realicen dará apertura a las investigaciones periciales debido que al existir un registro específico ayudaría a romper barreras del desconocimiento o con que evaluar muestras tomadas en una escena de crimen. (12)

Esto abriría puertas a diversos campos debido que estos almacenamientos biológicos podrían almacenar todos los datos en una base de datos compartidos de libre acceso para investigaciones y realizar perfilamientos con los datos que deseemos establecer como en proceso de búsqueda e identificación de personas desaparecidas, víctimas de violencia y propios perpetradores de algún crimen específico teniendo una base establecida con una variedad de muestra para comparación. (12)

A lo largo de la historia de la genética ha sido el procesamiento del ADN debido que tardaba meses y además del costo para el estado, pero la Secuenciación de alto rendimiento ayudado a la microbiología forense a salir de una problemática que abarcaba esta especialidad debido a los altos costes y problemas en replicación y cultivos específicos de cada microorganismo. (13)

Al momento de realizar el estudio individual y luego hacer una comparación con un numero de muestras a estudiar y que estas a su vez sirvan para el uso investigativo correspondiendo dependiendo el uso que se le dé a nivel técnico forense pero ello se ha mejorado por las diversas investigaciones realizada a microbiomas para otros ámbitos que a su vez ha creado el manejo bioinformático de las secuenciaciones genéticas determinadas y almacenamiento con programas abiertos para el uso de la comunidad científica. (13)

Como se conoce el almacenamiento de esta muestra biológicas almacenan dentro de ella material genético que puede ser estudiado y en un buena ambiente -20° o -80° pueden conservar de una manera idónea durante años y conservar la esencia para el estudio

posterior, en estudio realizado en el 2022 por Sguazz y otros autores se encontró microbioma dentro del almacenamiento pero se llegó a la conclusión que puede ayudar a determinar periodos post mortem con tiempos estimados aceptables por descomposición de material orgánico por aumento de colonización de bacteria anaerobias. (14)

Otro uso es la huella geográfica que se hablara posteriormente, pero esto ayudaría a considerar que si desea almacenar una muestra específica para su estudio puede mantener una buena calidad para una investigación y además ayudarían al desarrollo y conocimiento más amplio de la microbiología forense, además Sguazz y colaboradores se encontró que la determinación de la secuenciación del microbioma y la muestra obtenida no influyo en las condiciones de conservación y mantenimiento. (14)

Esto significa que puede ser más estable que el material genético encontrado de un individuo llegando a ser un campo prometedor para investigaciones médico legal, lo que si abriría nuevas investigaciones para determinación y aplicación de estos nuevos conocimientos y puesto en marcha de nuevos protocolos que se puedan usar para el almacenamiento, toma de muestra además de amplificar nuevos estudio y capacitar a profesionales en este ámbito que pudiera ser multidisciplinario para llegar a correlacionar la pruebas encontradas y realizar la utilización como un medio probatorio. (14)

DIFERENTES USOS DE MICROBIOMA

Bajo el término microbioma se engloba el conjunto de genes y, además, sus productos o metabolitos. En todos los casos, se trata de establecer las relaciones ecológicas microbianas en un determinado ambiente o muestra, gracias a esto además de esta secuenciación masiva se ha almacenado en biblioteca con nuevas tecnologías dando el inicio de bioinformática en base de genoma bacteriano que ayudara a la caracterización y diferenciación de todos microorganismos patógenos y no patógenos para generar nuevos conocimientos aplicada a las ciencias humana. (15)

Una de las nuevas aplicaciones que se ha observado el procesamiento rápido de muestra con Sistema de índice rápido de ADN (RDIS) este sistema es usado actualmente por el FBI debido que el procesamiento de la muestra es rápido y algo de vital importancia si se sospecha de algún desaparecido, víctima o criminal al ser código genético biparental ayudaría muestra de algún familiar consanguíneo para determinar este ADN. (10)

La secuenciación específico del ADN bacteriano desde un estudio de todos su genoma y alelos ayudara a identificar mutaciones específicas así como un sistema de predicción

para resistencia a antibióticos así una vez identificado todos esto y muchas más características ayudaran al manejo integral y dirigido a enfermedades, esto ayudara además a identificar el patógeno especifica causal de una enfermedad infecto contagioso y esto servirá a todos los especialistas para encontrar una cura dirigida especifica esto con ayuda de la secuenciación genómica como bacterias, hongos , virus y parásitos. (15)

Otro nivel de complejidad que se puede usar en el manejo intrahospitalario podría llevar al contagio de estas bacterias especificas con resistencia llegando a complicar una enfermedad ya preestablecida con un sobreagregada toda esta investigación ayudara a la par para evitar cada una de estas complicaciones; además se puede usar para el estudio de la microbiología como avance y base multidisciplinaria para lograr practicas clínicas de calidad. (15,16)

Ayuda también a conocer enfermedades emergentes, ataque de bioterrorismo o el simple hecho de conocer las capacidades virulentas de un patógeno siempre y cuando se conozca el origen del mismo el patógeno además su evolución metagenómica basando no en la actual primicia si se observa que a nivel del sistema de salud nacional un paciente se ha cultivado una bacteria con resistencia a ciertos fármacos podría alterar el microbioma de una persona y serviría para analizar un historial especifico conocido que podría ayudar a investigaciones médico legal si esto se encontrara en una base de datos especifica. (15,16)

A nivel de las ciencias forenses se puede trabajar en conjunto la extracción de ADN humano y ADN del microbioma para usarlo en el ámbito médico legal debido que la secuenciación de dos elementos aumenta la relevancia probatorio cruciales para casos criminalísticos tanto, en la identificación de personas, como también sería útil en los casos de violencia de genero. (17)

Se puede realizar la determinación del microbioma de partes específicas debido que, aunque se pueda identificar a un ser con este microbioma cada parte en específico tiene un conjunto de microorganismos y patógenos que se diferencia de otro es variabilidad se estudiara dependiendo del sitio anatómico encontrado y posterior se analizara para encontrar dueño de esta muestra biológica adquirida. (17)

Cada sitio anatómico cuenta con microbioma especifico mismo el cual tiene mayor relevancia en actuales investigaciones que se basa las ciencias forenses debido que se puede estudiar poblaciones del microbioma como indicador de organismos, a nivel de investigaciones se debe considerar de que sitio se tomó muestra de ADN por eso la

secuenciación del microbioma ayuda a está interrogando con la premisa de que cada parte del cuerpo esta colonizada con diferente microbioma. (18)

Algo que se evidencio es que puede existir una degradación del material genético humano, pero aun existir el microbioma para esclarecer hechos y reconocimiento (18) como lo determina Jun Zhang y colaboradores cito textualmente “En teoría, cada individuo porta un conjunto único de microorganismos que pueden identificarse mediante el análisis del microbioma.”

El microbioma tiene características específicas que ha llevado a revolucionar una gran variedad de sectores como la ubicuidad, heterogeneidad y transferibilidad todo esto lleva a ser punto de partida debido que esto podría conllevar a conocer información geográfica que puede llegar a contestar algunas interrogantes forenses como en casos de investigación en casos como civiles además de investigaciones penales. (18)

Dentro de cada artículo revisado se llegó a la secuenciación del genoma bacteriano a través de la secuenciación del ARNr 16s y 18 s debido que estas secuencias específicas ayudan al perfilamiento de microorganismos y el estudio de secuenciación basada en amplicones del gen ITS rRNA para hongos aunque tiene ciertas limitaciones para determinar género y susceptibilidades que se puede llegar a conocer por secuenciación de lectura larga debido que puede existir regiones con mucha variabilidad dependiendo a cada especie.(3) (14,19)

Dado el análisis se puede determinar que en teoría cada persona tiene un microbioma determinado único por el conjunto de colonias de microorganismos que difieren de otra persona por los cual puede ayudar a la determinación individual se podría analizar mediante el conocimiento del habita en este sistema podría ser por una transferencia directa e indirecta por ello esto a su vez personas que tengan contacto sexual debido que se analizó que el vello púbico de la víctima evaluando el microbioma se puede distinguir que un 10% de este está relacionado al agresor. (19)

Algo de reconocimiento que se ha estudiado que el microbiota puede existir sin ninguna alteración o variación en un tiempo determinado; otra forma de usar el microbioma es para la estimación del intervalo post mortem ya sea mediante el conocimiento de bacterias que llevan a la descomposición o el esclarecimiento de nuevas especies establecida después de la descomposición que es aportado por otras especies como ratones, ratas entre otros animales que pudieran existir en la escena. (19)

BIOGEOGRÁFICA FORENSE

Estudios del meta genoma específico de una región geográfica puede llegar a ser de utilidad a nivel forense esta geolocalización hasta el momento tiene una eficacia de 78,9% esto correlacionado tanto a bacterias, protozoarios, metazoos, etc. Con ello conlleva vital importancia en investigaciones judiciales, se determinará por base de datos realizados que su vez llevan a un algoritmo para identificación taxonómica, cada uno de los microorganismos ayudan, pero el de mayor importancia que tiene un 90% de precisión son hongos. (19)

Para una estimación de una ubicación que puede hallarse en un calzado de alguna víctima o sospechoso. Basada en esta teoría se podría estimar la región de donde pertenece un cuerpo de alguna víctima llegando a buscar en la base de datos de desaparecidos en esta área para llegar al reconocimiento del mismo, todo ellos con una base de datos específica podría llegar a revolucionar el campo de la investigación forense. (19)

Para la determinación genética y filogenética se estimó por el estudio del muestreo de 51 individuos específicamente en tres regiones del cuerpo para estimación del microbioma con ayuda de secuenciación genómica del microbioma además de la relación taxonómica de los mismos en base de un algoritmo matemático de k vecinos más cercanos un complejo sistema que conlleva relación para determinar la secuenciación específica, o a la vez de la filogenia que en cierto modo ayudaría con mayor relevancia hasta poder evaluar los resultados de ambas pruebas que a su vez llevaría a la distinción específica para la identificación individual de la persona perteneciente del genoma estudiado (20)

Se realizó el estudio de secuenciación genómica de base de datos ya establecida para el estudio de la identificación poblacional para de alguna forma además de ubicar el microbioma específico saber el lugar de origen además de su etnia como su identificación específica de un individuo esto a su vez podría llegar a diferir de gemelos debido a que cada uno tiene su estilo de vida individuales. (21)

El estudio forense podría llegar a ser útil las muestras de heces debido que esto puede ser alterado cada persona por su alimentación, enfermedades intestinales, otra de las muestras analizadas que existió relevancia y se caracterizó el microbioma poblacional es el de la piel donde si se evidenció un cambio dependiendo del área geográfica de la muestra y otra variable que tuvo inferencia fue en la etnia de la población del estudio por ende esta relevancia sirve para caracterización de una región estable y de igual caracterización de

su etnia para un fin forense se puede aplicar tanto para identificación de personas desaparecidas además de culpabilidad de procesos legales.(21)

Dentro de la caracterización por variación geográfica del estudio del microbioma de la piel encontramos que población encontramos que poseen *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* además por etnia se diferenciaban como estadounidenses caucásicos *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Lactobacillus* e incluso los Afroamericanos la prevalencia de bacterias específicas *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, para diferir de otro país como Sur Corea su prevalencia es *Ochrobactrum*, *Propionibacterium* en Latinoamérica principalmente *Acinebacter*, *Corynebacterium*, *Staphylococcus* y *Streptococcus* y una región donde se estudió en Venezuela que su predominio era *Staphylococcus* y *Proteobacteria*.(21)

LAS MUESTRAS AISLADAS DE CABELLO Y VELLO

La calidad encontrada en cabello y vello púbico podría ayudar investigaciones criminalísticas usando el principio de investigación forense debido al aislamiento del microbioma específico para distinguir de igual manera el género de la persona como etnia además de un papel geográfico, todo ello ayudaría como por ejemplo en vello púbico se encuentra aislamiento de géneros *Lactobacillus* y en el vello púbico masculino aislamiento de bacterias del género *Corynebacterium* además de ello podría aislarse mediante estudio genético mediante enfoque metagenómico debido que estas muestras carecen de ADN humano específico, se podría analizar de la presencia o no de semen en el vello púbico con pruebas de laboratorio específico como la prueba de protamina este como marcador de fluidos biológicos además se observó que la muestras del tallo dependiendo de su largo y espesor difiere de una cantidad estable de bacterias además que cambios ambientales externos difieren poco de la estabilidad del microbioma de la muestra obtenida. (13)

La realidad de la aplicación en un ámbito legal con bases establecida y protocolos debe ser de una manera multidisciplinaria debido que más de una especialidad técnica podría ayudar al estabilizar y determinar un secuencia de un microbioma ayudara pero debido a sus limitaciones esta aplicación podría demorar para la aprobación al implicar que además de la genética , bioinformática , se podría además anexar otras especialidades como tanatología, antropología forense, microbiología forense en fin una variedad extensa en base de lo que deseamos aplicar ya se conoció que existe un verdadera relevancia de todas

las muestras encontradas y estudiadas por la gran variedad de pericia legales que pueden ser determinantes en casos procesales. (12)

Para comprender el enfoque actual de esta investigación debemos basarnos en el conocimiento de que es el microbioma y como se liga al ámbito forense además de su implicación en investigaciones legales, definiendo en un inicio se habla de microbiota humano se define como el conjunto de microorganismos hablese de bacterias, protozoos, hongos y virus que esto a su vez colonizan una área anatómica específica en un tiempo determinado y todo ello posee un determinado patrimonio genético o genómico el que es determinado como el microbioma. (12)

USO DEL MICROBIOMA COMO HUELLA INDIVIDUAL

Para el reconocimiento de personas igual se ha observado una importancia a nivel médico legal debido que los objetos personales podrían encontrarse microbioma específico para distinguir con áreas de la piel ya que estos microorganismos podrían llegar a permanecer en estos objetos inanimados hasta dos semanas. (19)

La identificación del microbioma por secuenciación específica para la identificación y análisis se da por la diversidad de nucleótidos del meta genomas de los microbiomas de la piel (en el estudio de analisis muestras de 12 individuos y mediante recolección de 17 sitios de la piel del cuerpo en tres momentos secuenciales de aproximadamente dos años y medio se identificó como un marcador para la identificación individual. (19)

Luego introdujeron hidSkinPlex, un panel de secuenciación dirigida que utiliza marcadores específicos que se encuentran en el microbioma de la piel esto ayudara a la identificación de individuos; la determinación específica del microbioma de la piel generados a partir del pie, la mano y el pecho podrían asignarse al huésped individual con una precisión de hasta el 92%-100% según el estudio realizado y analizado por Sara Schmedes y otros. (19)

Las precisiones más altas fueron evidentes en palma de la mano (86% y 95% para distancia patrística y diversidad de nucleótidos, respectivamente), a pesar del contacto obvio de la mano con innumerables fuentes de contaminación cruzada microbiana. Si bien tal vez se espere esta observación con réplicas técnicas, para las cuales es probable que se compartan taxones, la precisión de la clasificación de palma de la mano es bastante alta incluso cuando las muestras se recogen con un intervalo de hasta tres años. Estas

observaciones sugieren que la mano misma, una probable fuente de evidencia táctil, es un medio sorprendentemente eficaz para la investigación forense microbiana. (20)

En la determinación del microbioma como marcador forense siendo relevante el estudio como una huella genómica individual debido que cada una de las evaluaciones y pruebas enfatizan debido que existen investigaciones y pruebas que den una relevancia científica como la aplicada por Noah Fierera evaluó la toma de muestra de varios mouse y teclado 10 minutos luego se determinando que existe un huella del microbioma específico del individuo que le pertenece ; que la estructura de estas comunidades se puede usar para diferenciar objetos manipulados por diferentes individuos, incluso si esos objetos se han dejado intactos por hasta 2 semanas a temperatura ambiente. Además, demostramos que podemos utilizar un enfoque basado en piro secuenciación de alto rendimiento para comparar cuantitativamente las comunidades bacterianas en objetos y piel para hacer coincidir el objeto con el individuo con un alto grado de certeza como ya se explicó esto se logra con la caracterización individual y técnicas de rápida secuenciación y manejo criterio técnico forense. (22)

MICROBIOMA POST MORTEM

Se ha identificado que el microbioma pudiera diferir de los demás por factores intrínsecos y extrínsecos además agregándoles un aprendizaje autónomo a un análisis computacional es decir incluyéndolo en un programa informático que determine los tiempos que intervienen cada microorganismo para llegar a la descomposición y degradación de un cuerpo aplicando estos conceptos básicos podría de alguna forma mediante el microbioma identificar o calcular un tiempo establecido. (23–25)

Referente al tiempo de deceso de algún cuerpo como factores que pueden intervenir pudiendo usar algoritmos que se puedan comprender de una manera más práctica en una investigación criminal entre otras dependencias que se pudiera establecer, comprendiendo esto se determina que, aunque exista un microbioma específico a cada individuo el estudio determinado de este campo se ayudara en un futuro con otras áreas para la estimación estudio como para el manejo de investigaciones. (23–25)

Para la evaluación en la medicina forense tanatocronológica para intervalo post-mortem que se evalúa la relación que se realiza en la interpretación correcta de toda la evolución después del fallecimiento y degradación del cuerpo as determinando un tiempo determinado: disminución térmica (algor mortis), formación de hipóstasis (livor mortis)

y rigidez cadavérica (rigor mortis). La evaluación de estos cambios clínico post-mortem intenta establecer de una manera independiente el conocimiento de una manera rápida el periodo de muerte, pero normalmente podría ayudar dentro de las primeras 24 h post-mortem. todo ello es actualmente utilizado en la práctica pericial y en casos reales por parte de patólogos forenses, pueden presentar altibajos a la hora de su evaluación o determinantes que den una negativa o una falla a la conclusión del especialista, el hecho dando una alta relevancia el conocimiento y puesta escena del perito experto y que, a pesar de su larga experiencia es un tiempo estimado determinado que puede ser de un periodo corto a un periodo mediano que ayudaría a una investigación. (25)

EL VERDADERO USO DEL MICROBIOMA COMO PRUEBA PERICIAL

Como se conoce en un ámbito médico legal existe un gran valor según documentación y teoría determinada en investigaciones actuales del microbioma que puedan usarse en un ámbito jurídico y que a su vez no dejen dudas al tribunal se determinó que se ha usado en cuatro investigaciones tres de violaciones y otra en un robo, la determinación del microbioma. (13)

En el caso de robo de muestras de materias fecales ayudo a determinar la culpabilidad debido que se encontró en el lugar de los hechos del robo estos desechos biológicos y en las violaciones se encontraros dentro de los perpetradores muestras del microbioma de la víctima y en un caso por violación digital la muestra del microbioma de la víctima en el dedo del sospechoso, pero la importancia es como aporta como prueba y como podría ser determinante en procesos penales investigativos. (13)

Por ejemplo en la corte penal de Francia tanto jueces como jurado tienen libre demanda de determinar la solvencia de pruebas descargadas en un tribunal esta mediante un especialista dará su evaluación analítica de toda la investigación analizada como su relevancia y cuál es su interés y porcentaje de aceptabilidad como los procesos que llevaron a la determinación de sus conclusiones, esta calidad se basara en la legalidad del proceso además de parámetros científicos como su integridad, exactitud y confiabilidad. (13)

CONCLUSION

El perfil genético del microbioma humano para un uso de investigaciones médico legal se usa como medio probatorio de casos criminales ya analizados con los cuales se llegó a la incriminación usando secuenciación ARNr 16s y 18 s.

Las nuevas especialidades como la bioinformática que con ayuda de biobancos ayudo a la secuenciación y almacenamiento del genoma para comprender variaciones de cada microorganismo dependiendo el área del cuerpo de la toma de muestra incluso a llegar a la diferenciación de personas por su etnia, geolocalización e incluso determinación de sexo todo ello llevo a tomar importancia en áreas del peritaje forense.

El microbioma es un gran avance en la ciencia forense, debido a que se analiza de manera individual, tomando el ADN del individuo y el ADN del microbiota. Este estudio ya se aplica en muchos casos y están siendo reconocidos como prueba legal. Esta información obtenida resulta de gran utilidad, pues se la obtiene incluso de objetos inanimados desde 2 semanas antes, ampliando así el rango de su uso en termino legales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Berg G, Rybakova D, Fischer D, Cernava T, Vergès MCC, Charles T, et al. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*. diciembre de 2020;8(1):103.
2. Robinson JM, Pasternak Z, Mason CE, Elhaik E. Forensic Applications of Microbiomics: A Review. *Front Microbiol*. 13 de enero de 2021;11:608101.
3. Speruda M, Piecuch A, Borzęcka J, Kadej M, Ogórek R. Microbial traces and their role in forensic science. *J Appl Microbiol*. 1 de abril de 2022;132(4):2547-57.
4. Elshafei AM. Forensic Microbiology, an Important Tool in Crime Investigation. *South Asian J Res Microbiol*. 29 de mayo de 2020;33-8.
5. Guo X, Gu L, Luo Y, Wang S, Luo H, Song F. A bibliometric analysis of microbial forensics from 1984 to 2022: progress and research trends. *Front Microbiol*. 16 de mayo de 2023;14:1186372.
6. Oliveira MVSD, Silva RC, Rodrigues FM. Verificação dos padrões globais do conhecimento científico sobre a microbiologia forense. En: Mérida LGR, editor. *Microbiologia [Internet]*. 1.^a ed. Canoas, RS, Brazil: Mérida Publishers; 2023 [citado 8 de octubre de 2023]. p. 106-26. Disponible en: <https://www.meridapublishers.com/mpsa/cap5.pdf>
7. Weçoski DAD, Dalzoto P. Microbiologia Forense: uma revisão. *Rev Bras Crim*. 26 de abril de 2023;12(2):112-21.
8. Martínez Benalcázar ML. Importancia de la valoración médico forense en casos de femicidio vinculados a violencia de género. *Ecuad J Med*. 1 de noviembre de 2021;1(Esp):1-16.
9. Tambuzzi S, Maciocco F, Gentile G, Boracchi M, Bailo P, Marchesi M, et al. Applications of microbiology to different forensic scenarios – A narrative review. *J Forensic Leg Med*. agosto de 2023;98:102560.
10. Turingan RS, Brown J, Kaplun L, Smith J, Watson J, Boyd DA, et al. Identification of human remains using Rapid DNA analysis. *Int J Legal Med*. mayo de 2020;134(3):863-72.

11. West FL, Algee-Hewitt BFB. Cadaveric blood cards: Assessing DNA quality and quantity and the utility of STRs for the individual estimation of trihybrid ancestry and admixture proportions. *Forensic Sci Int Synergy*. 2020;2:114-22.
12. Caenazzo L, Tozzo P. Microbiome Forensic Biobanking: A Step toward Microbial Profiling for Forensic Human Identification. *Healthcare*. 14 de octubre de 2021;9(10):1371.
13. Gouello A, Dunyach-Remy C, Siatka C, Lavigne JP. Analysis of Microbial Communities: An Emerging Tool in Forensic Sciences. *Diagnostics*. 21 de diciembre de 2021;12(1):1.
14. Sguazzi G, Mickleburgh HL, Ghignone S, Voyron S, Renò F, Migliario M, et al. Microbial DNA in human nucleic acid extracts: Recoverability of the microbiome in DNA extracts stored frozen long-term and its potential and ethical implications for forensic investigation. *Forensic Sci Int Genet*. julio de 2022;59:102686.
15. Kovras I. Technologies of justice: forensics and the evolution of transitional justice. *Eur J Int Relat*. marzo de 2023;29(1):29-52.
16. Castro AE, De Ungria MCA. Methods used in Microbial Forensics and Epidemiological Investigations for Stronger Health Systems. *Forensic Sci Res*. 2 de octubre de 2022;7(4):650-61.
17. Quaak FCA, Van De Wal Y, Maaskant-van Wijk PA, Kuiper I. Combining human STR and microbial population profiling: Two case reports. *Forensic Sci Int Genet*. noviembre de 2018;37:196-9.
18. Quaak FCA, Van Duijn T, Hoogenboom J, Kloosterman AD, Kuiper I. Human-associated microbial populations as evidence in forensic casework. *Forensic Sci Int Genet*. septiembre de 2018;36:176-85.
19. Zhang J, Liu W, Simayijiang H, Hu P, Yan J. Application of Microbiome in Forensics. *Genomics Proteomics Bioinformatics*. febrero de 2023;21(1):97-107.
20. Woerner AE, Novroski NMM, Wendt FR, Ambers A, Wiley R, Schmedes SE, et al. Forensic human identification with targeted microbiome markers using nearest neighbor classification. *Forensic Sci Int Genet*. enero de 2019;38:130-9.

21. Cho HW, Eom YB. Forensic Analysis of Human Microbiome in Skin and Body Fluids Based on Geographic Location. *Front Cell Infect Microbiol.* 12 de agosto de 2021;11:695191.
22. Fierer N, Lauber CL, Zhou N, McDonald D, Costello EK, Knight R. Forensic identification using skin bacterial communities. *Proc Natl Acad Sci.* 6 de abril de 2010;107(14):6477-81.
23. Yuan H, Wang Z, Wang Z, Zhang F, Guan D, Zhao R. Trends in forensic microbiology: From classical methods to deep learning. *Front Microbiol.* 30 de marzo de 2023;14:1163741.
24. Zhou W, Bian Y. Thanatomicrobiome composition profiling as a tool for forensic investigation. *Forensic Sci Res.* 3 de abril de 2018;3(2):105-10.
25. Tozzo P, Amico I, Delicati A, Toselli F, Caenazzo L. Post-Mortem Interval and Microbiome Analysis through 16S rRNA Analysis: A Systematic Review. *Diagnostics.* 31 de octubre de 2022;12(11):2641.