CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

TESA

La Dirección de Titulación, certifica que el trabajo final presentado por **CONSTANTE CHICAIZA DANIELA FERNANDA**, ha sido sometido a un análisis de similitud mediante la herramienta Turnitin.

El resultado obtenido refleja un **15%** de similitud, porcentaje que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el Instituto Superior Tecnológico San Antonio – TESA, cumpliendo con los criterios de originalidad y autenticidad académica exigidos.

Quito, 30 de diciembre del 2025

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

COORDINACIÓN TITULACIÓN

Ana Paucar

8 diciembre 2025

CERTIFICADO

La Escuela de Lenguas del Instituto Superior Tecnológico San Antonio certifica que el abstract de la estudiante, CONSTANTE CHICAIZA DANIELA FERNANDA, de la carrera, Dermatoscosmiatría, con C.I.: 1804063467 ha sido corregido y aprobado.

Peter Rudholm B.

1750745620

DIRECTOR

Escuela de Lenguas

Instituto Superior Tecnológico San Antonio

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa
DIRECCIÓN
ESCUELA DE LENGUAS

INSTITUTO SUPERIOR

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO

Escuela de Ciencias de la Salud

Diseño de un protocolo con el uso del Láser Nd: YAG combinado con gel de ácido tranexámico para despigmentación de codos en personas de 20 a 35 años, en la cuidad de Quito, 2025.

Daniela Fernanda Constante Chicaiza

Dermatocosmiatría

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

Tecnólogo Superior en Dermatocosmiatría

Quito, 18 de diciembre de 2025

INSTITUTO SUPERIOR

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO

Escuela de Ciencias de la Salud

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Diseño de un protocolo con el uso del Láser Nd: YAG combinado con gel de ácido tranexámico para despigmentación de codos en personas de 20 a 35 años, en la cuidad de Quito, 2025.

Daniela Fernanda Constante Chicaiza

Katherine Gordon. Mgtr.

Quito, 18 de diciembre de 2025

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales del Instituto Superior Tecnológico San Antonio TESA, incluyendo la Política de propiedad Intelectual TESA, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a TESA para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Daniela Fernanda Constante Chicaiza

Código estudiante: 4501

Cédula de identidad: 1804063467

Lugar y fecha: Quito, 18 de noviembre de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, pese a estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en ttp://bit.ly/COPETheses.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Instituto Superior Tecnológico San Antonio TESA institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on http://bit.ly/COPETheses.

DEDICATORIA

Al final somos una mezcla de todas las personas que ha sido parte de nuestro camino. Me alegra saber que algunas de ellas son parte esencial de quien soy hoy.

A mi amada familia, pilares incondicionales de mi vida. De manera especial, a mi madre, cuyo amor incondicional, entrega y fortaleza fueron el impulso constante para no rendirme. Su ejemplo ha sido mi mayor inspiración.

A mis profesoras, quienes fueron una guía esencial durante mi formación, gracias por compartir sus conocimientos, paciencia y vocación.

Finalmente, dedico este trabajo a mis amados Simón y Reinita. Aunque no pudieron llegar hasta el final de este camino conmigo, su amor y compañía dejaron una huella imborrable en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a Dios, por brindarme fortaleza y paciencia a lo largo de este proceso académico.

A mis profesoras, por su orientación constante, su dedicación y compromiso, que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación. Su acompañamiento académico dejó una huella significativa en mi formación profesional.

A mi familia, por su apoyo incondicional. Su presencia fue clave para no desistir y continuar avanzando.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo, conocimientos y colaboración para la realización de este trabajo de investigación.

RESUMEN

El estudio evaluó la efectividad de un protocolo despigmentante para la hiperpigmentación de los codos, combinando la aplicación de un gel de ácido tranexámico con el uso del láser Nd: YAG. A lo largo de cinco sesiones, se aplicó este tratamiento en pacientes de 20 a 35 años. Los resultados mostraron una mejoría progresiva y sostenida en la pigmentación de la piel, con un aclaramiento visible en todos los pacientes. Esta tendencia se documentó mediante la cuantificación sistemática de los cambios en el color a través de la escala de Munsell y Von Luschan, la cual demostró ser una herramienta adecuada en ausencia de sistemas digitales.

La efectividad se atribuye al efecto sinérgico de la combinación: el ácido tranexámico inhibe la síntesis de melanina, mientras que el láser Nd: YAG fragmenta los depósitos de pigmento. El protocolo contribuye al campo de la dermatocosmiatría al ofrecer una alternativa segura y eficaz, especialmente para una zona complicada como los codos.

Palabras Clave: melanina, pigmentación, piel, despigmentación, ácido tranexámico

ABSTRACT

The study evaluated the effectiveness of a depigmenting protocol for hyperpigmentation of the elbows, combining the application of a tranexamic acid gel with the use of an Nd:YAG laser. This treatment was applied over five sessions to patients aged 20 to 35 years. The results showed a progressive and sustained improvement in skin pigmentation, with visible lightening in all patients. This trend was documented by systematically quantifying changes in color using the Munsell and Von Luschan scales, which proved to be a suitable tool in the absence of digital systems.

The effectiveness is attributed to the synergistic effect of the combination: tranexamic acid inhibits melanin synthesis, while the Nd:YAG laser fragments pigment deposits. The protocol contributes to the field of dermatocosmetics by offering a safe and effective alternative, especially for a complex area like the elbows.

Key words: melanin, pigmentation, skin, depigmentation, tranexamic acid

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN…… 14

1.1 Planteamiento del Problema……14

1.2 Justificación…….15

1.3 Alcance…….... 17

1.4 Objetivos General y Específicos…… 18

1.4.1 Objetivo General……...17

1.4.2 Objetivos Específicos……... 17

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO……..20

2.1 Marco Teórico…..……20

2.1.1 La Piel……..…… 20

2.1.2 Características……...20

2.1.3 Capas de la piel……21

2.1.4 Alteración Cutánea……23

2.1.4.1 Concepto alteraciones cutáneas……. 23

2.1.5 Clasificación de alteraciones cutáneas……..24

2.1.6 Causas de la pigmentación……25

2.1.7 Factores internos y externos de la alteración de la melanina cutánea……...26

2.1.8 Pigmentación…….....27

2.1.8.1 Melanogénesis..……..……... 27

2.1.8.2 Tirosina y tirosinasa…….……..28

2.1.8.3 Melanocitos……29

2.1.8.4 Melanosomas……..30

2.1.8.5 Melanina…….....31

2.1.9 Tratamiento estético……..32

2.1.9.1 Definición……...32

2.1.9.2 Tipo de tratamiento estético……...32

2.1.10 Tratamientos estéticos para despigmentación……33

2.1.11 Principios Activos y Aparatologías…….....34

2.1.11.1 Definición de principios activos……...34

2.1.11.2 Definición de Aparatología……..34

2.1.12 Principios del láser en dermatología estética……35

2.1.13 Tipos de láser utilizados en despigmentación……36

2.1.14 Protocolo Despigmentante……37

2.1.14.1 Combinación de aparatología con principios activos para la despigmentación…...37

2.2 Marco Conceptual……... 37

2.3 Marco Legal……. 38

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO……41

3.1 Tipo de investigación……...41

3.1.1 Según el propósito……41

3.2 Tipo de Enfoque……...42

3.3 Herramientas metodológicas……43

3.4 Técnicas……43

3.5 Estudios iniciales ……44

3.5.1 Criterios y exclusión…… 44

3.5.2 Muestreo……44

3.5.3 Formato de ficha de diagnóstico para anamnesis……..45

3.5.4 Consentimiento informado……49

3.6 Desarrollo…….50

3.6.1 Matriz de Operacionalización de las Variables…… 51

3.6.2 Materiales……..52

3.6.3 Nota de evolución…… 52

3.6.4 Protocolo planteado……...54

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……60

4.1 Análisis e interpretación de resultados del protocolo……..60

4.1.1 Escala de Von Luschan……..…60

4.1.2 Escala cromática de Munsell……..…63

4.2 Análisis cualitativo……...65

4.3 Discusión de resultados……66

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..68

5.1 Conclusiones…….68

5.2 Recomendaciones…….69

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……...70

ANEXO A: SESIONES…….74

ANEXO B: CONSENTIMIENTOS…….104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las Variables 51

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión para población objeto de estudio.....44

Tabla 3. Registro de escala cromática Von Luschan 61

Tabla 4. Registro de escala cromática de Munsell.....63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capas de la piel.....22

Figura 2. El proceso de derivación de la tirosina de la melanina. 28

Figura 3. El melanocito.....30

Figura 4. Los melanosomas 31

Figura 5. Anamnesis. 46

Figura 6. Datos personales del paciente estético. 46

Figura 7. Escalas del grado de pigmentación. 46

Figura 8. Protocolo, número de sesiones y recomendaciones. 47

Figura 9. Consentimiento informado. 49

Figura 10. Materiales protocolo planteado. 52

Figura 11. Nota de evolución de la primera y última sesión con la escala Von Luschan.....52

Figura 12. Nota de evolución semanal.....53

Figura 13. Higienización.....54

Figura 14. Exfoliación. 55

Figura 15. Mascarilla despigmentante. 55

Figura 16. Plástico osmótico.....56

Figura 17. Tonificación.....57

Figura 18. Anestesia.....58

Figura 19. Láser Nd: YAG.....59

Figura 20. Gel finalización. 59

Figura 21. Gráfica de la escala cromática de Von Luschan.....61

Figura 22. Análisis cualitativo paciente estético con protocolo. 65

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

La hiperpigmentación cutánea es un proceso que se desencadena por factores internos y externos, aquí participan los melanocitos que mediante un proceso bioquímico se encargan de sintetizar melanina, un pigmento responsable de dar color a varios tejidos como la piel, cabello o el iris (Montaudié et al., 2014). Cuando ocurre una alteración pigmentaria existe un aumento en la producción de melanina desencadenada por los melanocitos esto se debe a varios factores, dentro de los internos se cuentan problemas hormonales, afecciones médicas o por la ingesta de medicamentos fotosensibilizantes (Navarro, 2021) y en los factores externos tenemos la post-inflamación cutánea de una lesión, fricción o roce y finalmente la exposición solar.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el Ecuador debido a su ubicación geográfica en la línea ecuatorial, recibe radiación solar de forma directa y constante, superando frecuentemente los límites establecidos (World Health Organization, et al., 2002 p.10). La latitud, altitud y posición del sol influyen significativamente en la intensidad de la radiación que llega a la superficie terrestre, incrementando la exposición de la población de 20 a 35 años a los rayos ultravioleta (UV). Durante las horas de mayor intensidad solar, entre las 10:00 y 16:00, la radiación puede aumentarse en un 60%, lo que aumenta el riesgo de desarrollar pigmentaciones cutáneas.

La radiación UV, tanto del tipo UVA como UVB, es el principal factor que contribuye a la aparición de hiperpigmentaciones. En individuos genéticamente predispuestos, la exposición solar induce una mayor producción de melanina a través de la estimulación de los melanocitos mediante la activación de la enzima tirosinasa (Ullauri,

2022), esto da como resultado la hiperpigmentación en áreas expuestas como la zona de codos.

La capital de Ecuador - Quito se encuentra ubicada a 2850 metros sobre el nivel del mar por lo cual la radiación UV es hasta un 40% más intensa según datos registrados por la Alcaldía de Quito (2023) en su informe “Rayos ultravioleta en Quito, un factor con el que debemos convivir, pero del que debemos protegernos”, debido a esta proximidad a la línea ecuatorial, el riesgo de desarrollar hiperpigmentaciones es significativamente alta. La latitud, altitud, clima y la inclinación del sol a lo largo del año son factores que incrementan la exposición solar y aumentan la incidencia de esta pigmentación en la población de Quito.

Las hiperpigmentaciones no solo afectan la apariencia física de la población de Quito, sino que también tiene un impacto considerable en su salud y calidad de piel. Al no tener conocimiento sobre la fotoprotección solar en una zona expuesta constantemente a la radiación UVB y UVA los posibles riesgos que acarrea a largo plazo son fotoenvejecimiento, engrosamiento epidérmico, HPI, melasma, lentigo solar o melanoma un tipo de cáncer de piel que está teniendo mayor incidencia en el país debido a la ubicación geográfica, según estadísticas en la ciudad de Quito el melanoma en varones ocupa el puesto número 37 y en mujeres el puesto número 36, (Palta, et al., 2020). El grado de severidad de la pigmentación en esta zona está directamente relacionado con los hábitos de fotoprotección del paciente.

1.2 Justificación

El desarrollo de un protocolo que combine la tecnología del láser Nd: YAG con un gel despigmentante representa un aporte significativo en el campo de la dermatocosmiatría, ya que aborda de manera innovadora una problemática estética de alta incidencia en la población de Latinoamérica. En particular, en la ciudad de Quito – Ecuador donde la ubicación geográfica cercana a la línea ecuatorial implica una exposición solar más intensa y

prolongada a lo largo del año, lo cual incrementa notablemente la prevalencia de hiperpigmentaciones cutáneas, especialmente en personas con fototipos altos (IV y V) según la escala de Fitzpatrick.

El diseño de un tratamiento específico para la despigmentación en la zona de los codos, utilizando tecnología láser de última generación como el láser Nd: YAG, se convierte en una alternativa segura y eficaz para tratar esta alteración cutánea. Los beneficios que ofrece este protocolo son numerosos debido a la capacidad del láser para optimizar los resultados y minimizar riesgos en pacientes con fototipos altos, se ajustarán los parámetros del láser según las necesidades específicas y de manera individualizada en cada caso.

Este enfoque personalizado ayuda a reducir las posibles complicaciones, tales como eritema, inflamación, quemaduras, y la aparición de hiperpigmentaciones o hipopigmentaciones después del tratamiento, las cuales son condiciones más frecuentes en pieles oscuras por su mayor cantidad de melanina. Incluso, un protocolo que esté correctamente estructurado y comprobado elevará la confianza de los pacientes con la tecnología empleada y con los resultados alcanzados, lo que beneficiará la adherencia al tratamiento y optimizará la experiencia del protocolo.

El agregar un agente despigmentante tópico como es el gel de ácido tranexámico en el protocolo es fundamental para aumentar la efectividad del láser Nd: YAG contra las hiperpigmentaciones en la zona de codos. Este principio activo actúa inhibiendo la tirosinasa, una enzima encargada de la síntesis de melanina, lo cual no solo va a facilitar la despigmentación existente, sino que también va a prevenir su reaparición después de la aplicación del láser. Además, el ácido tranexámico cuenta con propiedades antiinflamatorias lo cual proporciona una protección frente a la hiperpigmentación postinflamatoria (HPI), una de las complicaciones más recurrentes en los tratamientos despigmentantes.

La unión del despigmentante y el láser permite una estrategia integral para abordar el problema, asegurando mejores resultados tanto a corto como a largo plazo. Por otro lado, la elección del láser Nd: YAG se sustenta por sus características técnicas frente a otras tecnologías existentes. Esta aparatología puede llegar a penetrar hasta las capas más profundas de la piel sin causar daño en los tejidos adyacentes, lo que la convierte en una alternativa ideal para tratar pigmentaciones difíciles. A diferencia de los láseres ablativos, el Nd: YAG es mínimamente invasivo, bien tolerado por los pacientes y con tiempos de recuperación prácticamente inexistentes, permitiendo que estos retomen sus actividades diarias de manera inmediata.

Esta característica no solo mejora la experiencia del paciente, sino que también posiciona al protocolo como una opción atractiva dentro de la dermatocosmiatría moderna. El desarrollo de este protocolo contribuirá a mejorar la calidad de vida de los pacientes y a fortalecer la práctica profesional con alternativas terapéuticas basadas en evidencia científica.

1.3 Alcance

Este proyecto comienza con una detallada revisión bibliográfica con el objetivo de recopilar evidencia tanto clínica como técnica sobre tratamientos enfocados en hiperpigmentaciones localizadas en la zona de los codos. Se encontraron investigaciones que respaldan la combinación del láser Nd: YAG con principios despigmentantes tópicos como el ácido tranexámico y resaltan su eficacia en pacientes con fototipos altos y aquellos que se encuentran constantemente expuestos a fricción o a daños producidos por sol en esta zona. Esta etapa de estudio facilitó la elaboración de un marco teórico que respalda la creación de este protocolo innovador y adaptado a la realidad del entorno local.

La propuesta del proyecto sugiere un enfoque de intervención que sea combinado, secuencial y controlado, con el objetivo de tratar de manera integral los factores etiológicos

de la hiperpigmentación. El protocolo se centra en unificar el tono de la piel y mejorar la textura en dicha zona, pero también se espera obtener algunos efectos posteriores al tratamiento como resultado de la combinación del gel de ácido tranexámico y el láser Nd: YAG. Estas medidas se implementarán teniendo en cuenta factores como la condición general de la piel y el cumplimiento de recomendaciones pre y post tratamiento por parte del paciente.

Finalmente, la evaluación del impacto del protocolo se realizará mediante indicadores dermatológicos aplicados en la estética, como el nivel de pigmentación documentado con escalas cromáticas, por ejemplo, la escala de Von Luschan, escala de Munsell, análisis con lámpara de Wood y registros fotográficos pre y post tratamiento. Se espera observar una disminución progresiva de la hiperpigmentación y una optimización estética de la zona tratada. Este seguimiento permitirá fundamentar el protocolo como una opción innovadora, segura y basada en evidencias para el campo estético, enfocándose en regular el proceso de la melanogénesis y mejorar la pigmentación cutánea en áreas de tratamiento complicadas como los codos.

1.4 Objetivos General y Específicos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un protocolo con el Láser Nd: YAG combinado con un gel de ácido tranexámico para despigmentación de codos en personas de 20 a 35 años, en el sector de Quito.

1.4.2 Objetivo Específicos

- Identificar los fundamentos científicos que sustenten el uso del Láser Nd: YAG y el gel de ácido tranexámico para la despigmentación.

- Desarrollar un protocolo con la aplicación del Láser Nd: YAG y la aplicación del ácido tranexámico para favorecer la reducción de la pigmentación en la zona de codos.
- Registro del proceso de aplicación del protocolo despigmentante a través de escalas de medición.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *La Piel*

En la vida cotidiana se suele percibir a la piel desde una dimensión estética, sin embargo, en el ámbito académico se la reconoce como un órgano indispensable y fundamental para todos los seres vivos ya que es el órgano encargado de delimitar y modular la interacción que tiene el organismo con el medio interno y externo.

Se la describe como el órgano de protección que recubre todo el cuerpo llegando a medir aproximadamente $2m^2$ y pesar alrededor de 4 a 5 kilogramos, esto sería un 6% de todo nuestro peso corporal (García & Alonso, 2021). El grosor de la piel puede variar en algunas zonas del cuerpo; como en los párpados esta es una zona mucho más fina llega a medir aproximadamente 0,1 mm, en las plantas de los pies o palmas de las manos que es una zona más gruesa debido a una capa extra llamada “estrato lúcido” puede medir 1,5 mm y en la mayor parte de nuestro cuerpo el grosor de la piel constituye 4mm aproximadamente (Buendía, et al., 2018).

2.1.2 *Características*

Al observar nuestra piel es inevitable notar que es el primer contacto que se tiene con el mundo externo, independientemente de su aspecto visible, la piel cumple con funciones vitales como la percepción, protección y regulación.

Al hablar de la función principal que tiene la piel de protección, se refiere a que da recubrimiento, protege los órganos internos del medio exterior, también cumple la función de evitar la entrada de microorganismos que pueden llegar a ser nocivos para el organismo, brinda protección contra los rayos UV, es un regulador de temperatura, la piel también es un mecanorreceptor sensorial es decir que nos va a permite detectar estímulos mecánicos como

el tacto, dolor, presión, cosquilleos, calor, frío, etc. La piel ayuda a sintetizar sustancias como la Vitamina D mediante la acción de la luz UVB. Tiene función exocrina que se da a través de la secreción del sudor (García & Alonso, 2021).

2.1.3 *Capas de la piel*

A lo largo de la vida se ha experimentado cambios significativos en la piel ya sea por sobreexposición solar, el paso del tiempo o por genética, estas experiencias propias coinciden con la definición de la piel ya que al ser un órgano dinámico se compone de diversas capas que se encargan de trabajar de manera conjunta para garantizar la eficiencia de cada una de sus funciones transcendentales.

La estructura de la piel está constituida por 3 capas: la más superficial la epidermis es la más delgada, deriva del ectodermo y la podemos observar a simple vista, la dermis es una capa más gruesa se encuentra debajo de la epidermis y está constituida por vasos y nervios y finalmente la hipodermis que es la capa más profunda de la piel aquí encontramos tejido adiposo o también llamados adipocitos, la hipodermis y dermis derivan del mesodermo y cada una de estas capas cumple funciones específicas.

La epidermis está formada por 5 estratos celulares desde el más profundo al más superficial son: Estrato Basal o germinativo: se encuentra en constante división celular es decir aquí empieza la mitosis, está separada de la dermis por una lámina basal y unida a la misma por hemidesmosomas. Tiene una única hilera de células.

- Estrato Espinoso o de Malpighi: formada por 5 a 10 hileras de células cúbicas unidas entre ellas por desmosomas.
- Estrato Granuloso: formada por 3 a 4 hileras de células aplanadas que contienen gránulos de queratohialina, aquí es donde inicia el proceso de queratinización.

- Estrato Lúcido: se encuentra presente solo en palmas de manos y plantas de pies, son células aplanadas y de una coloración blanquecina.
- Estrato Córneo: formada por 20 a 30 capas de células queratinizadas sin núcleo llamadas corneocitos, estas células se encuentran unidas mediante desmosomas, es una capa que se encuentra en constante renovación, y se divide en dos la más superficial es el estrato disyuntivo y el compacto (Honeyman, 2013).

En la epidermis también están presentes varias células como los queratinocitos que representan casi el 80% de las células y son los encargados de producir la queratina, estas células se encuentran presentes desde la capa basal hasta la capa córnea mediante un proceso bioquímico llamado queratinización.

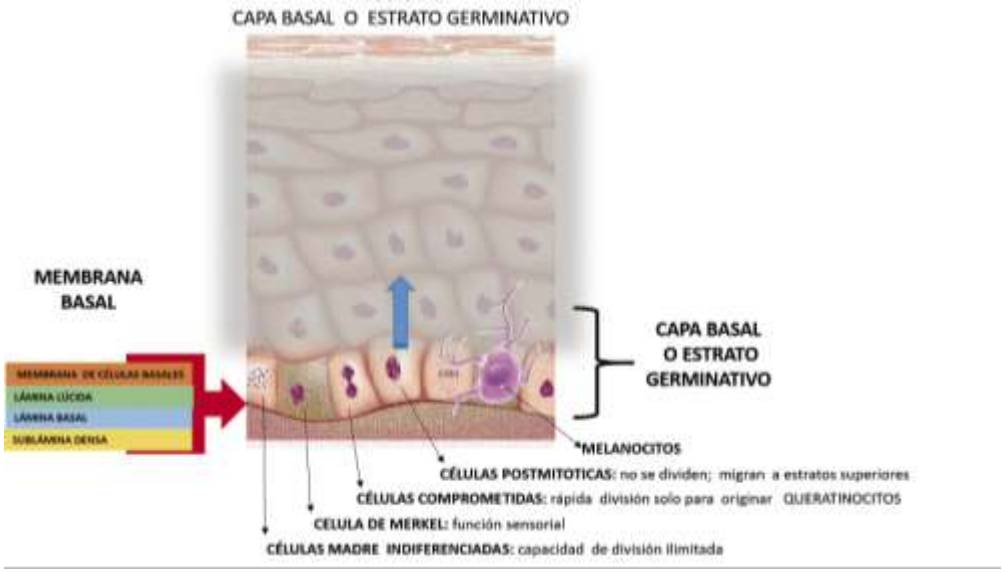
Los melanocitos son células derivadas de la cresta neural, representan el 10% de las células epidérmicas, posee prolongaciones dendríticas y está célula es la encargada de producir melanina mediante el proceso de melanogénesis donde la melanina se va a forma a partir de la tirosina por acción de la enzima tirosinasa se transforma en DOPA y en dopaquinona dando como resultado dos tipos de pigmentos eumelanina y feomelanina, las cual darán la pigmentación característica a la piel. Las células de Merkel representan el 1% de las células epidérmicas y actúan como receptores táctiles (Valdéz, et al., 2012).

Y finalmente las Células de Langerhans son las que intervienen en el sistema inmunológico, derivan de la médula ósea, son células dendríticas que tienen la función de fagocitar, intervienen en las respuestas inmunes frente a algún agente extraño, es decir son células de defensa en la piel (Buendía, et al., 2018).

En la figura 1 se puede evidenciar la disposición de la piel segmentada en sus tres capas fundamentales: epidermis, dermis e hipodermis.

Figura 1.

Capas de la piel



Nota. Tomado de Anatomía y fisiología de la piel, Pediatría integral (p.3,) por Dorado y Fraile, 2021, [https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13_RB_JesusGarcia.pdf].

2.1.4 Alteración Cutánea

2.1.4.1 Concepto alteraciones cutáneas

Al describir las alteraciones en la piel resulta evidente que se refleja tanto la salud interna como los cuidados que le damos en el exterior. Esta condición de la piel lejos de ser solo un problema estético también representa desequilibrios fisiológicos que tienen su origen genético, ambiental o inmunológico.

Las alteraciones cutáneas entonces se refieren a cualquier cambio visible o que se pueda sentir en la superficie, afecta su estado natural en términos de color, textura, grosor, forma o función. La piel, siendo el órgano más grande del cuerpo humano, sirve como una capa protectora contra elementos externos; no obstante, puede ser influenciada por diversos factores que producen variaciones en su apariencia y funcionamiento. Estas alteraciones no

siempre indican una patología seria, pero sí pueden ser señales del estado general de la salud cutánea y del equilibrio del organismo.

En numerosas ocasiones, son síntomas locales de procesos internos como alteraciones hormonales o del sistema inmunológico o pueden ser consecuencias de agresiones externas como la radiación ultravioleta, polución o lesiones (Sánchez et al., 2010).

2.1.5 *Clasificación de alteraciones cutáneas*

Las alteraciones de la piel se pueden clasificar desde diferentes enfoques:

Según su origen

- Congénitas: aparecen desde el nacimiento o la infancia temprana. Son consecuencia de factores hereditarios o anomalías en el desarrollo embrionario ejemplo: nevus melanocíticos.
- Adquiridas: se presentan a lo largo de la vida por factores externos como el sol, químicos o factores internos como trastornos metabólicos, hormonales, inmunológicos. Ejemplos: acné, melasma, dermatitis, cicatrices.

Según su naturaleza

- Alteraciones pigmentarias: cambios en el color de la piel por exceso o déficit de melanina como hiperpigmentación, hipopigmentación, vitíligo, melasma o léntigos.
- Alteraciones inflamatorias: involucran enrojecimiento, dolor, descamación o engrosamiento de la piel como psoriasis, rosácea, dermatitis de contacto.
- Alteraciones infecciosas: causadas por microorganismos como impétigo, verrugas, herpes simple, tiña, sarna.
- Alteraciones tumorales: proliferaciones benignas como queratosis seborreica, lipomas o malignas como el carcinoma basocelular, melanoma.

- Alteraciones vasculares: se deben a anomalías en los vasos sanguíneos como angiomas, telangiectasias, varices superficiales.
- Alteraciones estructurales o cicatrízales: implican cambios en la forma, grosor o elasticidad de la piel como estrías, cicatrices atróficas, queloides.

  Según su evolución en el tiempo
- Agudas: aparecen rápidamente, suelen ser transitorias y responden bien al tratamiento como las quemaduras solares o urticaria.
- Crónicas: persisten por largos períodos, tienden a presentar recaídas o progresión como dermatitis atópica, vitíligo, psoriasis.

2.1.6 Causas de la pigmentación

Al mirarnos cada día al espejo percibimos que el color de nuestra piel es único y forma parte de nuestra identidad. Esta característica responde a procesos biológicos, por lo cual, la pigmentación cutánea es el resultado de la cantidad y variedad de melanina propia del color de piel, este pigmento es creado por células especiales llamadas melanocitos. Cuando ocurren variaciones en la producción de la melanina provoca alteraciones en la pigmentación tales como hiperpigmentación que son manchas oscuras, hipopigmentación se refiere a manchas claras y despigmentación que son parches o manchas blancas focalizadas.

Esto va a depender de la cantidad, distribución y tipo de melanina transferido a los queratinocitos. Este proceso puede alterarse por múltiples causas:

- Exposición solar prolongada: la radiación ultravioleta activa la melanogénesis, lo que genera bronceado, pero también puede producir manchas oscuras como léntigos solares o melasma.

- Factores hormonales: durante el embarazo, en la menopausia o con uso de anticonceptivos, se producen alteraciones en estrógenos y progesterona que estimulan la producción irregular de melanina generando cloasma.
- Envejecimiento cutáneo: con los años, la piel acumula pigmentación irregular, aparecen manchas seniles o léntigos asociados al fotoenvejecimiento.
- Procesos inflamatorios: tras una lesión, quemadura, acné o dermatitis, la piel puede desarrollar hiperpigmentación postinflamatoria (Jesús De Souza & Lima De Freitas, 2024).
- Trastornos genéticos: la falta total de melanina da como resultado el albinismo o el vitíligo que es la destrucción localizada de melanocitos.
- Enfermedades sistémicas o fármacos: ciertas patologías como lupus eritematoso o enfermedades hepáticas y algunos medicamentos fotosensibilizantes como las tetraciclinas o anticonvulsivos contribuyen a una alteración en la producción de melanina.

2.1.7 *Factores internos y externos de la alteración de la melanina cutánea*

La radiación UV, tanto del tipo UVA como UVB, es el principal factor extrínseco que contribuye a la aparición de la pigmentación. En individuos genéticamente predispuestos, la exposición solar induce una mayor producción de melanina a través de la estimulación de los melanocitos mediante la activación de la enzima tirosinasa. Esto resulta en la hiperpigmentación de áreas expuestas. En regiones como Ecuador, donde la radiación UV es hasta un 40% más intensa debido a su proximidad a la línea ecuatorial, el riesgo de desarrollar manchas es significativamente mayor. La latitud, altitud y la inclinación del sol a lo largo del año son factores que incrementan la exposición solar, aumentando la incidencia del pigmento.

- Factores hormonales y farmacológicos

Además de la radiación solar, la hiperpigmentación está estrechamente relacionada con cambios hormonales, particularmente los niveles elevados de estrógeno y progesterona. Asimismo, el uso de anticonceptivos orales y terapias hormonales sustitutivas también se asocian con el desarrollo del mismo, dado que estos tratamientos elevan los niveles de estas hormonas en el organismo, promoviendo la actividad de los melanocitos.

Los medicamentos fotosensibilizantes, como algunos antibióticos y antiinflamatorios, también pueden exacerbar la producción de melanina, ya que aumentan la sensibilidad de la piel a la radiación UV, favoreciendo la hiperpigmentación. Factores psicológicos como el estrés también pueden influir, debido a que el estrés crónico eleva los niveles de cortisol en el cuerpo, lo cual altera el equilibrio hormonal y puede estimular indirectamente la producción de melanina.

2.1.8 Pigmentación

2.1.8.1 Melanogénesis

La melanogénesis es un proceso de varias etapas en las cuales si ocurre alguna alteración con la pigmentación genera defectos como la hiperpigmentación o hipopigmentación. El proceso biológico donde los melanocitos producen la melanina es la melanogénesis, este pigmento llamado melanina es el responsable de la coloración de la piel, cabello y ojos de los mamíferos, dicho proceso ocurre al interior de unos orgánulos especializados llamados melanosomas ubicados en el citoplasma de los melanocitos que posteriormente transfieren los gránulos de melanina hacia los queratinocitos lo que permite la pigmentación cutánea.

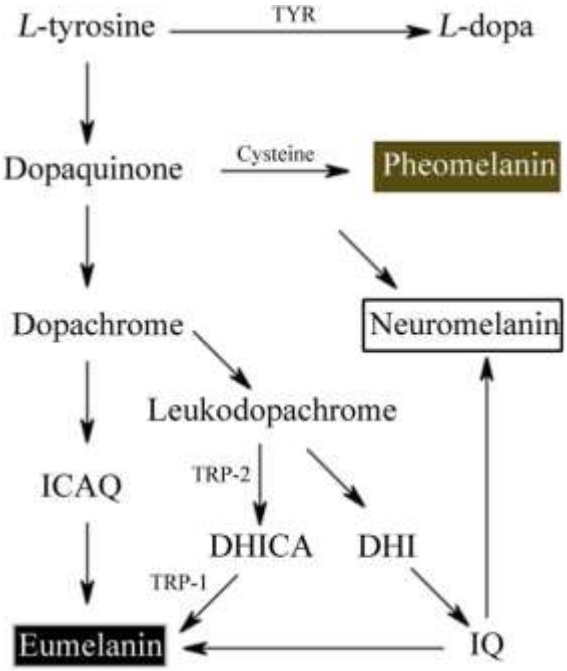
Los melanosomas son unos orgánulos citoplasmáticos especializados y aquí es donde se organiza la melanogénesis, también se ensamblan algunas proteínas estructurales como la

glicoproteína Pmel17, encargada de formar la matriz fibrilar donde se deposita la melanina, de igual forma en este orgánulo se incorporan enzimas como la tirosinasa encargada de la síntesis del pigmento (López & Chaparro, 2015).

Como se puede evidenciar en la figura 2 se representa el proceso bioquímico mediante el cual la tirosina se transforma en melanina dentro de los melanocitos además se ilustra cada una de estas etapas y compuestos intermedios, permitiendo comprender visualmente cómo se origina la melanina y cómo variaciones en este proceso pueden influir en la pigmentación cutánea.

Figura 2.

El proceso de derivación de la tirosina de la melanina.



Nota. Tomado de Frontiers in Molecular Biosciences.por Wang et al., 2024. [https://doi.org/10.3389/FMOLB.2024.1440187/FULL]

2.1.8.2 Tirosina y tirosinasa

La melanogénesis inicia con el aminoácido L-tirosina precursor de la formación de melanina. La tirosinasa (TYR) una enzima dependiente de cobre que se encuentra en la membrana de los melanosomas, es una enzima catalizadora fundamental de dos pasos:

Hidroxilación de L- tirosina a L- DOPA: etapa limitante de la síntesis de melanina.

Oxidación de L- DOPA a dopaquinona: a partir de esta se puede obtener en ausencia de cisteína se forma la eumelanina mediante intermedios como L- dopacromo. Y en presencia de cisteína o glutatión se forma la feomelanina a través de derivados de la cisteinildopa.

Con la tirosinasa, una enzima limitante que regula la velocidad de producción de la melanina, interviene otras enzimas relacionadas como TYRP1 y TYRP2 (DOPAchromo tautomerasa), que actúan en la calidad y cantidad de eumelanina/ feomelanina producida (D'Mello et al., 2016).

2.1.8.3 Melanocitos

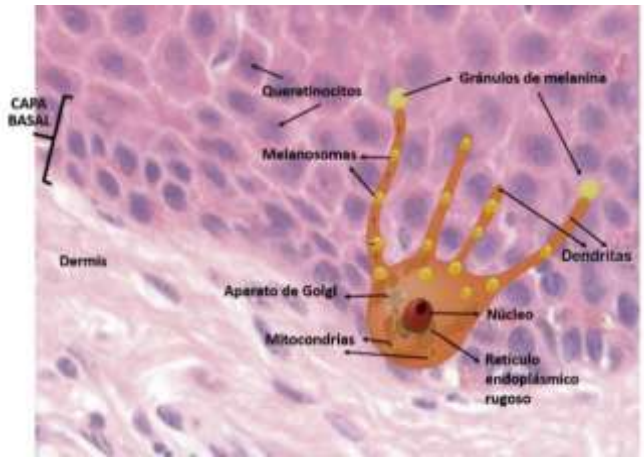
Son células derivadas de la cresta neural y parte del neuroectodermo, su función principal es la producción de un pigmento llamado melanina esto se da a través de un proceso llamado melanogénesis, este pigmento tiene como objetivo primordial brindar a la piel fotoprotección. Se encuentran en la piel, folículos pilosos, úvea del ojo, oído interno, huesos, el corazón y en el cerebro (López & Chaparro, 2015).

Los melanocitos tienen una forma fusiforme u oval, son dendríticos y son células muy pequeñas, se encuentran principalmente en la capa basal de la epidermis formando la unidad melano- epidérmica esta es la relación entre treinta y cuarenta queratinocitos con un melanocito. En la piel existen alrededor de 1200 melanocitos por mm2 y es independiente de la raza o fototipo al igual que la unidad melano-epidérmica su tamaño es similar en todas las razas, pero tiene una variación de tamaño en distintas zonas del cuerpo.

Como se muestra en la figura 3 se hace mención a la estructura y función del melanocito, la célula encargada de producir melanina. Se observa su forma característica con prolongaciones citoplasmáticas, a través de las cuales transfiere los melanosomas cargados de pigmento hacia los queratinocitos de la epidermis

Figura 3.

El melanocito



Nota. Tomado de Anatomía y fisiología de la piel, Pediatría integral (p.3,) por Dorado y Fraile, 2021, [https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13_RB_JesusGarcia.pdf].

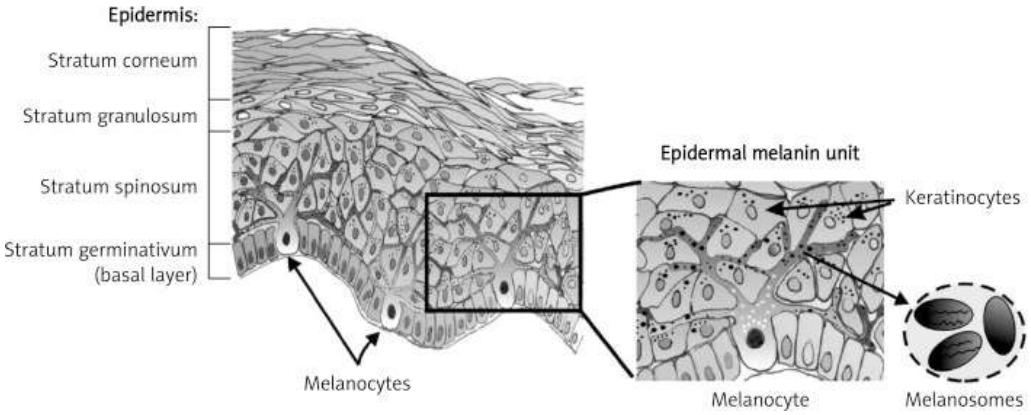
2.1.8.4 Melanosomas

Los melanosomas son los encargados de la síntesis de melanina, son organelas que tienen relación con los lisosomas, su proceso consta de cuatro etapas, en la etapa I los premelanososmas tienen una matriz amorfa y son unas vesículas pequeñas y redondeadas, en la etapa II su matriz es fibrilar con una estructura organizada aquí la tirosinasa se encuentra presente, pero sin actividad. Para que ocurra la maduración es necesario el aumento del pH intra melanosómico a 6.8 lo cual va a depender de una proteína p. En la etapa III ocurre el depósito de pigmento en las proteínas fibrilares y finalmente en la etapa IV el melanosoma está lleno de pigmento.

La figura 4 representa los melanosomas, orgánulos especializados dentro de los melanocitos donde se sintetiza, almacena y transporta la melanina.

Figura 4.

Los melanosomas



Nota. Tomado de Skin melanocytes: biology and development, por Cichorek et al., 2013. Postepy dermatol alergol, [https://doi.org/10.5114/pdia.2013.33376].

2.1.8.5 Melanina

Es un pigmento biológico sintetizado en los melanosomas de los melanocitos a partir de un proceso químico dado por el aminoácido L- tirosina.

Existen dos tipos de melanina:

Eumelanina: es un polímero marrón oscuro o negro que predomina en individuos con un fototipo oscuros, este pigmento confiere mayor fotoprotección.

Feumelanina: es un polímero con tonalidad amarilla a rojiza, este pigmento es el resultado de la conjugación con cisteína o glutatión, predomina en individuos de fototipos claros, este pigmento no aporta mucha fotoprotección y es susceptible a desarrollar tumores cutáneos.

La combinación de ambos tipos de pigmento en conjunto con la densidad total de melanina determinará el color de piel y cabello, además de poseer propiedades como la absorción y dispersión de la radiación UV, neutralizar los radicales libres, participa en reacciones oxido-reducción y almacén de iones metálicos (D'Mello et al., 2016).

2.1.9 Tratamiento estético

2.1.9.1 Definición

El tratamiento estético abarca una serie de técnicas, métodos y protocolos los cuales son diseñados para realzar, conservar o restaurar la apariencia de piel, cuerpo y cabello. Se basa en el uso de productos cosméticos, dermocosméticos, dermatológicos y equipos especializados con el objetivo de mejorar la salud cutánea, evitar o prevenir el envejecimiento prematuro y abordar problemas estéticos específicos. A comparación de los procedimientos quirúrgicos, estos tratamientos son no invasivos o son mínimamente invasivos lo que da como resultado menos riesgo y menor o nulo tiempo de recuperación, aunque su efectividad dependerá de la constancia y seguimiento adecuado (Miranda et al., 2020).

Los tratamientos estéticos en la práctica profesional conllevan una mejora en la apariencia física pero también juegan un papel primordial en el bienestar mental y social influyendo positivamente en la autoestima y la percepción personal.

2.1.9.2 Tipo de tratamiento estético

Los tratamientos estéticos se clasifican según la zona donde se apliquen y el objetivo terapéutico.

Tratamientos faciales: Son prácticas enfocadas en el mantenimiento, regeneración y mejora estética de la piel facial. Incluyen limpiezas profundas que eliminan impurezas, exfoliaciones tanto químicas o físicas que mejoran y renuevan la piel, hidrataciones que ayudan a restaurar el manto hidrolipídico y técnicas para estimular la producción de fibroblastos. El propósito es prevenir y tratar alteraciones cutáneas presentes en la piel como el fotoenvejecimiento, acné, rosácea, hiperpigmentaciones, entre otros, para obtener una piel mucho más saludable y uniforme.

Tratamientos corporales: Son prácticas enfocadas en mejorar la apariencia, tonicidad y textura de la piel y los tejidos, se involucran técnicas para reducción de grasa en áreas específicas, tratamientos para celulitis, drenajes linfáticos para mejorar la circulación y eliminar toxinas, envolturas revitalizantes, entre otros. Estos procedimientos tienen como objetivo promover la modelación corporal, la tonicidad de la piel y contribuir a un bienestar tanto físico como estético.

Tratamientos capilares: Se concentran en el bienestar del cuero cabelludo y de los folículos pilosos, su objetivo es prevenir y abordar problemas como pérdida de cabello, fragilidad capilar o resequedad del cabello. Se utilizan métodos como la microestimulación, mesoterapia capilar o aplicación de nutrientes para reforzar, humectar y estimular el crecimiento del cabello, mejorando la vitalidad y la apariencia estética del mismo.

2.1.10 *Tratamientos estéticos para despigmentación*

La despigmentación cutánea es uno de los tratamientos más solicitados en el ámbito estético, debido a la incidencia de problemas de pigmentación como léntigos solares, melasma, cloasma, hiperpigmentación postinflamatoria y manchas relacionadas a la fotoexposición solar. El abordaje del tratamiento se enfoca en inhibir la función de la tirosinasa, una enzima encargada de la producción de melanina, o acelerar el proceso de renovación celular para tratar la melanina acumulada.

Entre los tratamientos más destacados incluyen:

Exfoliaciones químicas despigmentantes: Se emplean compuestos ácidos que cumplan un porcentaje y pH adecuado para provocar una exfoliación controlada en la epidermis, favoreciendo la eliminación de capas superficiales y ayudando a mejorar el tono y uniformidad de la piel.

Luz pulsada intensa y láseres: Esta aparatología cuenta con una tecnología capaz de llegar de forma selectiva al cromóforo melanina presente en la piel, su función es fragmentar este pigmento para que posteriormente sea reabsorbida y eliminada de manera fisiológica.

Principios activos tópicos: Estos componentes son encargados de bloquear la actividad de la tirosinasa y alterar la transferencia de melanina hacia los queratinocitos, logrando un tono de piel uniforme dependiendo de su uso continuo.

2.1.11 Principios Activos y Aparatologías

2.1.11.1 Definición de principios activos

Los principios activos son sustancias químicas o biológicas que causan un efecto específico en el cuerpo o en un tejido en particular. En dermatología estética hace referencia a los elementos que se encuentran en productos cosméticos, farmacéuticos o dermocosméticos y que producen un impacto directo sobre la piel como la hidratación, reducción de manchas, regeneración celular o la síntesis de colágeno o elastina. De acuerdo con la Agencia Europea de Medicamentos (EMA), un principio activo es cualquier sustancia que se utiliza para tener un efecto farmacológico o influir en el diagnóstico, tratamiento o prevención de una alteración fisiológica. Su eficacia está sujeta a diversos factores como la concentración, la biodisponibilidad y su interacción con la piel, lo que los hace cruciales en el desarrollo de protocolos estéticos y dermatológicos (*Agencia Europea De Medicamentos (EMA), Unión Europea*, n.d.).

2.1.11.2 Definición de Aparatología

La aparatología utilizada en el área de dermatología estética se refiere al conjunto de equipos, dispositivos y tecnologías diseñadas para tratar la piel y los tejidos cercanos con fines terapéuticos, de bienestar o estéticos. Estos dispositivos operan mediante diversos principios físicos, como la radiación electromagnética, radiofrecuencia, crioterapia,

ultrasonido, entre otros. Su aplicación permite mejorar los efectos de tratamientos tópicos y manuales, proporcionando tratamientos más precisos y menos invasivos. A esta tecnología se le considera un recurso complementario que aumenta la efectividad clínica al actuar sobre capas específicas de la piel, mejorando aspectos como la pigmentación, elasticidad, vascularización y regeneración celular.

2.1.12 Principios del láser en dermatología estética

La luz amplificada por emisión estimulada de radiación o también llamada láser, se basa en la emisión de radiación electromagnética coherente, intensa y monocromática, que se genera a través de la excitación de átomos o moléculas en un medio activo.

En el campo de la estética el principio de acción de los láseres es la fototermólisis selectiva descrita en 1984 por Anderson y Parrish, lo cual revolucionó el concepto de estructuras pigmentadas y organelos de absorción selectiva en la aplicación médica, consiste en que un cromóforo específico como agua, hemoglobina o melanina absorbe esta energía luminosa lo que provoca una eliminación controlada del tejido diana sin provocar daño en las estructuras adyacentes.

Esta función permite realizar tratamientos efectivos en lesiones pigmentarias, vasculares, de textura y envejecimiento de manera precisa y segura. Además, aspectos como la longitud de onda, el tiempo de pulso y fluencia son factores determinantes en cuanto a la profundidad de penetración del láser y la efectividad del tratamiento, ajustándose a varios fototipos cutáneos y sus necesidades estéticas.

2.1.13 *Tipos de láser utilizados en despigmentación*

Para la despigmentación cutánea se emplean algunos tipos de láser con una longitud de onda y característica específica para actuar sobre el cromóforo melanina:

- **Láser Q-Switched Nd: YAG (1064 nm y 532 nm):** Su capacidad de emitir estos pulsos de energía en tiempos tan cortos lo convierten en un láser ideal y no invasivo para eliminar inesteticismos cutáneos como pigmentaciones, envejecimiento prematuro, cicatrices, hongos, cualquier pigmento endógeno o exógeno de la piel.
- **Láser de Rubí (694 nm):** El láser de rubí por su longitud de onda actúa principalmente sobre el cromóforo melanina, lo que lo hace eficiente en tratamientos despigmentantes, como la eliminación de manchas pigmentarias y tatuajes oscuros.
- **Láser de Alejandrita (755 nm):** Su efectividad se debe a su longitud de onda de 755 nm, que es absorbida de manera eficiente por la melanina, lo que permite obtener resultados precisos y duraderos. Es efectivo en el tratamiento de efélides, melasma y pigmentaciones solares.
- **El láser Er: YAG (Erbium :Yttrium-Aluminum-Garnet):** En medicina estética, se utiliza para procedimientos como el rejuvenecimiento facial, la eliminación de arrugas, la reducción de cicatrices y manchas, así como para la mejora de la textura de la piel. Su capacidad para penetrar de manera precisa en la epidermis y dermis, minimizando el daño a los tejidos circundantes.

2.1.14 *Protocolo Despigmentante*

2.1.14.1 Combinación de aparatología con principios activos para la despigmentación.

En nuestro protocolo se planteó la combinación de aparatología con el láser Nd: YAG y un agente despigmentante como es el ácido tranexámico. El láser actúa mediante foto termólisis selectiva en el cromóforo melanina causando una fragmentación específica con mínimos daños en los tejidos circundantes.

Por otra parte, el ácido tranexámico es un compuesto capaz de inhibir el proceso de melanogénesis ya que interviene en la activación de los melanocitos, también tiene propiedades adicionales como es un efecto antiinflamatorio y modulador vascular, por esta razón la combinación con el láser es ideal ya que contribuye a los daños inducidos por la luz y las respuestas inflamatorias producidas por el mismo equipo.

Al combinar la acción mecánica del láser se prevé que exista un aumento en la penetración del principio activo y mejore su eficacia, el ácido tranexámico también puede ayudar a prevenir la recidiva del pigmento melanina, disminuir el riesgo de hiperpigmentación postinflamatoria (HPI), quemaduras o irritación.

2.2 Marco Conceptual

Aparatología: Se refiere al uso de equipos especializados en tratamientos faciales y corporales cuya función es mejorar la salud y apariencia de la piel (RAE,2025).

Láser: Se refiere a un aparato que emite radiación electromagnética coherente, intensa y direccional producto de una emisión estimulada (RAE,2025).

Hiperpigmentación: Se refiere a una pigmentación excesiva de piel u otros tejidos producto del exceso de melanina generalmente causado por sobreexposición solar, inflamación o cambios hormonales (RAE,2025).

Hipopigmentación: Se refiere a una disminución o escasez de pigmento en la piel u otros tejidos producto de una baja producción de melanina como el vitíligo o después de algunas lesiones cutáneas (RAE,2025).

Tonicidad: Se refiere a un grado de contracción permanente y ligera del músculo en reposo, en estética se hace referencia a la firmeza de músculo y piel (RAE,2025).

Fibrilar: Perteneciente o relativo a las fibras, en estética se relaciona con las fibras de músculo o colágeno en la piel (RAE,2025).

Pigmentación: Se refiere a una coloración normal o patológica de tejidos por el depósito de pigmento presente, en estética hace referencia al color natural de la piel dado por la melanina o también a alteraciones como manchas de color obscuro (RAE,2025).

Envejecimiento cutáneo: Son un grupo de afecciones y cambios comunes que ocurren a medida que las personas envejecen.

Ultrasonido: Sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales y se emplea en medicina. (Real Academia Española, s.f.)

2.3 Marco Legal

En el ámbito constitucional, como norma suprema que rige al estado ecuatoriano se considera que, la Constitución de la República del Ecuador en su artículo 361 dispone que el Estado ejercerá la rectoría del sistema nacional de salud a través de la Autoridad Sanitaria Nacional y será responsable de, entre otros aspectos, normar regular y controlar todas las actividades relacionadas con la salud;

La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 361, dispone que: “El Estado ejercerá la rectoría del sistema a través de la autoridad sanitaria nacional, será responsable de formular la política nacional de salud, y normará, regulará y controlará todas

las actividades relacionadas con la salud, así como el funcionamiento de las entidades del sector";

En el ámbito regional, según la Decisión Andina 516 de la Comunidad Andina, referente a la Armonización de Legislaciones en materia de Productos Cosméticos, publicada en Gaceta Oficial Nro. 771 de fecha 14 de marzo de 2002; estipula en el artículo 29: "(…) En todo caso, las Autoridades Nacionales Competentes exigirán un nivel básico de cumplimiento con las Normas de Buenas Prácticas de Manufactura, al otorgar la licencia de funcionamiento, de capacidad o su equivalente nacional. La licencia tendrá vigencia indefinida y será necesaria para acceder a la Notificación Sanitaria Obligatoria."

En el ámbito especifico de la salud, la Ley Orgánica de Salud en su artículo 6, numeral 18 manda al Ministerio de Salud Pública a regular y realizar el control sanitario de las diversas etapas del ciclo producción consumo que incluye las diferentes formas de comercialización, así como sistemas y procedimientos que garanticen inocuidad, seguridad y calidad de los productos que se ofrecen a los consumidores;

De conformidad con el Art. 130 de la Ley Orgánica de Salud, los establecimientos sujetos a control sanitario para su funcionamiento deberán contar con el permiso otorgado por la autoridad sanitaria nacional;

La Ley Orgánica de Salud, en su artículo 132, dispone que: "Las actividades de vigilancia y control sanitario incluyen las de control de calidad, inocuidad y seguridad de los productos procesados de uso y consumo humano, así como la verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos y sanitarios en los establecimientos dedicados a la producción, almacenamiento, distribución, comercialización, importación y exportación de los productos señalados.";

Con respecto a la regulación de los establecimientos que ofrezcan servicios del tipo tratado en este trabajo, mediante Decreto Ejecutivo Nro. 544, de fecha 14 de enero de 2015,

publicado en el Registro Oficial Nro. 428, de fecha 30 de enero de 2015, se reformó el Decreto Ejecutivo Nro. 1290 de Creación de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, publicado en Registro Oficial Suplemento Nro. 788, de fecha 13 de septiembre de 2012; en el cual se establece en el artículo 9: "La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria – ARCSA, Doctor Leopoldo Izquieta Pérez, será el organismo técnico encargado de la regulación, control técnico y vigilancia sanitaria.

Finalmente, ARCSA, mediante Informe Jurídico Nro. ARCSA-INF-DAJ-2022-027 contenido en el Memorando Nro. ARCSA-ARCSA-DAJ-2022-0478-M, de fecha 27 de julio de 2022, la Dirección de Asesoría Jurídica determina que existe viabilidad jurídica para la expedición de la "Normativa Técnica Sanitaria Sustitutiva para otorgar el Permiso de Funcionamiento Sanitario a los Establecimientos sujetos a control y vigilancia sanitaria, a excepción de los establecimientos y servicios de atención de salud del Sistema Nacional de Salud"

CAPÍTULO III.
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Según el propósito

3.1.1.1 Descriptiva. El estudio descriptivo tiene como objetivo "especificar las particularidades del fenómeno que se investiga, sin alterar variables" (Hernández, et al, 2018). En este caso, se mostrarán los cambios mediante los indicadores de pigmentación como las escalas Von Luschan y Munsell. Y las respuestas clínicas de los pacientes que participan en el protocolo que combina láser Nd: YAG con gel de ácido tranexámico.

3.1.1.2 Exploratoria. En este modelo de estudio el investigador utilizará diferentes tipos de instrumentos para la recolección de datos donde se capturará una referencia general del fenómeno que se piensa investigar, es un modelo que se destaca por ser flexible en la metodología. (Lösch et al., 2023). Se utilizará este tipo de investigación debido a que la combinación del láser Nd: YAG con el gel de ácido tranexámico tiene escasa información, el estudio adoptará un enfoque exploratorio generando así conocimiento preliminar y permitiendo formular hipótesis y detectar variables nuevas o efectos inesperados.

3.1.1.3 Aplicada. La investigación aplicada es concebida como el uso de los conocimientos en contextos reales, con el propósito de beneficiar a los grupos involucrados en dichos procesos y a la comunidad en conjunto (Vargas Cordero & Universidad de Costa Rica, 2009). Por lo tanto, la investigación aplicada será primordial para el presente estudio, ya que se enmarca en el ámbito aplicado pues busca no solo describir, sino implementar un protocolo en pacientes reales y evaluar su eficacia práctica.

3.1.1.4 Según la manipulación de variables. Una investigación que tiene elementos de un experimento, pero no se le asignan aleatoriamente los grupos se la conoce como cuasiexperimental, este estudio permite establecer el impacto que tendrá el tratamiento y sus resultados (Bono Cabré et al., n.d.). En nuestro caso de estudio, el diseño cuasiexperimental es vital para ejecutar el protocolo ya que se ajusta al entorno clínico-estético, donde cada individuo se convierte en su propio referente. Se utilizará el protocolo que combina el láser Nd: YAG con gel de ácido tranexámico, manteniendo las mismas condiciones y herramientas en todos los casos. La variable clave será la implementación del protocolo estándar.

3.1.1.5 Según el tiempo de desarrollo. El estudio longitudinal se caracteriza por ser una medición repetitiva de un estudio de caso es decir un seguimiento repetitivo (más de dos) a lo largo del estudio, también permite analizar diferentes variables como la exposición y efecto durante la ejecución (Delgado Rodríguez & Llorca Díaz, 2004).

Para el desarrollo de este caso se utilizará el tiempo longitudinal ya que se mide a los mismos sujetos antes y después de ejecutar el protocolo a lo largo de las cinco sesiones.

3.2 Tipo de Enfoque

El presente estudio adopta un enfoque mixto ya que se combinan métodos cuantitativos y cualitativos para una comprensión más específica del fenómeno a tratar.

El ámbito cuantitativo se encargará del uso de escalas estandarizadas como la de Von Luschan y Munsell para obtener datos numéricos acerca de la variación del pigmento y aplicar análisis estadísticos.

Por otro lado, la investigación cualitativa nos ayudará a analizar las fotografías clínicas de cada sesión, narrativas de evolución, observaciones clínicas y posibles comentarios u opiniones de los pacientes.

Este método mixto permite compensar cada enfoque y aumentar la calidad interpretativa de los hallazgos al culminar el estudio de caso.

3.3 Herramientas metodológicas

- **Ensayo no controlado**

Para evaluar la eficacia del protocolo se aplicará un ensayo no controlado esto quiere decir que los involucrados seguirán el protocolo combinado sin un grupo de control paralelo. Cada paciente servirá como su propio referente en el pretratamiento y postratamiento.

3.4 Técnicas

Son un conjunto de procedimientos que sirven para obtener la información necesaria para analizar el caso de estudio y aquí tenemos las más importantes:

- **Registro fotográfico**

Esta es una técnica cualitativa que permitirá visualizar el cambio de la pigmentación de la piel tras haber aplicado el protocolo establecido. Para tener un mejor control de las imágenes se tomará una foto antes y después de la sesión manteniendo las mismas condiciones de iluminación, ángulo y distancia.

- **Anamnesis**

Se aplicará al iniciar las sesiones ya que es una recopilación de datos personales, antecedentes tanto médicos como estéticos relevantes de cada paciente. Esto con el fin de que cualquier factor intrínseco o extrínseco pueda influenciar en los resultados del protocolo e incluso causar alteraciones en la piel.

- **Nota de evolución clínica**

Sirve para registrar los cambios observados en cada sesión y puede llegar a ser objetivo al utilizar las escalas planteadas para pigmentación y subjetivas al registrar la percepción del paciente.

3.5 Estudios iniciales

3.5.1 Criterios y exclusión

- **Criterios de inclusión y exclusión.**

De acuerdo con lo presentado en la tabla 1 se especifican los requisitos de inclusión y exclusión. Estos factores facilitan la identificación de las condiciones que los pacientes estéticos deben cumplir para evaluar de forma adecuada la aplicación y el avance del protocolo.

Tabla 1

Criterios de inclusión y exclusión para población objeto de estudio

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Adultos de 20 a 35 años con pigmentación leve a moderada.	Jóvenes y adultos que no se encuentren en este rango de edad y que no presenten pigmentación en la zona.
Adultos receptivos al protocolo y a las instrucciones dadas durante el periodo de las cinco sesiones.	Adultos con antecedentes de reacciones alérgicas graves al ácido tranexámico.
Adultos que no presenten alergia a los ingredientes de los productos usados en cabina.	Adultos con alergias conocidas a los ingredientes de los productos de cabina que se va a emplear.
Adultos que sean residentes de Quito	Adultos que no sean residentes de Quito
Adultos dispuestos a proporcionar información personal y firmar un consentimiento informado.	Adultos que no estén dispuestos a proporcionar información personal y firmar un consentimiento informado.
Adultos que padezcan de hiperpigmentación en la zona de codos y que estén dispuestos a probar el protocolo en su piel durante un periodo de tiempo determinado.	Adultos que padezcan de hiperpigmentación en la zona de codos, pero que no estén dispuestos a probar el protocolo en su piel durante un periodo de tiempo determinado.

Nota: Criterios de inclusión y exclusión de pacientes en el desarrollo del protocolo

3.5.2 Muestreo

El muestreo es el procedimiento a través del cual se escoge una parte de la población con el objetivo de recoger datos representativos sobre el fenómeno que se va a investigar

(Hernández, et al., 2018). Para este estudio, se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que la elección de los participantes se basa en criterios específicos asociados a su accesibilidad, disponibilidad y pertinencia respecto a los objetivos del estudio.

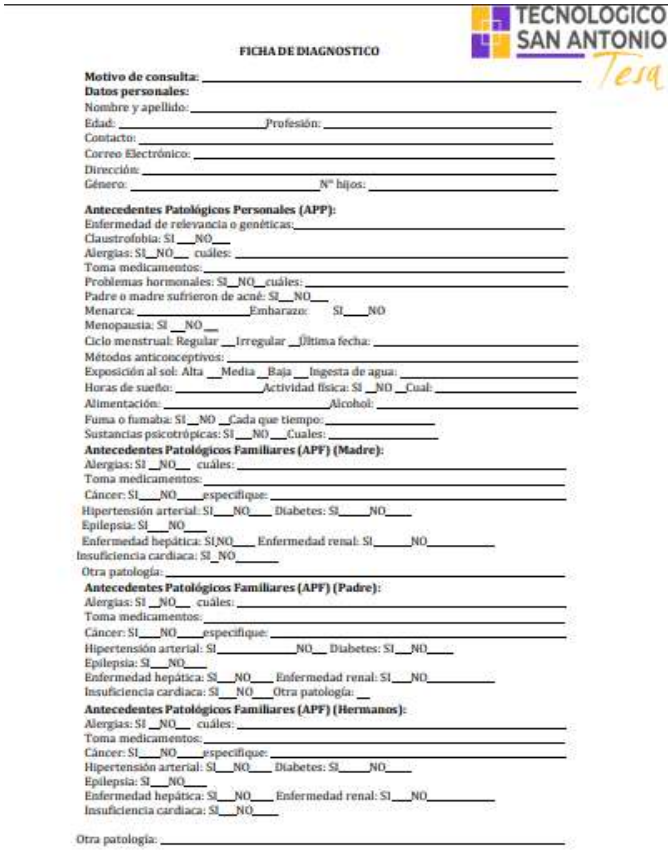
Según Bernal (2020), el muestreo no probabilístico resulta adecuado cuando el investigador selecciona a los individuos que, por sus características, pueden ofrecer la información más significativa para la investigación. En el caso del estudio planteado, los pacientes fueron seleccionados por conveniencia, tomando en cuenta que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión definidos, tales como el tipo y la zona de hiperpigmentación, la ausencia de patologías en la piel y el consentimiento informado para participar.

3.5.3 Formato de ficha de diagnóstico para anamnesis

La imagen 5 muestra todas las preguntas y datos recopilados como parte del proceso de anamnesis.

Figura 5.

Anamnesis.



FICHA DE DIAGNOSTICO

Motivo de consulta: _____

Datos personales:

Nombre y apellido: _____

Edad: _____ Profesión: _____

Contacto: _____

Correo Electrónico: _____

Dirección: _____

Género: _____ N° hijos: _____

Antecedentes Patológicos Personales (APP):

Enfermedad de relevancia o genéticas: _____

Claustrofobia: SI ___NO___

Alergias: SI__NO___ cuáles: _____

Toma medicamentos: _____

Problemas hormonales: SI__NO__cuáles: _____

Padre o madre sufrieron de acné: SI___NO___

Menarca: _____ Embarazo: SI___NO

Menopausia: SI __NO __

Ciclo menstrual: Regular __Irregular __Última fecha: _____

Métodos anticonceptivos: _____

Exposición al sol: Alta __Media __Baja __Ingesta de agua: _____

Horas de sueño: _____ Actividad física: SI __NO __Cual: _____

Alimentación: _____ Alcohol: _____

Fuma o fumaba: SI__NO __Cada que tiempo: _____

Sustancias psicotrópicas: SI ___NO ___Cuales: _____

Antecedentes Patológicos Familiares (APF) (Madre):

Alergias: SI __NO___ cuáles: _____

Toma medicamentos: _____

Cáncer: SI____NO____especifique: _____

Hipertensión arterial: SI____NO____ Diabetes: SI_____NO____

Epilepsia: SI____NO____

Enfermedad hepática: SI_NO____ Enfermedad renal: SI_____NO_____

Insuficiencia cardiaca: SI_NO_____

Otra patología: _____

Antecedentes Patológicos Familiares (APF) (Padre):

Alergias: SI __NO___ cuáles: _____

Toma medicamentos: _____

Cáncer: SI____NO____especifique: _____

Hipertensión arterial: SI_____NO___ Diabetes: SI____NO____

Epilepsia: SI____NO____

Enfermedad hepática: SI___NO____ Enfermedad renal: SI___NO_____

Insuficiencia cardiaca: SI___NO___Otra patología: __

Antecedentes Patológicos Familiares (APF) (Hermanos):

Alergias: SI __NO___ cuáles: _____

Toma medicamentos: _____

Cáncer: SI____NO____especifique: _____

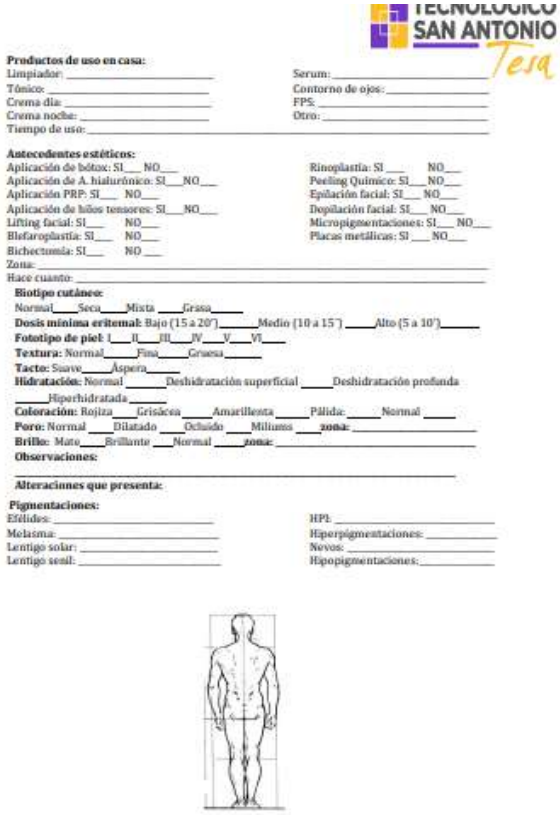
Hipertensión arterial: SI___NO____ Diabetes: SI_____NO____

Epilepsia: SI____NO____

Enfermedad hepática: SI___NO____ Enfermedad renal: SI___NO_____

Insuficiencia cardiaca: SI___NO____

Otra patología: _____



Productos de uso en casa:

Limpiador: _____ Serum: _____

Tónico: _____ Contorno de ojos: _____

Crema día: _____ FPS: _____

Crema noche: _____ Otro: _____

Tiempo de uso: _____

Antecedentes estéticos:

Aplicación de bótox: SI___ NO___ Rinoplastia: SI ___ NO___

Aplicación de A. hialurónico: SI___NO___ Peeling Químico: SI___NO___

Aplicación PRP: SI___ NO___ Epilación facial: SI___ NO___

Aplicación de hilos tensores: SI___NO___ Depilación facial: SI___ NO___

Lifting facial: SI___ NO___ Micropigmentaciones: SI___ NO___

Blefaroplastia: SI___ NO___ Placas metálicas: SI ___ NO___

Bichectomía: SI___ NO ___

Zona: _____

Hace cuanto: _____

Biotipo cutáneo:

Normal____Seca____Mixta ____Grasa_____

Dosis mínima eritemal: Bajo (15 a 20')_____Medio (10 a 15') _____Alto (5 a 10')_____

Fototipo de piel: I___II___III___IV___V___VI___

Textura: Normal_____Fina_____Gruesa_____

Tacto: Suave_____Áspera_____

Hidratación: Normal _____Deshidratación superficial _____Deshidratación profunda _____Hiperhidratada_____

Coloración: Rojiza____Grisácea____Amarillenta _____Pálida: _____Normal _____

Poro: Normal ____Dilatado ____Ocluido ____Miliums ____**zona:** _____

Brillo: Mate____Brillante ___Normal _____**zona:** _____

Observaciones:

_____

Alteracinnes que presenta:

Pigmentaciones:

Efélides: _____ HPI: _____

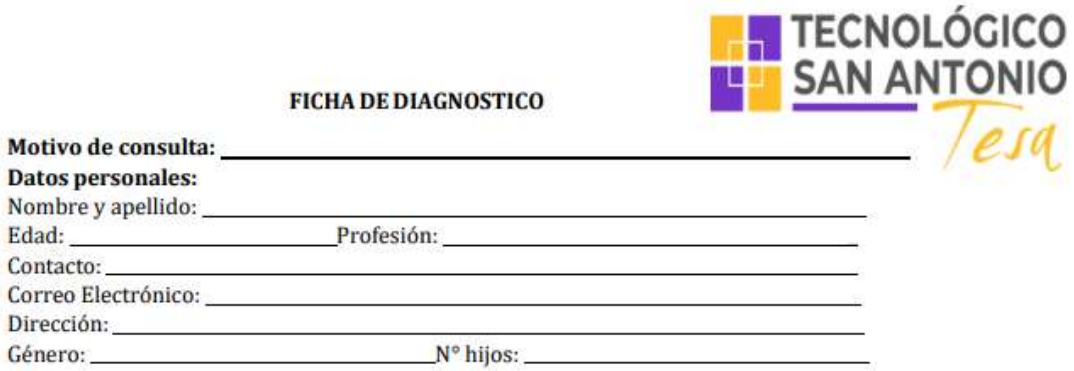
Melasma: _____ Hiperpigmentaciones: _____

Lentigo solar: _____ Nevos: _____

Lentigo senil: _____ Hipopigmentaciones: _____

Figura 6.

Datos personales del paciente estético.



FICHA DE DIAGNOSTICO

Motivo de consulta: _____

Datos personales:

Nombre y apellido: _____

Edad: _____ Profesión: _____

Contacto: _____

Correo Electrónico: _____

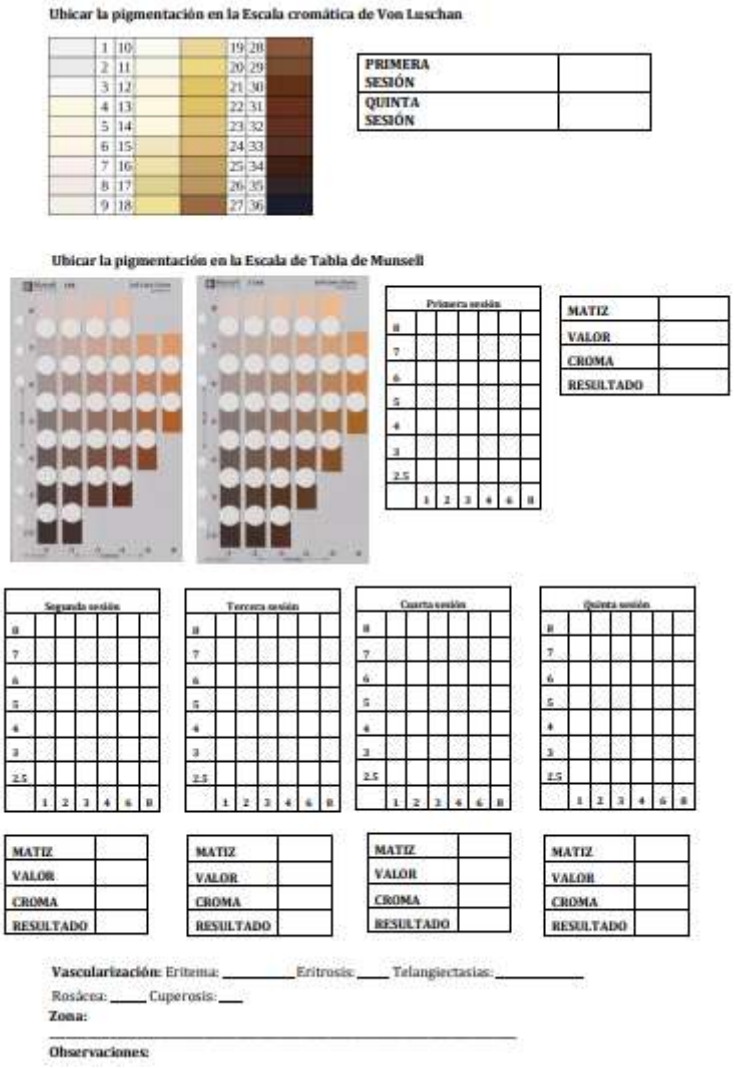
Dirección: _____

Género: _____ N° hijos: _____

En la figura 7 se presentan las escalas empleadas para medir el nivel de pigmentación de la piel. Dichas escalas facilitan la clasificación y el registro exacto de los pacientes estéticos de acuerdo a las características de pigmentación que poseen, ofreciendo así una base fundamental para su valoración y monitoreo dentro del protocolo determinado.

Figura 7.

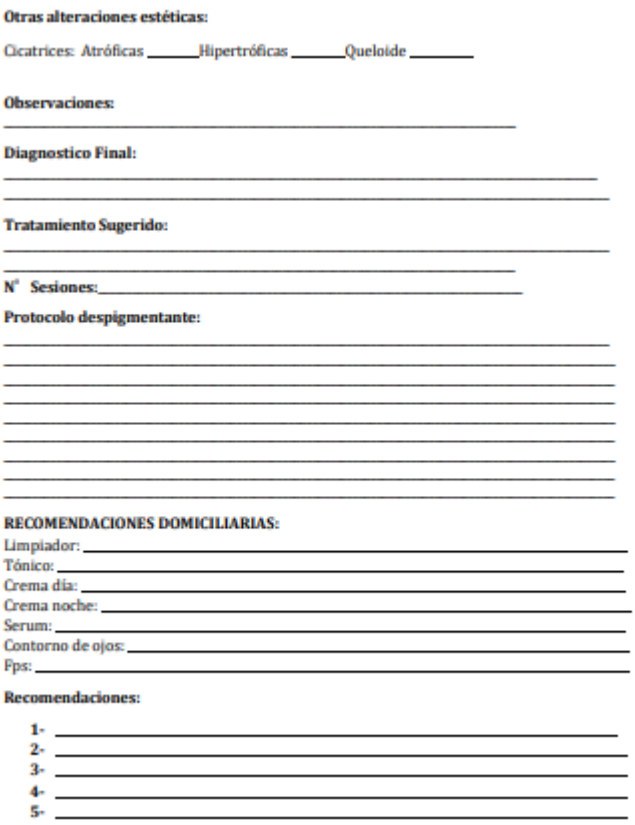
Escalas del grado de pigmentación.



En la figura 8 se puede ver la sección final de la historia clínica, en la cual el especialista describe el procedimiento utilizado y las recomendaciones.

Figura 8.

Protocolo, número de sesiones y recomendaciones.



Otras alteraciones estéticas:

Cicatrices: Atróficas _____Hipertróficas _____Queloide _____

Observaciones:

_____

Diagnostico Final:

_____

_____

Tratamiento Sugerido:

_____

_____

N° Sesiones:_____

Protocolo despigmentante:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

RECOMENDACIONES DOMICILIARIAS:

Limpiador: _____

Tónico: _____

Crema día: _____

Crema noche: _____

Serum: _____

Contorno de ojos: _____

Fps: _____

Recomendaciones:

1- _____

2- _____

3- _____

4- _____

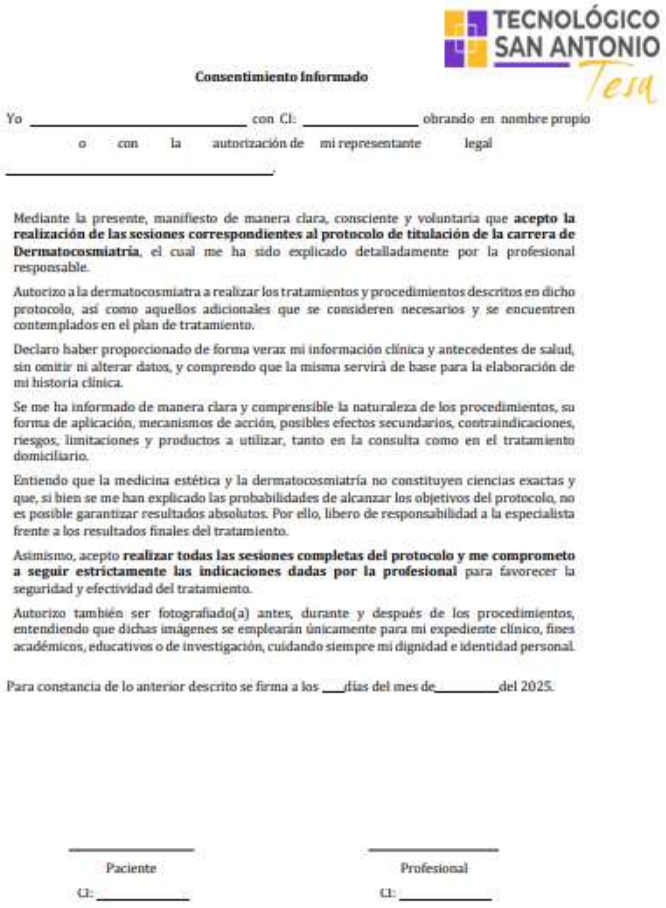
5- _____

3.5.4 Consentimiento informado

Como se detalla en la figura 9 el consentimiento es un formulario crucial que valida que el paciente estético ha recibido información sobre el tratamiento. Asimismo, indica que su implicación es opcional y no forzada. También le aclara al paciente que las imágenes capturadas serán empleadas según los requisitos y propósitos de este estudio.

Figura 9.

Consentimiento informado.



TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

Consentimiento Informado

Yo _____ con CI: _____ obrando en nombre propio o con la autorización de mi representante legal _____.

Mediante la presente, manifiesto de manera clara, consciente y voluntaria que **acepto la realización de las sesiones correspondientes al protocolo de titulación de la carrera de Dermatocosmiatría**, el cual me ha sido explicado detalladamente por la profesional responsable.

Autorizo a la dermatocosmiatra a realizar los tratamientos y procedimientos descritos en dicho protocolo, así como aquellos adicionales que se consideren necesarios y se encuentren contemplados en el plan de tratamiento.

Declaro haber proporcionado de forma veraz mi información clínica y antecedentes de salud, sin omitir ni alterar datos, y comprendo que la misma servirá de base para la elaboración de mi historia clínica.

Se me ha informado de manera clara y comprensible la naturaleza de los procedimientos, su forma de aplicación, mecanismos de acción, posibles efectos secundarios, contraindicaciones, riesgos, limitaciones y productos a utilizar, tanto en la consulta como en el tratamiento domiciliario.

Entiendo que la medicina estética y la dermatocosmiatría no constituyen ciencias exactas y que, si bien se me han explicado las probabilidades de alcanzar los objetivos del protocolo, no es posible garantizar resultados absolutos. Por ello, libero de responsabilidad a la especialista frente a los resultados finales del tratamiento.

Asimismo, acepto **realizar todas las sesiones completas del protocolo y me comprometo a seguir estrictamente las indicaciones dadas por la profesional** para favorecer la seguridad y efectividad del tratamiento.

Autorizo también ser fotografiado(a) antes, durante y después de los procedimientos, entendiendo que dichas imágenes se emplearán únicamente para mi expediente clínico, fines académicos, educativos o de investigación, cuidando siempre mi dignidad e identidad personal.

Para constancia de lo anterior descrito se firma a los ___días del mes de_____del 2025.

_____ Paciente CI: _____

_____ Profesional CI: _____

3.6 Desarrollo

En esta sección describe paso a paso cómo se llevó a cabo la investigación. Se detalla la aplicación de las técnicas seleccionadas, el uso de las herramientas metodológicas y la forma en que se recolectó y analizó la información. También se explican las actividades principales realizadas durante el proceso investigativo, considerando el enfoque y el tipo de investigación definidos previamente.)

En esta sección se debe detallar todo lo referente al desarrollo de los diseños, formulaciones, cálculos, planos, selección y/o construcción de elementos, prótesis, manuales, protocolos etc.

De acuerdo con lo representado en la tabla 2 se expone las definiciones teóricas, las dimensiones, los parámetros y los recursos. Esta matriz apoya la valoración y comprensión de manera en que se pueden poner en práctica las variables analizadas en este estudio.

3.6.1 Matriz de Operacionalización de las Variables

Tabla 2.

Matriz de operacionalización de las Variables

Objetivos Específicos	Variables	Definiciones nominales	Dimensiones	Indicadores	Preguntas
Identificar los fundamentos científicos que sustenten el uso del Láser Nd: YAG y el gel de ácido tranexámico para la despigmentación.	Protocolo estético con el láser Nd: YAG combinado con gel de ácido tranexámico	El protocolo es un procedimiento secuencial y detallado de pasos que se usa para ejecutar un tratamiento. El láser Nd: YAG es una tecnología que actúa sobre las lesiones pigmentarias. Por su parte, el ácido tranexámico es un agente despigmentante que inhibe la actividad de los melanocitos favoreciendo la despigmentación de la piel.	Químico: Interacción del ácido tranexámico en el proceso de despigmentación láser.	Medición del pigmento con escala Von Luschan	¿Se redujo las pigmentaciones?
			Clínico: Grado de pigmentación y signos de lesiones	Medición del color en la hiperpigmentación con escala de Munsell	¿disminuyó la pigmentación en la zona de codos?
			Físico: efecto fotoacústico del láser sobre el cromóforo melanina	Homogeneidad del aclaramiento pigmentario tras las sesiones.	¿A qué longitud de onda se trabaja en pigmentaciones profundas?
Desarrollar un protocolo con la aplicación del Láser Nd: YAG y la aplicación del ácido tranexámico para favorecer la reducción de la pigmentación en la zona de codos.	Pigmentación en la zona de codos	La pigmentación es una lesión cutánea que se manifiesta por una sobreproducción de melanina en la piel y está asociada a factores externos como la sobreexposición solar, roce continuo, hormonal o procesos inflamatorios.	Resultado clínico visual	Cambios notables en la pigmentación de la zona de codos. Existió una disminución de tonalidad en la zona.	¿Existió alguna evolución en los resultados clínicos visuales del antes y después en la zona de pigmentación de codos?
			Evidencia fotográfica	Cambios visibles de pigmentación en la zona de codos mediante un registro fotográfico.	¿Se evidencian cambios en la tonalidad de pigmentación en el registro fotográfico del protocolo entre la primera y última sesión?
			percepción del paciente	Nivel de satisfacción y percepción en la disminución de la tonalidad del pigmento en la zona de codos.	¿Qué nivel de satisfacción reportó el paciente con respecto a los resultados finales del protocolo despigmentación en la zona de los codos?

Nota: Matriz de operacionalización de las Variables para el desarrollo del protocolo

3.6.2 Materiales

En la figura 10 se aprecia los productos utilizados durante el protocolo despigmentante, espuma limpiadora, tónico, gel despigmentante, mascarilla aclaradora, guantes, brochas, campo estéril, barreras plásticas, anestésico tópico.

Figura 10.

Materiales protocolo planteado.



3.6.3 Nota de evolución

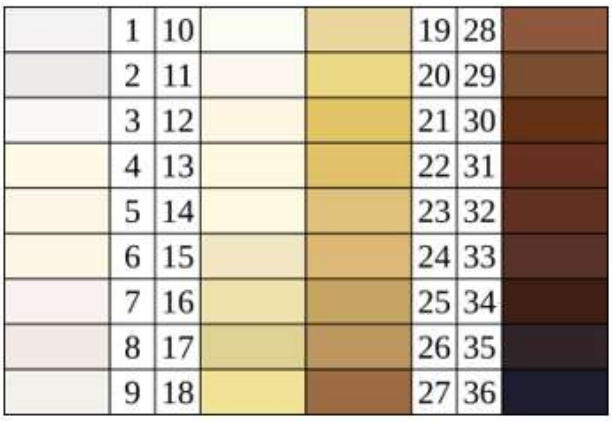
Se encuentra determinada mediante el análisis del registro fotográfico de cada paciente en función de las sesiones realizadas durante el estudio de caso.

Como se aprecia en la imagen 11, tenemos un cuadro de la evolución de la tonalidad de la pigmentación que se va a ir registrando al iniciar con el protocolo despigmentante en la zona de codos y al culminar con el mismo.

Figura 11.

Nota de evolución de la primera y última sesión con la escala Von Luschan.

Ubicar la pigmentación en la Escala cromática de Von Luschan



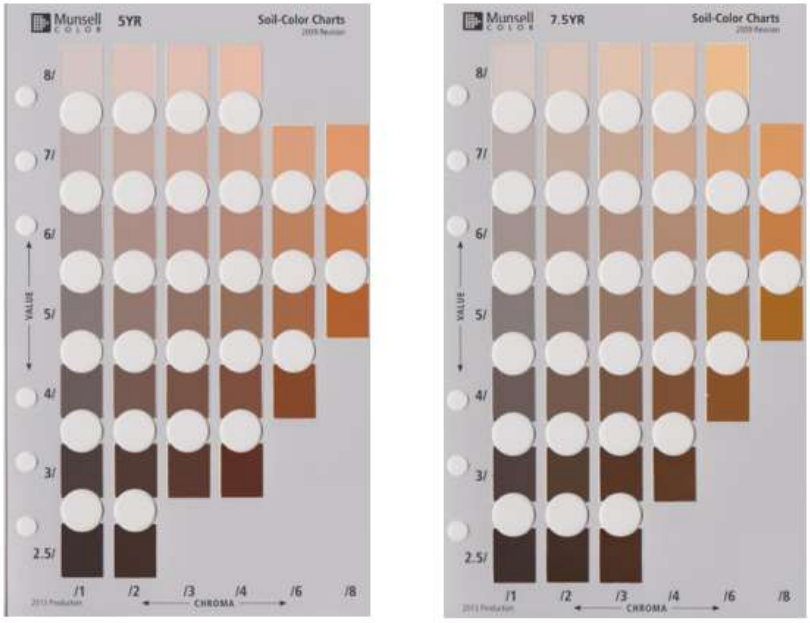
PRIMERA SESIÓN	
QUINTA SESIÓN	

En la figura 12 se evidencia la escala de Munsell, en este caso lo que realizaremos será un registro por cada sesión para medir la evolución en cuanto a la disminución de tonalidad del pigmento en la zona de codos.

Figura 12.

Nota de evolución semanal.

Ubicar la pigmentación en la Escala de Tabla de Munsell



3.6.4 Protocolo planteado

1. Higienización

Como se detalla en la figura 13 se evidencia el proceso mediante el cual se retira todas las impurezas de la zona a tratar, para este protocolo se propone utilizar una espuma limpiadora despigmentante de la marca professional spa.

Figura 13.

Higienización.



2. Exfoliación con ácido tranexámico

Como se aprecia en la figura 14, el proceso mediante el cual se retiran las células muertas de la piel para mejorar la apariencia y tener una mejor penetración de los principios activos, se propone utilizar el gel de ácido tranexámico al 3% de la marca imagcev dejándolo actuar durante 10 minutos en la zona a tratar.

Figura 14.

Exfoliación.



3. Aplicación de mascarilla despigmentante

En la figura 15 se aprecia la colocación de la mascarilla aclaradora que potencia los efectos despigmentantes del ácido tranexámico además de que hidrata la zona de los codos al ser arcillosa, se propone utilizar la mascarilla despigmentante de miladerm y se deja actuar durante 10 minutos en la zona a tratar.

Figura 15.

Mascarilla despigmentante.



4. Oclusión con plástico

En la figura 16 se observa el proceso de oclusión el cual nos permite mejorar la penetración de los principios activos de la mascarilla.

Figura 16.

Plástico osmótico.



5. Tonificación

Como se muestra en la figura 17, la función principal de tonificar es regular el pH de la piel luego de los pasos anteriores y preparar la piel para el núcleo del tratamiento, se propone utilizar el tónico aclarante de la marca professional spa.

Figura 17.

Tonificación.



6. Anestesia tópica

Como se observa en la figura 18 se aplica una fina capa de anestesia tópica para evitar dolor al momento de aplicar el láser, se propone utilizar una crema anestésica al 3%.

Figura 18.

Anestesia.



7. Láser Nd: YAG

Como se puede evidenciar en la figura 19 se hace mención a los ajustes de los parámetros del equipo con la energía y fluencia adecuada para tratar el cromóforo melanina en la zona de codos, se realiza una pasada en la zona y se repite el proceso en el otro brazo.

Figura 19.

Láser Nd: YAG.



8. Gel de ácido tranexámico

En la figura 20 se evidencia la aplicación de una ligera capa del principio activo en la zona en la que aplicamos el láser y dejamos que se absorba completamente.

Figura 20.

Gel finalización.



CAPITULO IV.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e interpretación de resultados del protocolo

Para evaluar la efectividad del protocolo sobre despigmentación en la región de los codos a través del uso de ácido tranexámico combinado con el láser Nd: YAG, se eligieron pacientes estéticos que cumplían los requisitos de inclusión definidos para este estudio. Cada paciente recibió información previa sobre los detalles del procedimiento, los posibles efectos no deseados y el objetivo del tratamiento, información que quedó registrada en la ficha de diagnóstico. También se obtuvo la firma del consentimiento informado, lo cual permitió el inicio de la recopilación de datos conforme a los indicadores propuestos.

A lo largo de la ejecución del protocolo, se llevaron a cabo mediciones iniciales del grado de pigmentación a través de registros fotográficos y escalas cromáticas.

4.1.1 Escala de Von Luschan

La Escala de Von Luschan es un método tradicional que se utiliza para medir el grado de coloración de la piel mediante la comparación visual con un conjunto de muestras de colores. Esta escala fue creada por Felix Von Luschan y consta de 36 diferentes matices, que van desde blancos muy claros hasta oscuros profundos. Cada recuadro representa un tono particular de piel, lo que permite una clasificación aproximada.

En nuestro estudio de caso la escala se usa como herramienta para determinar el nivel de pigmentación en el área de los codos antes y después de los tratamientos de despigmentantes. Su aplicación ayudó a medir el cambio en el color y a realizar comparaciones objetivas entre diferentes sesiones, proporcionando un elemento visual que facilita el seguimiento del tratamiento.

Tabla 3.

Registro de escala cromática Von Luschan

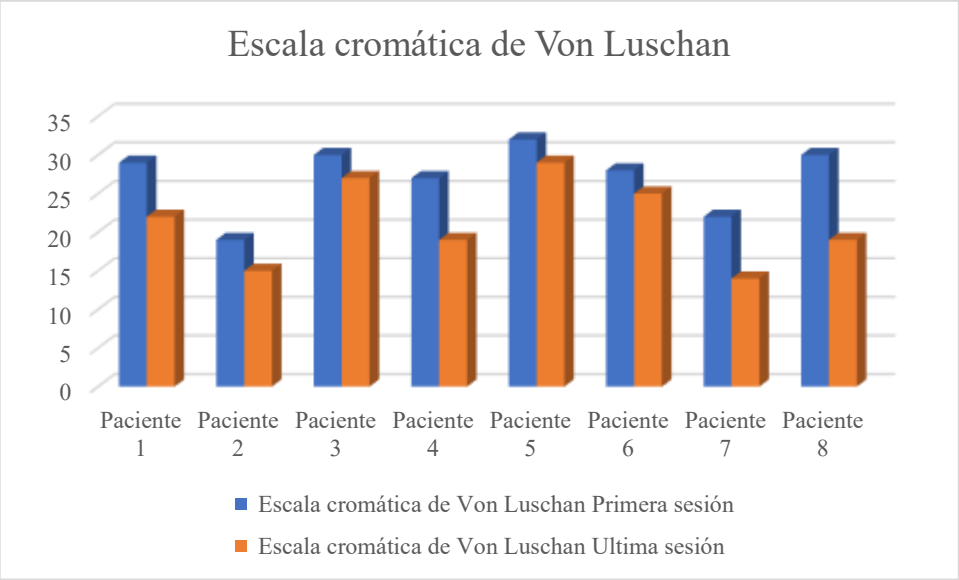
De acuerdo con la información mostrada en la Tabla 3 se evidencia los datos de pigmentación cutánea recolectados de 8 pacientes evaluados mediante la Escala de Von Luschan, instrumento que permitió cuantificar la intensidad del color cutáneo utilizando una referencia estandarizada de láminas cromáticas.

Escala cromática de Von Luschan		
	Primera sesión	**Ultima sesión**
Paciente 1	29	22
Paciente 2	19	15
Paciente 3	30	27
Paciente 4	27	19
Paciente 5	32	29
Paciente 6	28	25
Paciente 7	22	14
Paciente 8	30	19

Según lo evidenciado en la figura 21, hace mención a la gráfica de barras y como se compara los valores de pigmentación registrados en la primera y en la última sesión para cada uno de los 8 pacientes, evaluados con la Escala de Von Luschan.

Figura 21.

Gráfica de la escala cromática de Von Luschan.



Al comparar los datos los 8 pacientes estéticos demostraron disminución en su puntuación de pigmentación.

La reducción registrada varía entre 1 y 11 puntos en la escala.

Esto indica una respuesta positiva y uniforme al protocolo aplicado.

Promedio de pigmentación

- Promedio primera sesión: 27.1
- Promedio última sesión: 22.25
- Reducción promedio: 5.85 puntos

Este descenso refleja una mejora clínicamente relevante en el tono de la piel, considerando cambios entre 3 y 11 puntos en esta escala son perceptibles visualmente.

Los valores evidencian que el protocolo combinado de ácido tranexámico y el láser Nd: YAG generó una disminución progresiva del pigmento en todos los casos.

El patrón general muestra que la reducción de pigmentación no es abrupta, sino gradual, como se espera en tejidos sometidos a tratamientos despigmentantes. Los registros demuestran que el láser contribuyó a la fragmentación del pigmento, mientras que el ácido

tranexámico actuó como inhibidor de la melanogénesis, influyendo sobre la uniformidad final de la piel. La consistencia de la disminución en todos los pacientes confirma la eficacia del protocolo.

4.1.2 Escala cromática de Munsell

Con base en los resultados presentados en la Tabla 4 se evidencia el registro de los valores cromáticos obtenidos mediante la Escala de Color de Munsell para cada paciente, comparando las mediciones de la primera y la última sesión. Este sistema permite analizar la pigmentación cutánea a partir de tres parámetros: matiz (hue), valor o luminosidad (value) y saturación o pureza del color (chroma).

Tabla 4.

Registro de escala cromática de Munsell

	Escala cromática de Munsell				
	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5
Paciente 1	7.5 YR 3/4	7.5 YR 3/4	7.5 YR 4/6	7.5 YR 4/6	7.5 YR 5/6
Paciente 2	5 YR 5/4	5 YR 6/6	5 YR 6/6	5 YR 6/4	5 YR 6/2
Paciente 3	7,5 YR 3/2	7,5 YR 3/2	7,5 YR 4/3	7,5 YR 5/3	7,5 YR 5/4
Paciente 4	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/4	7.5 YR 5/4	7.5 YR 6/6	7.5 YR 6/6
Paciente 5	7.5 YR 2.5/3	7.5 YR 2.5/3	7.5 YR 3/4	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/3
Paciente 6	7.5 YR 3/3	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/6	7.5 YR 5/6	7.5 YR 5/6
Paciente 7	5 YR 6/4	5 YR 6/4	5 YR 5/4	5 YR 6/6	5 YR 7/4
Paciente 8	5 YR 3/4	5 YR 4/6	5 YR 5/6	5 YR 5/6	5 YR 6/4

Para complementar la evaluación de la pigmentación en la región de los codos, se utilizó la Tabla de Munsell, un sistema de clasificación cromática que categoriza el color de la piel en base a tres parámetros: tono, valor y croma. Este enfoque facilita la identificación más exacta de los cambios en la tonalidad de la piel durante el proceso del tratamiento.

En este estudio, los tonos que más se acercaron al color real de la piel en la zona de los codos pertenecieron a los grupos 5YR y 7.5YR, tonalidades que normalmente se vinculan con pigmentaciones en tonos marrones y amarillos, características de la hiperpigmentación localizada resultado de la fricción o la exposición prolongada al sol.

En cada sesión, se comparó la coloración de la piel de la zona tratada con las láminas del sistema Munsell, determinando dos componentes clave:

- **Valor o Value**: indica la claridad u oscuridad del color.

  Los valores bajos indican un color más oscuro

  Los valores altos indican un color más claro
- **Croma o Chroma**: indica la intensidad o saturación del color.

  Los cromas altos indican una pigmentación más saturada

  Los cromas bajos indican una pigmentación más apagada o reducida

Por esta razón en la tabla del registro por sesión expresamos los resultados como una fracción donde el número superior corresponde al VALOR y el número inferior corresponde al CROMA.

La interpretación de los resultados se basa en que la escala Munsell es ascendente en el valor (value). Esto quiere decir que, si el valor aumenta, la piel se encuentra más clara, lo cual evidencia una reducción de pigmentación y si el croma disminuye, la piel presenta menos saturación del color lo cual es un indicio adicional de que existe despigmentación.

Por lo tanto, durante el análisis obtuvimos los siguientes resultados:

En la sesión 1 la mayoría de pacientes estéticos inicia entre los valores 3 y 4, lo que corresponde a una pigmentación oscura o moderada y los cromas entre 3 y 5 demuestran saturación del color lo que se asocia a una hiperpigmentación marcada.

En la sesión 2 se observa un ligero aumento del valor en varios pacientes estéticos como el 2, 4, 6 y 8 lo que indica la iniciación de un aclaramiento progresivo. Algunos cromas se mantienen, lo cual es normal en las primeras fases del proceso.

En la sesión 3 se evidencian cambios más notorios, los pacientes estéticos suben a valor 5 o 6 (Pacientes 1, 2, 4, 6 y 8). Esto indica mayor disminución del pigmento y en algunos casos el croma disminuye, mostrando menor saturación como en los pacientes 3 y 5.

En la sesión 4 los valores se estabilizan en 5/4 a 7/6, los pacientes estéticos ya alcanzan un tono intermedio, más cercano a la piel circundante.

Y finalmente en la sesión 5 se evidencia que la mayoría de pacientes llega a valores 5, 6 o incluso 7, lo cual refleja un aclaramiento evidente. El croma disminuye o se mantiene controlado, sugiriendo reducción del exceso de melanina.

En la figura 22 se observa que la fotografía de la izquierda, correspondiente a la primera sesión, se observa una pigmentación marcada en la zona de los codos, caracterizada por un tono oscuro, saturado y claramente contrastante con la piel circundante. Esta presentación inicial evidencia la presencia de hiperpigmentación pronunciada, típica de zonas sometidas a fricción constante.

4.2 Análisis cualitativo

Figura 22.

Análisis cualitativo paciente estético con protocolo.



En contraste, en la imagen de la derecha correspondiente a la quinta sesión, se aprecia un aclaramiento notable, reflejado en una disminución visible de la intensidad del pigmento y una mayor uniformidad cromática. La tonalidad se muestra más clara y cercana al color natural de la piel, lo que confirma la eficacia progresiva del protocolo despigmentante aplicado con Láser Nd: YAG y ácido tranexámico.

4.3 Discusión de resultados

Los datos obtenidos en el presente estudio confirmaron una mejoría progresiva en la pigmentación de la piel en la zona de los codos tras la aplicación del protocolo despigmentante combinado de ácido tranexámico con láser Nd: YAG, demostrando que es altamente efectivo para la despigmentación en zonas con hiperpigmentaciones resistente como los codos. Los pacientes con pigmentación más intensa fueron también quienes mostraron mayores descensos como el Paciente 8, lo que sugiere que el tratamiento es especialmente útil en casos de hiperpigmentación marcada.

El uso de la escala Munsell facilitó la medición sistemática de los cambios en la coloración. A pesar de ser una referencia visual, su aplicación proporciona estandarización y disminuye la subjetividad del evaluador. Este enfoque coincide con las sugerencias actuales de la literatura, que subrayan la necesidad de utilizar métodos de medición del color de la piel que permitan una evaluación más precisa de las variaciones a lo largo del tiempo (Sonenblum et al., 2023).

En el estudio titulado “Using Technology to Detect Erythema Across Skin Tones”, los autores subrayan la importancia de realizar mediciones objetivas del color idealmente a través de sensores digitales para recopilar datos confiables y comparables entre diferentes tonos de piel debido a su mayor sensibilidad para detectar cambios sutiles en pigmentación y eritema. Aunque en este análisis no se utilizó un dispositivo digital, la adopción del sistema

Munsell y la Escala de Von Luschan ofrece un enfoque metodológico análogo al proporcionar criterios estandarizados para la evaluación del color.

Otro aspecto clave a considerar es la tendencia de las hiperpigmentaciones a reaparecer si no se lleva a cabo un adecuado régimen de protección solar y cuidados posteriores, algo que se ha documentado de manera exhaustiva en revisiones sobre melanosis e hiperpigmentaciones persistentes (Nautiyal & Wairkar, 2021). Por ello, se sugiere establecer un protocolo de mantenimiento que contemple el uso diario de protector solar, una hidratación constante y, si es necesario, sesiones adicionales de tratamiento.

En resumen, este estudio revela que la combinación de ácido tranexámico y el láser Nd: YAG es un enfoque efectivo para mejorar la pigmentación de la piel en la región de los codos, y que la escala Munsell y de Von Luschan es una herramienta adecuada para registrar este proceso cuando no se cuentan con sistemas digitales de medición. Los hallazgos son consistentes con la evidencia científica disponible y ofrecen una base para futuras investigaciones que incluyan metodologías instrumentales, muestras más amplias y un seguimiento a largo plazo.

CAPITULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La revisión bibliográfica permitió confirmar que tanto el láser Nd: YAG como el ácido tranexámico tienen bases científicas consistentes que respaldan su aplicación en el aclaramiento de la piel. El Nd: YAG funciona a través de fototermólisis selectiva, descomponiendo la melanina sin afectar los tejidos adyacentes, mientras que el ácido tranexámico, reduce la inflamación y disminuye la transferencia de melanocitos. La combinación de estos dos métodos ha mostrado un efecto sinérgico que promueve la disminución gradual de los pigmentos en la piel, especialmente en casos de hiperpigmentación que son difíciles de tratar.

La creación del protocolo facilitó el desarrollo de un método seguro y eficiente, ajustado a las características propias de la piel en la zona de los codos. La serie de pasos definida incluyendo detalles específicos sobre el láser Nd: YAG, duraciones de exposición, intervalos entre sesiones y la utilización tópica del ácido tranexámico demostró ser práctica y alineada con las necesidades del tratamiento. Los resultados indicaron que el protocolo promovió una disminución gradualmente visible de la pigmentación, lo que confirmaba que su elaboración fue adecuada y efectiva para los objetivos establecidos.

El uso de la escala cromática de Munsell y la escala de Von Luschan permitió registrar de forma sistemática la evolución del proceso de pérdida de pigmento. Estas dos herramientas ayudaron a realizar comparaciones entre las distintas sesiones y a observar de manera objetiva las variaciones en el tono de la piel. A través de este registro, se pudo comprobar un aumento gradual en los valores relacionadas con el aclaramiento de la piel, validando la efectividad del procedimiento y proporcionando información cuantificable para el análisis.

5.2 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos y análisis realizados, se presentan recomendaciones pensadas para los profesionales y pacientes involucrados en este estudio.

Recomendaciones para Pacientes

- Es indispensable que el paciente adopte el uso diario de protector solar de amplio espectro (SPF 50+), incluso en zonas que normalmente permanecen cubiertas, como los codos.
- Evitar la fricción y presión en la zona tratada, se recomienda modificar hábitos posturales, utilizar superficies acolchadas al trabajar o estudiar y optar por ropa suave que no genere abrasión.
- Mantener una rutina de hidratación profunda, se recomienda el uso de cremas emolientes con urea, ácido hialurónico, ceramidas o manteca de karité, aplicadas dos veces al día.

Recomendaciones para Profesionales

- Realizar una evaluación integral previa al tratamiento, es fundamental llevar a cabo una anamnesis completa que incluya fototipo del paciente, antecedentes de pigmentación postinflamatoria, historial de exposición solar, presencia de fricción en la zona y hábitos cutáneos.
- Individualizar los parámetros del Láser Nd: YAG según características del paciente. Los profesionales deben ajustar cuidadosamente la fluencia, duración del pulso y tamaño de spot para evitar quemaduras y maximizar la fragmentación de melanina.
- Laos profesionales deben documentar cada sesión mediante fotografías estandarizadas, mediciones cromáticas y anotaciones clínicas ya que esto permite realizar un análisis objetivo del progreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Europea de Medicamentos (EMA) | Unión Europea. (n.d.). European Union. https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-medicines-agency-ema_es

Berboucha, M. (2019, marzo 28). A brief history of the Ruby laser. Forbes. https://www-forbes-com.translate.goog/sites/meriameberboucha/2019/03/28/a-brief-history-of-the-ruby-laser/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true

Bernal, C. A. (2020). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (5ª ed.). Pearson Educación.

Bono Cabré, R, et al. (n.d.). DISEÑOS CUASI-EXPERIMENTALES y LONGITUDINALES. In *Universidad de Barcelona* (pp. 1–76). https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pd

Buendía Eisman, A., et al. (2018). *Anatomía y fisiología de la piel.* Grupo Aula Médica.

Cichorek, M, et al. (2013). Skin melanocytes: biology and development. Postepy dermatol alergol, 30(1), 30–41. https://doi.org/10.5114/pdia.2013.33376

Cione, MA, et al. (2019). *Tratamiento de lentigos solares con una sola sesión de aplicación de láser Nd:YAG Q-switched, 532 nm: una serie de tres casos* . Medigraphic.com. https://www.medigraphic.com/pdfs/cutanea/mc-2019/mc192j.pdf

D'Mello, S, et al. (2016). Signaling pathways in melanogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, *17*(7), 1144. https://doi.org/10.3390/ijms17071144

Delgado Rodríguez, M., & Llorca Díaz, J. (2004). Estudios longitudinales: concepto y particularidades. *Revista Española de Salud Pública*, *78*(2), 141–148. https://www.redalyc.org/pdf/170/17078202.pdf

Dorado, J. G., & Fraile, P. A. (2021). Anatomía y fisiología de la piel. *Pediatria Integral*, *3*. https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13_RB_JesusGarcia.pdf

García Dorado, J., & Alonso Fraile, P. (2021). Anatomía y fisiología de la piel. *Pediatría Integral*, 13.

Hernández, R., et al. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Honeyman, D. (13 de 01 de 2013). *Fisiología de la piel.* Obtenido de https://antoniorondonlugo.com/wp-content/uploads/2010/05/178-FISIOLOGIA-DE-LA-PIEL2.pdf

Jesus De Souza, L. L., & Lima De Freitas, G. (2024, September). REJUVENESCIMENTO FACIAL NA BIOMEDICINA ESTÉTICA. *Revista Ft Ltda*. https://revistaft.com.br/rejuvenescimento-facial-na-biomedicina-estetica-facial/

John F. Ready, Chapter (1997) - Practical Lasers, Industrial Applications of Lasers (Second Edition). https://doi.org/10.1016/B978-012583961-7/50005-3. **(**https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780125839617500053**)**

Láser Alejandrita: Qué es, beneficios y efectos secundarios. (2019, septiembre 30). Laser Oviedo**.** https://laseroviedo.com/laser-alejandrita/?srsltid=AfmBOoqeQ2GtUA8gjPZTrc_dYsxwgUZayWWsYieYBPOgw0Sr-1WNB7Vp

López Cadena, I. D., & Chaparro, V. (2015). Anatomía y Fisiología del Melanocito: revisión de tema. In Archivos Argentinos de Dermatología, *Archivos Argentinos De Dermatología* (pp. 1–3) [Journal-article]. http://www.archivosdermato.org.ar/wp-content/uploads/2020/11/Anatom%C3%ADa-y-Fisiolog%C3%ADa-del-Melanocito-PDF.pdf

Lösch, S., et al. (2023). A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. *Revista Ibero-Americana De Estudos Em Educação*, e023141. https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958

Loyo, Nahir. (2017). Luz intensa pulsada: conceptos y usos actuales. https://www.researchgate.net/publication/324113476

Miranda, K. L. R., et al. (2020). Calidad de servicio y satisfacción de pacientes sometidos a tratamientos estéticos faciales mínimamente invasivos de una clínica privada. Lima-Perú. 2019. *Horizonte Médico (Lima)*, *20*(3), e1248. https://doi.org/10.24265/horizmed.2020.v20n3.07

Nautiyal, A., & Wairkar, S. (2021). Management of hyperpigmentation: Current treatments and emerging therapies. Pigment Cell and Melanoma Research, 34(6), 1000–1014. https://doi.org/10.1111/PCMR.12986;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:1755148X;ISSUE:ISSUE:DOI

Sánchez, I., et al. (2010). LESIONES ELEMENTALES EN DERMATOLOGÍA. *REVISTA MÉDICA DE COSTA RICA Y CENTROAMÉRICA*, *LXVii*, 345–348. https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2010/rmc103d.pdf

Sonenblum, S. E., et al. (2023). Using Technology to Detect Erythema Across Skin Tones. Advances in Skin and Wound Care, 36(10), 524–533. https://doi.org/10.1097/ASW.0000000000000043

Valdéz Rodríguez, R., et al. (2012). La piel y el sistema endocrinológico. *Gaceta médica de México*, 7.

Vargas Cordero, Z. R. & Universidad de Costa Rica. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA [Article]. *Educación*, *33–33*(1), 155–165. https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf

Wang, F., et al. (2024). The biochemistry of melanogenesis: an insight into the function and mechanism of melanogenesis-related proteins. *Frontiers in Molecular Biosciences*, *11*, 1440187. https://doi.org/10.3389/FMOLB.2024.1440187/FULL