

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE MEDICINA



**“VALORACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS VASCULARES CUTÁNEOS
MEDIANTE EL USO DE COLORIMETRÍA”**

POR

DR. MAURICIO DAVID CASTAÑO EGUIA

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
SUBESPECIALISTA EN CIRUGÍA PLÁSTICA, ESTÉTICA Y
RECONSTRUCTIVA**

NOVIEMBRE 2022

VALORACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS VASCULARES CUTÁNEOS
MEDIANTE EL USO DE COLORIMETRÍA

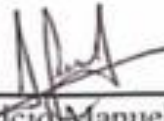
Aprobación de la Tesis:



Dr. med. Mauricio Manuel García Pérez
Director de Tesis



Dr. C. Daniel Salas Treviño
Codirector de Tesis



Dr. Med. Mauricio Manuel García Pérez
Coordinador de Posgrado del Servicio de Cirugía Plástica, Estética y
Reconstructiva



Dr. Med. Gabriel Ángel Mecott Rivera
Coordinador de Investigación Servicio de Cirugía Plástica, Estética y
Reconstructiva



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina, UANL.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia: mamá, papá, esposa y mis dos hijas. Ha sido un largo recorrido y siempre han estado a mi lado sin dudar nunca de mí. Finalmente, una parte del objetivo se ha logrado, pero todavía falta mucho camino por recorrer. Gracias por siempre apoyarme y ser el motor necesario para día a día seguir siendo mejor.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. SÍNTESIS	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
CAPÍTULO III. JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO IV. OBJETIVOS	17
CAPÍTULO V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
CAPÍTULO VI. RESULTADOS	18
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIÓN.....	39
CAPÍTULO IX. REFERENCIAS	39
CAPÍTULO X. ANEXOS	45
CAPÍTULO XI. AUTOBIOGRAFÍA.....	47
AUTOBIOGRAFÍA.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS

mm: milímetros

nm: nanómetros

Cols. : colaboradores

vs : versus

Dr: Doctor

UANL: Universidad Autónoma de Nuevo León

E.: Eleuterio

USA: United States of America. Estados Unidos de América

c/u: cada uno

CIE: Comisión Internacional de Eclairage

ALT: Anterolateral de Muslo

DIEP: Perforante de Epigástrica Inferior Profunda

CAPÍTULO I.

SÍNTESIS

Síntesis: La monitorización post quirúrgica de la evolución de los colgajos libres sigue siendo un tema de interés en el campo de la cirugía reconstructiva, es importante detectar de forma temprana cualquier disfunción que este afectando su implantación en la zona receptora. Idealmente el método de elección sería aquel que sea el menos invasivo y se pudiera utilizar en cualquier tipo de colgajo, con detecciones tempranas y oportunas.

Actualmente, existe una búsqueda activa de nuevos métodos que apoyen en la detección temprana una alteración en el colgajo. En este sentido, se ha observado que la colorimetría puede ser aplicada para evaluar los diferentes estados vasculares cutáneos, lo que podría diagnosticar de forma oportuna y temprana alteraciones en los colgajos cutáneos.

Hoy en día, el monitoreo de los colgajos libres consiste en medidas poco objetivas, siendo estas meramente la experiencia y evaluación clínica del médico encargado. En este proyecto, investigamos las escalas necesarias, para determinar las fases vasculares cutáneas en la piel a estudiar y sean de utilidad en la práctica para la apreciación de los colgajos, logrando una detección temprana y oportuna de alteraciones vasculares.

Objetivo: Determinar los cambios vasculares que ocurren, al causar isquemia y congestión venosa de forma temporal mediante colorimetría.

Material y métodos: voluntarios sanos de ambos géneros, sin alteraciones cutáneas ni traumatismos graves en extremidades superiores, de cualquier edad fueron reclutados. Se realizaron lecturas CIELAB con dispositivo colorimétrico en la cara anterior del antebrazo y de la mano del lado derecho o izquierdo. Las mediciones colorimétricas se realizaron en el estado basal, en isquemia y con congestión venosa. Se correlacionaron los cambios progresivos de color de acuerdo con la fase vascular cutánea (basal, isquemia, congestión).

Resultados: Un total de 45 pacientes fueron incluidos, edad mediana de 30.3 ± 8.5 años, de los cuales 23 (51.1%) fueron mujeres y 22 (48.9%) fueron hombres. Entre los tres periodos de medición en antebrazo y mano, se observaron diferencias significativas en las mediciones por colorimetría. En antebrazo, la Δv de basal a isquemia fue de 4.8 ± 3 , y de isquemia a congestión de 11.1 ± 4.5 . En mano, la Δv de basal a isquemia fue de 6.8 ± 3 , y de isquemia a congestión de 14.1 ± 3.8 . Se encontró una diferencia significativa en las diferencias de basal a isquemia y de isquemia a congestión en todas las mediciones realizadas de $L^*a^*b^*$ y vector (v) tanto en antebrazo ($P < 0.001$) como en mano ($P < 0.001$), a excepción de las mediciones de Δa en mano ($P = 0.81$).

Conclusión: En nuestro estudio, pudimos demostrar que por medio de colorimetría se pueden detectar cambios significativos en los parámetros colorimétricos en piel de antebrazo y mano en periodos provocados de isquemia-reperusión en voluntarios sanos. Por lo tanto, esta tecnología representa una opción potencial, simple y reproducible para ayudar en el monitoreo clínico de colgajos libres y otros tejidos. Consideramos que es necesario realizar estudios con mayor número de pacientes para validar el uso y aplicación de la colorimetría en este rubro.

Palabras clave: *Colorimetría, colgajo libre, isquemia-reperusión.*

CAPÍTULO II.

INTRODUCCIÓN

Se le llama colgajo libre al tejido trasladado de un área corporal con su propio pedículo vascular, un nuevo sitio receptor. Estos colgajos se pueden clasificar en varios tipos: músculo-cutáneos osteo-cutáneos, fascio-cutáneos o solo cutáneos (1). Se ha evolucionado a lo largo de la historia en las técnicas de reconstrucción corporal, dado al advenimiento de los colgajos libres. Por ejemplo, lo que realizó Alexis Carrel en el año de 1902, la transferencia de intestino a la región cervical en un animal (2). En 1972 cobertura de herida en piel cabelluda con colgajo de epiplón, realizado por Malean y Bunche (3).

Las causas de los defectos de cobertura suelen ser múltiples como traumas severos, quemaduras o resección extensa de tumores, causando alteraciones graves en la función, la forma y la estética del paciente. La cobertura de defectos complejos mediante el uso de colgajos libres se considera al método de elección en la actualidad. El buen resultado de estos procedimientos varía de acuerdo con diversos factores como la experiencia, conocimiento y destreza del cirujano, monitorización y manejo postoperatorio.

Hoy en día, la evaluación clínica es el método prevalente para la evaluación posoperatoria de la reconstrucción con colgajos libres. En este sentido, la experiencia y la subjetividad del evaluador desempeñan un papel importante en el resultado final, es por ello que en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías para optimizar la objetividad y reproducibilidad de las evaluaciones

posoperatorias como: monitorización de oxígeno percutánea, tintes fluorescentes para valorar la perfusión tisular, monitores de flujo que valoran la perfusión y viabilidad del colgajo, logrando así una evaluación objetiva colgajo. Desafortunadamente, al momento no existen estudios que determinen si son realmente útiles. Numerosos factores pueden generar la pérdida del colgajo, de estos, la técnica en la anastomosis vascular juega un papel esencial que determina, en la mayoría de los casos, el éxito de la reconstrucción (4).

Cuando hay poco aporte de oxígeno al tejido trasladado, previo a la neovascularización y anastomosis del colgajo, es cuando ocurre la falla, debido al desacoplamiento arterial y/o venoso. El origen de la falla venosa se debe a compresiones o trombosis, sin embargo, las fallas arteriales suelen ser meramente trombóticas. Cuando nos referimos a la compresión en las venas, suele ser por un coagulo sanguíneo o hematoma, otra causa puede ser un mal acomodo del vaso sanguíneo que cause torsión de este.

La causa más frecuente de falla en el colgajo libre es de origen venoso, sin embargo, la distribución propuesta entre el compromiso arterial y venoso es variable. Cuando hablamos de trombosis, se debe detectar de forma rápida y oportuna, antes de las primeras 16 horas, para tener una tasa de éxito de 62.2% posterior a las 16 horas baja hasta a 21.4%. Por ello el interés de desarrollar diversas opciones de control y monitorización, para optimizar la supervivencia de los colgajos libres (5).

En este sentido, se han desarrollado formas de de monitorización, las cuales difieren en costo, su fácil operación, grado de invasión y viabilidad. En este estudio, actualizaremos sobre técnicas actuales y actualizadas reportadas en la literatura, de monitoreo de colgajos (6).

MARCO TEÓRICO

Las técnicas habituales para la monitorización de los colgajos residen en diversas técnicas como observación clínica la cual en la actualidad es considerada como el método durante el periodo de vigilancia postoperatorio; sin embargo, ésta se fundamenta en información subjetiva. La observación clínica toma en cuenta el llenado capilar, coloración del colgajo, temperatura y turgencia. Ante dudas de llenado capilar, se pueden realizar sangrías o punciones que dan información sobre la velocidad y el color de sangrado. El inconveniente de la observación clínica es que amerita una vigilancia minuciosa y experiencia por parte del observador; sin embargo, existe un grado de variabilidad debido a la discrepancia entre las opiniones de los observadores, acerca de lo observado durante la evaluación. Es por ello que la observación clínica carece de objetividad y confiabilidad, por lo que se requieren técnicas más objetivas (7). Otro método para evaluar la supervivencia de los colgajos es la medición de temperatura: se realizan mediciones sobre de la paleta cutánea la cual se compara con piel normal; es una técnica fácil de realizar durante el seguimiento posoperatoria; sin embargo, no existen datos sólidos de la correlación que hay entre la temperatura del colgajo y su afectación o supervivencia. El estudio realizado por Baudet et al. determinaron que el riesgo de trombosis arterial, va en proporción al descenso súbito de temperatura de 3°C en la isla cutánea y un descenso de entre 1°C y 2°C podría sugerir compromiso venoso(8). Acland en su estudio menciona que la temperatura menor a 30°C es un dato alarmante sobre falla vascular (9). Khouri y Shaw, mencionan que un descenso de 1.8° C fue sugestivo de compromiso

vascular, mientras que Chen et al. mencionan que un compromiso arterial presenta una disminución de la temperatura más acelerada y en mayor medida que en los colgajos con alteraciones de componente venoso. A mayor descenso de temperatura, la reversión de daño tisular es menor después de una reintervención quirúrgica como medida de salvamento del colgajo. La utilización de la temperatura del colgajo es un complemento útil y adecuado de otras técnicas para la vigilancia y seguimiento postoperatorio (10,11).

Otra herramienta desarrollada es la sonda implantable, esta evalúa de forma real y cualitativa el sitio de anastomosis vasculares, en la mayoría de los casos se utiliza en colgajo carente de isla cutánea (7). Una técnica instrumental novedosa, es la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), sin embargo es muy poco utilizada (menos de 5%), aunque se reconoce cada vez más como una forma sensible de medir la saturación de oxígeno en los tejidos (SO_2), reflejando la perfusión y así como consumo de Oxígeno. Este método proporciona datos cuantitativos y objetivos (7).

La otra técnica instrumental es el ultrasonido Doppler, se estima que el 75% de los cirujanos utilizan un Doppler de mano, mientras que el 16% un Doppler implantable. Esta sonda permite detectar de forma anticipada un fallo en la anastomosis, sin embargo, aún no ha logrado sobrepasar a los métodos convencionales de seguimiento postoperatorio (7). A pesar de los múltiples inventos de instrumentos para monitorizar de forma complementaria a la observación clínica, ninguno parecer ser superior a otro. Se estima hasta un 77% de salvamento de colgajos utilizando técnicas como la observación clínica, toma

de temperatura y el uso de ultrasonido Doppler (6,7). En la actualidad, la utilización de sonda de ultrasonido Doppler manual, sigue siendo el método standard de oro, para la monitorización post operatoria en el campo de reconstrucción microquirúrgica

A pesar del avance en las tecnologías de monitorización, las pérdidas de colgajos continúan siendo un problema latente y como se ha comentado, el éxito de salvamento de un colgajo es proporcional al tiempo en el que se diagnostica la falla al tiempo de reparación de el mismo, por lo que es de suma importancia la detección rápida y confiable de este proceso. En este sentido, diversos autores proponen el uso de la colorimetría en la detección de la supervivencia o compromiso vascular de los colgajos.

La distribución vascular y la melanina van determina el color que va a presentar la piel. Actualmente, la escala de evaluación de cicatriz es lo que se utiliza para valorar el color. Si bien estas escalas tienen cierta utilidad, suele ser subjetiva la forma en la que se asignan los valore, ocasionando así variabilidad entre la opinión de los observadores.

Diversos instrumentos han sido creados para la examinación del eritema, logrando cuantificar la extensión de esta, así como la pigmentación en piel sin alteraciones. Los instrumentos disponibles son: espectrofotómetros de reflectancia de barrido (1), colorímetros de triestímulo (2) y medidores de reflectancia simples de banda estrecha (3). El más practico por su poco peso y

fácil transporte el Minolta Chromameter® y el DermaSpectrometer®. El Minolta Chromameter, es un colorímetro de tipo triestímulo, el cual se basa en el sistema $L^* a^* b^*$. El espectrómetro Derma utiliza la reflectancia simple de banda estrecha con índices de eritema (E) y de melanina (M). Los parámetros a^* y E se utilizan para el análisis de la vascularización, en tanto que los parámetros M, L^* y b^* se utilizan para valorar la pigmentación (4). Ciertos estudios han probado la confiabilidad de los instrumentos al utilizarse en piel sana (5,6), sin embargo, no existe suficiente información sobre su confiabilidad en la evaluación de cicatrices.

El colorímetro, a través de espacios de color, expresa el color de un objeto utilizando números, de esta forma objetiva puede expresar y cuantificar los colores. Existe un método de evaluación de colores en los objetos referido como CIELAB, utiliza el espacio de color $L^* a^* b^*$. En 1939 fue la primera cuantificación de color cutánea, hecha por Edward y Duntley, en su estudio obtuvieron información precisa y específica de diversos tipos de pigmentación (12).

La espectroscopia de reflectancia ha sido utilizada en los últimos años en diversas investigaciones, para la medición instrumental de propiedades ópticas de la piel, ya que las observaciones y evaluaciones visuales subjetivas no poseen precisión al momento de la medición y cuantificación del color. Los datos espectrales, se les han dado uso para brindar información cuantitativa respecto a los los componentes de la piel, normalmente en términos de índices eritematosos o de melanina (13).

A los cromóforos de la piel se han llamado de forma imprecisa como "colores de piel", sin embargo, este termino generaliza entre los elementos pigmentados de la piel y la percepción visual real de los colores, aunque la medición de la apariencia ha tomado menor atención clínica que la primera.

Los métodos de reflectancia se han utilizado frecuentemente en estudios de las propiedades cromáticas cutáneas en el contexto de la genética humana. Por otra parte, la colorimetría de filtro se ha empleado relativamente poco para denotar la amplitud del eritema, sin embargo, para mediciones de color completas se ha comprobado que ofrece resultados que difieren sistemáticamente con la espectrofotometría de barrido. Hasta este momento, no existen reportes sobre la valoración del color de la piel mediante el uso de espectroscopia de reflectancia mediante los principios establecidos por la Comisión Internacional (CIE) para medir el color de superficies con los resultados brindados en términos de valores de espacio de color CIE 1976 $L^* a^* b^*$ (CIELab).

El sistema CIE, deja a un lado las probables suposiciones sobre la apariencia del objeto, naturaleza o la cantidad de pigmentos presentes. Es reconocido internacionalmente, por lo tanto, al especificar los parámetros de espacio de color en la piel mediante el sistema CIELab, darán valores particulares a los médicos que practiquen valoraciones visuales que pudieran resultar complejos al momento de realizar o describir un diagnóstico. Los parámetros de color CIELab son calculados en base a los espectros de reflectancia, estos pueden utilizarse en estudios de fisiología y bioquímica, los cuales ayudan a determinar la cantidad de cromóforos cutáneos.

La medición de un color mediante el El valor L^* , se recomienda por el CIE para correlacionar psicométrica, si la propiedad de este color descifrado visualmente de "luminosidad", donde la descripción podría incluir palabras como: "claro", "oscuro", etc. L^* cuantificaría la alteración a lo largo de una escala de grises de negro a blanco que cambia visualmente de forma perceptualmente homogénea. La escala L^* , que abarca de un valor de 0 para un negro teórico a 100 para un blanco impecable.

La teoría del oponente de Hering establecía que la retina ocular tiene canales de color del oponente que discriminan colores de acuerdo con sus cualidades rojo contra azul y amarillo contra azul, es por ello que se dice que las coordenadas a^* y b^* pueden ser afines de manera conceptual a esta teoría. De tal forma que el uso del CIELab accede a la medición de los tres atributos de un color por el que se distingue de forma visual.

El espacio CIELab es más adecuado que los valores triestímulos en cuanto a su relación conceptual con la experiencia real de ver los colores, ya que tiene la ventaja de brindar un medio para la medición de las discrepancias entre dos colores. Su diferencia de coloración se cuantifica, empleando geometría de coordenadas, como la extensión de la línea que une sus posiciones de coordenadas (13). La definición de la apariencia cutánea en estos términos daría una medición objetiva de cómo se percibe de forma visual los colores, teniendo mayor ventaja al permitir brindar especificaciones cuantitativas de las discrepancias o cambios de color intuido.

Exanguinación:

La exanguinación es un método empleado desde los años 60's en el ámbito quirúrgico, especialmente en ortopedia y cirugía reconstructiva, con la finalidad de describir un área corporal libre de sangre. Esto se logra mediante diversas técnicas tal como la elevación de la extremidad (inferior o superior) durante 2 a 5 minutos, el uso de vendajes compresivos, el más frecuentemente utilizado es la venda Esmarch, la cual es una venda elástica que se coloca en forma circular en la extremidad, de distal a proximal, de tal forma que esto causa un vaciamiento venoso, posteriormente se puede colocar un torniquete neumático.

Por otra parte, también puede realizarse mediante el uso del torniquete de forma rutinaria para cirugías de extremidades tanto de urgencia como de forma electiva, para lograr un campo quirúrgico avascular, lo cual permite identificar de mejor manera las estructuras anatómicas.

El tiempo seguro de isquemia sigue siendo una controversia, sin embargo, se recomienda un tiempo no mayor a 90 minutos, de ser necesario mantener por más tiempo la isquemia, se tiene que liberar el torniquete y permitir una reperusión de entre 10 a 15 minutos y posteriormente se puede reiniciar la isquemia con torniquete (14). Daños irreversibles se observan con isquemias mayores a 3 horas y esto es debido al efecto de reperusión (14, 15).

ANTECEDENTES

Actualmente, la valoración post operatoria de los colgajos libres para la detección óptima de alteraciones en el colgajo es deficiente, influyendo su implantación a la zona receptora. Cuando se presenta una trombosis, la probabilidad de éxito del colgajo depende de la detección clínica temprana, por ejemplo, si este fenómeno no es reconocido en las primeras 16 horas, el éxito baja de 62.2% a 21.4%. (5). Aún y cuando la falla en colgajos libres es infrecuente (5%), poseen un elevado índice de morbilidad, al no ser reconocidos de manera temprana (15).

El método ideal para valorar la de los colgajos sería por procedimientos no invasivos, que se pudieran utilizar en todos los colgajos, reflejando de forma concreta el estado de implantación. Hoy en día los esfuerzos por crear métodos innovadores que permitan detectar de forma temprana alteraciones en el colgajo han ido en aumento, tales como la creación de el Doppler implantable, microdiálisis, Eulerian, angiografía fluorescente, espectroscopia, presentando una mayor significancia la espectroscopia y el Doppler implantable (15).

Anteriormente, se ha realizado una revisión sistemática para la evaluación del monitoreo de colgajos post operatorios mediante espectroscopia infrarroja (NRS) donde se observó una reducción en la tasa de falla de colgajos y un aumento en el salvamento de estos (16).

Por otra parte, en un estudio multicéntrico realizado en el 2015 se analizó la utilización de un colorímetro y se comparó contra la evaluación con la escala de Munsell empleada por dos investigadores entrenados que evaluaron piel de la región interna del brazo. Existió una correlación positiva entre los resultados de los valores de Munsell y del colorímetro (16); estableciendo que la evaluación de un experto y, el uso de tecnologías como el colorímetro representan un valor diagnóstico similar. Además, el colorímetro presenta la ventaja de poder ser usado por él, personal del área de la salud y evaluar los cambios sin la necesidad de un entrenamiento intensivo (16,17).

Inclusive, en otro estudio comparativo entre el colorímetro y expertos clínicos se realizó una evaluación de cicatrices valorando su revascularización y coloración, se observó que la valoración general del color de las cicatrices con el colorímetro que la de los observadores, presentaba mayor grado de confianza y reproducibilidad (18).

Por último, otro estudio realizado en Portugal comparó el colorímetro contra el equipo Antera® 3D que usa un sistema que le permite analizar 7 ondas de color. Al momento de realizar el análisis comparativo de los resultados en evaluaciones de eritema producido por rayos UVB y el descenso de la reflectancia a causa de un aumento en el bronceado, tuvieron una correlación aceptable en los dos parámetros (19).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, no existe una clasificación que determine de forma objetiva los rangos de color entre los estados vasculares cutáneos, es decir en su estado basal, isquémico o congestivo.

Una de las formas de seguimiento del colgajo post operatorio es la evaluación clínica; sin embargo, esto representa una forma subjetiva de valorar los colgajos. En este estudio, realizar una escala objetiva de los cambios de color durante diversas fases vasculares en la piel mediante colorimetría, con la intención de relacionarlo con su probabilidad de éxito y decidir si este método de vigilancia puede ser utilizado como método de seguimiento confiable para la evaluación de los colgajos libres.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible identificar de forma temprana los cambios vasculares cutáneos de isquemia o congestión venosa mediante el uso del colorímetro?

CAPÍTULO III.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la evaluación clínica subjetiva de un experto determina el estado vascular de un colgajo cutáneo. Sin embargo, este tipo de evaluaciones tienen un grado de confiabilidad y reproducibilidad variables, lo que afecta la detección oportuna de las alteraciones en el colgajo, que pueden tener desenlaces importantes como necrosis y rechazo del implante. Hasta el momento, no existe una clasificación objetiva, que determine los patrones colorimétricos ante los cambios vasculares cutáneos. Esta técnica podría ser de utilidad para diagnosticar de forma oportuna y eficaz alteraciones en la perfusión sanguínea de los colgajos cutáneos.

CAPÍTULO IV.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los cambios de los patrones colorimétricos en la piel en los estados de isquemia y congestión venosa de forma temporal.

Objetivos específicos

- Determinar los patrones colorimétricos en LAB de la piel en reposo (estado basal) mediante colorimetría.
- Determinar los patrones colorimétricos en LAB de la piel mediante por colorimetría simulando los fenómenos de isquemia y congestión.
- Evaluar los cambios entre los patrones colorimétricos en LAB de la piel en reposo, isquemia y congestión.

CAPÍTULO V.

MATERIAL Y MÉTODOS

- **Diseño de estudio:**
 - Estudio observacional, descriptivo y transversal.

- **Sujetos u objeto de investigación:**
 - Sujetos sanos, mayores de edad, sin distinción de sexo biológico.

Criterios de selección

- **Criterios de inclusión:**
 - Participante sin alteraciones cutáneas en extremidades superiores (derecha o izquierda), tal como epidermólisis bullosa, pénfigo, alergia al látex o síndromes cutáneos descamativos.
 - Mayores de edad (mayores de 18 años).
 - Sin distinción de sexo (Hombre/Mujer)
 - Sin antecedentes de traumatismo graves (que hayan involucrado lesión de arterias principales) en extremidades superiores (izquierda o derecha).

- **Criterios de exclusión:**

- Participante con antecedente de traumatismo grave en extremidad superior tal como: epidermólisis bullosa, pénfigo, alergia al látex o síndromes cutáneos descamativos.

- Participantes con alteraciones cutáneas en extremidad superior.

- **Criterios de eliminación:**

- Participantes en donde no se pueda realizar evaluación colorimétrica

- Participantes que hayan retirado su consentimiento informado durante la duración del estudio.

Cálculo de tamaño de muestra

Se realizó un cálculo de tamaño de muestra a partir de una fórmula para una correlación simple, considerando un coeficiente de correlación (r) de 0.50 de acuerdo el grado de isquemia y los niveles de L*a*b del sistema de la Commission International de l'Eclairage (CIE) obtenido a partir del aparato de cronometría (17,18), un poder del 90% y un nivel de significación a dos colas del 5% (valor de K = 10.5), se requirieron al menos 45 sujetos sanos voluntarios para participar en el estudio.

$$r = 0.50$$

$$C = 0.54930614$$

$$K = 10.5$$

$$N = 45 \text{ sujetos}$$

Para una correlación simple, la fórmula usada es la siguiente:

$$n = 3 + \frac{K}{C^2}$$

Fórmula 8. Tamaño de muestra para una correlación simple.

En donde:

$$K = (Z\alpha + Z\beta)^2.$$

$$C = 0.5 \ln \frac{(1+r)}{(1-r)}.$$

r = coeficiente de correlación esperado.

Valores de K

Poder					
Nivel significación dos colas	50%	80%	90%	95%	Nivel significación una cola
0.1	2.7	6.2	8.6	10.8	0.05
0.05	3.8	7.9	10.5	13.0	0.025
0.025	5.4	10.0	13.0	15.8	0.01
0.01	6.6	11.7	14.9	17.8	0.005

Procedimientos

A cada participante se le otorgó un consentimiento informado que debió firmar para ser considerado parte de nuestro estudio, este consentimiento fue explicado de forma precisa, sencilla y entendible, se detalló la finalidad del estudio y probables riesgos.

Se incluyó a participantes sanos que cumplan con los criterios de inclusión, a los cuales se les realizó una serie de toma de lecturas con el colorímetro, un método sencillo y no invasivo con el objetivo de terminar los cambios cutáneos desde su estado basal, en isquemia y en fase de congestión venosa. La isquemia se realizó con torniquete a una presión mayor a 20 mmHg de su tensión arterial basal. La isquemia es un método seguro que se utiliza en múltiples procedimientos de extremidad superior e inferior, de forma segura y que no representó riesgo para el participante o posible desarrollo de alguna complicación en su extremidad.

Posteriormente se liberó torniquete, se dejó extremidad por debajo del nivel del torso del participante por 5 minutos y se colocó una venda compresiva (Esmarch) para ocluir de forma transitoria el retorno venoso, para valorar la fase de congestión.

Colorimetría:

Con el colorímetro FRU, el dispositivo que nos indica los valores colorimétricos, se colocó en el tercio medio del antebrazo en su cara anterior, haciendo contacto

directo con la piel y presionando el botón acción del dispositivo, para posteriormente obtener las mediciones de los 3 ejes de color.

Las mediciones se realizaron en el estado basal, es decir previo a la manipulación con isquemia o congestión venosa. La exsanguinación se realizó con el uso de vendaje Esmarch, el cual se colocará desde las puntas digitales hasta el tercio distal del antebrazo, a seguir se realizó la isquemia mediante el uso de torniquete neumático, el cual estuvo colocado a nivel de brazo ipsilateral, con una presión de 250 mmHg, con un tiempo de isquemia no mayor a 5 minutos, Se corroboró si la extremidad se encuentra en isquemia mediante el uso de Doppler sonoro portátil, el cual se colocó a nivel del carpo sobre la arteria radial y cubital, a seguir se realizó la lectura con colorímetro. La congestión venosa se realizó una vez liberando el torniquete, se colocará inmediatamente la extremidad en declive y se colocó en forma de torniquete mecánico el vendaje Esmarch en el tercio distal, lo cual interrumpió de forma temporal el retorno venoso de la extremidad superior.

Diferencia de Color:

- Una vez realizada la medición de color, se obtienen los valores L,a,b los cuales se vaciaron en Hoja de cálculo Excel (Excel 2019 (v19.0)).
- Se realizó una correlación de los cambios de color secuenciales de acuerdo con la fase vascular (basal, isquemia, congestión).

- No hubo recolección ni almacenamiento de muestras sanguíneas o de algún tejido de ningún tipo, por lo que no se utilizará material biológico sujeto de investigación para investigaciones futuras.
- Las discrepancias colorimétricas en la piel se evaluaron a través de el cálculo de la distancia euclidiana entre el valor basal y los valores obtenidos en cada toma (cambios vasculares de congestión venosa e isquemia).
- Se realizaron gráficas de la diferencia de color en base a las mediciones de los ejes (L*A*B).

Análisis estadístico

En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables cualitativas y medidas de tendencia central (media y desviación estándar, mediana y rango intercuartílico) para las variables cuantitativas. En la estadística inferencial, se evaluó la distribución de la muestra por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar valores cuantitativos pareados se utilizarán pruebas de T-student pareada y/o Wilcoxon. Se consideraron significativos los valores de $p < 0.05$. IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

A todos los participantes se les asignó una matrícula de identificación como medida de protección de datos y conservar la confidencialidad; de acuerdo con el número de protocolo obtenido. Ya que este protocolo involucró un método de evaluación no invasiva no requirió atención especial para población vulnerable, solo la explicación y aplicación del consentimiento informado de forma clara.

Consideraciones éticas y mecanismos de confidencialidad

Se sometió el protocolo para ser evaluado por parte de el Comité de Ética y Comité de Investigación de la Facultad de Medicina de la UANL y Hospital Universitario “José Eleuterio González”

Se proporcionaron resúmenes escritos del estado del estudio al Comité de Ética en Investigación semestralmente, o con mayor frecuencia, de acuerdo con los

requisitos, las políticas y los procedimientos establecidos por el Comité de Ética en Investigación. Las enmiendas fueron notificadas por parte de los investigadores al Comité de Ética en Investigación cualquier enmienda al protocolo.

Este estudio se realizó en total conformidad con la guía de las Buenas Prácticas Clínicas, con los principios de la Declaración de Helsinki y con las leyes y regulaciones del país (Ley General de Salud en Materia de investigación para la Salud) sin riesgo para el individuo.

Cada participante contó con consentimiento informado firmado para la elaboración del estudio y el uso de información con fines académicos y de investigación. De igual forma se anexó la constancia de Buen Uso y Manejo del Expediente clínico del investigador principal para el uso de información de los expedientes con fines de investigación académica, protegiendo íntegramente la confidencialidad de los participantes.

Se mantuvieron los datos obtenidos con estándares de confidencialidad asignando un código a cada sujeto incluido en el estudio. Esto significa que los nombres de los participantes no se incluyeron en los conjuntos de datos que se transmiten. No se alteró la metodología diagnóstica y terapéutica para cubrir criterios de estudio, sino que se llevó a cabo recolección de la información ya descrita. Según el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Artículo N° 17: esta es una investigación sin riesgo o posibilidades de riesgo.

A los sujetos de investigación se les proporcionaron iniciales y folio, con la finalidad de resguardar su información personal. Si es que el sujeto lo deseaba se podía retirar o rechazar el consentimiento informado sin penalizaciones para el sujeto de investigación si es que se pedía por parte de este. Para cada procedimiento se siguieron las normas éticas, Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y la Declaración de Helsinki de 1975 y enmendada en 1989, y códigos y normas internacionales vigentes de las buenas prácticas de la investigación clínica.

Proceso de obtención de consentimiento informado verbal y escrito

Se le invitó a participar en el estudio de investigación al Sujeto de Investigación que haya sido invitado en la Consulta del Servicio de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Estética, que consistió en el uso de una cámara de colorimetría para los cambios de coloración cutánea mediante el uso del colorímetro, al momento de causar isquemia y congestión venosa de forma temporal. Para causar la isquemia, se utilizó un torniquete durante 5 minutos por medio de un vendaje compresivo, y se evaluó el tono vascular antes, durante y después de la aplicación de este.

Se le comunicó que no existen beneficios directos para el participante durante el estudio, ya que se trata de una valoración descriptiva de los cambios vasculares por medio del uso de colorímetro, en población aparentemente sana, sin embargo, los hallazgos pueden ser útiles para participantes que lo requieran en otro tipo de procedimientos, con la finalidad de disminuir costos, tiempos de valoración y acceso a diferentes métodos invasivos y no invasivos que permitan la valoración vascular. Se obtuvieron datos sociodemográficos de los participantes. Además, se le brindó la información pertinente sobre sus derechos, código de confidencialidad y privacidad de los datos obtenidos. Se utilizó un consentimiento informado por escrito, el cual se explicó de forma detallada al sujeto de investigación, además de otorgarle una copia de éste. Al momento de obtener el consentimiento informado, se solicitaron dos testigos externos al estudio quienes debieron de firmar el formato de consentimiento informado.

Cronograma de actividades

Actividades	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Elaboración del protocolo	X					
Sometimiento del protocolo		X				
Inicio de las pruebas		X				
Recolección de la información			X	X		
Captura de datos			X	X		
Análisis de datos				X	X	
Interpretación de resultados					X	X
Elaboración del escrito de investigación					X	X

2021

CAPÍTULO VI.

RESULTADOS

Se incluyeron un total de 45 pacientes, con una media de 30.3 ± 8.5 años, de los cuales 23 (51.1%) fueron mujeres y 22 (48.9%) fueron hombres.

En la tabla 1 se describe la media de los valores de los vectores L^* , a^* y b^* para las mediciones de antebrazo y mano en un periodo basal, en isquemia y en congestión, así como el vector (v) que mide la distancia euclidiana de los vectores.

Tabla 1. Media de valores $L^*a^*b^*$ de colorimetría de mano y antebrazo en periodo basal, isquemia y congestión.

	Variable	L^*	a^*	b^*	v
Antebrazo	Basal	54.40 ± 5.58	6.45 ± 1.80	16.06 ± 2.94	57.27 ± 4.74
	Isquemia	57.77 ± 5.60	3.83 ± 1.68	16.68 ± 2.98	60.42 ± 4.69
	Congestión	49.48 ± 5.23	10.26 ± 2.59	15.16 ± 2.48	52.95 ± 4.47
Mano	Basal	53.94 ± 3.56	7.81 ± 1.53	15.08 ± 2.17	56.63 ± 3.25
	Isquemia	57.98 ± 4.92	3.84 ± 2.37	15.93 ± 2.76	60.41 ± 4.29
	Congestión	47.50 ± 4.36	11.83 ± 2.36	12.33 ± 2.39	50.62 ± 4.02

Entre los tres periodos de medición en antebrazo, se observaron diferencias significativas en las mediciones por colorimetría. De L* en periodo basal, a isquemia y a congestión, la media fue de 54.4, 57.7 y 49.4, respectivamente ($P < 0.001$). De a* en periodo basal, a isquemia y a congestión, la media fue de 6.4, 3.8 y 10.2, respectivamente ($P < 0.001$). De b* en periodo basal, a isquemia y a congestión, la media fue de 16.0, 16.6 y 15.1, respectivamente ($P = 0.04$). El vector (v) aumento de periodo basal a isquemia (57.2 a 60.4), y disminuyó de isquemia a congestión (60.4 a 52.9) ($P < 0.001$).

Entre los tres periodos de medición en mano, se observaron diferencias significativas en las mediciones por colorimetría. De L* en periodo basal, a isquemia y a congestión, la media fue de 53.9, 57.9 y 47.5, respectivamente ($P < 0.001$). De a* en periodo basal, a isquemia y a congestión, la media fue de 7.8, 3.8 y 11.8, respectivamente ($P < 0.001$). De b* en periodo basal, a isquemia y a congestión, la media fue de 15.0, 15.9 y 12.3, respectivamente ($P < 0.001$). El vector (v) aumento de periodo basal a isquemia (56.6 a 60.4), y disminuyó de isquemia a congestión (60.4 a 50.6) ($P < 0.001$) (tabla 2).

Tabla 2. Comparación de valores de L*a*b* por colorimetría y el vector (v) en los periodos basal, de isquemia y congestión en antebrazo y mano.

Variable	Antebrazo				Mano			
	Basal	Isquemia	Congestión	P	Basal	Isquemia	Congestión	P
L	54.40 ± 5.58	57.77 ± 5.60	49.48 ± 5.23	<0.001	53.94 ± 3.56	57.98 ± 4.92	47.50 ± 4.36	<0.001
a	6.45 ± 1.80	3.83 ± 1.68	10.26 ± 2.59	<0.001	7.81 ± 1.53	3.84 ± 2.37	11.83 ± 2.36	<0.001
b	16.06 ± 2.94	16.68 ± 2.98	15.16 ± 2.48	0.04	15.08 ± 2.17	15.93 ± 2.76	12.33 ± 2.39	<0.001
v	57.27 ± 4.74	60.42 ± 4.69	52.95 ± 4.47	<0.001	56.63 ± 3.25	60.41 ± 4.29	50.62 ± 4.02	<0.001

En la tabla 3 se describe la diferencia (Δ) de $L^*a^*b^*$ del periodo basal a isquemia y de isquemia a congestión en el antebrazo y mano. En antebrazo, la Δv de basal a isquemia fue de 4.8 ± 3 , y de isquemia a congestión de 11.1 ± 4.5 . En mano, la Δv de basal a isquemia fue de 6.8 ± 3 , y de isquemia a congestión de 14.1 ± 3.8 .

Tabla 3. Diferencia (Δ) de las mediciones $L^*a^*b^*$ y el vector (v) de basal a isquemia y de isquemia a congestión en antebrazo y mano.

	Variable	ΔL	Δa	Δb	Δv
Antebrazo	Basal a isquemia	3.36 ± 2.92	-2.61 ± 1.40	0.61 ± 1.99	4.89 ± 3.00
	Isquemia a congestión	-8.29 ± 4.67	6.43 ± 2.63	-1.51 ± 1.87	11.12 ± 4.54
Mano	Basal a isquemia	4.04 ± 3.90	-3.96 ± 2.34	0.85 ± 1.67	6.84 ± 3.03
	Isquemia a congestión	-10.47 ± 4.23	7.98 ± 2.62	-3.60 ± 2.14	14.16 ± 3.87

Se encontró una diferencia significativa en las diferencias de basal a isquemia y de isquemia a congestión en todas las mediciones realizadas de $L^*a^*b^*$ y vector (v) tanto en antebrazo ($P<0.001$) como en mano ($P<0.001$), a excepción de las mediciones de Δa en mano ($P=0.81$) (tabla 4).

Tabla 4. Comparación de las diferencias en los valores de $L^*a^*b^*$ por colorimetría y el vector (v) en los periodos basal a isquemia y de isquemia a congestión en antebrazo y mano.

	Antebrazo			Mano		
	Basal a isquemia	Isquemia a congestión	P	Basal a isquemia	Isquemia a congestión	P
ΔL	3.36 ± 2.92	-8.29 ± 4.67	<0.001	4.04 ± 3.90	-10.47 ± 4.23	<0.001
Δa	-2.61 ± 1.40	6.43 ± 2.63	<0.001	-3.96 ± 2.34	7.98 ± 2.62	0.81
Δb	0.61 ± 1.99	-1.51 ± 1.87	<0.001	0.85 ± 1.67	-3.60 ± 2.14	<0.001
Δv	4.89 ± 3.00	11.12 ± 4.54	<0.001	6.84 ± 3.03	14.16 ± 3.87	<0.001

CAPÍTULO VII.

DISCUSIÓN

El color de un colgajo es un componente muy importante en el monitoreo clínico de colgajos libres, sin embargo, existen condiciones como la pobre memoria de color, fatiga ocular, ceguera para los colores y condiciones de la vista, que pueden afectar la habilidad del ojo humano para distinguir diferencias de colores. La identificación temprana de los cambios sutiles de la piel puede mejorar las probabilidades de salvamiento tisular (25).

De forma alternativa, se puede alcanzar un método de evaluación del dolor de la piel objetivo, cuantitativo y observador-independiente por medio de aparatos no invasivos llamados colorímetros o espectrofotómetros, los cuales pueden cuantificar el color de la piel, eritema y bronceado en varios tipos de piel. Su aplicación se extiende a otros campos de la medición e investigación, incluyendo los análisis forenses de hematomas, la evaluación de eritema relacionado a quimioterapia en oncología y la búsqueda de color de donador de colgajo libre para cirugías faciales en medicina estética (26).

En el caso del monitoreo de los colgajos libres, el estándar de oro del monitoreo es la evaluación clínica. En la era de técnicas avanzadas de monitoreo de colgajos, las encuestas recientes de cirujanos microvasculares han revelado que

los chequeos clínicos de colgajo es el método más común de monitoreo postoperatorio (27,28). Van Genechten *et al* han utilizado fuentes de luz LED con índice de rendering de color altos (29). Para colgajos enterrados donde el pedículo permanece en la superficie, la evaluación con Doppler acústico puede ser más fiable para la evaluación de la perfusión (30).

Las ventajas más importantes del monitoreo clínico son la no invasividad, además de que no se asocia a riesgos o incomodidad para el paciente, es poco costoso y altamente efectivo, con tasas de éxito del colgajo de 85-95% (31).

En el caso de la colorimetría por espectrofotometría ha sido muy poco estudiada. Prahbu *et al* (25) llevaron a cabo un primer estudio de prueba de principio del uso de la espectrofotometría esférica en la evaluación de la congestión venosa e isquemia de tejido de piel de antebrazo en voluntarios y encontraron que los cambios (Δ) de las mediciones previas al estudio durante el tiempo fueron estadísticamente diferentes a partir de los 30 segundos , sugiriendo que esta tecnología es un potencial simple, reproducible y fiable para ayudar en el monitoreo clínico de colgajos libres y otros tejidos (25).

La colorimetría ha tenido poco uso en la microcirugía reconstructiva, sin embargo, Greindl *et al* (2012) examinó la diferencia colorimétrica entre el diversos colgajos libres y los sitios receptores, logrando determinar que las extremidades inferiores suelen tener una coloración más clara que las superiores, excepto la región volar

del antebrazo. Describe como la coloración cutánea es dependiente de forma dominante por dos factores: melanina y hemoglobina (está afectada principalmente por el flujo sanguíneo). Teniendo esto en cuenta hace referencia a los parámetros $L^*a^*b^*$ donde L^* representa la luminosidad y se correlaciona con la melanina siempre y cuando la hemoglobina se mantenga constante (flujo sanguíneo), a^* evalúa el grado de eritema y volumen sanguíneo cutáneo y b^* representa la melanina. En su estudio encontraron que la palma de la mano contiene menor cantidad de melanocitos resultando en un valor de L^* y b^* bajos, por lo tanto, el valor de coloración es mayor dependiente del flujo vascular cutáneo dando valores de a^* mayores (34). De igual forma Abbage et al (2020) mencionan la relación con valor de a^* y la vascularidad en la piel y b^* con la melanina (35).

En nuestro estudio, realizamos mediciones colorimétricas en piel de antebrazo y mano de voluntarios sanos, encontrando datos muy similares y cambios significativos en las mediciones $L^*a^*b^*$ en todos los pacientes, validando el concepto de que este tipo de tecnología puede ser utilizable para la evaluación de colgajos de una forma más objetiva.

Pudimos observar que los cambios más evidentes en los valores de a^* fueron en la palma de la mano, tanto en la fase venosa como isquémica, tal como menciona Greindl, al ser la palma de la mano un área corporal con una rica red capilar, los de coloración son más notorios, así ellos en su estudio determinaron que el

colgajo libre con más similitud a la coloración de la palma de la mano es el colgajo antero lateral de muslo, siendo este el más utilizado de forma global para la reconstrucción de defectos en múltiples áreas corporales. Con este dato podemos transpolar nuestra información sabiendo los cambios de coloración durante las diversas fases cutáneas y permitirnos una mejor vigilancia/monitorización de los colgajos libres.

CAPÍTULO VIII.

CONCLUSIÓN

En nuestro estudio, pudimos demostrar que se muestran cambios significativos en las mediciones de L*a*b* en piel de antebrazo y mano en periodos provocados de isquemia-reperfusión en voluntarios sanos. De este modo, se confirma que esta tecnología es un potencial simple, reproducible y fiable para ayudar en el monitoreo clínico de colgajos libres y otros tejidos, por lo que vale la pena llevar a cabo estudios que validen su uso y aplicación.

CAPÍTULO IX.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Townsend, C. M., Beauchamp, R. D., Evers, B. M., & Mattox, K. L. (n.d.). Sabiston textbook of surgery: the biological basis of modern surgical practice.
2. Seidenberg B, Rosenak SS, Hurwitt ES, Som ML. Immediate Reconstruction of the Cervical Esophagus by a Revascularized Isolated Jejunal Segment. *Annals of Surgery*. 1959;149(2):162-171
3. McLeanDH, BunckeHJJr. Autotransplant of omentum to a large scalp defect, with microsurgical revascularization. *Plast Reconstruct Surg* 1972; 49:268– 274.
4. Siemionow M, Arslan E. Ischemia/reperfusion injury: a review in relation to free tissue transfers. *Microsurgery*. 2004;24:468–475.
5. YangJC, KuoYR, HsiehCH, JengSF. The use of radial vessel stump in free radial forearm flap as flap monitor in head and neck reconstruction. *Ann Plast Surg* 2007; 59:378–381.
6. Disa JJ, Cordeiro PG, Hidalgo DA. Efficacy of conventional monitoring techniques in free tissue transfer: an 11-year experience in 750 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 1999;104(01):97–101) (Cervenka, B., & Bewley, A. F. (2015). Free flap monitoring: a review of the recent literature. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 23(5). (Chen, Y., Shen, Z., Shao, Z., Yu, P., & Wu, J. (2016). Free Flap Monitoring Using Near-Infrared Spectroscopy: A Systemic Review. *Annals of Plastic Surgery*, 76(5). Retrieved from

https://journals.lww.com/annalsplasticsurgery/Fulltext/2016/05000/Free_Flap_Monitoring_Using_Near_Infrared.25.aspx

7. Lohman RF, Langevin CJ, Bozkurt M, Kundu N, Djohan R. A prospective analysis of free flap monitoring techniques: physical examination, external Doppler, implantable Doppler, and tissue oximetry. *J Reconstr Microsurg* 2013;29(01):51–56.
8. Baudet, J., LeMaire, J. M., and Guimberteau, J. C. Ten free groin flaps. *Plast. Reconstr. Surg.* 57: 577, 1976.
9. Acland, R. D. Experience in monitoring the circulation in free-flap transfers (Discussion). *Plast. Reconstr. Surg.* 68: 554, 1981.
10. Khouri, R. K., and Shaw, W. W. Monitoring of free flaps with surface-temperature recordings: Is it reliable? *Plast. Reconstr. Surg.* 89: 495, 1992.
11. Chen KT, Mardini S, Chuang DC, et al. Timing of presentation of the first signs of vascular compromise dictates the salvage outcome of free flap transfers. *Plast Reconstr Surg* 2007;120:187–195.
12. Edwards, E. A., & Duntley, S. Q. (1939). The pigments and color of living human skin. *American Journal of Anatomy*, 65(1), 1–33. <https://doi.org/10.1002/aja.1000650102>.
13. Weatherall, I; Coombs, B. Skin Color Measurements in Terms of CIELab Color Space Values. *J Invest Dermal* 99. New Zeland, 1992.
14. Dayan L, Zinmann C, Stahl S, Norman D. Complications Associated with Prolonged Tourniquet Application on the Battlefield. *Military Medicine*. 2008;173(1):63-66.

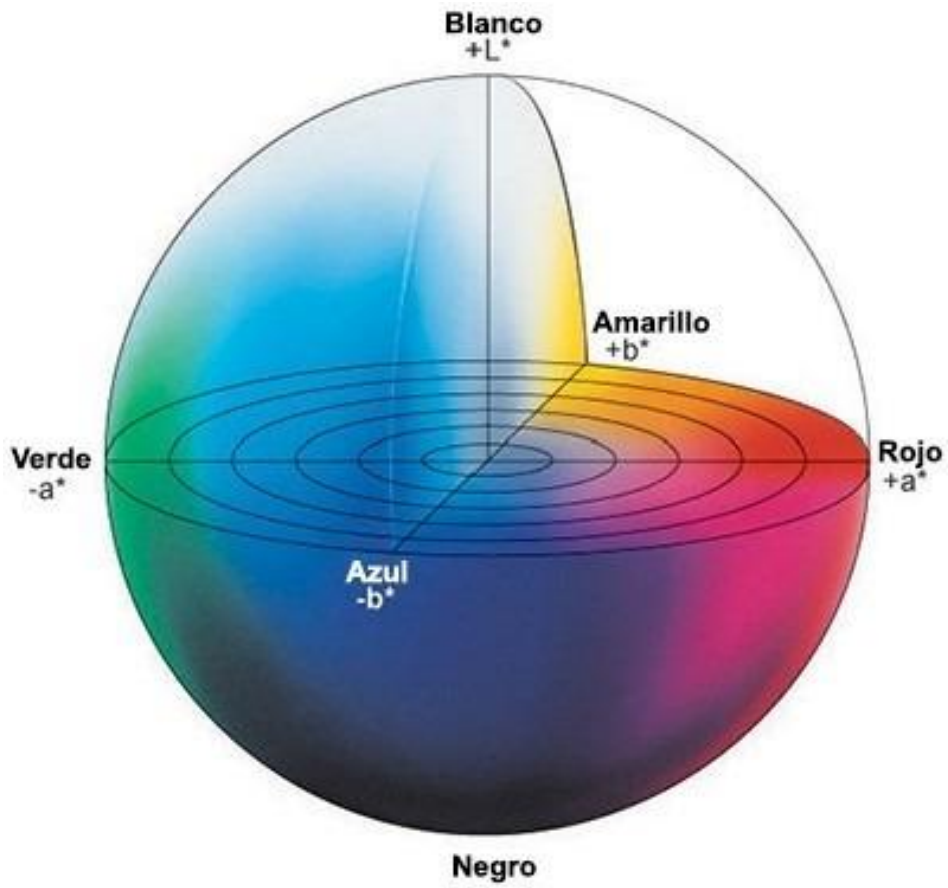
15. Tran, T. P., Tu, H., Pipinos, I. I., Muelleman, R. L., Albadawi, H., & Li, Y. L. (2011). Tourniquet-induced acute ischemia-reperfusion injury in mouse skeletal muscles: Involvement of superoxide. *European journal of pharmacology*, 650(1), 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.10.037>
16. Cervenka, B., & Bewley, A. F. (2015). Free flap monitoring: a review of the recent literature. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 23(5).
17. Chen, Y., Shen, Z., Shao, Z., Yu, P., & Wu, J. (2016). Free Flap Monitoring Using Near-Infrared Spectroscopy: A Systemic Review. *Annals of Plastic Surgery*, 76(5). Retrieved from https://journals.lww.com/annalsplasticsurgery/Fulltext/2016/05000/Free_Flap_Monitoring_Using_Near_Infrared.25.aspx
18. Wright, C. Y., Wilkes, M., du Plessis, J. L., Reeder, A. I., & Albers, P. N. (2016). In multiple situational light settings, visual observation for skin colour assessment is comparable with colorimeter measurement. *Skin Research and Technology*, 22(3), 305–310. <https://doi.org/10.1111/srt.12261>
19. Draaijers, L. J., Tempelman, F. R. H., Botman, Y. A. M., Kreis, R. W., Middelkoop, E., & van Zuijlen, P. P. M. (2004). Colour evaluation in scars: tristimulus colorimeter, narrow-band simple reflectance meter or subjective evaluation? *Burns*, 30(2), 103–107.
20. Matías, AR., Ferreria, M., Costa, P., Neto, P. Skin colour, skin redness and melanin biometric measurements: comparison study between Antera(®) 3D, Mexameter(®) and Colorimeter. *Skin Research and Technology* 2015; 0: 1–17.

21. Chen KT, Mardini S, Chuang DC, et al. Timing of presentation of the first signs of vascular compromise dictates the salvage outcome of free flap transfers. *Plast Reconstr Surg* 2007;120:187–195.
22. Huang et al. (2018), High correlation between skin color based on CIELAB color space, epidermal melanocyte ratio, and melanocyte melanin content. *PeerJ* 6:e4815; DOI 10.7717/peerj.4815.
23. Stevenson JM, Weatherall IL, Littlejohn RP, Seman DL. 2012. A comparison of two different instruments for measuring venison CIELAB values and colour assessment by a trained panel. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 34:207–211).
24. Pierce NH.(1963) The Esmarch Bandage. *British medical journal*, 2(5358), 637-638.
25. Estebe, J. P., Davies, J. M., & Richebe, P. (2011). The pneumatic tourniquet: mechanical, ischaemia-reperfusion and systemic effects. *European journal of anaesthesiology*, 28(6), 404–411. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e328346d5a9>
26. Prabhu IS, Kyzas P, Langton S. Use of sphere spectrophotometer in assessment of tissue venous congestion and ischemia of forearm skin. A proof of principle study. *Int J Oral Maxillofacial Surg*. 2013;42(10):P1293.
27. Ly BCK, Dyer EB, Feig JL, Chien AL, Del Bino S. Prabhu IS, Kyzas P, Langton S. Use of sphere spectrophotometer in assessment of tissue venous congestion and ischemia of forearm skin. A proof of principle study. *Int J Oral Maxillofacial Surg*. 2013;42(10):P1293. *J Investigative Dermatol*. 2020;140:3-12.

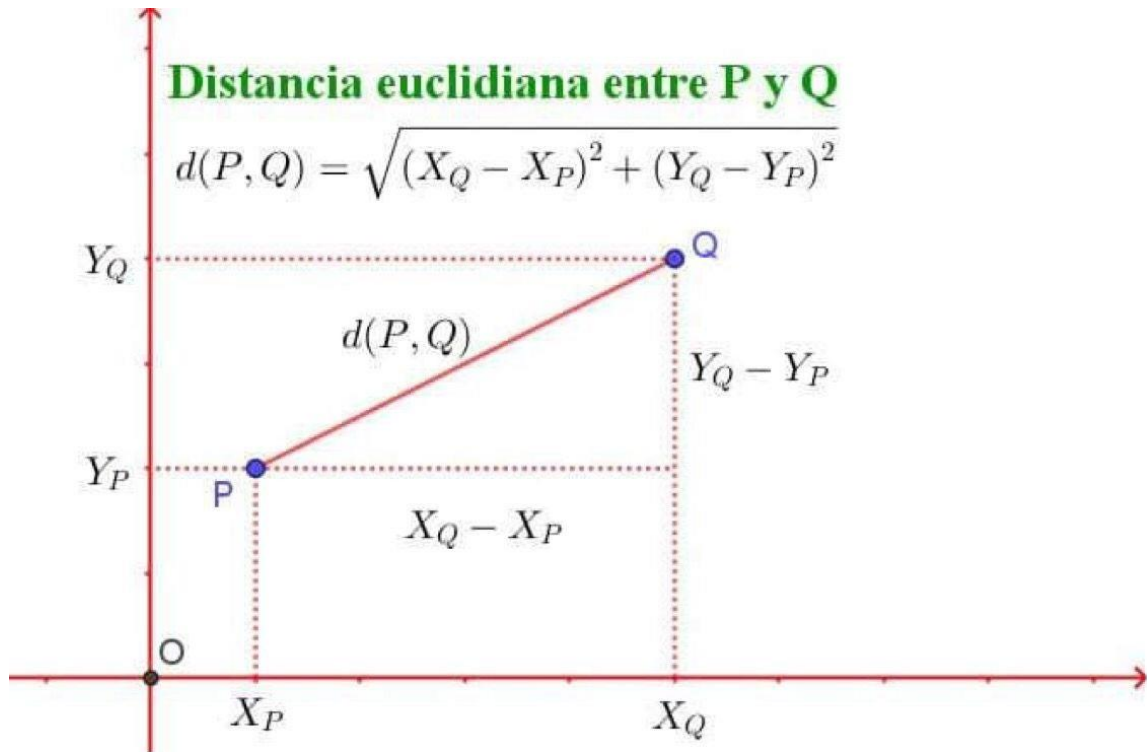
28. Spiegel JH, Polat JK. Microvascular flap reconstruction by otolaryngologists: prevalence, postoperative care, and monitoring techniques. *Laryngoscope* 2007;117(03):485–490
29. Patel UA, Hernandez D, Shnayder Y, et al. Free flap reconstruction monitoring techniques and frequency in the era of restricted resident work hours. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2017;143 (08):803–809
30. Van Genechten M, Rahmel B, Batstone MD. Red or white? Use of high colour-rendering index, light-emitting diodes in monitoring of free flaps of the head and neck. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2015; 53(08):765–766
31. Kohlert S, Quimby AE, Saman M, Ducic Y. Postoperative Free-Flap Monitoring Techniques. *Semin Plast Surg*. 2019;33:13-16.
32. Han ZF, Guo LL, Liu LB, et al. A comparison of the Cook-Swartz Doppler with conventional clinical methods for free flap monitoring: a systematic review and meta-analysis. *Int J Surg* 2016;32:109–115
33. Weatherall IL, Coombs BD. 1992. Skin color measurements in terms of CIELAB color space values. *Journal of Investigative Dermatology* 99:468–473 DOI 10.1111/1523-1747.ep12616156.
34. Greindl M, Skreiner A, Schubert H, Hladik M, Stuflesser A, Spies M et al. Colorimetric Examination of Typical Free Flap Donor Sites and Comparison to Recipient Sites in the Extremities. *Journal of Reconstructive Microsurgery*. 2012;29(01):021-026.
35. Abagge K, Sandri C, Sakai L, Mussato L, Petterle R, Oliveira de Carvalho V. Colorimetric analysis of images in the follow-up of infantile hemangiomas. *Pediatric Dermatology*. 2020;37(4):622-625.

CAPÍTULO X.
ANEXOS

Anexo 1. Espectrofotometría esférica de acuerdo con la clasificación CIELAB.



Anexo 2. Medición de la distancia euclidiana entre dos puntos.



CAPÍTULO XI.
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Mauricio Castaño

Candidato para el Grado de Sub-especialidad en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva.

Tesis:

Campo de Estudio: Ciencias de la salud (Cirugía Plástica Estética y Reconstructiva)

Datos personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León, México el 17 de febrero de 1988

Educación: Egresado de la Escuela de Medicina de la Universidad de Monterrey, grado obtenido Licenciado en Medicina 2007 – 2013, mención honorífica y reconocimiento CUM Laude

Especialidad en Cirugía General, Universidad de Monterrey 2015-2019
Certificado por el Consejo Mexicano de Cirugía General 2019-2024