

Fisiopatología de las quemaduras eléctricas: artículo de revisión

Physiopathology of electrical burns

Luis Felipe Gonzalez Castro¹, Sandra Viviana Ávila Vargas², Jenny Tatiana Quezada Rueda³, Sonia Margarita Vivas García⁴

RESUMEN

Las quemaduras eléctricas son consideradas uno de los traumas más drásticos al cual puede verse expuesto un individuo, que afecta directa o indirectamente a casi todos los sistemas del cuerpo humano. Este tipo de trauma tiene efectos locales y sistémicos poco comprendidos por la mayoría del personal de salud. El objetivo de éste artículo es ofrecer una explicación completa, que permita al lector entender mejor la fisiopatología de este tipo de trauma y por lo tanto se manifieste en el actuar diario del personal de salud.

Palabras claves: *fisiopatología, quemaduras, electricidad.*

ABSTRACT

Electric burns are one of the most drastic traumas to which an individual can be exposed. They can directly or indirectly compromise almost all the systems of the human body, this type of trauma has local and systemic effects little understood by the majority of health personnel. The objective of this article is to offer a complete explanation, allowing the reader to better understand the pathophysiology of this type of trauma and therefore manifest in the daily actions of health personnel.

Key words: *pathophysiology, burns, electricity.*

REVISTA ARGENTINA DE CIRUGÍA PLÁSTICA 2018;24(2):51-56. DOI/10.32825/RACP/201802/0051-0056

INTRODUCCIÓN

Las quemaduras eléctricas son consideradas un tipo especial de lesión debido a que presentan una fisiopatología única, variada y compleja, basada en el entendimiento de las propiedades físicas de la electricidad y la ruta del flujo de corriente a través de los tejidos y órganos.

Cuando el cuerpo humano entra en contacto con la corriente eléctrica, el daño puede ser devastador dependiendo de los factores ya mencionados, ocasionando desde lesiones superficiales y/o profundas, hasta compromiso de órganos y tejidos internos o incluso compromiso multiorgánico. Las quemaduras eléctricas se consideran, por su gravedad, el gran enmascarado.

Este artículo busca profundizar, de manera breve, fundamentos físicos y fisiopatológicos de las quemaduras eléctricas.

HISTORIA

La primera muerte registrada por quemadura eléctrica fue en Lyon (Francia), cuando un carpintero en 1879 tuvo contacto con un generador de alto poder; asimismo, años después se conoce registro de un ciudadano norteamericano llamado Samuel W. Smith, que en 1881 sufre electrocución por un generador en Buffalo, Nueva York¹.

A través del tiempo el ser humano siempre ha estado y estará en contacto con la corriente eléctrica debido a su uso necesario para la vida cotidiana. La mayoría de casos reportados suceden de manera accidental en el hogar o en los sitios de trabajo.

EPIDEMIOLOGÍA

Las quemaduras constituyen un problema de salud pública a nivel mundial y provocan alrededor de 180.000 muertes al año². Algunas cifras de países desarrollados registran que, del total de quemaduras en todo el mundo, las quemaduras eléctricas podrían corresponder a un 5-8%. Estados Unidos registra aproximadamente 1000 muertes/año y 3000 ingresos a hospitales por esta causa: el 4-6,5% son ingresos a unidad de quemados; 3-12% son ingresos a centros hospitalarios en general y adicionalmente se estima que en un 10% de los casos presentados es necesario realizar la amputación del miembro afectado^{3,4}. La edad promedio de este tipo de lesiones se encuentra entre los 11 y 20 años probablemente secundarios a falta de experiencia o conoci-

1. Médico Cirujano Plástico Reconstructivo y Estético, Hospital Universitario de Santander, Bucaramanga, Colombia.
2. Enfermera Jefe, Especialista en Atención de Enfermería del Paciente en Cuidado Crítico. Unidad de cuidados intensivos, Foscal internacional, Floridablanca Santander, Colombia.
3. Médica General Servicio de Urgencias, Hospital Manuela Beltrán, Socorro, Santander.
4. Médica general de Unidad de Cuidados Posanestésicos, Hospital Universitario de Santander, Bucaramanga, Colombia.

✉ **Correspondencia:** Dr. Luis Felipe Gonzalez Castro. drluife@hotmail.com

Los autores no declaran conflictos de intereses

Recibido: 10/09/2018 | Aceptado: 03/10/2018

miento sobre manipulación de sistemas eléctricos⁵. La prevalencia es mayor en el género masculino: ocurre en 91,9% de los casos, relación 9:1 (masculino: femenino)^{3,6,7}.

Es evidente observar que afecta en mayor cantidad a personas en edad productiva. De hecho, en adultos, es la cuarta causa de muerte a nivel laboral⁷. De las personas que trabajan con circuitos eléctricos o en áreas de construcción, el 50% de sufre accidentes de alto voltaje por contacto con líneas de alimentación y un 25% por herramientas y máquinas en mal estado; además, se conocen otras causas determinadas por ignorancia del trabajador y falta de elementos de protección laboral³⁻⁵. En la población infantil son más prevalentes las quemaduras por corriente de bajo voltaje, 67,74%, generando lesiones en boca por mordedura de cables generalmente en los niños de 0-3 años o por contacto con tomas de corriente como del grupo de 3-6 años, que ocurren en el hogar⁸.

Los casos en los que se usa la electricidad con fines suicidas u homicidas, se han reportado, pero son menos frecuentes que los ya mencionados⁶.

A diferencia de otro tipo de quemaduras, las eléctricas implican para el paciente una mayor estancia hospitalaria, mayor cantidad de procedimientos quirúrgicos y gran posibilidad de muerte⁶.

ASPECTOS GENERALES DE LA ELECTRICIDAD

La electricidad se define como el paso de electrones de un átomo a otro y el movimiento de estos a través de un conductor es lo que se conoce como la energía eléctrica⁹.

Las propiedades de la electricidad incluyen la corriente, el voltaje, la resistencia, conductancia e intensidad, los cuales influyen en los mecanismos de lesión y son predictores del estado final de la misma.

Corriente eléctrica: es el flujo de electrones o cargas dentro de un circuito eléctrico cerrado y se clasifica en continua o directa y alterna³.

- **Continua o directa:** es unidireccional; el flujo de electrones va hacia una misma dirección; un buen ejemplo es la generada por las baterías. Usualmente genera una sola contracción muscular que retira a la víctima de la fuente, por lo que se considera poco peligrosa, aunque el grado de lesión depende del tipo de trauma generado por el impacto.
- **Alterna:** es aquella en la que los electrones cambian de dirección de forma periódica; cada vez que estos vuelven a su posición inicial, se genera un ciclo. Es de 3 a 4 veces más peligrosa, ya que genera contracciones musculares (40-110 veces por segundo) de forma continua llamadas tetania, que pueden ocasionar que la corriente eléctrica retenga a la víctima impidiendo la liberación de su sitio de contacto, alargando el tiempo de exposición y aumen-

tando el daño, finalmente generando contracción anormal de músculos torácicos imposibilitando una adecuada respiración y causando ritmos cardíacos anormales.

El voltaje: la fuerza que permite el movimiento de los electrones de un átomo a otro, cuya unidad son los voltios⁹.

- **Bajo voltaje (<1000 voltios).** Es el tipo de lesión eléctrica más frecuente, cuyas víctimas comunes son los niños o jóvenes en el hogar. En este grupo son frecuentes las lesiones en manos o boca debido al contacto directo con tomas eléctricas en los hogares; en adultos se presentan por el uso de herramientas eléctricas defectuosas.

Se han observado contracciones que pueden ser tan fuertes que provocan dislocaciones o fracturas secundarias y lesiones en piel por quemaduras que pueden ser similares a las térmicas¹⁰.

- **Alto voltaje (>1000 voltios)^{3,11}:** es muy frecuente en accidentes laborales, debido al contacto con líneas de alimentación externas. Genera desde lesiones superficiales en la piel hasta lesiones profundas que comprometen los músculos ocasionando rhabdomiólisis y mioglobinuria, que conducen a insuficiencia renal aguda. Otras manifestaciones son hiperpotasemia, acidosis, mioglobina en sangre, elevación de la creatinina y creatina fosfoquinasa, además de daño del sistema nervioso.

- **Rayo¹¹:** lesión asociada a alta mortalidad, generada por alta tensión y amperaje, de corta duración. Es una corriente masiva unidireccional, que se dirige al suelo, sin embargo, gran parte de ella pasa por el cuerpo.

Las lesiones asociadas a impacto de rayo dependen de 6 mecanismos físicos que son: golpe directo, lesión por contacto, lesión por cercanía, corriente por tierra, corriente ascendente y trauma contuso¹². Se manifiesta clínicamente como leve pérdida del conocimiento hasta compromiso hemodinámico y paro cardiorrespiratorio que requiere intervención inmediata. En piel se genera un signo típico, figura de Lichtenberg, que se caracteriza por presentar un patrón arborescente, que desaparece a las 24 horas (**Figura 1**).

La resistencia: es la oposición que genera un objeto al paso de la corriente a través de sí mismo; su unidad es el ohm¹⁰. La resistencia de cada tejido es directamente proporcional al grado de lesión, es decir, a mayor resistencia mayor lesión^{1,9}.

- **Menor resistencia (1,500 ohms):** músculo, nervios, vasos sanguíneos.
- **Resistencia intermedia:** la piel seca 5,000 ohms y la piel húmeda 1,000 ohms.
- **Mayor resistencia (900,000 ohms):** huesos, grasa y tendones¹³.

La resistencia de un tejido depende de algunas propiedades físicas: la humedad y la temperatura. La piel es

un mal aislante de electricidad; si está seca es más resistente y, por el contrario, si está húmeda reduce la resistencia generando mayor conducción de corriente eléctrica; ello provoca mayor posibilidad de muerte por electrocución.

Otro ejemplo es el hueso, que opone mayor resistencia al paso de electricidad, lo cual genera más calor, es decir, mayor transformación de energía eléctrica a térmica, ocasionando que el tejido se caliente y/o se coagule^{4,12}.

La conductancia: es la capacidad para transmitir la corriente³.

La intensidad de corriente eléctrica: es la relación que hay entre el tiempo transcurrido y el flujo de corriente eléctrica. Su unidad es el amperio⁹.

- **1-3 mAmp:** umbral de la percepción: corriente continua sensación de calor al contacto y en la corriente alterna hormigueo.
- **20-50 mAmp:** contracciones a nivel del músculo esquelético (tetania). Parálisis de los músculos respiratorios.
- **50-100 mAmp:** fibrilación ventricular.
- **2.5 Amp:** asistolia.

DURACIÓN DEL CONTACTO

El grado de lesión y la transformación de energía eléctrica a térmica será directamente proporcional al tiempo en contacto con la fuente eléctrica;

mayor tiempo de contacto con la electricidad, mayor será la gravedad de la lesión; sin embargo, existe una excepción, las quemaduras por rayo, cuya duración es corta pero presenta mayor amperaje y son de alto voltaje (millones de voltios); generan lesiones que comprometan la vida⁴.

Finalmente, las lesiones por quemaduras eléctricas se basan principalmente en dos leyes¹:

- **Ley de Ohm.** La intensidad de la corriente eléctrica es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia del tejido afectado, debido a que la exposición de diferentes partes del cuerpo a un mismo voltaje generará una diferente corriente porque la resistencia varía significativamente entre diferentes tejidos¹³.
- **Ley de Joule.** El calor que se genera por la corriente eléctrica es directamente proporcional a la resistencia tisular: cuanto mayor es la resistencia que ofrece un tejido al paso de la corriente, mayor es el potencial de transformación de energía eléctrica en energía térmica¹⁴.

FISIOPATOLOGÍA DE LA QUEMADURA ELÉCTRICA

MECANISMOS DE LESIÓN

Los 4 principales mecanismos de lesiones producto de la electricidad son¹²:

Daño tisular directo: origina alteraciones en el potencial de reposo de la membrana de la célula, generando contracción muscular (tetania).

La transformación de energía eléctrica a térmica (ley de Joule): genera una extensa destrucción y necrosis coagulativa en los tejidos, producto de la energía térmica.

Traumatismos causados por violentas contracciones musculares o caídas, posterior al contacto con la corriente eléctrica.

Teoría de la electroporación: se genera alteración de las proteínas de las membranas celulares alterando su función e integridad⁴.

Las quemaduras producidas por un agente exógeno, como la electricidad, generalmente son no térmicas; sin embargo, cuando la corriente eléctrica interactúa con los tejidos, esta es transformada a térmica, generando lesión por el calor debido a la resistencia de los mismos¹².

Los componentes no térmicos ocasionan la despolarización de tejidos excitables tales como el corazón, causando paro cardíaco, fibrilación ventricular u otra clase de arritmias. En cerebro hay alteración del estado de conciencia, y la presencia de la corriente eléctrica a nivel del centro respiratorio de la médula puede generar paro respiratorio¹¹.

En los térmicos, la resistencia que genera la piel al flujo de corriente eléctrica produce calor (efecto Joule) ocasionando la carbonización de los puntos de contacto, denominados puntos de entrada y/o salida; de allí continúa a través de la extremidad ocasionando el calentamiento del hueso al igual que la ropa que el individuo lleva puesta, que origina cierto grado de quemadura¹¹.

Las células musculares y nerviosas (tejidos que presentan mayor conductancia, es decir menor resistencia) son más susceptibles a daños y rupturas por corriente eléctrica³.

El recorrido que hace la corriente eléctrica en el cuerpo determinará las posibles lesiones; por ejemplo, una quemadura que viaja de un brazo a otro (plano horizontal), en donde el recorrido es cercano al corazón tiene mayor compromiso para la vida que una quemadura eléctrica que tenga entrada en el miembro inferior y pase a suelo³. Otros trayectos como la cabeza pueden generar compromiso directo en el cerebro ocasionando paro respiratorio, convulsiones o parálisis.

Sin embargo, existen ciertas diferencias entre una quemadura eléctrica con otro tipo de quemaduras; las heridas leves o superficiales que pueden pasar desapercibidas, suelen ocasionar lesiones realmente graves en órganos internos, como corazón y cerebro¹².

TIPOS DE LESIÓN

Existen 5 tipos de lesión por corriente eléctrica: lesión directa, indirecta o por llamas, electrodérmica por arco eléctrico, por ignición y mixta^{3,9,12}:



Figura 1. Signo de Lichtenberg.

- **Lesión directa (quemadura por contacto):** el daño es térmico y el grado de lesión depende de la duración, frecuencia y magnitud, además de la resistencia de cada tejido afectado.
- **Lesión indirecta (arco-flama y flash):** se generan descargas disruptivas. Este caso se presenta cuando la corriente eléctrica viaja por un objeto, es decir, choca con un árbol y esta continúa por un camino de menor resistencia y que finalmente llega a la persona.
- **Lesión electrodérmica por arco eléctrico:** se da por el salto de la electricidad entre dos superficies que se encuentran cargadas eléctricamente y no están en contacto, generando chispa, dando como resultado un arco, cuando de los átomos del objeto conductor se genera una corriente; La temperatura de este arco puede oscilar entre 2500 a 10000 grados centígrados, es más frecuente en áreas donde se realiza flexión como axila, zona poplítea, muñecas y/o codos.
- **Lesión por ignición:** esta se presenta cuando se genera una quemadura por fuego, es decir, la corriente eléctrica incendia la ropa del individuo o algún objeto cercano y este provoca lesión a la persona cercana o en contacto.
- **Mixta:** es la quemadura generada por contacto directo y arco eléctrico.

SIGNO DEL ICEBERG

Las quemaduras generadas por corrientes eléctricas de alto voltaje producen mayor daño tisular; se considera que en la mayoría de los casos se puede observar una quemadura pequeña en extensión sobre la superficie corporal del primer contacto (en ocasiones incluso puntiforme) y una gran lesión en tejidos profundos no evidente, signo comúnmente llamado signo del iceberg¹⁰ (Figura 2).

COMPROMISO POR SISTEMAS

SISTEMA CARDIOVASCULAR

Las quemaduras eléctricas pueden producir dos tipos de lesiones a nivel cardíaco; una lesión directa, que ge-



Figura 2. Signo del iceberg.

nera necrosis en el miocardio ocasionada por el tipo de corriente y la tensión, siendo más extensas las de alto voltaje; y una indirecta, con arritmias cardíacas, que se producen por contacto con corrientes bajas y que generan focos arritmogénicos secundarios a la necrosis del miocardio y/o lesión del nodo sinusal¹⁵.

Inicialmente se observa fuga de plasma, que aumenta el gasto cardíaco 2 a 3 veces, que da lugar a liberación de catecolaminas producto del estrés ocasionado por la corriente eléctrica; luego actúa en las terminaciones nerviosas cercanas a los capilares, uniéndose a receptores alfaadrenérgicos finalmente generando vasoconstricción de pequeños vasos sanguíneos, lo cual aumenta la presión arterial¹⁰.

La lesión en miocardio genera alteraciones de las ondas ST, prolongación del segmento QT reversible, fibrilación auricular y bloqueos de rama. Cuando el paciente presenta fibrilación ventricular no se revierte de forma espontánea y puede ser la causa más frecuente de mortalidad por corrientes eléctricas de bajo voltaje^{4,8,9}.

Las alteraciones vasculares varían de acuerdo a su tamaño. Los grandes vasos no presentan mayor compromiso debido a que el flujo elevado permite disipar el calor originado por la quemadura eléctrica; sin embargo, puede presentar lesiones tales como necrosis, aneurismas o ruptura del mismo, Los pequeños vasos son los más afectados, en especial los de las extremidades, en las que se presenta trombosis, edema y necrosis progresiva generando limitación en el drenaje linfático con acúmulo masivo de líquidos a nivel de los compartimentos corporales, provocando graves síndromes compartimentales cerrados¹².

SISTEMA RESPIRATORIO

El paro respiratorio es una de las causas más comunes de muerte por lesión eléctrica, secundario a la tetania de los músculos respiratorios. Se han reportado lesiones de la vía aérea superior e inferior por inhalación de humo o gases tóxicos producto de llamas generadas por corriente eléctrica. Estos eventos son más frecuentes en accidentes laborales^{9,12,15}.



Figura 3. Quemaduras Grado II intermedias y profundas en región toracoabdominal.

SISTEMA URINARIO

La falla renal es la complicación más frecuente, resultado de depósitos en los túbulos renales de hemoglobina secundarios a la destrucción de los eritrocitos y la mioglobina por destrucción tisular de músculo esquelético. Esto, sumado a la isquemia de la corteza renal y disminución de la filtración por la hipovolemia generalizada, produce mayor lesión a nivel renal de difícil manejo^{9,15}.

SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO

El contacto de la corriente eléctrica con el músculo se transforma en calor generando necrosis en la zona de contacto.

La lesión en la capa íntima de los vasos sanguíneos produce como respuesta la liberación de mediadores inflamatorios como el tromboxano A₂, que favorece la vasoconstricción y formación de trombos. Se origina así falta de oxigenación, lo que conduce finalmente a la isquemia progresiva a nivel de la microcirculación y eventual necrosis^{4,9}.

A nivel óseo se observan fracturas, dislocaciones o múltiples traumas en cráneo, tórax, abdomen, pelvis, además de necrosis en periostio^{3,9,12}.

SISTEMA NERVIOSO

Las quemaduras eléctricas pueden alterar tanto el sistema nervioso central como periférico, 80-86%. El tejido nervioso posee una resistencia eléctrica muy baja, lo que lo hace particularmente vulnerable a daño en las membranas celulares; ello altera la permeabilidad celular y el balance electroquímico entre los compartimentos intra- y extracelular, generando desnaturalización de proteínas que lleva a edema vasogénico y daño tisular potencialmente irreversible¹⁷.

Las descargas de alto voltaje generan con mayor frecuencia lesiones a nivel del sistema nervioso central, ocasionando pérdida del estado de conciencia, traumas craneoencefálicos y, en el peor de los casos, coma y/o muerte¹⁰, secundario a un mecanismo de inhibición del sistema nervioso central o hipoxia por altera-



Figura 4. Quemadura Grado III en región toracoabdominal.

ción del sistema cardiorrespiratorio, lo cual produce isquemia cerebral y lesión medular o cerebral que conducen a complicaciones tales como broncoaspiración y obstrucción de la vía aérea superior¹⁰.

Las alteraciones a nivel del sistema nervioso periférico son secundarias a trastornos de la conductividad eléctrica cuando hay necrosis coagulativa en el nervio (similar al músculo), o por daño indirecto en la mielina o **compresión de los vasos sanguíneos que nutren al nervio proveniente del edema** progresivo secundario al síndrome compartimental, generando mayor lesión nerviosa⁴.

SISTEMA TEGUMENTARIO

El sitio más común de contacto primario con la corriente eléctrica es la piel de la mano y la cabeza.

Las quemaduras pueden ser indoloras, de un color amarillo-gris, deprimidas o con áreas puntiformes con necrosis a nivel central, múltiples o muy profundas como en los puntos de contacto secundarios de miembros inferiores.

Las quemaduras lineales suelen ser superficiales y son frecuentes en lugares donde el agua y el sudor se amontonan causando vaporizaciones, como pecho y brazo^{3,4,15} (**Figuras 3 y 4**).

SISTEMA GASTROINTESTINAL

Las lesiones son por contacto directo de la electricidad con la víscera o secundario a estrés como las llamadas úlceras de Curling; se origina un mecanismo de vasoconstricción esplácnica para ayudar a redistribuir el flujo sanguíneo hacia los órganos principales: cerebro, corazón y pulmón, dejando hipoperfundido este sistema. También pueden presentarse hemorragias intestinales, íleo paralítico, trombosis mesentérica y/o necrosis en páncreas, hígado o vesícula⁹.

ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

***Oídos:** otorragia y/o perforación timpánica; en la mayoría de los casos hay mejoría, o se presentan secuelas tales como hemotimpano, otoliquia, alteración de la cadena de huesecillo del oído y la mastoides^{3,4,15}.

***Ojos:** cataratas, 6% de los casos de quemadura eléctrica por alto voltaje, producto de un efecto tardío causado por el realineamiento de las fibras de colágeno a nivel ocular, se presentan hasta 3 años posterior al evento, cuando la corriente eléctrica ha pasado por cabeza o cuello^{9,12}.

Otro tipo de lesiones son desprendimiento de retina, coroidoretinitis, atrofia ocular, hifema, hemorragia vítrea, iridociclitis, uveítis y lesiones corneales⁴.

CHOQUE ELÉCTRICO

Muerte súbita por fibrilación auricular y/o parálisis respiratoria por alteración del centro respiratorio¹².

CHOQUE SÉPTICO Y FALLA MULTIORGÁNICA

Son las complicaciones tardías de las quemaduras eléctricas. La destrucción que se produce en los tejidos y la necrosis predisponen al paciente afectado a la colonización bacteriana, por lo cual se debe realizar limpieza del área, desbridamiento y/o amputación en los casos que se considere necesario para evitar complicaciones como la sepsis¹⁵.

COMPLICACIONES

Las principales complicaciones son: paro cardíaco, parálisis respiratoria, insuficiencia renal aguda, alteraciones neurológicas centrales y periféricas, sepsis¹².

Las complicaciones letales se dan en las primeras 24 horas, ocasionando la muerte por taquicardia ventricular, fibrilación ventricular o asistolia en un 10% de los casos¹⁰.

CONCLUSIONES

Las quemaduras eléctricas son una causa importante de morbimortalidad en la población, que afectan a hombres en edad productiva sin desconocer que cualquier individuo puede estar expuesto. Es importante determinar el tiempo del impacto ya que pueden existir sistemas afectados de manera enmascarada. Conocer cómo responde el organismo a este tipo de quemaduras permite al médico entender mejor esta patología y lo lleva a ofrecer un manejo más completo, acertado y adecuado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Price T, Cooper M.A. *Electrical and Lightning Injuries*. *Emergency Medicine*. pag.1893-1902. Disponible en <https://clinicalgate.com/electrical-and-lightning-injuries-2/>.
2. OMS: Organización Mundial de la Salud. 2016. [actualizado 6 mar 2013; citado 24 abr 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/burns>
3. Dzhokic G, Jovchevska J, Dika A. *Electrical Injuries: Etiology, Pathophysiology and Mechanism of Injury*. *Maced J Med Sci* 2008; 1 (2): 54-58. Disponible en: <https://www.degruyter.com/view/j/mjms.2008.1.issue-2/MJMS.1857-5773.2008.0019/mjms.1857-5773.2008.0019.xml>
4. Rodríguez J.C., Huertos M^o. J., Ruiz-Cabello M^o. A. et al. *Lesiones por la Electricidad y el rayo [internet]*. España. *Principios de Urgencias, Emergencias y Cuidados Críticos*. Vol 9. Cap 9 (2) disponible en: <https://www.uninet.edu/tratado/indautor.html>
5. Gaitan H. *Quemaduras Eléctricas*. [tesis de grado]. Guatemala: Universidad de San Carlos; 2017.
6. Bharath Kumar Guntheti, Sheikh Khaja, Uday .P .Singh. *Pattern of Injuries due to Electric Current*. *J Indian Acad Forensic Med*. 2012; 34 (1) 44-488.
7. Ramos G, Ambríz A, Rodríguez R et al. *Resultados en el manejo de quemaduras eléctricas en un hospital de tercer nivel*. *Cir. Gen*.2012. vol.34 (3).disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-00992012000300007
8. Arnoldo B, Klein M, Gibran N. *Practice Guidelines for the Management of Electrical Injuries*. *J Burn Care Res*. 2006. vol 27(4): 439-447.
9. La torre W, quemaduras eléctricas: Estudio Clínico Epidemiológico en el Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen 1997-2001. [tesis de grado]. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2003.
10. Luna A, Rosazza R. *Paciente con Quemaduras Eléctricas, Caso Clínico*. *SCIENTIFICA*. 2008. vol 6 (1) disponible en: http://www.revistas-bolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1813-00542008000100010&script=sci_arttext.
11. Tor Wo Chu, Burd A. *Electrical burns. Key Topics in plastic and reconstructive surgery*. Taylor & Francis, animprint of the Taylor & Francis Group. 2005.
12. Patiño J F. *Manejo de las quemaduras eléctricas*. Departamento de Cirugía, Fundación Santa Fe de Bogotá. Cap 8. Pág. 205-208.
13. Leyva J.C, Carvajal F. *Lesiones eléctricas, Artículo de Revisión*. *Univ. Méd. Bogotá*.56 (1): 63-74. 2015 disponible en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnimedica/article/viewFile/16343/13125>.
14. Ungureanu M. *Electrocutions: treatment strategy (case presentation)*. *J Med Life*. 2014; 7(4): 623-626. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4316151/>.
15. Koumbourlis A. *Electrical injuries*. *Crit Care Med*. 2002 Vol. 30 (11) 424-430. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12528784>.
16. Leyva J.C, Carvajal F. *Lesiones eléctricas, Artículo de Revisión*. *Univ. Méd. Bogotá*.56 (1): 63-74. 2015 disponible en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnimedica/article/viewFile/16343/13125>.
17. Darcia S, Solís W. *Trauma Eléctrico*. Costa rica. *Medicina legal*. Vol. 33 (1).2016. disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v33n1/1409-0015-mlcr-33-01-00063.pdf>