



Rev Mex Med Forense, 2021, 6(1):12-22
DOI: <https://doi.org/10.25009/revmedforense.v6i1.2882>
ISSN: 2448-8011

La inteligencia artificial y su aplicación al Protocolo de Estambul

Artículo Original

Artificial Intelligence and its application on the Istanbul Protocol

Mireles-Loera, Omar ¹

Recibido: 22 marzo 2020; aceptado: 4 Julio 2020; Publicado: 15 Enero 2021

1. Perito Auxiliar del Consejo de la Judicatura del Estado de Jalisco, Profesor de la Licenciatura en Ciencias Forenses de la Universidad de Guadalajara, México.
Corresponding author: [Omar Mireles Loera, omar.mireles@academicos.udg.mx](mailto:omar.mireles@academicos.udg.mx).

Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud.
Editorial Universidad Veracruzana
Periodo enero-junio 2021

RESUMEN

This work proposes the post-processing of photographic material accompanied by artificial intelligence algorithms as an alternative to strengthen the photography opinion within the Istanbul Protocol. The methods presented throughout this paper were applied to a judicialized case study in which the existence of injuries to the body anatomy of a defendant could be demonstrated five years after the fact reported as torture.

Keywords: Neural Networks, Chronochromodiagnostic, Hopfield Network

SUMMARY

The study of insects is of great relevance in areas of scientific knowledge; its study usually occurs in the forensic field and in experimental studies which are not abundant. With the purpose of describing decomposition characteristics and the entomological process that are presented in samples of pork, we registered one sample in a controlled environment and other in an exposed way, using the observation technique as well as measures such as volume and weight, indicators such as coloration and dehydration and the entomological process. The experiment lasted nine days; five observations were made; differences were identified in the reduction of measures, coloration and dehydration, as well as in the presence of insects between both samples. This allows to establish that, under certain conditions, in this case mainly climatic, important differences will be caused in these processes.

Keywords: insects, decomposition, entomology, sample.

INTRODUCCIÓN

En 2004 se publicó el Protocolo de Estambul (PE) por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el cual tiene la intención de servir como un manual directriz para la investigación y documentación eficaces de la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanas o degradantes (ONU, 2004); se toma la definición de tortura presentada en la Convención de las Naciones Unidas contra la Tortura y otros Tratos o Penas Cruelles, Inhumanos o Degradantes de 1984, y que consiste en todo acto por el cual se inflija intencionalmente a una persona dolores o sufrimientos graves, ya sean físicos o mentales, con el fin de obtener de ella o de un tercero información o una confesión, de castigarla por un acto que haya cometido, o se sospeche que ha cometido, o de intimidar o coaccionar a esa persona o a otras, o por cualquier razón basada en cualquier tipo de discriminación, cuando dichos dolores o sufrimientos sean infligidos por un funcionario público u otra persona en el ejercicio de funciones públicas, o instigación suya, o con su consentimiento o aquiescencia y donde no se considerará tortura los dolores o sufrimientos que sean consecuencia únicamente de sanciones legítimas, o que sean inherentes o incidentales a éstas (ONU, 2004).

De una forma muy general se puede decir que este protocolo recomienda la dictaminación de al menos tres expertos para poder investigar y documentar el acto de tortura y que son el médico que tiene por objetivo acreditar lesiones presentes en la anatomía del imputado, el psicológico que tiene el objetivo de acreditar daños en la psique del imputado sobre el que se sospecha hubo tortura y el de fotografía que hoy por hoy se reduce a una simple sesión de fotos que intenta fijar las lesiones en un formato gráfico, siendo este último el eslabón más débil de este protocolo ya que no siempre se reporta el acto de tortura a tiempo para poder fijar estas lesiones por lo que no es raro que este dictamen termine siendo inconcluyente (Saquiché, 2013).

En este trabajo no se hablará del dictamen médico ni del psicológico dentro del Protocolo de Estambul, sino solo del dictamen de fotografía y de cómo la Inteligencia Artificial (IA) puede ser utilizada como un postproceso para robustecer esta prueba evidenciando indicios que de otra manera serían invisibles para el experto y que abre un campo que permite extraer información más allá de la simple observación de las imágenes (Manjón et al, 2002; Martí-Bonmatí, 2002).

Antecedentes

La fotografía forense es una herramienta auxiliar de la criminalística que permite fijar de manera estática en el espacio y el tiempo algunos indicios (Guzmán, 2020). Dentro del Protocolo de Estambul la fotografía busca fijar las lesiones presentes en la anatomía corporal del imputado que se sospecha fue sometido a tortura u otros tratos crueles o inhumanos en su sentido más amplio.

Si bien las técnicas fotográficas pueden por sí mismo fijar las lesiones visibles con ayuda de una cámara que es un dispositivo tecnológico que ha tenido muchos avances y refinamientos en la última década, también es cierto, que a veces las lesiones no son tan evidentes, por lo que se debe recurrir a un postprocesamiento de la imagen (Martí-Bonmatí, 2002). En los últimos años este postprocesamiento que tiene su fundamento en análisis de señales se a visto fortalecido con la aplicación de técnicas de IA (García, 2016).

En este caso en particular los algoritmos de IA tienen la intención de buscar cambios en la coloración y formas en la superficie corporal del imputado y asociar estos cambios a lesiones (Llajaruna, 2011). Otra de las funcionalidades de estos algoritmos es el de datar la lesión para poder establecer si la lesión se realizó en el momento de ser procesado el imputado o si ya existía esa lesión antes de su arresto (Díaz, 2014).

La aplicación de la IA como alternativa al postproceso (Kamen y Heck, 2008) en casos donde las lesiones no sean evidentes robustecen el dictamen de fotografía forense dentro del Protocolo de Estambul, lo que también sirve para delimitar la subjetividad que existe en la datación de la lesión por cronocromodiagnostico por parte del médico forense.

Estas técnicas, sin embargo, no son nuevas ya que Llajaruna, et al. (2012) las utilizaron en Perú donde se concluyó que el hecho de implementar un sistema inteligente dentro del campo legal es un primer paso para poder automatizar procesos mecánicos o repetitivos de este sistema complejo, el cual actualmente presenta muchos problemas en cuanto a la lentitud de las diligencias y dictámenes, corrupción, falta de experiencia y profesionalismo, cuellos de botella, pérdida de información, entre otros, y que los resultados obtenidos son buenos ya que a pesar de la cantidad de casos de equimosis analizados, el sistema propuesto llegó a un margen de error del 1.26 % que comparado con el error del 80% del método visual de los médicos legales.

En lo que respecta a la datación de la lesión por cronocromodiagnostico recientemente, se han investigado técnicas novedosas para estimar el tiempo de evolución de las equimosis, con el objetivo de proporcionar mayor fiabilidad y objetividad a tal medición (Carson, 2010). La mayoría se basan en la determinación de la longitud de onda de los colores presentes en la equimosis, por medio de técnicas colorimétricas como la espectrofotometría (Tsikos, 2015). Randeberg et al. (2006), intentó estimar el tiempo de evolución exacto de las equimosis en sujetos vivos utilizando espectroscopía de reflectancia, una técnica en la cual se determina la longitud de onda presente en los colores de la lesión mediante un espectrofotómetro. Los autores concluyeron que se podría alcanzar una precisión de hasta un día para hematomas recientes, sin embargo, la variabilidad entre los tiempos de evolución de las equimosis estudiadas no permitió un análisis estadístico. Además, el método utilizado requiere de la suposición o de la determinación de parámetros de la piel, como su grosor en áreas específicas (Jiménez, et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ya que este trabajo tiene su origen en un caso judicializado el principal insumo fueron 1838 fotografías de un imputado que se sospechaba había sufrido tortura encontradas en el expediente y correspondiente a tres etapas: (1) 8 fotografías tomadas en la etapa de procesamiento del imputado, (2) 730 fotografías tomadas en el periodo de los dos primeros años y (3) 1,100 fotografías tomadas en el periodo de los siguientes tres años. Es importante señalar que estas fotografías fueron tomadas con diversas cámaras y técnicas en los cinco años de reclusión del imputado.

De todas esas fotografías se trabajó finalmente con 323 que se concentran en los 360° de la cabeza del imputado.

Para determinar la existencia de lesiones en la cabeza y rostro del imputado se procedió a la realización de un postproceso de las fotografías señaladas anteriormente a través de una red Hopfield utilizando aprendizaje no supervisado tipo hebbiano.

Se utilizó una Red Hopfield ya que esta es recurrente y completamente interconectada. Funciona como una memoria asociativa no lineal, que puede almacenar internamente patrones presentados de forma incompleta o con ruido. De esta forma puede ser usada como una herramienta de optimización con aplicaciones de segmentación y restauración de imágenes y optimización combinatoria.

La Red Hopfield consta de un número de neuronas simétrica e íntegramente conectadas, esto significa que si existe una conexión desde la neurona N_i a la neurona N_j , también existe la conexión desde N_j a N_i ; ambas exhibiendo el mismo peso ($w_{ij} = w_{ji}$), aclarando que la conexión de una neurona con sí misma no está permitida.

En una Red Hopfield los pesos se pueden calcular y se mantienen fijos durante el aprendizaje de los patrones. Solamente cambia el estado de las neuronas.

Para calcular el peso de una conexión cualquiera, w_{ij} (y por simetría para la conexión w_{ji}), en una Red Hopfield se utiliza la siguiente ecuación (Ruiz, 2001):

$$w_{ij} = \sum_{q=1}^Q (2 * e_{q_i} - 1) * (2 * e_{q_j} - 1)$$

siendo Q el número de patrones y e_{q_i} la entrada a la neurona N_i .

Para realizar el realce de la lesión se trabaja con el gradiente de una imagen $f(x,y)$ en un punto (x,y) el cual se define como un vector bidimensional dado por la ecuación (Pajares y De la Cruz, 2008):

$$\vec{G}[f(x,y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} f(x,y) \\ \frac{\partial}{\partial y} f(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x+1,y) - f(x,y) \\ f(x,y+1) - f(x,y) \end{bmatrix}$$

donde el vector $\vec{G}$ apunta en la dirección de la variación máxima de f en el punto (x,y) por unidad de distancia con la magnitud y dirección dadas por:

$$|\vec{G}| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

y

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x}$$

respectivamente.

Finalmente, para datar la lesión por medio de cronocromodiagnóstico se procede a realizar una red neuronal multicapa con las variables de entrada color de la piel, edad, sexo, laxitud del tejido, vascularidad, tejido óseo subyacente, temperatura ambiental y peso (Llajaruna, et al., 2012) y tomando en consideración el criterio colorimétrico expuesto por Cabreriz et al (2015).

RESULTADOS

La figura 1 muestra en la imagen superior izquierda un recorte de la zona de estudio centrada en los ojos y en la imagen inferior derecha la salida de la red Hopfield que tiene la intención de buscar lesiones no evidentes lo que se logra cambiando la escala de color de la piel a un sistema de extremos binarios y donde el color azul oscuro representa la piel sana y en azul claro la piel que no corresponde con los valores normales del imputado después de que la red fue entrenada con 323 fotografías donde se sabía previamente que el imputado no mostraba lesiones.

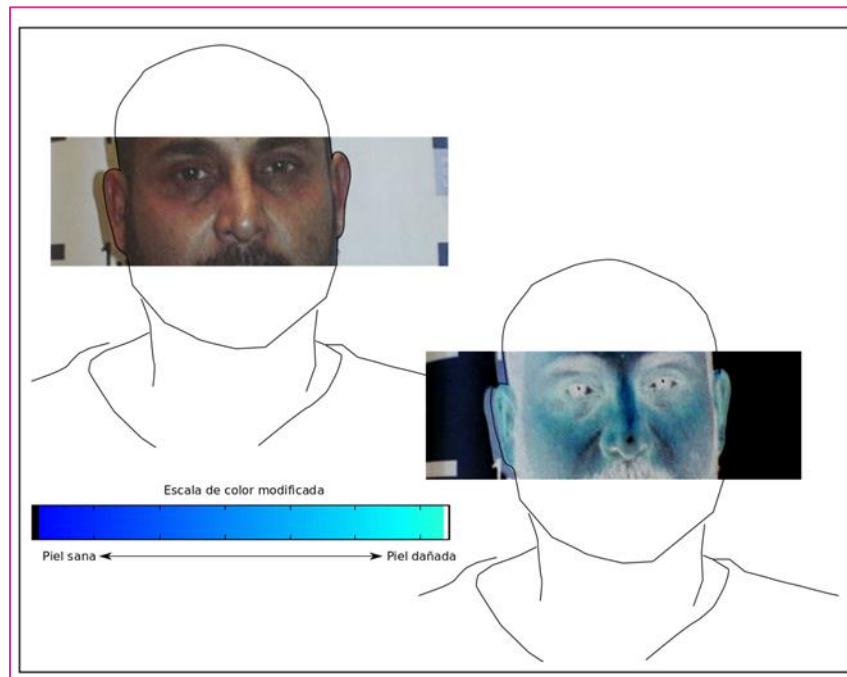


Figura 1. Recortes centrados en los ojos de la fotografía original (superior izquierda) y salida de la red de Hopfield (inferior derecha)

La figura 2 muestra en la imagen A el recorte de la fotografía sin postproceso, en la imagen B se muestra la salida de la red de Hopfield y donde se evidencia que alrededor de los ojos la piel muestra alteraciones colorimétricas que pueden apuntar a piel dañada, y en la imagen C se muestra un segundo postproceso considerando el gradiente de color para realizar los bordes de las anomalías presentes en la imagen original pero que no son evidentes a simple vista.

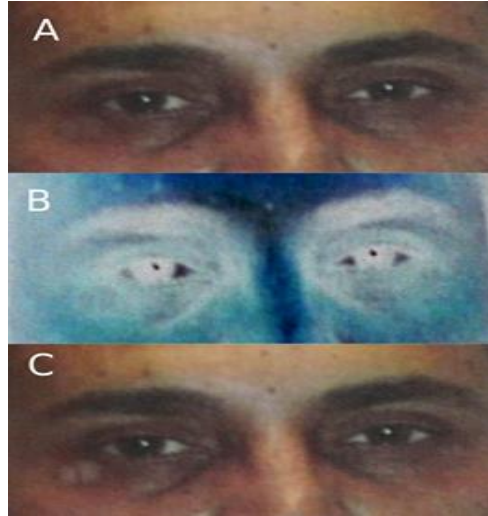


Figura 2. En el recuadro A se muestra un recorte de la fotografía original centrada en los ojos, en el recuadro B se muestra un recorte de la salida de la red de Hopfield y en el recuadro C se muestra una salida del algoritmo de realice de bordes.

La figura número 3 muestra un tercer postproceso donde se crea una nueva representación de la imagen original en una escala en pseudocolor la cual se adapta de manera artesanal al color de la piel del imputado eliminando los contrastes de sombras, con la intención de poder aplicar técnicas automatizadas de cronocromodiagnóstico.

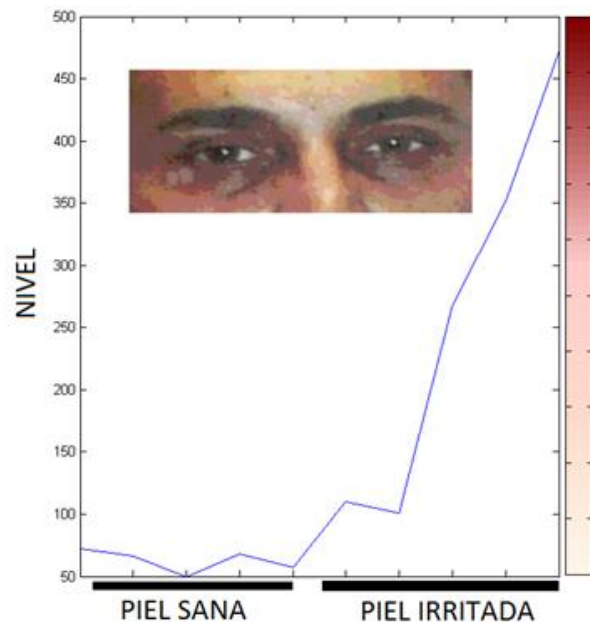


Figura 3. Histograma de la escala de pseudocolor y la respectiva transformación aplicada a la fotografía original.

Finalmente, la figura número 4 muestra el análisis espectral de tres áreas de control, donde la primera abarca desde los extremos laterales de la cabeza pasando por la frente, la segunda área de análisis está centrada en la parte superior de los ojos y la tercera zona de análisis está centrada en la parte inferior de los ojos.

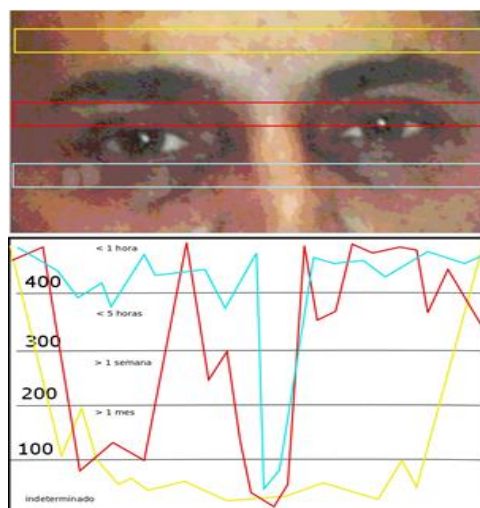


Figura 4. Análisis espectral en tres áreas del rostro del imputado.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación verso en dos puntos; (1) determinar si en la anatomía corporal del imputado existía una lesión con la que se pudiera presumir que fue sometido a tortura y (2) en caso de existir dicha lesión, datarla para verificar si fue la adquirió en el tiempo que fue procesado o si existía antes de ser arrestado.

El problema es que cuando se inició la investigación ya habían pasado cinco años del periodo de procesamiento por lo que las evidencias directas ya no existían, motivo por el que un dictamen de fotografía que versara en una sesión de fotos solo arrojaría resultados triviales.

Por lo anterior y al descubrir que en los últimos cinco años, por motivo de diferentes circunstancias, se encontraba un archivo fotográfico en el expediente que retrataba la evolución del rostro del imputado con diferentes condiciones técnicas (fotografías mal enfocadas, desde una diferente distancia focal, con sombra y sin ella, entre otras) se hizo viable realizar una red neuronal tipo Hopfield que fuera entrenada con todas estas fotografías para que entienda la estructura del rostro del imputado con las diferentes condiciones técnicas, para que al momento de analizar una foto donde se presuma exista evidencia de tortura la red neuronal pueda discriminar entre una peculiaridad en el rostro del imputado provocado por una mala técnica fotográfica a una lesión que apunte a posible tortura.

Ya teniendo la red de Hopfield entrenada se le solicito una salida donde se cambie la escala de color a una escala más sencilla de interpretar, por lo que se seleccionó un sistema de extremos binarios donde los colores oscuros sean interpretados por la red neuronal como el resultado de una alta correlación entre la fotografía de análisis con las 323 fotografías utilizadas para entrenar la red y los colores claros sean interpretados como una correlación baja. Ya que la red neuronal fue entrenada con imágenes que mostraban la cara del imputado sin lesiones, permite interpretar los colores claros como anomalías en la piel que apunte a piel irritada o lesiones.

Ya verificando la existencia de lesiones en la piel del imputado de la fotografía de análisis el siguiente paso fue pasarla por un algoritmo que realce lo bordes de las anomalías, esto con la intención de evidenciar las lesiones y así ayudar con un producto más claro a los expertos médicos en interpretación de lesiones.

Finalmente, es importante poder datar la lesión, ya que si esta la adquirió el imputado en el tiempo que paso en la comisaria se podía presumir producto de tortura caso contrario perdía toda importancia jurídica, por lo que la imagen original se pasa por un postproceso donde se determina un mapa de color ajustado a su color de piel y se obtiene una nueva imagen en pseudocolor donde los efectos de las sombras y textura de la piel se filtra.

Ya con esta nueva imagen en pseudocolor se realiza un análisis espectral donde los valores de 400 se fijan en coloración obtenidos con aproximadamente una hora de antigüedad, los valores de 300 se fijan con aproximadamente cinco horas de antigüedad, los colores de 200 hablan de más de una semana de antigüedad y los valores de 100 son mayores a un mes en la escala temporal.

Conclusión

En el análisis realizado a una fotografía donde se consideraba podían venir datos ocultos a la vista de un hecho de tortura apoyado con técnicas de inteligencia artificial se obtuvo que efectivamente existen evidencias para poder concluir la existencia de una lesión al menos en la parte inferior del ojo derecho, y que esta lesión no tenía más de una hora al momento en que fue tomada la fotografía, por lo que cabe la posibilidad de que haya sido causada por actos de tortura. La certeza de esta conclusión se debe de complementar con lo dicho en el dictamen de lesiones y en el dictamen psicológico, sin embargo, estas técnicas por si mismas robustecen el dictamen en fotografía ya que deja de ser una sesión fotográfica y se convierte en un proceso de análisis en materia de fotogrametría forense.

Finalmente, si bien es cierto que este método se diseñó y utilizó de manera artesanal para un caso particular, también es cierto que el método se puede generalizar a un sector de la población más amplio, supongamos para fortalecer los protocolos de violencia hacia la mujer.

Los algoritmos de IA aplicados a las Ciencias Forense ayudan enormemente a reducir la subjetividad y por ende la discrecionalidad en la datación de lesiones, lo que nos acerca más a una más eficiente impartición de justicia, algo que el Estado adeuda a las víctimas.

REFERENCIAS

1. Cabrerizo, M.E., Villanueva, D.H., Salguero, V.M. (2015) Estudio histopatológico de la evolución temporal de las lesiones. *Cuad Med Forense*, 21(3-4): 127 – 134.
2. Carson, M.J. (2010) Patterns of acchymoses caused by manner of death and collateral injuries sustained in bruising incidents: decedent injuries, profiles, comparisons and clinicopathologic significance. *J. Forensic Sci.*, 55(6), 1534 – 1542.
3. Días, B.J. (2014) Guía Médico Legal de valoración integral de lesiones corporales. Instituto de Medicina Legal del Perú “Dr Leonidas Avedaño Ureta”. Jefatura Nacional del Instituto de Medicina Legal. Lima. Perú.
4. García, S.A. (2016) Inteligencia Artificial. 2Da edición. Ed. Alfaomega. ISBN 978-607-622-725-1. pp. 285.
5. Guzmán, S.M. (2020) Manual de buenas prácticas en fotografía forense. Ed. Flores. ISBN 9786076108345.

6. Jiménez, J.J., Chinchilla, A.S. y Saborío, M.L. (2016) Evaluación médico legal de las equimosis cutaneas. *Medicina Legal de Costa Rica*. 33(1). ISSN 2215-5287 / 1409-0015.
7. Kamen, E.W. y Heck, B.S. (2008) Fundamentos de señales y sistemas. Tercera edición. Ed. Prentice Hall. ISBN 978-970-26-1187-5. pp. 660.
8. Llajaruna, G.M. (2011) Automatización de la datación de equimosis en el peritaje médico peruano mediante redes neuronales artificiales y procesamiento de imágenes. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería de Sistema e Informática. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.
9. Llajaruna, G.M., Mauricio, D.S. y Gutiérrez, L. (2012) Datación de equimosis en el peritaje médico legal peruano mediante redes neuronales artificiales y procesamiento de imágenes. Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa. Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
10. Manjón, J.V., Martí-Bonmatí, L., Robles, M. y Celda, B. (2002) Postproceso en Imagen Médica: morfología, funcional y molecular. *Revista Radiología Digital*. 22:1255-1268. Valencia. España.
11. Martí-Bonmatí, L. (2002) MR image acquisition: from single slice to multislice. En: 3D image processing: techniques and clinical applications. Editores: Caramelle, D. y Bartolozzi, C. Springer-Verlag. Berlín. Alemania.
12. Organización de las Naciones Unidas (2004) Protocolo de Estambul.. Manual para la investigación y documentación eficaces de la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. pp. 153.
13. Pajares, M.G., De la Cruz, G.J. (2008) Ejercicios resueltos de visión por computador. Ed. Alfaomega – Ra-Ma. ISBN: 978-970-15-1372-9. pp. 338.
14. Randeberg, L.L., Haugen, O.A., Haaverstad, R. & Svaasand, L.O. (2006) A novel approach to age determination of traumatic injuries by reflectance spectroscopy. *Lasers Surg. Med.*, 38(4), pp 277 – 298.
15. Ruiz, C.A. (2001) Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. Tesis de Maestría. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica Nacional. Rosario. Colombia.
16. Saquiché, S.L. (2013) Fotografía forense: uso de la fotografía digital en las escenas del crimen de delitos contra la vida. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
17. Tsikos, M. (2015) Diagnostic criteria for cutaneous injuries in child abuse: classification, findings and interpretation. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 21. 235 – 242.



**Revista Mexicana de Medicina Forense
y Ciencias de la Salud**