

Gabriel Guízar-Sahagún^{1a}, Israel Grijalva-Otero^{1b}, Ignacio Madrazo-Navarro^{1c}

Resumen

Considerando que las huellas dactilares son impresiones de las crestas epidérmicas de los dedos con un patrón único, irrepetible y permanente, estas son la base del método biométrico más empleado en la actualidad. Entre sus diversos usos destaca la identificación para múltiples actividades como acceder al trabajo o a teléfonos celulares, la operación de cuentas bancarias, las investigaciones criminales, etcétera.

La ausencia o deterioro de las crestas epidérmicas, denominada adermatoglia, impide la identificación por biometría dactilar. La adermatoglia se origina por múltiples causas, incluyendo las enfermedades dermatológicas, lesiones traumáticas de los dedos, denervación, envejecimiento, quimioterapia, entre otras.

Abordamos brevemente el origen, usos y sistemas para el registro de las huellas dactilares. El objetivo principal es enfatizar la existencia de personas con incapacidad para registrar sus huellas, una condición relevante por el riesgo potencial de discriminación, especialmente cuando el registro de las huellas es obligatorio.

Abstract

Considering that fingerprints are impressions of the epidermal ridges of the fingers with a unique, unrepeatable, and permanent pattern, they are the basis of the biometric identification method most used today. Among its various uses stand out identification for multiple activities such as authentication to access work and cell phones, operation of bank accounts, criminal investigations, etc.

The absence or deterioration of the epidermal ridges, called adermatoglyphia, prevents identification by finger biometrics. Adermatoglyphia originates from multiple causes, including several skin diseases, traumatic injuries of the fingers, denervation, aging, chemotherapy, among others.

The origin, uses, and systems for fingerprints verification are briefly addressed here. The main objective is to emphasize the existence of people with fingerprint verification failure, a relevant condition due to the potential risk of discrimination, especially when fingerprint verification is mandatory.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Hospital de Especialidades, Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Neurológicas. Ciudad de México, México

ORCID: [0000-0002-2722-5758^a](#), [0000-0002-1860-7594^b](#), [0000-0002-1181-3029^c](#)

Palabras clave
Dermatoglia
Identificación Biométrica
Enfermedades de la Piel
Discriminación Social

Keywords
Dermatoglyphics
Biometric Identification
Skin Diseases
Social Discrimination

Fecha de recibido: 21/04/2021

Fecha de aceptado: 30/06/2021



Comunicación con:
Gabriel Guízar Sahagún



Teléfono:
55 5573 0029



Correo electrónico:
guizarg@gmail.com

Introducción

Desde el siglo XIX las huellas dactilares se han utilizado en diversos ámbitos de la vida cotidiana. El espectro de las disciplinas que las utilizan abarca desde la medicina clínica, la ciencia forense, la criminología, hasta los llamados *controles de seguridad formales*.^{1,2}

La huella dactilar es la impresión que deja la piel especializada presente en la yema de los dedos, conocida como *piel con crestas epidérmicas* o *piel con crestas de fricción*. A los patrones de crestas y surcos que se forman en esta piel, se les conoce como dermatoglifos.² Así, aunque el término *huella dactilar* suele utilizarse como sinónimo de dermatoglifos, no son lo mismo.

Hoy día, el examen de huellas dactilares es, por mucho, el método más utilizado en la identificación biométrica en todo el mundo. Por tal motivo, cuando el escaneo de huellas dactilares es un requisito obligatorio, el escenario que tiene que enfrentar una persona con discapacidad para registrarlas puede ser complicado y discriminatorio, especialmente cuando la discapacidad es permanente o irreversible.^{3,4,5} Esta condición representa un desafío no solo para la persona interesada, sino también para los administradores a la hora de completar el proceso de verificación.^{6,7}

El propósito central de esta revisión es dar a conocer y recordarle a la gente, incluyendo a las autoridades correspondientes, sobre la existencia de personas que sufren de la pérdida o deterioro de los dermatoglifos, por lo que son incapaces para llevar a cabo la identificación biométrica más usual.

Para lograr este objetivo se revisaron aspectos relacionados con las características y origen de la piel con crestas epidérmicas, el espectro de usos de las huellas dactilares, los sistemas que se usan actualmente para obtener y autenticar las huellas y las principales causas que originan la incapacidad para su registro. Finalmente se enfatiza sobre la necesidad de tomar medidas para evitar la discriminación de las personas que sufren de esta incapacidad.

Propiedades y origen de la piel con crestas epidérmicas

La piel con crestas epidérmicas se encuentra en la superficie palmar y plantar de manos y pies. Esta piel es diferente a la del resto del cuerpo, ya que su superficie tiene una textura ondulada por la presencia alternante de crestas (elevaciones) y surcos (hundimientos). A esta piel se le conoce también como *piel con crestas de fricción* debido a que el patrón no lineal que la caracteriza produce fricción

que facilita, entre otros, los procesos de agarrar objetos y caminar. De sus características destacan la ausencia de pelo y de glándulas sebáceas, así como mayor capacidad sensorial.^{8,9}

Los dermatoglifos poseen dos características esenciales para muchas de sus aplicaciones. La primera es la exclusividad, ya que no se ha encontrado a dos personas que tengan los mismos dermatoglifos, ni se ha encontrado que una persona tenga el mismo patrón de crestas en dos o más dedos.¹⁰ La segunda es la permanencia, pues el patrón de crestas persiste durante la vida o solo cambia poco en comparación con otras características físicas,¹¹ a menos de que se produzca un daño profundo, en cuyo caso, la nueva configuración causada por el daño ahora persistirá y también será única.¹²

Los dermatoglifos se forman durante la gestación. La configuración de los patrones está determinada por factores genéticos y ambientales. El genoma contiene la información subyacente a la programación embrionaria por la cual se desarrolla la epidermis con crestas en manos y pies, mientras que detalles como la ubicación y la forma exacta de cada cresta (como longitud y trayectoria) está determinada por las fuerzas de tensión cutánea que se presentan en las manos y los pies en el momento de su formación y crecimiento temprano. Estos argumentos se apoyan en el ejemplo clásico de los gemelos monocigóticos, que comparten el mismo código genético, pero tienen diferentes dermatoglifos.^{13,14}

Los tres patrones básicos presentes en los dermatoglifos son espirales, bucles y arcos. Dentro de los patrones existentes, las trayectorias y formas de las crestas muestran una variabilidad infinita.¹⁵ Hacia la semana 18 de gestación, el sistema deja de agregar nuevas crestas y las existentes se bloquean en su configuración. Las manos de un adulto son mucho más grandes que las de un feto, pero el patrón de las crestas se conserva casi inalterado, excepto en dimensiones.¹⁵

Espectro de usos de las huellas dactilares

Debido a la singularidad de las huellas dactilares estas se han utilizado de muchas formas, tanto en la medicina clínica como en la identificación de personas.¹¹ Considerando que el espectro de aplicaciones específicas es muy extenso, analizar a detalle cada una de estas aplicaciones está fuera del objetivo de esta publicación, por lo que solo haremos una referencia breve a sus alcances.

En la medicina clínica, las huellas dactilares se han usado principalmente como una herramienta auxiliar de

diagnóstico en una serie de trastornos netamente genéticos, como los síndromes de Down, Turner, Klinefelter, Patau, Edwards y Noonan,^{2,16} así como en varias enfermedades que tienen algún trasfondo genético, entre las que se incluyen enfermedades neurológicas (enfermedad de Alzheimer, esquizofrenia, neurofibromatosis y epilepsia), enfermedades cardíacas (cardiopatías congénitas y enfermedad coronaria), diabetes mellitus, asma bronquial, artritis reumatoide, cáncer de mama, anemia de células falciformes, etc.^{2,16,17}

La identificación de personas es sin duda el ámbito donde la aplicación de las huellas dactilares es más relevante. En criminalística y medicina forense, las huellas dactilares se consideran evidencia fundamental para identificar a las personas involucradas en hechos delictivos. A menudo, la recolección de las huellas se dificulta porque estas son latentes (no visibles a simple vista), lo que ha motivado el desarrollo de técnicas para recuperarlas. Así, materiales basados en partículas de carbono han mostrado utilidad para recuperar huellas latentes, además de que permiten detectar, con alto contraste y de manera selectiva, diversos compuestos biológicos, explosivos y otros materiales peligrosos.^{18,19} Otras nanopartículas basadas en oro, plata, óxido de zinc y óxido de aluminio, entre otros, ayudan a la recuperación las huellas latentes.²⁰

Las huellas dactilares también son de gran utilidad en la identificación de víctimas; por ejemplo, en personas muertas, inconscientes o con amnesia, al producirse un intercambio accidental de bebés recién nacidos, o cuando se trata de víctimas de desastres mayores, etc. La identificación *post mortem* de múltiples víctimas de desastres es un desafío para el que se exige un proceso de identificación acelerada. En estos casos puede ser de gran ayuda la identificación mediante la captura digital de huellas dactilares para ser contrastadas con bases de datos existentes.²¹ Otra aplicación de gran importancia es como medio biométrico de identificación en el registro nacional de ciudadanos en muchos países, como sucede con el Instituto Nacional Electoral (INE) de México.

La identificación y verificación mediante el registro de huellas dactilares se usa cada vez más en los ámbitos de control y seguridad conocidos como *controles de seguridad formales*. Como ejemplo de sus aplicaciones específicas destaca el control de accesos y registro de entradas y salidas a empresas, dependencias de gobierno, colegios, etc. El reconocimiento biométrico dactilar también se usa para permitir el acceso a documentos informáticos sensibles, dispositivos electrónicos (computadoras, teléfonos celulares, etc.), manejo de transacciones financieras, control en servicios de inmigración y aduanas, etc.^{1,2} Se acepta que las instituciones que usan lectores de huella son más competi-

vas al manejar mejor las necesidades de los usuarios, tener mejor control del personal, reducir tiempos, ajustar costos y muchos otros beneficios en su administración.²²

En México, con el objeto de hacer más seguras las operaciones bancarias, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores indicó que hará obligatoria la captura de huellas dactilares de las personas que abran una cuenta o contraten un crédito.²³ Con esta medida se pretende crear el Servicio Nacional de Identificación Personal, que tenga información biométrica de más de 120 millones de mexicanos en 2023. Se planea, además, que el banco pueda verificar el registro obtenido por ellos con la base de datos del INE, para tener mayor certeza sobre de la identidad del solicitante. Inicialmente, el dato biométrico obligatorio será la huella dactilar. Más adelante se prevé la captura de otros datos biométricos basados en el iris, rostro y voz, aunque en la actualidad existen bancos que ya registran algunos de estos datos.

Sistemas para registro y verificación de huellas dactilares

La biometría es un procedimiento de identificación de personas basado en el reconocimiento de una o más características físicas, fisiológicas o conductuales que corresponden a una sola persona, que no pueden alterarse y que pueden ser medidas y verificadas. Los elementos distintivos de las huellas dactilares que utiliza la biometría para la verificación son esencialmente los patrones de crestas, surcos y las minucias que estos forman.

Los procedimientos de captura, almacenaje y análisis de las huellas dactilares han cambiado con el paso del tiempo. En la actualidad, el proceso típico de registro consiste en la captura de una imagen digital, la extracción de características distintivas, el almacenaje en una base de datos digital y, si es el caso, la comparación con imágenes almacenadas.

El dispositivo biométrico más común hoy día consiste en un sensor (escáner) óptico, en el que se coloca la yema del dedo sobre la superficie táctil de vidrio, donde una luz LED incide y crea una imagen digital del patrón de crestas y surcos. Antes de almacenar y/o comparar la imagen obtenida, el dispositivo asegura que la imagen sea apropiada; por lo que rechazará imágenes demasiado oscuras o claras. En tal caso, repite el procedimiento ajustando el tiempo de exposición hasta que pase la prueba. Si por ausencia o deterioro de los dermatoglifos el dispositivo es incapaz de formar una imagen donde se diferencien crestas de surcos, se marcará una señal permanente de error.^{24,25}

Existen otros tipos de sensores entre los que destacan el sensor capacitivo (que utiliza corriente eléctrica en lugar de

luz) y el multispectral (sensor óptico modificado para reducir la vulnerabilidad a los ataques de falsificación). Estos últimos son especialmente valorados cuando la seguridad es muy relevante.

Incapacidad para registrar las huellas dactilares

La ausencia o deterioro de las crestas epidérmicas, condición conocida como adermatoglifia,⁵ impide el registro de las huellas dactilares. Puede ocurrir en uno, varios o todos los dedos. La falta de las crestas puede ser total (ausencia completa) o parcial, en la que las crestas existen, pero por el grado de atrofia o deterioro no sirven para efectuar el registro de huellas.^{3,6,14}

Existe muy poca información sobre la prevalencia de la incapacidad para el registro de huellas en la población general. En un estudio publicado en 2012 se informó que de los cerca de 24 millones de visitantes a Estados Unidos en un año, la tasa de rechazo durante el proceso de verificación de huellas dactilares fue del 1 al 2%, debido a que durante en el escaneo, las huellas no aparecieron con suficiente claridad como para ser identificables.¹² En otro estudio, retrospectivo, realizado con datos del Ministerio del Interior de Líbano de 2013, se identificaron 259 personas con adermatoglifia entre los 145 600 ciudadanos que acudieron a obtener su registro de identidad (incidencia global de 0.18%). Los problemas dermatológicos fueron los más frecuentes, afectando predominantemente a las personas en el grupo de edad geriátrica (65 años o más) y a las mujeres más que a los hombres.²⁶

Existen diversas condiciones que pueden afectar la integridad de los dermatoglifos. Los casos de daño adquirido son sustancialmente más frecuentes que los de origen congénito. La lista de causas es extensa y suele dividirse en causas dermatológicas y no dermatológicas.^{2,6,12,26} En el estudio libanés, las causas dermatológicas representaron el 53% de todos los casos y la dermatitis contribuyó a la mayoría (61%) de estos casos. El tipo más común de trastorno dermatológico fue la dermatitis de contacto por irritantes, seguida del eccema atópico y la dermatitis de contacto alérgica.²⁶

Entre las causas no dermatológicas predominan las lesiones traumáticas de los dedos. Pueden ocurrir cortes que dejen cicatrices, quemaduras e incluso amputaciones. La profundidad crítica necesaria para lograr la cicatrización sin la posterior regeneración de las crestas es de 1 mm, lo que se puede lograr mediante la aplicación de ácido fuerte, álcali, cauterización o dermoabrasión.^{12,26} Si se daña la estructura de las líneas papilares en la epidermis y la dermis

subyacente, estas no crecerán de la misma forma que antes (si es que lo hacen). Si la integridad de las líneas papilares se mantiene la atrofia de las crestas producida después de la exposición a un agente causal será reversible.¹²

En algunos trastornos neurológicos, como en el caso de mano desnervada o de distonía, suele ocurrir atrofia pronunciada de las crestas.²⁶ Lo mismo puede ocurrir en pacientes con enfermedad celíaca²⁷ y en personas que consumen algún tipo de corticoesteroides¹² o el antineoplásico capecitabina.^{4,28,29} La atrofia de las crestas también puede producirse como parte del envejecimiento.

La adermatoglifia por trastornos congénitos es muy poco frecuente.^{2,14,26} Se ha informado sobre la aplasia de crestas epidérmicas por una mutación autosómica dominante del gen *SMARCD1* en el locus 4q22.34.³⁰ Otra forma es la hipoplasia de las crestas, heredada como un rasgo autosómico dominante.³⁰ También se ha descrito la disociación de crestas, que a veces se confunde con áreas de cicatrización y puede heredarse como un rasgo autosómico dominante o puede presentarse en personas con esquizofrenia.³¹ Además, en las trisomías 21, 17 y 18, hay distorsiones específicas de la configuración de las crestas.^{16,32} Otras alteraciones genéticas que puedan dificultar el registro de las huellas incluyen la anoniquia, la zigodactilia, la polidactilia, la sindactilia, la braquidactilia y la ectrodactilia.¹⁶

Consideraciones finales

Tomando en cuenta que el examen de las huellas dactilares es la modalidad biométrica más utilizada para validar la identidad personal, la incapacidad para efectuar su registro puede tener un impacto importante en el día a día de quien lo padece, especialmente cuando el registro de las huellas es obligatorio para identificarse. En este caso, el sujeto se puede convertir fácilmente en víctima de discriminación.

La incapacidad para el registro de las huellas dactilares también puede tener implicaciones médico-legales. Los médicos forenses deben ser muy cautelosos cuando certifican la condición de las crestas epidérmicas y sus huellas, pues tal peritaje puede ser determinante para que se salve o se condene a un individuo. Asimismo, los profesionales forenses deben tener en cuenta que los infractores pueden alterar intencionalmente la configuración de sus crestas epidérmicas con el objeto de ocultar su identidad.³³

Cuando la incapacidad para el registro de las huellas dactilares se produce por desaparición o deterioro de las crestas epidérmicas por motivos laborales, podría haber implicaciones médico-legales y de medicina del trabajo.³³

Como ejemplo de esta condición está el caso de trabajadores de la construcción, cuyas labores dañan la piel en cuestión debido a la exposición frecuente a la cal o a otros químicos, e incluso están propensos a sufrir cortes cutáneos profundos o traumatismos de otra naturaleza que en última instancia deterioren las huellas dactilares.

Para abordar este problema de manera integral se requiere idealmente de la participación de un equipo multidisciplinario, formado entre otros por profesionales de la salud, desarrolladores de sistemas biométricos, administradores de bases biométricas, reguladores y autoridades que toman decisiones en este campo. Con la información proporcionada aquí pretendemos llamar la atención sobre la existencia de este problema, así como esbozar algunas opciones para abordarlo. La divulgación de este tema puede ser de utilidad tanto para los pacientes como para los profesionales potencialmente involucrados.

Tomando en cuenta que hace falta impulsar una cultura de inclusión a las tecnologías digitales centrada en la persona con esta incapacidad, cualquier esfuerzo que ayude a lograrlo deberá incentivarse, especialmente porque es de gran relevancia tomar conciencia del problema y mostrar voluntad política para ofrecer alternativas viables.

Los profesionales de la salud, al estar conscientes de la existencia de este problema pueden jugar un papel importante en el diagnóstico, orientación y acompañamiento de

los pacientes. Al área médica le corresponde otorgar el tratamiento en los casos tratables, y en los casos donde el daño sea irreversible se podrían apoyar iniciativas, como el otorgamiento de un certificado médico de esta incapacidad, para evitar o mitigar los contratiempos que puedan tener estas personas frente a los controles de identificación.^{4,29} Es deseable también que los expertos del área médica brinden asesoría sobre los aspectos clínicos del problema cuando así lo requieran los expertos de otras disciplinas involucrados en dar alternativas para abordar el problema.

Como apoyo a la prevención de la discriminación de las personas incapaces de registrar sus huellas dactilares, especialmente cuando este procedimiento sea obligatorio, sería muy útil la reglamentación para ofrecerles por norma alternativas tecnológicas de identidad biométrica que ya existen, como el reconocimiento de voz, el reconocimiento facial, de iris, etc.⁵ Idealmente, también se deben ir integrando los métodos de reconocimiento biométrico de nueva creación que muestren mejoría respecto a los existentes.³⁴ Por último, en esta población, al igual que en otras poblaciones vulnerables,³⁵ se debe velar por que se observen plenamente los preceptos éticos y los derechos humanos.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

Referencias

- Ramam M, Krishna SG. A novel cause of economic loss due to hand dermatitis. *Arch Dermatol*. 2011;147(6):753. doi: 10.1001/archdermatol.2011.160.
- Bhat GM, Mukhdoomi MA, Shah BA, Ittoo MS. Dermatoglyphics: in health and disease - a review. *Int J Res Med Sci*. 2014;2(1):31-7. doi: 10.5455/2320-6012.ijrms20140207.
- Drahansky M, Dolezel M, Urbanek J, Brezinova E, Kim TH. Influence of skin diseases on fingerprint recognition. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012:626148. doi: 10.1155/2012/626148.
- Chavarrri-Guerra Y, Soto-Perez-de-Celis E. Images in clinical medicine. Loss of fingerprints. *N Engl J Med*. 2015;372(16):e22. doi: 10.1056/NEJMicm1409635.
- Sarfraz N. Adermatoglyphia: barriers to biometric identification and the need for a standardized alternative. *Cureus*. 2019;11(2):e4040. doi: 10.7759/cureus.4040.
- Lee CK, Chang CC, Johar A, Puwira O, Roshidah B. Fingerprint changes and verification failure among patients with hand dermatitis. *JAMA Dermatol*. 2013;149(3):295-9. doi: 10.1001/jamadermatol.2013.1425.
- Mazza C, Slimano F, Visseaux L, Ordan MA, Botsen D, Grange F, et al. Capecitabine and adermatoglyphia: trouble in border! *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2017;31(6):e283-e284. doi: 10.1111/jdv.14045.
- Freinkel RK, Woodley DT. *The Biology of the Skin*. First edition. New York, USA: Parthenon Publishing; 2001.
- Hicklin RA. Anatomy of friction ridge skin. En: Stan Z Li, Anil Jain, editors. *Encyclopedia of Biometrics*. Boston, USA: Springer; 2009. p. 2.
- Miller JR. Dermatoglyphics. *J Invest Dermatol*. 1973 Jun;60(6):435-42. doi: 10.1111/1523-1747.ep12702906.
- Qudsia H, Ghulam MY, Muhammad I, Muddasar HA, Saima I. Comparative study of dermatoglyphics among the students of Ziauddin University. *Med Forum Mon*. 2011;22(12):11-4.
- Sergeant A, McPhee N, Holme SA. Acquired loss of fingerprints: do topical corticosteroids play an aetiological role? *Clin Exp Dermatol*. 2012;37(6):679-80. doi: 10.1111/j.1365-2230.2011.04307.x.
- Raser JM, O'Shea EK. Noise in gene expression: origins, consequences, and control. *Science*. 2005;309(5743):2010-3. doi: 10.1126/science.1105891.
- Burger B, Fuchs D, Sprecher E, Itin P. The immigration delay disease: adermatoglyphia-inherited absence of epidermal ridges. *J Am Acad Dermatol*. 2011;64(5):974-80. doi: 10.1016/j.jaad.2009.11.013.
- Sharma A, Sood V, Singh P, Sharma A. Dermatoglyphics: A review on fingerprints and their changing trends of use. *CHRISMED J Health Res*. 2018;5(3):167-72. doi: 10.4103/cjhr.cjhr_112_17.

16. Verbov J. Clinical significance and genetics of epidermal ridges--a review of dermatoglyphics. *J Invest Dermatol*. 1970; 54(4):261-71. doi: 10.1111/1523-1747.ep12258550.
17. Asen D. Secrets in fingerprints: clinical ambitions and uncertainty in dermatoglyphics. *CMAJ*. 2018;190(19):E597-9. doi: 10.1503/cmaj.180057.
18. Lian J, Meng F, Wang W, Zhang Z. Recent trends in fluorescent organic materials for latent fingerprint imaging. *Front Chem*. 2020;8:594864. doi: 10.3389/fchem.2020.594864.
19. Shabashini A, Panja SK, Nandi GC. Applications of carbon dots (CDs) in latent fingerprints imaging. *Chem Asian J*. 2021; 16(9):1057-72. doi: 10.1002/asia.202100119.
20. Prasad V, Lukose S, Agarwal P, Prasad L. Role of nanomaterials for forensic investigation and latent fingerprinting--a review. *J Forensic Sci*. 2020;65(1):26-36. doi: 10.1111/1556-4029.14172.
21. Johnson BT, Riemen JAJM. Digital capture of fingerprints in a disaster victim identification setting: a review and case study. *Forensic Sci Res*. 2018;4(4):293-302. doi: 10.1080/20961790.2018.1521327.
22. Al-Ahwal MS. Chemotherapy and fingerprint loss: beyond cosmetic. *Oncologist*. 2012;17(2):291-3. doi: 10.1634/theoncologist.2011-0243.
23. Regulación para prevenir el robo de identidad en el sector bancario. México: Comisión Nacional Bancaria y de Valores. Disponible en: <https://www.gob.mx/cnbv/articulos/regulacion-para-prevenir-el-robo-de-identidad-en-el-sector-bancario?idiom=es>.
24. Thakkar D. Fingerprint reader technology comparison: optical fingerprint scanner; capacitive-based fingerprint reader and multispectral imaging sensor. *Bayometric*. Disponible en: <https://www.bayometric.com/fingerprint-reader-technology-comparison/>
25. Agaiby R. A beginner's guide to fingerprint sensors. *FlexEnable*. 2017. Disponible en: <https://www.flexenable.com/blog/a-beginners-guide-to-fingerprint-sensors/>
26. Haber R, Helou J, Korkomaz J, Habre M, Ghanem A, Tomb R. Absence of fingertips with focus on dermatological etiologies: national survey and review. *J Clin Dermatol*. 2015; 3(1):21-6. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/281274814>.
27. David TJ, Ajdukiewicz AB, Read AE. Fingerprint changes in coeliac disease. *Br Med J*. 1970;4(5735):594-6. doi: 10.1136/bmj.4.5735.594.
28. van Doorn L, Veelenturf S, Binkhorst L, Bins S, Mathijssen R. Capecitabine and the risk of fingerprint loss. *JAMA Oncol*. 2017;3(1):122-123. doi: 10.1001/jamaoncol.2016.2638.
29. Hartung B, Thiel W, Ritz-Timme S, Häussinger D, Erhardt A. Hand-foot syndrome induced changes of the palmar epidermal ridge configurations during and after treatment with capecitabine. *Leg Med (Tokyo)*. 2020;45:101710. doi: 10.1016/j.legalmed.2020.101710.
30. Nousbeck J, Burger B, Fuchs-Telem D, Pavlovsky M, Fenig S, Sarig O, et al. A mutation in a skin-specific isoform of SMARCAD1 causes autosomal-dominant adermatoglyphia. *Am J Hum Genet*. 2011;89(2):302-7. doi: 10.1016/j.ajhg.2011.07.004.
31. Bramon E, Walshe M, McDonald C, Martín B, Toulopoulou T, Wickham H, et al. Dermatoglyphics and Schizophrenia: a meta-analysis and investigation of the impact of obstetric complications upon a-b ridge count. *Schizophr Res*. 2005;75(2-3):399-404. doi: 10.1016/j.schres.2004.08.022.
32. Penrose LS. Dermatoglyphics in trisomy 17 or 18. *J Ment Defic Res*. 1969;13(1):44-59. doi: 10.1111/j.1365-2788.1969.tb01065.x.
33. Kanchan T, Krishan K. Loss of fingerprints: forensic implications. *Egypt J Forensic Sci*. 2018;8:19. doi: 10.1186/s41935-018-0051-0.
34. Iula A. *Ultrasound Systems for Biometric Recognition*. Sensors (Basel). 2019;19(10):2317. doi: 10.3390/s19102317.
35. Kavanagh MM, Baral SD, Milanga M, Sugarman J. Biometrics and public health surveillance in criminalised and key populations: policy, ethics, and human rights considerations. *Lancet HIV*. 2019;6(1):E51-9. doi: 10.1016/S2352-3018(18)30243-1.

Cómo citar este artículo: Guízar-Sahagún G, Grijalva-Otero I, Madrazo-Navarro I. Huellas dactilares: origen, usos y desafíos que genera la incapacidad para su registro. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2021;59(6):568-73.