



DIPUTACIÓN DE PALENCIA



Universidad de Valladolid

Escuela Universitaria de Enfermería de Palencia
"Dr. Dacio Crespo"

GRADO EN ENFERMERÍA

Curso académico (2023-24)

Trabajo Fin de Grado

La fluorescencia aplicada en heridas crónicas

Revisión bibliográfica

Estudiante: Lucía García Martínez

Tutor/a: Marta Sánchez Sánchez

Mayo, 2024

Índice

Resumen.	2
1. Introducción.	3
1.1 Heridas. Concepto y clasificación.	3
1.2 El Proceso de Cicatrización.	5
1.3 La infección en las heridas.	7
2. Justificación.	11
3. Objetivos.	11
4. Material y métodos.	12
5. Resultados.	13
5.1 ¿Qué es la fluorescencia y cómo funciona?	13
5.2 ¿Cómo interpretar el resultado obtenido?	15
5.3 ¿En qué tipos de heridas se puede aplicar?	18
5.4 ¿Qué beneficios tiene?	20
6. Discusión.	24
7. Conclusiones.	29
Bibliografía.	30
Anexos.	34
Anexo 1: Búsquedas bibliográficas y resultados	34
Anexo 2: Artículos seleccionados.	37

Resumen.

Introducción. “Herida” es el término usado para referirse a una alteración de la integridad de la piel y/u otros tejidos subyacentes. Hablamos de heridas crónicas cuando su proceso de cicatrización se extiende más de 3 meses. La infección es una de las causas principales de la cronicidad de las heridas. Se dispone de diversos métodos para su detección. Es crucial identificar la infección precozmente para que las enfermeras podamos hacer un correcto abordaje en la cura de la herida. En este contexto, la fluorescencia surge como una técnica innovadora para diagnosticar infecciones en heridas.

Metodología. Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos, obteniendo un total de 312 artículos. Después de aplicar la plantilla de lectura crítica CASPe, se utilizaron finalmente 15 artículos para esta revisión incluidos los seleccionados con búsqueda inversa.

Resultados. El método consiste en la emisión de luz ultravioleta para excitar ciertos componentes de las bacterias que emiten fluorescencia, la cual se refleja en la pantalla con distintos colores que permiten identificar de manera precisa la presencia de bacterias y los tejidos afectados. Esto facilita el diagnóstico de infecciones y ayuda a guiar el proceso de cicatrización. Además, la fluorescencia puede ser una herramienta útil en el desbridamiento de la herida, ayudando a eliminar tejido necrótico o infectado de manera más eficiente. La aplicación de la fluorescencia ha sido estudiada en diferentes tipos de heridas.

Discusión. El uso de la fluorescencia ofrece varios beneficios significativos, sin embargo, es importante destacar que su implementación requiere de un equipo especializado. El uso de la fluorescencia en el tratamiento de heridas representa una innovación que puede mejorar significativamente la precisión diagnóstica. Se necesitan más investigaciones para evaluar su eficacia y el impacto en la mejora de resultados clínicos en pacientes con heridas crónicas.

Palabras clave. Fluorescencia, herida, infección, método diagnóstico.

1. Introducción.

1.1 Heridas. Concepto y clasificación.

El término herida se refiere a la situación en la que la integridad de cualquier tejido está comprometida. Una herida es el resultado de una rotura de la superficie de la piel que provoca una solución de continuidad en la misma, y que puede afectar también a planos más profundos, como el tejido subcutáneo, el músculo o incluso el hueso. La sintomatología de la herida va a depender fundamentalmente de la localización y la cantidad de tejido afectado. ^(1,2)

Las heridas se clasifican en función de los siguientes criterios:

- **Naturaleza de la lesión:** ⁽³⁾
 - Incisión: causadas por objetos cortantes, suelen tener los bordes nítidos y la longitud normalmente es mayor que la profundidad.
 - Contusión: causadas por aplastamiento, los bordes son irregulares, presentan hemorragias intersticiales.
 - Abrasión: lesión superficial causada por el roce o fricción con una superficie.
 - Quemadura: se originan por el contacto de la piel con una fuente de calor o productos químicos.
 - Avulsión: se producen cuando se arrancan tejidos, lo que impide el cierre directo de la herida.
 - Mordedura: causadas por humanos o animales, por lo general suelen estar bastante contaminadas.
 - Ulceración: aparecen cuando ocurre una modificación del tejido epitelial. Se dividen según su profundidad.
 - Punzantes: causadas por traumatismos con objetos afilados, tienen alto riesgo de dañar otros tejidos u órganos. Por lo general la profundidad suele ser mayor que la longitud.
- **Profundidad**: depende de las distintas capas de la piel y tejidos que estén implicados.

- **Contaminación:** ⁽³⁾

- Limpias: se consideran limpias las heridas que se atienden en un centro sanitario en un tiempo menor de 6 horas de evolución, con mínimo daño tisular y no penetrantes.
- Sucias: se valoran como sucias las heridas que se atienden después de más de 6 horas de haberse producido, las heridas penetrantes y en las que el daño tisular afecta a capas profundas.

Las heridas quirúrgicas tienen su propia clasificación de acuerdo con el grado de contaminación microbiana asociado al proceso quirúrgico. Se establecen cuatro grados:

- Limpias-no contaminadas: en su mayoría son heridas cerradas. No afectan al tracto respiratorio, digestivo, genital ni urinario.
- Limpias-contaminadas: no muestran signos de infección, pero afectan al tracto respiratorio, digestivo, genital o urinario.
- Contaminadas: heridas abiertas con inflamación aguda no supurativa. Se incluyen en esta clasificación las heridas con derrame del contenido gastrointestinal.
- Sucias-infectadas: existe inflamación purulenta. Hay abundantes microorganismos en el lecho de la herida.

- **Temporalidad:** ⁽⁴⁻⁶⁾

- Agudas: son aquellas heridas que siguen un proceso secuencial de cicatrización y alcanzan la integridad anatómica y funcional en un periodo adecuado, sin complicaciones graves. Por lo general se resuelven en un periodo de cuatro semanas. En su mayoría están causadas por agentes externos.
- Crónicas: son aquellas heridas en las cuales el proceso de cicatrización no es secuencial y necesitan más de tres meses para alcanzar la integridad anatómica y funcional.

Las heridas crónicas comúnmente se denominan úlceras.

La aparición de heridas crónicas generalmente está asociada con la existencia de enfermedades predisponentes, sobre todo la diabetes y problemas de circulación.

También influye la forma y el grado de control que se consiga con el tratamiento de estas enfermedades. Otro tipo de heridas crónicas, las relacionadas con la dependencia, se producen como consecuencia del exceso de presión en zonas de riesgo y por la elevada exposición de la piel a la humedad y a la fricción. ⁽⁶⁾

Hay casos en los que una herida aguda se cronifica, en su mayoría de veces esto ocurre generalmente por complicaciones como la dehiscencia de las suturas, la infección del lecho o la aparición de fístulas. ⁽⁷⁾

Los tipos más comunes de heridas crónicas son: las lesiones relacionadas con la dependencia, las úlceras vasculares, las neuropáticas y las neoplásicas.

Las personas con mayor riesgo de aparición de estas heridas son: personas de edad avanzada, personas dependientes y diabéticos.

El tratamiento principal de estas heridas es evitar su aparición, por eso la principal recomendación es corregir la causa, el origen de estas lesiones. En consecuencia, las recomendaciones más comunes para la prevención son: realizar cambios posturales, conseguir un óptimo control de las enfermedades metabólicas, realizar un cuidado adecuado de los pies y acudir a las revisiones oportunas con el personal sanitario. Ante cualquier signo de lesión tisular, en personas con riesgo, acudir al personal de enfermería que corresponda para controlarlo.

1.2 El Proceso de Cicatrización.

Se considera que una herida está curada cuando ha finalizado el proceso de cicatrización. Este proceso está compuesto por una cadena de mecanismos dinámicos, sincronizados e independientes. Estos mecanismos se dividen en 4 fases que se superponen en algún momento y no ocurren de manera secuencial. Estas fases son: hemostasia, inflamación, proliferación y maduración. ⁽⁴⁾

La capacidad del ser humano para realizar este proceso es indispensable para la supervivencia. ^(2,8)

La cicatrización puede ser:

- Por primera intención: ocurre cuando los bordes están próximos debido a que han sido aproximados mediante técnicas de sutura. El cierre completo suele darse en adultos a la semana o 10 días, mientras que en pacientes pediátricos el tiempo es menor. Es más característica de heridas agudas.
- Por segunda intención: ocurre cuando la extensión del tejido dañado es demasiado grande para poder aproximar los bordes. Su cierre requiere de más tiempo, ya que se necesita crear mayor cantidad de tejido de granulación. Es más característica de heridas crónicas.
- Por tercera intención (cicatrización diferida): ocurre en heridas contaminadas, comienza con cicatrización de segunda intención y una vez formado el tejido de granulación se pueden suturar los bordes y continuar con cicatrización de primera intención.

En el proceso de cicatrización intervienen varios factores que pueden ser intrínsecos o extrínsecos.

- **Factores intrínsecos:** se relacionan con el estado general y de salud del paciente. Estos factores son: ^(1,8,9)
 - Edad.
 - Nutrición: una nutrición deficiente no aporta suficientes elementos para llevar a cabo correctamente la cicatrización.
 - Enfermedades: como son la obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares, uremia, anemia, arterioesclerosis, cáncer e insuficiencia hepática, dificultan la cicatrización.
 - Factores psicológicos: como el estrés y la ansiedad afectan al sistema inmunitario debilitándolo. El sueño también afecta debido a que fomenta el anabolismo que promueve la cicatrización. La falta de sueño, a su vez, interfiere en la función de barrera de la piel.

- **Factores extrínsecos:** se relacionan directamente con el estado de la herida y características locales que afectan al lecho de la herida. ^(1,8,9)
 - Circulación de la zona: una mala circulación produce un retraso en la cicatrización, debido a que la actividad de las células no se mantiene.
 - Tensión en los bordes de la herida: puede provocar colapsos en los vasos sanguíneos debido a las tensiones mecánicas.
 - Edema: se reduce el aporte sanguíneo en la localización del edema.
 - Localización de la herida: la movilización de los bordes de la herida implica que el proceso se ralentice. Cicatrizan mejor las zonas más vascularizadas.
 - Infección: cuando un microorganismo invade el lecho de la herida y se multiplica de manera que el sistema inmune no le puede detener, el proceso de cierre de la herida se ve interrumpido y se alarga en el tiempo.

1.3 La infección en las heridas.

A la hora de diagnosticar una infección es importante distinguir entre contaminación, colonización e infección. Estas fases son consecutivas y es importante identificar cada una, ya que, su tratamiento es distinto y aplicar un tratamiento más agresivo en una etapa previa puede ser perjudicial. ^(10,11)

Cuando se habla de una herida contaminada, nos referimos a la existencia de microorganismos en la superficie afectada, pero en esta fase dichos microorganismos no se reproducen. ^(10,11)

En una herida colonizada, sin embargo, los microorganismos que viven en la herida se multiplican, aunque no causan signos clínicos de infección en el huésped. ^(10,11)

Para determinar la existencia de infección, es necesario identificar que los microorganismos invaden el tejido causando así lesiones celulares y signos clínicos. Si existe infección la cicatrización de la herida se interrumpe. ^(10,11)

Existe un término intermedio entre colonización e infección conocido como colonización crítica. Se considera que una herida se encuentra en esta fase cuando aparecen signos de infección localizada y se observa una biopelícula en la superficie. En este caso el tratamiento indicado es una limpieza con desbridamiento y en algunas ocasiones, el uso de antibióticos tópicos favorece su resolución. ^(10,11)

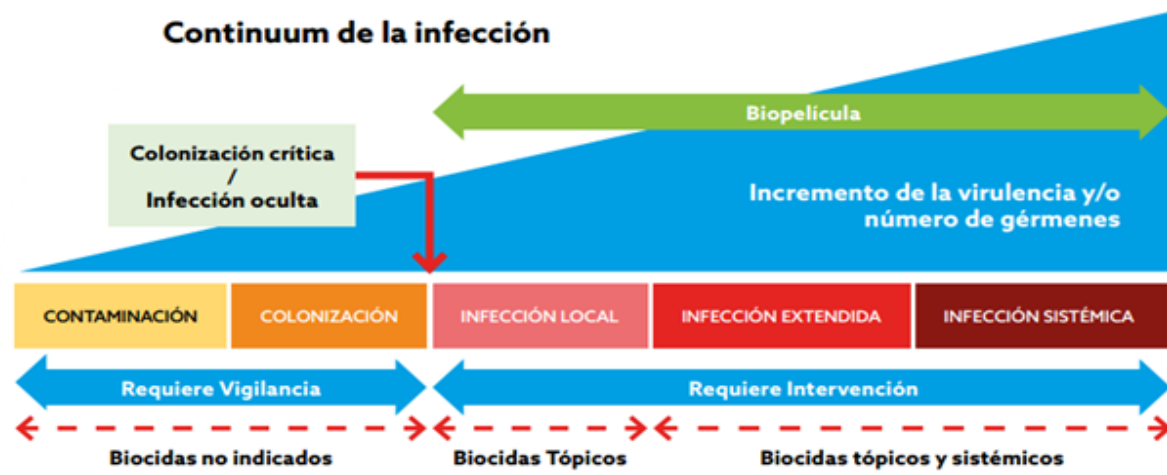


Imagen 1. Modelo del continuum de la infección de heridas. Tomada de: <https://www.wounds-uk.com/uploads/resources/86a1255c8edf8371b85c269e322fc9f8.pdf>

Diferenciar entre colonización crítica e infección, por lo general, es complejo, pero es importante ya que marca la necesidad del uso de biocidas tópicos y antibióticos. Cuando se identifican 100.000 UCF/g, se considera adecuado comenzar con el uso de antibioterapia específica y reevaluar la lesión. ^(10,11)

Los signos más característicos de la infección son: supuración, aparición de esfacelos, necrosis, mal olor, eritema, edema, calor en la zona e incluso fiebre. Hay ciertos signos que son más sutiles, algunos de estos son: hipergranulación, sangrado, aparición de puentes epiteliales y bolsas en el tejido de granulación. Los síntomas asociados son: la aparición o el incremento de dolor en la zona, la apatía general, la pérdida de apetito, etc. Cuando se infecta una herida cerrada por primera intención una manifestación común de infección es la apertura de los bordes por algún punto de la lesión. ^(2,12)

Cuando la infección se propaga, los signos más notables son: crepitación, inflamación de ganglios linfáticos, expansión de la induración, inflamación o eritema extendido más allá de los bordes de la herida. ⁽¹²⁾

Dependiendo de la virulencia del microorganismo causante de la infección, los efectos que genere en el organismo serán más o menos perjudiciales. También influye, la susceptibilidad del paciente y el ambiente que rodea a la lesión, es decir, las condiciones del hogar, la higiene corporal del paciente, la profesión, etc. ^(2,11)

La infección de una herida se puede tratar con antibióticos por vía tópica, oral y/o parenteral, pero la creciente resistencia a los antimicrobianos es un importante problema en todo el mundo. Es importante detectar que tipo de microorganismo es el causante de la infección, para poder buscar el tratamiento más adecuado y efectivo, y así, evitar la administración empírica de antibióticos que hace crecer las resistencias y dañan el organismo de forma innecesaria. ^(10,11)

Cuando una herida se infecta, la probabilidad de que se cronifique aumenta, sobre todo, si la infección es agresiva y se instaura de una manera rápida. Pero no todas las heridas muestran signos tan claros de infección. En gran parte de heridas que están abiertas durante meses, el exudado contiene mayor cantidad de fibroblastos y enzimas hacen que la respuesta inflamatoria sea mantenida a lo largo del tiempo, una forma de “inflamación crónica sutil” que perpetúa la presencia de gérmenes e interfiere con los procesos de cicatrización. ⁽²⁾

Dada la importancia de diagnosticar a tiempo y de forma correcta la infección para poder acelerar el inicio del tratamiento adecuado y así acelerar también la cicatrización. Es necesario utilizar un método de diagnóstico que confirme la presencia de infección ante la presencia de signos clínicos que nos hagan sospechar de su existencia. ^(2,10)

El método más adecuado para diagnosticar una infección es la obtención de una muestra a través de una biopsia de parte del tejido que pueda estar colonizado. Es el método que más información cuantitativa aporta. Para recoger la muestra es recomendable no haber comenzado con el tratamiento antibiótico, evitar recoger tejido necrótico y que el tamaño sea adecuado. Previamente a la recogida, se debe lavar la zona con suero fisiológico. Es el método más complejo. Para obtener la muestra es necesario emplear una técnica estéril. La biopsia de tejido se considera la prueba *gold standard*, es decir, la prueba con mayor sensibilidad y especificidad en la detección de las bacterias implicadas en la infección. La recogida de la muestra mediante este

método puede ser perjudicial para la cicatrización de la herida y puede causar dolor, por eso hay que valorar en cada caso si es adecuado realizarlo. ^(10,13)

Otra técnica para el diagnóstico es la obtención de muestra por punción/aspiración de exudado. Es una técnica bastante sencilla, por lo general aporta bastante información cuantitativa. Para obtener la muestra se realiza la punción en el tejido perilesional que menos necrosis y esfacelos presente. Antes de la punción hay que limpiar y desinfectar la zona perilesional. Para que la muestra pueda ser analizada de forma correcta es recomendable que el volumen aspirado sea de 1 a 5ml y transportarla al laboratorio en un tiempo menor de 2 horas. Esta técnica permite diferenciar entre colonización e infección, pero puede causar daños en el tejido perilesional, además de que existe cierto riesgo de diseminar la infección. ^(10,13)

Otro método disponible es la recogida de muestras mediante el uso de un hisopo. Sin embargo, este método se considera menos eficiente, debido a que proporciona un contenido de la herida relativamente bajo. Por lo tanto, la información obtenida puede ser de menor calidad si la técnica de recogida no es la adecuada y solo informará de los microorganismos de la superficie. Con este método la probabilidad de que se contamine la muestra es más alta, además, las condiciones son peores para el correcto mantenimiento de las bacterias anaerobias. Antes de la obtención de la muestra es aconsejable limpiar el lecho de la herida con suero fisiológico. Existen varias técnicas para recoger la muestra que consisten en seguir distintas trayectorias para recorrer el lecho de la herida con el hisopo. ^(10,13)

Los resultados de los métodos anteriormente descritos suelen demorarse de uno a tres días como mínimo.

Otro forma de detectar bacterias en el lecho de la herida es la fluorescencia. Esta técnica se basa en la utilización de ciertos polímeros fluorescentes que se encuentran en bacterias y permite identificarlas cuando estas se someten a luz ultravioleta. Este método podría ser una buena opción si se aplica en las heridas crónicas con signos sutiles de infección para diagnosticarla y poder comenzar a aplicar un tratamiento adecuado. ^(8,14)

2. Justificación.

Las heridas crónicas suponen un gran problema para la sanidad mundial. Su prevalencia va en aumento, ya que, están asociadas al envejecimiento y a las enfermedades crónicas.

El aumento de los tiempos de cicatrización de estas heridas incide directamente en las tasas de infección, lo que representa un importante problema, tanto por sus consecuencias directas sobre los pacientes y sobre los sistemas sanitarios, como desde la perspectiva de la creciente resistencia de las bacterias a los antibióticos.

Es necesario investigar en avances que posibiliten la detección de las complicaciones más comunes de las heridas como son las infecciones, para poder hacer un diagnóstico precoz que permita conseguir el control de la infección y reducir sus consecuencias.

Si la enfermera “a pie de cama” pudiera detectar cuando una herida pasa de estar colonizada a presentar una colonización crítica, se podrían instaurar las medidas oportunas para evitar el avance del proceso infeccioso.

Este trabajo se centra en el estudio de la fluorescencia como método diagnóstico: ¿este método es fiable? ¿Qué ventajas e inconvenientes tiene? ¿Facilita a los profesionales la toma de decisiones y guía su intervención?

3. Objetivos.

General:

- Conocer los posibles beneficios que puede aportar la fluorescencia en el tratamiento de las heridas crónicas.

Específicos:

- Describir el uso de la fluorescencia en el diagnóstico de infecciones.
- Comparar la fluorescencia con otros métodos diagnósticos de infección.

4. Material y métodos.

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una revisión bibliográfica. La pregunta de investigación formulada según la estructura PICO fue:

“¿Qué beneficios tiene el uso de la fluorescencia en pacientes con heridas crónicas?”

Usando dicha pregunta como referencia se comienza con la búsqueda bibliográfica que se llevó a cabo de enero a marzo de 2024.

En primer lugar, se seleccionaron los descriptores: ⁽¹⁵⁾

- En español DeCS: úlcera, infección de heridas, técnicas y procedimientos diagnósticos y fluorescencia.
- En inglés MeSH: ulcer, wound infection, diagnostic techniques and procedures y fluorescence.

Para combinar los descriptores se utilizó el boleano “AND”.

La búsqueda de artículos se realizó en las siguientes bases de datos: Scielo, Google Scholar, Pubmed y Biblioteca Cochrane.

Para seleccionar los artículos se usaron los siguientes criterios de inclusión.

- Estudios realizados en humanos.
- Estudios publicados en los últimos 10 años.
- Estudios publicados en español o en inglés

El resultado de la búsqueda arrojó 312 artículos, tras aplicar los criterios de selección, se procedió a la lectura de texto completo de los artículos seleccionados y posteriormente se les aplicó la parrilla de lectura crítica CASPe, llegando así a la selección final.

5. Resultados.

Tras realizar la búsqueda en las diferentes bases de datos, aplicando los criterios de inclusión se hallaron un total de 312 artículos, 40 de ellos estaban repetidos. De los 272 restantes se procedió a leer los resúmenes, tras este cribado se seleccionaron 26 artículos. A esta selección de 26 artículos se le sometió a la parrilla de lectura crítica CASPe y se descartaron los artículos que no eran de interés, una vez realizado esto se obtuvo la selección final formada por 12 artículos.

También se realizó una búsqueda inversa, de esta búsqueda se seleccionaron 3 artículos que también fueron validados tras aplicar la parrilla CASPe.

Las tablas a cerca de los resultados de las búsquedas se pueden encontrar en el ANEXO 1.

La información sobre los artículos seleccionados se puede encontrar en el ANEXO 2.

5.1 ¿Qué es la fluorescencia y cómo funciona?

La fluorescencia, es un tipo particular de luminiscencia por el que algunos compuestos expuestos a una fuente lumínica emiten energía en forma de fotones.

Se conocen como fluofóforos a las sustancias que emiten luz al ser excitadas por la radiación. Dependiendo de la longitud de onda que emita el compuesto fluorescente, tendremos diferentes variedades cromáticas.

El uso de la fluorescencia para diversas aplicaciones en el ámbito sanitario es una nueva técnica que se está introduciendo en diferentes disciplinas médicas como la cirugía del aparato digestivo, la dermatología o la oftalmología. Recientemente también se ha empezado a utilizar en el ámbito de las heridas para detectar la presencia de bacterias en el lecho de la lesión.

Es un método que no necesita tener contacto con la herida, no es necesario contraste es fácil de manejar y ofrece información de forma inmediata.

Consiste en la emisión de luz ultravioleta, dicha luz no tiene ningún efecto secundario en el paciente. La luz ultravioleta es emitida por dos LEDs y tiene una longitud de onda de 405nm. Dicha luz, excita la porfirina y la pioverdina de las bacterias, haciendo así que emitan fluorescencia y sea captada por la cámara del instrumento. Para que esto ocurra de forma adecuada, la habitación tendrá que estar con un nivel correcto de oscuridad, cuándo

las condiciones sean optimas será indicado por un sensor presente en el instrumento. También es necesario que la herida se encuentre

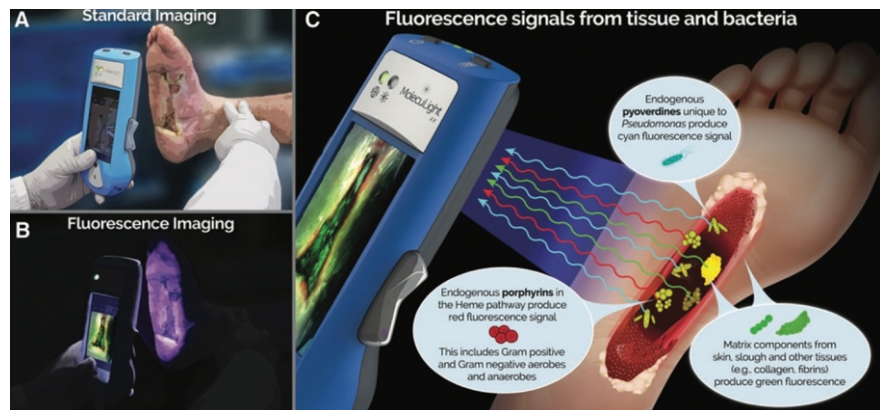


Imagen 2, tomada de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32870774/>

formando un ángulo de 90° respecto al instrumento y a una distancia de este entre 8 cm y 12 cm. (16-21)

Lo idóneo para aplicar este método de diagnóstico en las heridas es no realizar desbridamiento ni limpieza exhaustiva previamente, para así detectar mejor todos los microorganismos que se encuentran en ella. (16)

Es necesario que el número de bacterias presentes en la herida sea potencialmente dañino, es decir mayor de 10^4 CFU/g, para que se pueda apreciar la fluorescencia que producen. Siempre y cuando esto ocurra en la pantalla del instrumento se formara un mapa de la herida indicando la ubicación exacta donde se concentran las bacterias. A su vez, informa sobre la presencia de microorganismos en el tejido perilesional. (16-18)

Este método es capaz de detectar microorganismos hasta una profundidad de 1.5mm, si la herida tiene mayor grosor, no será posible detectar la presencia de bacterias en la capa más profunda. (17)

La fluorescencia emitida por las bacterias es detectada por la cámara del instrumento, dicha cámara es capaz de captar imágenes con buena resolución y videos que pueden servir para monitorizar la evolución de la herida. ⁽¹⁸⁾

Una vez que los sensores y la cámara captan la fluorescencia emitida por los microorganismos, se genera una imagen de forma inmediata en la pantalla, dicha imagen posteriormente es compartida con otros equipos informáticos para poder almacenarlas. ⁽¹⁸⁾

Con este instrumento también podemos calibrar la extensión exacta de la herida. Para calcular el tamaño de la herida, es necesario colocar dos pegatinas en los bordes superior e inferior. Además, es importante que en esta parte del proceso la habitación esté iluminada. Con este método se obtiene la longitud de la herida con una exactitud del 95.5% y de 94.62% el área de superficie que ocupa la herida. ⁽²¹⁾

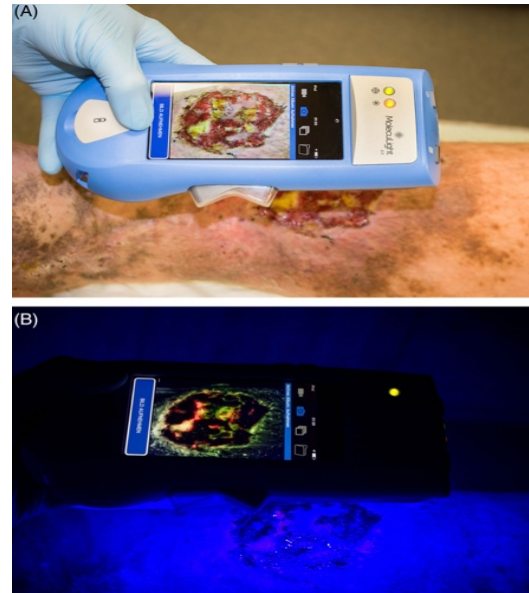


Imagen 3, tomada de:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32289211/>

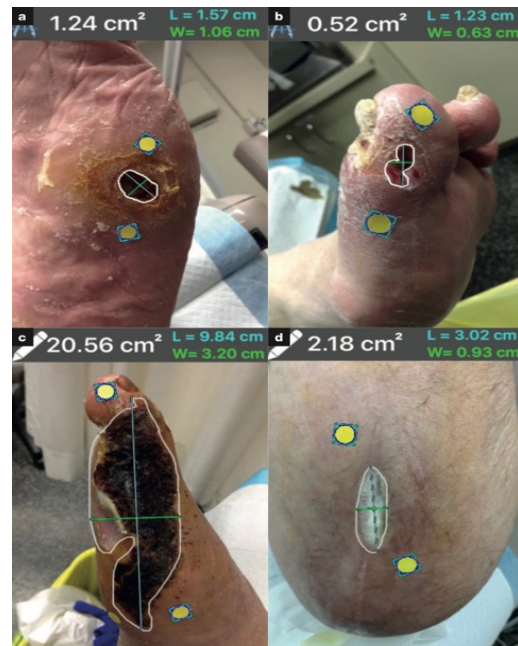


Imagen 4, tomada de:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32654620/>

5.2 ¿Cómo interpretar el resultado obtenido?

En los estudios revisados, los encargados de revisar e interpretar los resultados han sido médicos que previamente han realizado un curso de formación para interpretar las imágenes obtenidas tras la aplicación de la fluorescencia. ⁽²¹⁾ Para que se les otorgará el título de dicho curso tenían que obtener una puntuación igual o superior al

80% como especifica el estudio publicado en 2022 por David Armstrong en la revista International Wound Journal ⁽²²⁾.

En las imágenes de fluorescencia se observan varios colores, cada uno de ellos corresponde a un tipo de bacterias, tejido o células. Cuando se aprecian los colores rojo y cian, es indicador de que hay bacterias presentes en la herida. ^(21,22)

Los colores más frecuentes son: ^(21,22,23,24)

Color	Origen
Rojo	Porfinas endógenas presentes en bacterias gram positivas.
Rosa	Bacterias ubicadas en capas más internas.
Cian	- Pioverdinas presentes en bacterias, mayoritariamente en Pseudomonas Aeruginosa. - Bacterias gram negativas.
Verde	Tejido conectivo de la piel.
Morado	Zonas vascularizadas.
Negro	Zonas necrotizadas.
Marrón	Sangre.

Tabla 1: colores de fluorescencia y su procedencia. Elaboración propia.

Cuando las bacterias están en capas más profundas también se pueden presentar con un color amarillento, debido a la mezcla de colores rojo y verde. ^(18,22)

Hay ocasiones en las que la bacteria Pseudomonas Aeruginosa no produce un color cian puro, si no, que se asemeja a un verde claro, debido a la presencia de sideróforos. Esta bacteria es de las más virulentas y produce una fluorescencia muy característica. Esto es

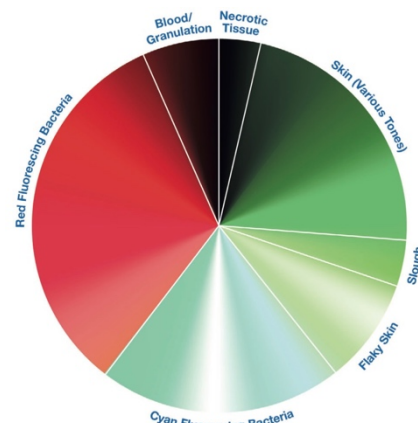


Imagen 5, tomada de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32289211/>

debido a la pioverdina, un elemento que únicamente se encuentra en la familia pseudomonas. Su alta patogenicidad se debe a la capacidad de eliminar hierro y crear toxinas, favoreciendo así la aparición de biofilm en el lecho de la herida, lo que ayuda a crear un ambiente más favorecedor para la proliferación de otras bacterias. ⁽²⁵⁾

La intensidad de colores como rojo y cian dependerá de la cantidad de bacterias presentes que sean capaces de producir dicha fluorescencia, a mayor número de bacterias, mayor intensidad de color. Pero se debe tener en cuenta, según el artículo de Cole W. y Coe S publicado en 2019 ⁽²¹⁾, que la intensidad del color verde está afectada por la concentración de melanina presente en la piel de cada persona.

Dentro de la fluorescencia verde, se distinguen dos tonos: verde claro y verde oscuro. Como explica el artículo a cerca del estudio que relaciona la fluorescencia con el pH de heridas infectadas realizado en 2021 por Agata Janowska ⁽²⁴⁾: el verde claro indica que esa piel es de nueva formación, mientras que el verde oscuro corresponde con tejido de granulación.

Se han detectado más de 28 bacterias capaces de producir fluorescencia de color rojo. ⁽²⁶⁾

Las bacterias que se detectan con más frecuencia con este método son: Staphylococcus Aureus, Staaphylococcus Epidermidis, Escherichia Coli, Pseudomonas Aeruginosa, bacterias de la familia Proteus y de la familia Klebsiella. Es importante señalar que todas ellas son bacterias muy virulentas que ocasionan graves problemas, ya que, deterioran los tejidos sanos a gran velocidad, con lo que las dimensiones de la herida aumentan en corto periodo de tiempo. ^(20,21,27)

En el estudio titulado *Use of a bacterial fluorescence imaging system to target wound debridement and accelerate healing: a pilot study* ⁽¹⁷⁾, se llega a la conclusión de que las bacterias pertenecientes a las familias Streptococcus y Enterococcus no emiten fluorescencia que se pueda apreciar a simple vista ni bajo la luz ultravioleta.

Entre los métodos que se utilizaron para comparar los resultados obtenidos con la fluorescencia destaca la obtención de muestra con hisopo y su posterior análisis en el laboratorio. Este método permite identificar las bacterias que se detectan mediante fluorescencia y determinar a qué concentración es aplicable, ya que, facilita la

cuantificación de las bacterias presentes. Sin embargo, también se usaron otros métodos como la medición del pH y la observación de signos a simple vista.

En el estudio realizado por Agata Janowska en el año 2021 ⁽²⁴⁾ en el cual se relacionó el resultado obtenido de la medición del pH en el lecho de la herida con la presencia de bacterias, se llegó a la conclusión de que cuando una herida está infectada el pH tiende a ser más alcalino (entre 7.15 y 8.9). En zonas donde se emitía fluorescencia roja la media del pH fue del 8.06, donde la fluorescencia emitida fue cian, la media del pH alcanzó 8.08. Estos datos confirmaron que, en presencia de bacterias detectadas, el pH de la herida es alcalino y mediante la fluorescencia se pudo complementar el estudio limitando las zonas afectadas.

El método de la fluorescencia tiene un valor predictivo positivo (VPP) entre 95.6% y 100%, según varios artículos publicados en los años 2019 y 2021 ^(20,28). Estos datos quieren decir que, cuando se aplica la fluorescencia y en la imagen producida se observan bacterias, el paciente tiene una probabilidad mayor o igual al 95.6% de que esa herida se encuentre infectada. Si este dato se analiza más detalladamente, como ocurre en el estudio que habla sobre la detección de la bacteria *Pseudomonas Aeruginosa* con la fluorescencia, realizado por Rose Raizman y publicado en 2021 ⁽²⁵⁾, se obtiene que el VPP de la fluorescencia de color rojo es de 95-100%, mientras que el VPP para el color cian es de 93%.

Por otra parte, el artículo titulado *Fluorescence – modern method of the diagnosis of chronic wounds on the example of venous leg ulcer* ⁽²⁷⁾ habla también sobre la sensibilidad y la precisión de la fluorescencia. Sin embargo, los datos que aporta son: el valor de sensibilidad del método de la fluorescencia es de 72.2% y la precisión de dicho método es de 73.7%.

5.3 ¿En qué tipos de heridas se puede aplicar?

En los artículos publicados en los años 2019, 2020 y 2022 por Rose Raizman, Nadine Price y David Armstrong, respectivamente ^(16,21,22), se estudió específicamente el método de la fluorescencia aplicado en heridas de pie diabético. En los artículos realizados por Paulina Moscicka en 2023 y Maurice Moelleken en 2020 ^(27,29), se

estudió en úlceras venosas. En el artículo *Point-of-care fluorescence imaging predicts the presence of pathogenic bacteria in wounds: a clinical study* ⁽¹⁸⁾ se estudió en ambos tipos de heridas.

En el artículo publicado en la revista de Journal Wound Care en el año 2020, realizado por Windy Cole ⁽¹⁷⁾ se incluyen heridas quirúrgicas. A su vez, en el artículo titulado *Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Fluorescence Imaging for the Detection of Bacterial Burden in Wounds: Results from the 350-Patient Fluorescence Imaging Assessment and Guidance Trial* ⁽²⁰⁾ se incluyeron diferentes tipos de heridas: quirúrgicas, úlceras venosas, úlceras por presión y de pie diabético. Todas ellas fueron divididas en tres grupos para su análisis: las que presentaban únicamente signos clínicos visibles; las que dieron un resultado positivo únicamente en la prueba de fluorescencia (sin presencia de signos clínicos); y las que presentaron tanto signos clínicos como resultado positivo en la fluorescencia. El estudio concluyó que el mayor porcentaje de heridas dio positivo en ambos métodos de diagnóstico. Por otro lado, se observó una diferencia significativa en el porcentaje de heridas que solo mostraron signos clínicos, siendo este mínimo en comparación con las otras categorías. Todo esto sugiere la utilidad de la prueba de fluorescencia en la detección precoz de infecciones en heridas, especialmente en aquellas donde los signos clínicos pueden no ser evidentes o estar ausentes.

En el estudio realizado por Charles Andersen en el año 2021 ⁽²⁶⁾, sobre el diagnóstico de la celulitis aplicando la fluorescencia. Se afirma que cuando existe celulitis y se aplica fluorescencia, lo más común es que se represente con una emisión de fluorescencia roja en forma de abanico, que se expande más allá de los bordes de la herida, en zonas donde no se puede realizar desbridamiento. A su vez también explica que la fluorescencia es una herramienta indispensable para diferenciar entre una herida inflamada o colonizada de una herida colonizada y con presencia de celulitis. En este estudio se calcula que aproximadamente un 30% de los diagnósticos de celulitis son erróneos cuando no se aplica la fluorescencia, debido a que muchas no muestran signos o estos dan lugar a confusión.

En el estudio de David Armstrong publicado en 2022 ⁽²²⁾, se analizaron las heridas de pie diabético que presentaban signos clínicos, se observó en cuantas de ellas el resultado de la fluorescencia fue positivo. En heridas que presentaban inflamación la

fluorescencia fue positiva en el 11.5%, para heridas con eritema fue de 15.4%. Cuando existía dolor en la zona el 11.5% de las heridas obtuvieron un resultado positivo al igual que cuando se percibía calor local.

En el artículo publicado por Rose Raizman en 2021 ⁽²⁵⁾, en el cual, se habla de la detección de *Pseudomonas Aeruginosa* con la fluorescencia, se llega a la conclusión de que: en las heridas donde más fluorescencia cian se encuentra, es en las de tipo quirúrgico y en las úlceras venosas. Dicha fluorescencia es producida por la bacteria estudiada, lo que indica que la presencia de *Pseudomonas Aeruginosa* es mayor en ese tipo de heridas.

Además, esta técnica está siendo estudiada como herramienta para el desbridamiento cortante de una herida. Se utiliza en heridas en las que se observa tejido desvitalizado a simple vista o en las que se aplica la fluorescencia y esta es positiva. Una vez es decidido que se va a realizar el desbridamiento, se procede a llevarlo a cabo, después se vuelve a aplicar la fluorescencia y se comprueba si ha sido efectivo o si es necesario ampliar el área desbridada, en el segundo caso se procede a realizar el desbridamiento de nuevo. También se puede dar un tercer caso en el cual no se ha eliminado todo el tejido conveniente pero no se puede volver a realizar la técnica, en este caso se continúa con el tratamiento antibiótico y la cura adecuada. ⁽¹⁷⁾

5.4 ¿Qué beneficios tiene?

Como se explica en el artículo publicado en 2021 titulado: *Rapid diagnosis of Pseudomonas Aeruginosa in wounds with Point-of-Care fluorescence imaging* ⁽²⁵⁾. Actualmente existe la necesidad de un método objetivo que ayude a detectar la infección de la herida “a pie de cama”. Esto surge debido a que el 80% de las heridas infectadas no son diagnosticadas en el momento apropiado. ⁽²³⁾ A su vez en el artículo publicado por David Armstrong en 2022 ⁽²²⁾ se especifica que, el 70% de las heridas son sometidas a tratamiento antibiótico y un 80% de dichas heridas son tratadas con antibióticos pautados de forma “aleatoria” debido a la baja información que se tiene de ellas.

La fluorescencia como se describe en varios artículos es un método objetivo que aporta información sobre la presencia de bacterias en la herida de forma instantánea. Además, es una técnica no invasiva, no produce efectos secundarios y se puede reproducir de forma sencilla. ⁽²¹⁾

La información que aporta ayuda a determinar si la cantidad de bacterias encontradas en el lecho de la herida es perjudicial, lo que facilita desarrollar un juicio fundado para decidir el tratamiento correspondiente. Además, se ha demostrado que se pueden diferenciar bacterias aerobias y anaerobias, al igual que bacterias gram positivas y gram negativas. También detecta la existencia de plancton y de biofilm. Detecta bacterias presentes en el lecho de la herida, así como bacterias que se encuentran en la piel perilesional. ^(16,20,22)

La fluorescencia, además, ayuda a los profesionales, cuando tienen que decidir si es preciso realizar una biopsia u obtención de muestra de la herida. Esto es un beneficio importante debido a que una gran mayoría de profesionales evitan realizar estas técnicas mientras sea posible por el riesgo de causar más daños. ⁽¹⁸⁾

El método más común para determinar la existencia de infección en una herida y a su vez para decidir si es conveniente analizarla en el laboratorio mediante la obtención de una muestra, es la observación de signos clínicos. Este método es subjetivo, ya que, no todas las heridas muestran los mismos signos de infección y no todos los profesionales los interpretan de la misma forma, además, la aparición de signos como la inflamación, eritema, supuración, etc. dependen de la respuesta inmune de cada paciente. ^(20,22) En el estudio a cerca de la fluorescencia en el desbridamiento publicado en 2020 por la revista journal of Wound Care y realizado por Windy Cole ⁽¹⁷⁾, se hace referencia a que utilizando el método de la fluorescencia se detecta un 50% más de infecciones que cuando el diagnóstico se basa en la observación de signos clínicos, lo cual indica que la sensibilidad para detectar bacterias aumenta con el uso de la fluorescencia. En el artículo de Andersen CA y cols. del año 2022 ⁽²⁶⁾ se especifica que la fluorescencia es 300% más sensible a la hora de identificar infecciones que la observación de signos clínicos.

La fluorescencia es capaz de detectar un gran número de bacterias, ya que detecta el 87% de las bacterias más comunes. También con su aplicación es posible identificar

los distintos tipos de tejidos, puesto que estos emiten colores de fluorescencia diferentes. ^(17,18)

Al igual que ayuda a determinar un tratamiento, también ayuda a modificarle, debido a que este método es empleado para evaluar la eficacia del tratamiento y la evolución de la herida, tanto si se está administrando antibióticos o si se ha decidido realizar desbridamiento. En los estudios se informa del cambio de tratamiento realizado en varias heridas tras la aplicación de la fluorescencia. ^(22,28) En el artículo publicado en el año 2021 y realizado por Lam Le ⁽²⁰⁾, se especifica que en un 42% de las heridas investigadas se decidió realizar una limpieza más exhaustiva, en el 48% se decidió realizar desbridamiento y posteriormente en el 55.2% se decidió comenzar con terapia antibiótica.

En el estudio publicado por Nadine Price en 2020 ⁽¹⁶⁾, se incluyeron 229 heridas, se compararon los resultados y el tratamiento de heridas en el periodo de tiempo al que se refiere como “año 1” sin el uso de la tecnología de la fluorescencia y en el “año 2” en el cual si se utilizó la fluorescencia en las heridas incluidas. El resultado fue el siguiente:

- Se redujo el uso de terapia antibiótica en un 33%.
- El número de heridas resueltas en 12 semanas aumento en un 23%.
- El número de pacientes con heridas de tipo “pie diabético” que requirieron amputación se redujo en un 11%.

Basándose en estos datos el artículo concluye que el uso de la fluorescencia reduce el coste por paciente un 10%, este dato es apoyado por otros artículos revisados en el trabajo. ⁽¹⁶⁾

En los artículos revisados se confirma que aplicando la fluorescencia es posible acelerar el proceso de diagnóstico de la herida y comenzar el tratamiento antes, puesto que en algunos casos no es necesario esperar a tener el resultado de la biopsia. Así como, se pueden detectar bacterias localizadas en áreas que a simple vista no muestran signos de infección. Las áreas más comunes donde esto ocurre son en la piel perilesional y en capas más profundas de la herida, las cuales no suelen ser analizadas con frecuencia. Con esta herramienta es posible realizar un desbridamiento más exacto, lo que ayuda a evitar el uso de antibióticos. Debido a que

acelera el proceso de diagnóstico, hay una mayor probabilidad de evitar la propagación de la infección y evitar así tratamientos más agresivos. ^(16,17,21,23,26)

Además, con este método se pueden distinguir distintos tipos de bacterias a diferencia de otros métodos instantáneos como la medición del pH. Esto facilita la prescripción de un tratamiento antibiótico adecuado a tiempo, evitando crear así posibles resistencias antibióticas en un futuro y acelerando el proceso de cicatrización. ^(16,24)

Esta prueba tiene a su vez una probabilidad casi nula de que existan falsos positivos.
(28)

6. Discusión.

Para llevar a cabo esta revisión se han utilizado artículos en inglés basados en estudios realizados en Canadá y en Estados Unidos. Al ser una técnica novedosa no se han encontrado estudios realizados en España ni en Europa.

La mayor parte de los artículos revisados se centran en heridas de pie diabético y en úlceras venosas. Si es cierto que existen artículos que incluyen más tipos de heridas, destacando entre ellas las heridas quirúrgicas. Sin embargo, la escasez de este tipo de artículos no implica que la fluorescencia solo se pueda aplicar en los tipos de heridas estudiados. Los resultados son extrapolables al resto de heridas crónicas. Esto es posible debido a que los colores de la fluorescencia emitida van en relación con las especies de bacterias presentes y estas no dependen de la naturaleza de la lesión.

Por otro lado, encontramos que en varios de los artículos se ofrecen cifras sobre el VPP del método, pero éste no es el mismo en todos. En el artículo *Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Fluorescence Imaging for the Detection of Bacterial Burden in Wounds: Results from the 350-Patient Fluorescence Imaging Assessment and Guidance Trial*.⁽²⁰⁾ El VPP es de 95.6% mientras que en el artículo realizado por Serena Thomas en 2019⁽²⁸⁾ es del 100% y en el artículo publicado por Ciaran Hurley y cols.⁽³⁰⁾ es de 95.6%. Aunque encontremos ciertas diferencias todos los estudios apuntan a un VPP bastante alto, pero sería deseable contar con más estudios de precisión diagnóstica sobre este método, para obtener un valor más exacto.

Los autores coinciden en que la fluorescencia es un método objetivo, instantáneo, no invasivo y fácil de reproducir, además, no genera efectos secundarios. Dichas afirmaciones apoyan la teoría de que la fluorescencia es un método beneficioso y útil en la inspección de heridas crónicas. Además, a diferencia de otros métodos no tiene apenas criterios de exclusión a la hora de ser aplicado en pacientes. Como se ha observado en los artículos los criterios de exclusión más comunes eran la edad de los pacientes, ya que estos tenían que ser mayores de edad, generalmente mayores de 18 años. También se tuvo en cuenta la evolución de las heridas, preferiblemente se seleccionó aquellas que llevaban más tiempo de evolución sin signos de mejoría. En el artículo publicado en 2019 por Ciaran Hurley⁽³⁰⁾ se excluyeron aquellos pacientes

que estuvieron bajo tratamiento antibiótico o implicados en ensayos clínicos, dichos criterios también se incluyeron en otros estudios como el realizado por Thomas Serena y cols. ⁽²⁸⁾. Para otros artículos se seleccionaron heridas que tenían realizada una biopsia en los últimos 30 días. Todos estos criterios son específicos de los estudios de investigación, no son determinantes a la hora de aplicar la fluorescencia como método diagnóstico.

Todos los documentos consultados concluyen a favor de la aplicación de la fluorescencia en heridas, principalmente porque el método permite identificar la concentración perjudicial de bacterias presentes en la herida, ayudando así, a decidir el momento idóneo para intervenir y reducir o prevenir la infección. En cuanto a la comparación de estos dos métodos cabe destacar que la fluorescencia es un método objetivo, mientras que la observación de signos clínicos es subjetiva ya que depende del sistema inmune de cada individuo.

En comparación con la biopsia del tejido la fluorescencia aporta una imagen visual de la distribución de los microorganismos en toda la extensión de la herida incluido la piel perilesional, mientras que la biopsia solo ofrece la información de la porción del tejido analizado. Tampoco el método de la medición de pH en el lecho de la herida aporta beneficios respecto a la fluorescencia ya que, aunque la medición del pH aporte datos también objetivos, el resultado de los análisis es más complejo, y además no especifica qué tipo de bacterias se encuentran en la herida ni la ubicación exacta. ⁽²⁴⁾

Esta nueva tecnología es una herramienta que aporta mucha información de interés a la hora de decidir que tratamiento aplicar. Las dos opciones actuales de tratamiento más comunes y eficaces son el desbridamiento cortante y la antibioterapia.

En cuanto al desbridamiento la utilidad de la fluorescencia se encuentra en el mapa que aporta sobre la distribución de bacterias en el lecho de la herida. Esto ayuda a conocer mejor que zonas son las de mayor interés para desbridar, facilitando así su realización y su posterior comprobación.

En cuanto a la antibioterapia, actualmente se administra un antibiótico de amplio espectro de manera empírica hasta que llegan los resultados de la biopsia o del cultivo. Esto retrasa la administración de un antibiótico específico un mínimo de 3 días. La administración de antibióticos general y sin una información que confirme su

necesidad, puede producir resistencias antibióticas a largo plazo, lo cual es un problema para la sanidad. Cuanta mayor resistencia se genere, más agresivos deberán ser los tratamientos futuros o incluso se puede llegar a la situación, no tan lejana, de que no tengamos antibióticos frente a las nuevas bacterias “superresistentes”, algo que nos debe hacer reflexionar. La ONU prevé que para el 2050 el número de fallecimiento debido a las infecciones superen a los del cáncer.⁽³¹⁾ Gracias a la fluorescencia el uso de antibióticos generales se reduce y permite administrar fármacos más específicos y efectivos. Asimismo, el ofrecer una imagen visual de la distribución de las bacterias, facilita un desbridamiento dirigido lo que redundará en una disminución del uso de antibióticos y, por ende, en el riesgo de desarrollar resistencias.

Otra de las ventajas se basa en que con la fluorescencia es posible analizar la piel perilesional y observar la extensión de la infección, sin necesidad de observar signos clínicos o recoger una muestra del tejido. Conocer exactamente el alcance de las bacterias facilita al personal sanitario realizar una cura adecuada, alcanzando así todas las zonas de interés y haciendo más exhaustiva la limpieza en las zonas más contaminadas.

Con la información disponible se puede deducir que el método idóneo para el diagnóstico de la infección valorando el riesgo-beneficio al que se somete al paciente sería el siguiente: en primera instancia utilizar la fluorescencia ante la mínima sospecha de infección, no necesariamente se deben observar signos clínicos. Si el resultado de la fluorescencia indica que la presencia de bacterias es perjudicial, se decidiría si comenzar con antibioterapia o realizar desbridamiento y si es preciso recoger la muestra para la biopsia seleccionando con la fluorescencia la zona idónea para recogerla. Gracias a la fluorescencia se puede realizar una intervención precoz y dirigida, lo que beneficia el proceso de cicatrización.

Tras la revisión de los artículos se han detectado varias limitaciones en el uso de la fluorescencia, como son el hecho de que este método no posee la capacidad de detectar bacterias presentes a más de 1.5 mm de profundidad. Tampoco detecta una concentración de las bacterias menor a 10^4 CFU/g. Asimismo, la detección de bacterias también se vuelve más complicada cuando la herida presenta hemorragia debido a que la sangre cubre el lecho de la herida y la fluorescencia no se transmite

de forma adecuada, por eso, se recomienda realizar una limpieza superficial del lecho de la herida antes de emplear la técnica. ^(29,30)

Otro aspecto negativo de la fluorescencia es que no es posible identificar la presencia de hongos. ⁽¹⁸⁾

Como se explica en varios artículos los profesionales deben realizar un curso para obtener la formación necesaria para utilizar y, sobre todo, para interpretar las imágenes de forma correcta. En el artículo publicado en 2022 por David Armstrong se especifica que es necesaria una puntuación igual o mayor al 80% para obtener el título. Es un recurso necesario, debido a que una interpretación errónea de las imágenes podría condicionar el futuro de la herida. ^(21,22)

En los estudios revisados los profesionales encargados de realizar esta técnica son los médicos. Sin embargo, en el caso de España podríamos considerar que mayoritariamente los profesionales que se dedican a tratar a los pacientes con heridas son las enfermeras. La enfermería española es ampliamente reconocida a nivel mundial por su alta cualificación, que se distingue por el elevado nivel de formación, por lo que, bajo nuestro criterio, deberían de ser estos profesionales los que adquieran el adiestramiento necesario para aplicar la fluorescencia en el ámbito de las heridas de larga evolución.

A pesar de los inconvenientes que pueda tener la fluorescencia como método diagnóstico de infecciones, no es invasivo y no requiere requisitos especiales. Por todo ello puede ser de gran ayuda en el ámbito sanitario. Sería necesario realizar estudios en España, para ver y analizar la repercusión que pudiera tener el uso de este método en la reducción de la carga de trabajo de los profesionales. Ya que, se facilitaría la toma de decisiones también sobre los productos a aplicar durante la cura, además de observar la eficacia del tratamiento sin necesidad de esperar a observar la mejoría de signos clínicos.

En ciertas ocasiones ocurre que el propio paciente no es consciente de la infección que padece, ya que, no presenta síntomas y/o signos evidentes, y no realiza los cuidados adecuados. La fluorescencia al generar una imagen visual podría facilitar la comprensión por parte del paciente y así aumentar su adherencia terapéutica en el proceso de cicatrización ⁽¹⁶⁾.

En el aspecto económico, se puede deducir que, si con la fluorescencia se puede administrar un tratamiento específico en el momento oportuno, se reduciría el gasto económico en aspectos directos como son: pruebas de laboratorio, material de curas, medicamentos, ingresos hospitalarios, el tiempo de enfermería, etc. y en gastos indirectos como la prolongación de los tiempos de baja laboral, el soporte de la dependencia generada en el paciente, etc.

Así como, si se han encontrado varios artículos en los que se comenta el beneficio económico que podría suponer la inclusión de la fluorescencia, no se han encontrado estudios que comenten la inversión económica que supondría y valoren directamente el coste-beneficio de implementar este método en una entidad sanitaria.

7. Conclusiones.

La fluorescencia aporta beneficios significativos en comparación con otras técnicas diagnósticas. Es un método objetivo que ofrece información sobre la presencia de bacterias en la herida de forma instantánea. Presenta una clara ventaja en términos de precisión y rapidez.

Es una técnica no invasiva, especialmente útil en la toma de decisiones, en el seguimiento de la evolución de la infección y en la evaluación de la eficacia de los tratamientos. Teniendo en cuenta estas ventajas, hay que destacar que el proceso de cicatrización se aceleraría.

Es una herramienta prometedora en el diagnóstico de la infección en heridas crónicas. Para el personal de enfermería representa una alternativa innovadora y efectiva en la mejora de la atención a los pacientes con heridas. Además, ayudaría a disminuir la carga de trabajo.

Es necesario ampliar la investigación en este campo, especialmente con estudios realizados en nuestro país.

Bibliografía.

1. Romo Sanz M.I. Tratamiento progresivo de las heridas en ambiente húmedo. Salamanca: Librería Cervantes; 1999 p. 26, 38-40.
2. Torra i Bou J.E. Martínez Cuervo F. García Fernández F.P. En: GNEAUPP El proceso biológico de reparación de las heridas. Atención integral de las heridas crónicas. 2ªed. Logroño; 2016. p. 147-165
3. Zarate G. Piña S. Zarate A.J. Clasificación de las heridas. Manual de heridas y suturas [Internet]. 2020 [Consultado el 29 Dic 2023]. Disponible en: <https://www.medfinis.cl/img/manuales/Clasificacion%20heridasv2020.pdf>
4. Calianno C. Valoración y vigilancia de las heridas. Cuidado y atención de heridas. 3ªed. Barcelona. Wolters Kluwer; 2015. P. 28, 32, 40, 41
5. Leyva Rodríguez F. Heridas y cicatrización en enfermería. [Internet]. 2012 [Consultado el 30 Ene 2024]. Disponible en: <https://ulceras.net/userfiles/files/guia%20Heridas%20y%20Cicatrices%20en%20enfermeria%20OK.pdf>
6. Urgomedical [Internet]. Barcelona: Laboratorios urgo; 2020 [Consultado el 30 Ene 2024]. ¿Qué es una herida? [aprox. 4 p.]. Disponible en: <https://urgomedical.es/comprender-heridas-cicatrizacion/herida/>
7. Lorenzo Hernandez M.P. Hernandez Cano R. M. Soria Suarez M. I. Heridas crónicas atendidas en un servicio de urgencias. Enfermería global [Internet]. 2014 [Consultado el 30 Ene 2024]; 25: 23-31. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/eg/v13n35/clinica2.pdf>
8. Probst S. 1. Valoración de lo normal y lo anómalo. Cuidados de heridas de enfermería, un enfoque centrado en la persona. 3ªed. Barcelona: Elsevier; 2021.
9. García González R. F. Gago fornells M. López Chumilla S. Abordaje de enfermería en heridas de urgencias. Rincón científico. [Internet]. 2013 [Consultado el 29 Dic 2023]; 24(3). Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/geroko/v24n3/helcos2.pdf>
10. Martín-Saco G. Galán Sánchez F. Mormeneo Bayo S. Candel F.J. García-Lechuz Moya J.M. Diagnostico microbiológico de las infecciones de heridas crónicas. [Internet]. 2022 [Consultado el 14 Ene 2024]. Disponible en: <https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimiento75.pdf>

11. GNEAUPP. Identificación de los criterios de infección en heridas. EWMA [Internet]. 2005 [Consultado el 04 Feb 2024]; 4: 1-17. Disponible en: <https://gneaupp.info/identificacion-de-los-criterios-de-infeccion-en-heridas/>
12. International wound infection institute. Wound infection in clinical practice. [Internet]. 2022 [Consultado el 04 Feb 2024]; Disponible en: <https://woundinfection-institute.com/wp-content/uploads/IWII-CD-2022-web-1.pdf>
13. Sánchez Padrós C. Toma de muestras para el cultivo microbiológico. Revista española de podología. [Internet]. 2010 [Consultado el 07 Feb 2024]; 21 (6): 237-239. Disponible en: <https://www.revesppod.com/Documentos/ArticulosNew/X021012381050088X.pdf>
14. Intramed [Internet]. [Intramed]; 2023 [Consultado el 07 Feb 2024]. ¿Mi herida está infectada?; [Aprox. 9 p.]. Disponible en: <https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoid=105360>
15. Descriptores en Ciencias de la Salud: DeCS [Internet]. Sao Paulo (SP): BIREME / OPS / OMS. 2023 [Consultado el 02 Mar 2024]. [Aprox. 2 p.]. Disponible en: <https://decs.bvsalud.org/es/>
16. Price N. Routine Fluorescence Imaging to Detect Wound Bacteria Reduces Antibiotic Use and Antimicrobial Dressing Expenditure While Improving Healing Rates: Retrospective Analysis of 229 Foot Ulcers. J wound care [Internet]. Dic 2019 [Consultado el 05 Mar 2024]; 28(12): 824-834. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33182630/>
17. Cole W. Coe S. Use of a bacterial fluorescence imaging system to target wound debridement and accelerate healing: a pilot study. J Wound Care. [Internet]. Jul 2020 [Consultado el 05 Mar 2024]; S29 (7): S44-S52. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32654620/>
18. Rennie M. Y. Lindvere-Teene L. Tapang K. Liden R. Point-of-care fluorescence imaging predicts the presence of pathogenic bacteria in wounds: a clinical study. J Wound Care. [Internet]. Ago 2017 [Consultado el 05 Mar 2024]; 26(8): 452-460. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28795890/>
19. DaCosta R.S. Kulbatsky I. Lindvere-Teene L. Starr D. Point-of-care autofluorescence imaging for real-time sampling and treatment guidance of bioburden in chronic wounds: first-in-human results. PLoS One [Internet]. Mar 2015 [Consultado el 05 Mar 2024]; 10(3). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25790480/>

20. Le L. Baer M. Briggs P. Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Fluorescence Imaging for the Detection of Bacterial Burden in Wounds: Results from the 350-Patient Fluorescence Imaging Assessment and Guidance Trial. *Adv Wound Care* [Internet]. Mar 2021 [Consultado el 05 Mar 2024]; 10(3):123-136. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32870774/>
21. Cole W., Coe S. Use of a bacterial fluorescence imaging system to target wound debridement and accelerate healing: a pilot study. *J Wound Care*. [Internet]. Dic 2019 [Consultado el 05 Mar 2024]; 28(12): 824-834. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33182630/>
22. Armstrong D. Edmonds M. Serena T. Point of care fluorescence imaging reveals extent of bacterial load in diabetic foot ulcers. *Int Wound J*. [Internet]. Nov 2022 [Consultado el 07 Mar 2024]; 20: 554-566. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36708275/>
23. C Wu Y. Smith M. Chu A. Handheld fluorescence imaging device detects subclinical wound infection in an asymptomatic patient with chronic diabetic foot ulcer: a case report. *Int Wound J*. [Internet]. 2015 [Consultado el 07 Mar 2024]; 449-453. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25907362/>
24. Janowska A. Davini G. Romanelli M. The association between pH and fluorescence as noninvasive diagnostic tools in chronic wounds. *The international journal of lower extremity wounds*. [Internet]. 2021 [Consultado el 07 Mar 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33998845/>
25. Raizman R. Little W. Smith A. C. Rapid diagnosis of *Pseudomonas aeruginosa* in wounds with point-of-care fluorescence imaging. *MDPI*. [Internet]. 2021 [Consultado el 07 Mar 2024]; 11(280): Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33670266/>
26. Andersen CA, McLeod K, Steffan R. Diagnosis and treatment of the invasive extension of bacteria (cellulitis) from chronic wounds utilising point-of-care fluorescence imaging. *Int Wound J*. [Internet]. Sep 2021 [Consultado el 07 Mar 2024]; 19: 996-1008. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34609047/>
27. Moscicka P. Cwajda-Biatsik J. Jawien A. Fluorescence – modern method of the diagnosis of chronic wounds on the example of venous leg ulcer. *ADVANCES IN DERMATOLOGY AND ALLERGOLOGY*. [Internet]. Feb 2023 [Consultado el 07 Mar 2024]; 66-71: Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36909920/>

28. Serena T. Harrell K. Serena L. Real time bacterial fluorescence imaging accurately identifies wounds with moderate-to-heavy bacterial burden. J Wound Care. [Internet]. Jun 2019 [Consultado el 07 Mar 2024]; 28(6): 346-357: Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31166857/>
29. Moelleken M. Jockenhöfer F. Dissemond J. Prospective clinical study on the efficacy of bacterial removal with mechanical debridement in and around chronic leg ulcers assessed with fluorescence imaging. Int Wound J. [Internet]. 2020 [Consultado el 08 Mar 2024]; 17: 1011-1018: Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32289211/>
30. Hurley C. M. McClusky P. Sugrue R. M. Efficacy of a bacterial fluorescence imaging device in an outpatient wound care clinic: a pilot study. J Wound Care [Internet]. Jul 2019 [Consultado el 08 Mar 2024]; 28(7): 438-443: Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31295094/>
31. ConSalud [Internet]. Madrid: ConSalud; Sep 2016 [Consultado el 07 May 2024]. La ONU alerta: “En 2050 morirá más gente por resistencia bacteriana que por cáncer”; [aprox. 4 p.]. Disponible en: https://www.consalud.es/pacientes/la-onu-alerta-en-2050-morira-mas-gente-por-resistencia-bacteriana-que-por-cancer_29948_102.html

Anexos.

Anexo 1: Búsquedas bibliográficas y resultados.

SICELO	Formulación	Resultados	Artículos preseleccionados	Artículos seleccionados
1ª Búsqueda	Úlceras and infección de heridas	9	0	0
2ª Búsqueda	Infección de heridas and diagnóstico	13	1	0
3ª Búsqueda	úlceras and fluorescencia	1	0	0
4ª Búsqueda	úlceras and infección de heridas and fluorescencia	0	0	0

GOOGLE SCHOLAR	Formulación	Resultados	Artículos preseleccionados	Artículos seleccionados
1ª Búsqueda	Úlcera and "infección de heridas" and fluorescencia	28	1	0
2ª Búsqueda	Ulcera" and "infección" and "métodos diagnósticos" and "fluorescencia"	44	3	0

PUBMED	Formulación	Resultados	Artículos preseleccionados	Artículos seleccionados
1ª Búsqueda	Ulcer and wound infection and fluorescence	35	15	11
2ª Búsqueda	Ulcer and "wound infection" and diagnostic techniques and procedures	142	6	1

BIBLIOTECA CROCHANE	Formulación	Resultados	Artículos preseleccionados	Artículos seleccionados
1ª Búsqueda	úlceras and infección de heridas and fluorescencia	0	0	0
2ª Búsqueda	úlceras and infección de heridas	40	0	0

Anexo 2: Artículos seleccionados.

Título del artículo	Point of care fluorescence imaging reveals extent of bacterial load in diabetic foot ulcers.
Año de publicación	2022
Autores	Armstrong D. Edmonds M. Serena T.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Interpretación de la imagen obtenida con fluorescencia en pies diabéticos.

Título del artículo	Handheld fluorescence imaging device detects subclinical wound infection in an asymptomatic patient with chronic diabetic foot ulcer: a case report.
Año de publicación	2015
Autores	C Wu Y. Smith M. Chu A.
Puntuación CASPe*	7/10
Contenido	Demostración de beneficios de la fluorescencia en el diagnóstico de infecciones.

Título del artículo	Use of a bacterial fluorescence imaging device: wound measurement, bacterial detection and targeted debridement.
Año de publicación	2019
Autores	Raizman R. Linden R. Dunham D.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Explica el sistema de medida de la extensión de la herida. Identifica distintos tipos de bacterias en la imagen producida por la fluorescencia.

Título del artículo	Routine fluorescence imaging to detect wound bacteria reduces antibiotic use and antimicrobial dressing expenditure while improving healing rates: retrospective Analysis of 229 foot ulcers.
Año de publicación	2020
Autores	Price N.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Especifica los beneficios que tiene el uso de la fluorescencia en el proceso de curación de las heridas y su tratamiento, incluyendo datos en porcentajes.

Título del artículo	Use of a bacterial fluorescence imaging system to target wound debridement and accelerate healing: a pilot study.
Año de publicación	2020
Autores	Cole W. Coe S.
Puntuación CASPe*	7/10
Contenido	Se centra en el sistema de medición de la extensión de la herida, y en el desbridamiento usando la fluorescencia para evaluarlo.

Título del artículo	Diagnostic accuracy of point-of-care fluorescence imaging for detection of bacterial burden in wounds: results from the 350-patient fluorescence imaging assessment and guidance trial.
Año de publicación	2021
Autores	Le L. Baer M. Briggs P.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Prueba que la fluorescencia es un método objetivo para identificar la presencia de bacterias en una herida.

Título del artículo	The association between pH and fluorescence as noninvasive diagnostic tools in chronic wounds.
Año de publicación	2021
Autores	Janowska A. Davini G. Romanelli M.
Puntuación CASPe*	7/10
Contenido	Compara el método de la fluorescencia con la detección de bacterias mediante el pH del lecho de la herida.

Título del artículo	Real time bacterial fluorescence imaging accurately identifies wounds with moderate-to-heavy bacterial burden.
Año de publicación	2019
Autores	Serena T. Harrell K. Serena L.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Relaciona el tipo de bacterias existentes en la herida con el color de fluorescencia reflejado. Comprueba la eficacia del tratamiento antibiótico y la evolución de la herida.

Título del artículo	Fluorescence – modern method of the diagnosis of chronic wounds on the example of venous leg ulcer.
Año de publicación	2023
Autores	Moscicka P. Cwajda-Biatsik J. Jawien A.
Puntuación CASPe*	6/10
Contenido	Estudia dos casos específicos de úlceras venosas, se observa como la aplicación de la fluorescencia ayuda a mejorar el tratamiento y la evolución de las heridas.

Título del artículo	Rapid diagnosis of Pseudomonas aeruginosa in wounds with point-of-care fluorescence imaging.
Año de publicación	2021
Autores	Raizman R. Little W. Smith A. C.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Se centra en detectar la bacteria pseudomonas aeruginosa mediante la fluorescencia, llega a la conclusión de que no es exacto, pero normalmente se encuentra en la zona marcada de color cyan.

Título del artículo	Point of care fluorescence imaging predicts the presence of pathogenic bacteria in wounds: a clinical study.
Año de publicación	2017
Autores	Rennie M. Y. Lindvere-Teene L. Tapang K.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Confirma que la fluorescencia es un método que no da falsos positivos y con el que se puede obtener el resultado de forma instantánea.

Título del artículo	Prospective clinical study on the efficacy of bacterial removal with mechanical debridement in and around chronic leg ulcers assessed with fluorescence imagin.
Año de publicación	2020
Autores	Moelleken M. Jockenhöfer F. Dissemond J.
Puntuación CASPe*	7/10
Contenido	Estudia la fluorescencia como ayuda en el desbridamiento de una herida infectada.

Título del artículo	Point-of-care autofluorescence imaging for real-time sampling and treatment guidance of bioburden in chronic wounds: first in human results.
Año de publicación	2015
Autores	Da Costa R. S. Kulbatski I. Lindvere-Teene L.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Apoya la idea de que la fluorescencia aporta mucha información y es de gran ayuda a la hora de tratar heridas infectadas.

Título del artículo	Efficacy of a bacterial fluorescence imaging device in an outpatient wound care clinic: a pilot study.
Año de publicación	2019
Autores	Hurley C. M. McClusky P. Sugrue R. M.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	Confirma que la fluorescencia puede ser un método seguro y rápido para la detección de bacterias.

Título del artículo	Diagnosis and treatment of the invasive extensión of bacteria (cellulitis) from chronic wounds utilising point-of-care fluorescence imaging.
Año de publicación	2021
Autores	Andersen C. A. McLeod K. Steffan R.
Puntuación CASPe*	8/10
Contenido	La fluorescencia es un método que puede ayudar a identificar en qué fase se encuentra la herida y el grado de infección que padece.

*Puntuación CASPe: Todos los artículos seleccionados han superado la plantilla CASPe para artículos sobre diagnóstico, por lo que todos han tenido una respuesta positiva en las 3 primeras preguntas de eliminación. La puntuación que se muestra es el número de respuestas positivas que se ha obtenido en cada uno, incluyendo las de eliminación, la puntuación máxima es 10. Si la respuesta es “Si”, la pregunta se puntúa con 1, si la respuesta es “No” la puntuación de la pregunta es 0 y en caso de que la respuesta sea “no se puede saber” la puntuación de la pregunta será 0,5.