

ESTADO ACTUAL SOBRE LAS MICOSIS ASOCIADAS CON PIE DIABÉTICO

JOHANA ALEXANDRA ARGÜELLO MARTÍNEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE BACTERIOLOGIA

BOGOTÁ

2012

ESTADO ACTUAL SOBRE LAS MICOSIS ASOCIADAS CON PIE DIABÉTICO

JOHANA ALEXANDRA ARGÜELLO MARTÍNEZ

TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar al título de

BACTERIOLOGA

DIRECTOR:
Dr. HUGO DIEZ, MSc, PhD
PROFESOR TITULAR
FACULTAD DE CIENCIAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BACTERIOLOGIA
BOGOTÁ
2012

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la resolución Nº. 13 de Julio de 1946:

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado. Solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”

TABLA DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVO GENERAL	10
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. METODOLOGÍA	10
4.1 Proceso de selección	10
4.2 Población de estudio	10
4.3 Las variables en estudio	11
4.3.1 Dependientes:	11
4.3.1.1 Hongos asociados a pie diabético.	11
4.3.2 Independientes:	11
4.3.2.1 Factores de riesgo asociados a infección fúngica en el pie diabético	11
4.4 Criterios de selección de la información	11
4.4.1 Criterios de inclusión:	11
4.4.1.1 Las publicaciones revisadas se seleccionaron con base a los objetivos planteados y se seleccionaron según los siguientes parámetros.	11
4.4.1.2 Año publicación: Información recolectada entre los años 2005 al 2012.	11
4.4.1.3 Idioma de la publicación: Inglés/ Español	11
4.4.1.4 Tipo de artículo: revisión de carácter experimental.	11
4.4.1.5 Los temas académicos incluidos:	11
4.4.1.5.1 Papel que desempeñan los hongos en la patología del pie diabético.	11
4.4.1.5.2 Presencia de hongos causantes de infecciones en pacientes con pie diabético.	11
4.4.1.5.3 Factores de riesgo que influyen en la infección y colonización fúngica en paciente con pie diabético.	11
4.4.1.5.4 Hongos asociados a pie diabético.	11

4.4.2 Criterios de exclusión de artículos:	11
4.4.2.1 Artículos que presenten publicaciones con las siguientes características:	11
4.4.2.2 Resúmenes de artículos o comentarios personales tipo editor.	11
4.4.2.3 Artículos divulgativos de carácter no científico.	11
4.4.2.4 Artículos en idiomas diferentes a inglés y español.	11
4.4.2.5 Informes técnicos comerciales.	11
4.4.2.6 Artículos que fueron publicados antes de 2005.	11
4.5 Estrategia de búsqueda	11
4.5.1 Para el desarrollo de la monografía se usó la estrategia de búsqueda mediante la utilización de los encabezados temáticos, operadores y palabras de texto relacionados con el tema como son:	11
4.5.2 Operadores: conectores entre los diferentes temas como Y (AND), O (OR), NO (NOT) CON (WITH), CERCA (NEAR).	11
4.5.3 Campos: se solicitaron como campos de búsqueda los parámetros: All Title MeSH AU AB.	11
4.5.4 Palabras claves: Pie Diabético/Hongos	11
4.5.5 Observación: los artículos se seleccionaron por más de un observador (estudiante y director) y discutido si entra dentro de los criterios de inclusión o no.	11
4.6 Recolección de la información	11
4.6.1 Tabulación de artículos: los datos para recopilar la información se tabularon en un formato de recolección tabla Excel.	11
4.6.2 Extracción de datos: a partir de la tabulación de artículos se dejaron únicamente aquellos que cumplieran con los criterios de inclusión.	11
5. MARCO TEÓRICO	12
5.1 El pie diabético	12
5.2 Fisiopatología del Pie Diabético	13
5.3 Diagnóstico del Pie Diabético	13
5.4 Clasificación de gravedad clínica del pie diabético	15
5.5 Tratamiento	16
5.6 Pie Diabético y sobreinfección	17
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
6.1 Papel que desempeñan los hongos en la patología del Pie	

Diabético	22
6.2 Presencia de hongos causantes de infecciones en pacientes Con Pie Diabético	23
6.3 Factores de riesgo que influyen en la infección y colonización Fúngica en pacientes con Pie Diabético	24
7. Hongos asociados a Pie Diabético	25
7.1 <i>Candida</i> spp.	26
7.2 <i>Fusarium</i> spp.	26
7.3 <i>Micetoma</i>	26
7.4 Dermatofitos	27
8. Estudios en Latinoamérica-Colombia	28
9. CONCLUSIONES	29
10. RECOMENDACIONES	30
11. REFERENCIAS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato para registro tabulación artículos consultados	19
Tabla 2. Clasificación de Wagner de úlcera para pie diabético	15
Tabla 3. Sistema de clasificación de heridas Universidad de Texas	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Artículos incluidos y excluidos en la monografía	21
Figura 2. Artículos que hablaron sobre hongos asociados a infección en pie diabético	21
Figura 3. Frecuencia de los factores de riesgo en los artículos revisados	22
Figura 4. Fisiopatología de la úlcera del pie diabético	13
Figura 5. Mecanismo de producción de la úlcera del pie diabético	14
Figura 6. Tiñas del cuerpo	18
Figura 7. Principales especies de dermatofitos-aspecto en el laboratorio	18

ESTADO ACTUAL SOBRE LAS MICOSIS ASOCIADAS CON PIE DIABÉTICO

1. INTRODUCCIÓN

El pie del paciente diabético requiere de especial cuidado clínico y atención médica, ya que es una de las estructuras del cuerpo humano donde se generan las principales complicaciones crónicas de la diabetes, por lo tanto su importancia en la evaluación de la integridad anatómica de arterias, venas, tejido epitelial, muscular, tendones, bolsas sinoviales, vainas tendinosas, estructuras óseas y cartilaginosas. De igual forma definir las causas de pie diabético que incluyen fenómenos fisiopatológicos, neuropáticos, angiopáticos, traumáticos e infecciosos [1]. Las infecciones son el resultado de lesión de tejidos blandos seguida de celulitis que se pueden diseminar a hueso. Los importantes avances en el conocimiento de la hemodinámica microvascular y en el manejo de la imagen, en la evaluación del endotelio y su dinámica, permiten al médico predecir el estado de salud de la región del pie previniendo de complicaciones como la perforación plantar, el pie diabético infectado y la neuropatía diabética. Existen diversos estudios acerca de las relaciones y asociaciones entre el microorganismo infectante y la fase clínica de la patología, pero en su mayoría son realizados en bacterias debido al componente inflamatorio que complica el cuadro clínico del paciente [2]. No hay un criterio claro del papel que desempeñan los hongos en la patología. Conocer el pie en riesgo, instaurar un adecuado tratamiento oportuno, detectar precozmente las lesiones de tejido e identificar los microorganismos incluyendo hongos, resuelve satisfactoriamente más del 60% del problema evitando la amputación del mismo [3].

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:

En Colombia la diabetes mellitus tipo 2 ha alcanzado proporciones epidémicas y la prevalencia de complicaciones crónicas entre ellas el pie diabético va ligada a su incremento [4]. El riesgo de ulceración y amputación es cada vez más frecuente debido en parte a las sobreinfecciones que se presentan por bacterias resistentes a antibióticos y hongos causantes de micosis superficiales y cutáneas. Aunque las bacterias se identifican de manera rutinaria es muy raro que se analice la presencia de hongos y se determine su papel en la patología [5-8]. El pie diabético repercute considerablemente en el sistema de salud como en la seguridad social debido a que es fuente de discapacidad laboral. La amputación es un evento prevenible mediante campañas educativas, autocuidado en el paciente afectado, métodos de prevención que buscan disminuir traumas que generan lesiones cutáneas, la detección temprana de daño neuropático y vascular así como el diagnóstico precoz de la infección, entre estas la importancia de introducir la identificación de hongos.

Dado que las amputaciones del pie por causa de la diabetes es mayor que las amputaciones de origen traumático y que el tratamiento de las infecciones en el pie diabético es complejo por los diferentes factores que intervienen en su desarrollo. El grupo de investigación BASPI

del Departamento de Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) lleva una década dedicado a realizar investigaciones para predecir el desarrollo de la enfermedad con el fin de prevenir el proceso de amputación. Estos estudios incluyen evaluar alteraciones de distribución plantar, diseño de plantillas computarizadas, el uso de las Tics y recientemente en asociación con el Grupo de Enfermedades Infecciosas de la Facultad de Ciencias de la PUJ se empiezan a implementar modelos para evaluar la posible relación entre los hongos y las diferentes imágenes que se analizan en las plantillas computarizadas [9-11]. Establecer si la imagen computarizada de un paciente con pie diabético tiene alguna característica especial ante la infección por hongos y si esta se diferencia de un individuo sano o de un individuo infectado no diabético, se constituirá en una valiosa herramienta para establecer un sistema de predicción del desarrollo de la enfermedad y su asociación con el proceso infeccioso. Como parte de este proyecto se realizará una revisión teórica del tema que permita conocer el estado del arte actual, razón por la cual en este proyecto se realizará una monografía para evaluar el papel que desempeñan los hongos dentro la patología del pie diabético.

3. OBJETIVO GENERAL

- Conocer el estado actual de las infecciones por hongos presentes en pacientes con pie diabético.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la presencia de hongos asociados a infecciones en pacientes con pie diabético.
- Identificar los factores de riesgo que influyen en la colonización y en el desarrollo de la infección fúngica de los pies de pacientes diabéticos a partir de una revisión de la literatura.

4. METODOLOGÍA:

4.1. Proceso de selección:

4.1.1 Para el desarrollo de esta monografía se realizó una búsqueda de artículos/libros involucrados con la relación de infecciones por hongos en pacientes con pie diabético en bases de datos como Elsevier, Hinari, Medline, MDconsult, Medical library (proquest), Medlatina (Ebscohost), National library of Medicine, Science direct, Scielo.

4.2. Población de estudio:

4.2.1 Conformada por artículos y libros de bases de datos reconocidas, actualizados y con información acerca de hongos – Pie Diabético – Factores de riesgo – Infección fúngica.

4.3. Las variables en estudio son:

4.3.1 Dependientes:

4.3.1.1 Hongos asociados a pie diabético.

4.3.2 Independientes:

4.3.2.1 Factores de riesgo asociados a infección fúngica en el pie diabético.

4.4. Criterios de selección de la información:

4.4.1 Criterios de inclusión:

4.4.1.1 Las publicaciones revisadas se seleccionaron con base a los objetivos planteados y se seleccionaron según los siguientes parámetros.

4.4.1.2 Año publicación: Información recolectada entre los años 2005 al 2012.

4.4.1.3 Idioma de la publicación: Inglés/ Español

4.4.1.4 Tipo de artículo: revisión de carácter experimental.

4.4.1.5 Los temas académicos incluidos:

4.4.1.5.1 Papel que desempeñan los hongos en la patología del pie diabético.

4.4.1.5.2 Presencia de hongos causantes de infecciones en pacientes con pie diabético.

4.4.1.5.3 Factores de riesgo que influyen en la infección y colonización fúngica en paciente con pie diabético.

4.4.1.5.4 Hongos asociados a pie diabético.

4.4.2 Criterios de exclusión de artículos:

4.4.2.1 Artículos que presenten publicaciones con las siguientes características:

4.4.2.2 Resúmenes de artículos o comentarios personales tipo editor.

4.4.2.3 Artículos divulgativos de carácter no científico.

4.4.2.4 Artículos en idiomas diferentes a inglés y español.

4.4.2.5 Informes técnicos comerciales.

4.4.2.6 Artículos que fueron publicados antes de 2005.

4.5. Estrategia de búsqueda:

4.5.1 Para el desarrollo de la monografía se usó la estrategia de búsqueda mediante la utilización de los encabezados temáticos, operadores y palabras de texto relacionados con el tema como son:

4.5.2 Operadores: conectores entre los diferentes temas como Y (AND), O (OR), NO (NOT) CON (WITH), CERCA (NEAR).

4.5.3 Campos: se solicitaron como campos de búsqueda los parámetros: All Title MeSH AU AB.

4.5.4 Palabras claves: Pie Diabético/Hongos

4.5.5 Observación: los artículos se seleccionaron por más de un observador (estudiante y director) y discutido si entra dentro de los criterios de inclusión o no.

4.6. Recolección de la información:

4.6.1 Tabulación de artículos: los datos para recopilar la información se tabularon en un formato de recolección tabla Excel.

4.6.2 Extracción de datos: a partir de la tabulación de artículos se dejaron únicamente aquellos que cumplieran con los criterios de inclusión.

5. MARCO TEORICO

La OMS define la Diabetes Mellitus (DM) como una enfermedad crónica que acontece cuando el páncreas no produce suficiente insulina o el organismo no utiliza eficazmente la insulina producida. La hiperglucemia es el resultado de una diabetes no controlada que ocasiona daños en órganos y sistemas, principalmente nervios y vasos sanguíneos. Hay más de 346 millones de personas con diabetes en el mundo. El riesgo de muerte es 2 veces mayor que en personas que no padecen la enfermedad, de los cuales más del 80% de las muertes toman lugar en países de ingresos medios y bajos, cerca de la mitad de esas muertes acontecen en edades inferiores a los 70 años, y un 55% corresponden a mujeres. La OMS considera que las muertes podrían duplicarse entre el 2005 y 2030 [12]. Teniendo en cuenta que la DM es una de las enfermedades metabólicas más importantes, datos demuestran que afecta a la población europea 2-5%, Estados Unidos 5-10% y en el resto del mundo hasta un 20% [13]. Argentina y Chile señalan que en las Américas se encontraron 62,8 millones personas con Diabetes en el 2011, y podría llegar a los 91,1 millones en el 2030 [14].

La diabetes se encuentra entre las cinco primeras causas de mortalidad en Colombia y el porcentaje de muerte aumenta 1% en la población < 40 años hasta el 6% en la población de 60-69 años. El porcentaje disminuye a 4% en > 80 años. Los reportes de diabetes como causa de defunción no se suelen tener muy en cuenta, así que probablemente la letalidad puede ser mayor en esta enfermedad. El Atlas de la Federación Internacional de Diabetes estima que el número de muertes por diabetes es de 5.571 en hombres y de 5.829 en mujeres en la población colombiana entre 20-79 años, donde la prevalencia de la Diabetes tipo 2 es aproximadamente 7.4% en hombres y del 8.7% en mujeres. Se contempla que el número de personas con diabetes aumente en un 148% en América Latina y 40% en la población en general [4]. Es importante tener en cuenta que las posibilidades de muerte así como de complicaciones crónicas (enfermedades cardiovasculares, ceguera, nefropatía, úlceras) y amputaciones de miembros inferiores (pie diabético) aumentan con un control inadecuado de la diabetes [14]. La ulceración que se presenta del 2-19% y la infección del pie 15% en los pacientes diabéticos es un problema común y complicado de los cuales del 7-20% van a requerir de la amputación como tratamiento definitivo implicando alto costos en el sector de la salud [3,13].

5.1. El pie diabético

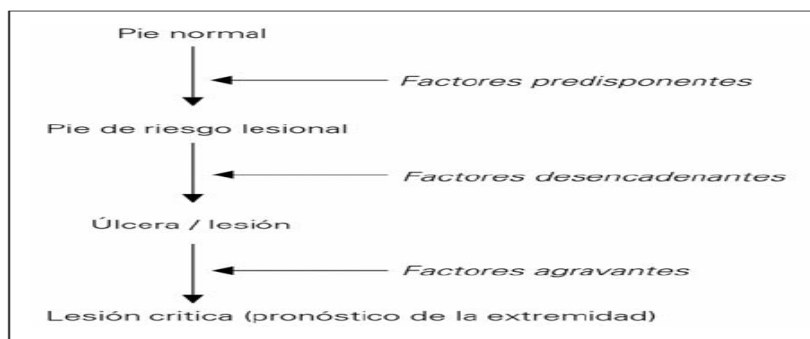
La OMS define el pie diabético como: "El pie de un paciente diabético es el que tiene el riesgo potencial de consecuencias patológicas, incluyendo la infección, ulceración, destrucción profunda de tejidos ligado a diversos grados de enfermedad vascular periférica y complicaciones metabólicas en el miembro inferior". Además se espera que el 15% de los pacientes con diabetes desarrollen una úlcera principalmente en los miembros inferiores durante el curso de la enfermedad [3]. La ruptura del revestimiento cutáneo se conoce como úlcera del pie diabético, donde generalmente se despliega a lo largo de la dermis teniendo el riesgo de infectarse, igualmente puede haber infección sin ruptura de la piel como es el caso de la osteomielitis y celulitis. La úlcera puede llegar a ser aguda o crónica y esta última se

asocia a un peor resultado, como es la amputación. Es importante valorar tres aspectos ante una lesión ulcerada: la profundidad, la infección y la isquemia, estos determinarán el riesgo de amputación [15].

Existe una incidencia de 50% de sufrir una lesión grave seguida de una amputación no traumática de las extremidades inferiores, y otra del 50% de amputación entre 2-5 años después de haber tenido una amputación no traumática de las extremidades inferiores [3]. El cuidado detallado del pie diabético es valioso para prevenir infecciones y complicaciones (amputación y sepsis) [16]. Cada 30 segundos en el mundo se realiza una amputación de los miembros inferiores en un paciente diabético. El 85% de estas amputaciones son ocasionadas por una lesión pequeña del pie y 4 de cada 5 de estas lesiones tienen un origen externo reconocible y consecuentemente evitable [17]. Una amputación realizada correctamente junto una adecuada rehabilitación logra mejorar, algunas veces, la calidad de vida del paciente que ha sido afectado con úlceras crónicas que no responde a tratamientos, permitiendo al paciente conservar su funcionalidad [15].

5.2. Fisiopatología del pie diabético

Conocer la fisiopatología es fundamental para el cuidado del pie diabético, ya que modificando los factores que influyen en su progreso se consigue salvar el pie o mantenerlo ileso para que el paciente pueda tener una vida normal (figura 4) [16].



**Figura 4. Fisiopatología de la úlcera del pie diabético.
(Tomada de la Asociación Española del Cirujano 2008)**

La fisiopatología del pie diabético consiste en un proceso de interacción de diversos factores. Dentro de estos encontramos los factores predisponentes, que pueden ser primarios, primordialmente la neuropatía diabética que se asocia en mayor o menor grado a la macro y microangiopatía, o secundarios, que dan lugar a un pie sensible, de alto riesgo. Donde toman lugar factores precipitantes o desencadenantes, siendo el más importante el traumatismo mecánico, provocando úlcera o necrosis. Al establecerse la lesión actúan factores agravantes, como la infección, que puede provocar deterioro tisular extenso; isquemia, que retardará la cicatrización, y la neuropatía, que impide el reconocimiento de la lesión como del factor precipitante (Figura 5) [16,17-18].

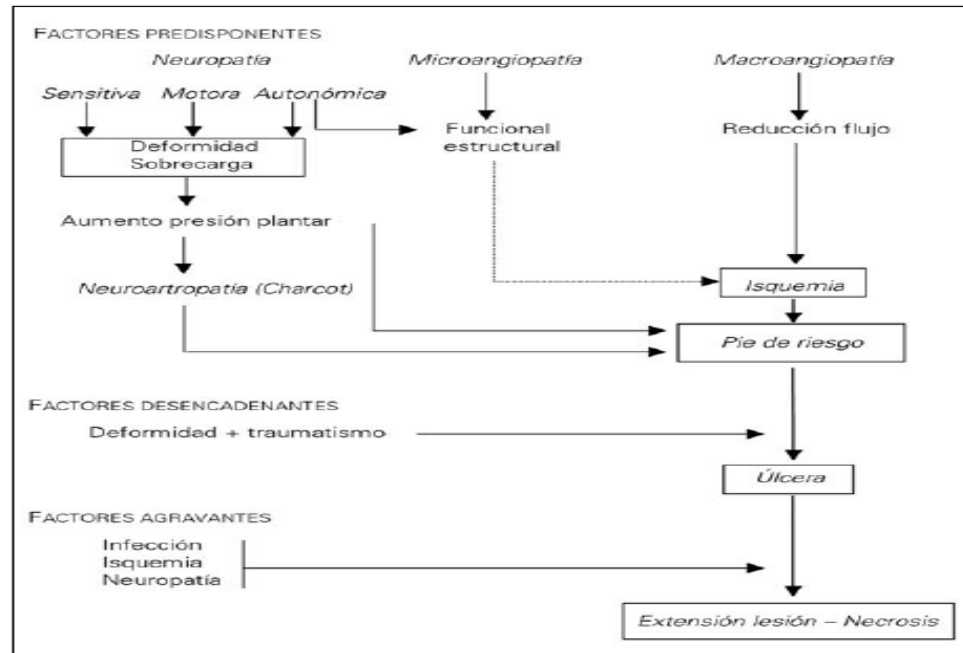


Figura 5. Mecanismo de producción de la úlcera del pie diabético.
(Tomada de la Asociación Española de Cirujano 2008)

5.3. Diagnóstico del Pie Diabético

Existen diversos métodos diagnósticos de los cuales encontramos: a) la radiografía que se encarga de mostrar la destrucción osteoarticular en las zonas afectadas y suficiente para el diagnóstico, b) La resonancia magnética (RM) esencial en el diagnóstico en la fase aguda de la enfermedad c) La gammagrafía tiene poca importancia en la práctica clínica; solo en casos de duda en osteítis, es muy sensible pero poco específica, d) La tomografía computarizada con emisión de positrones (PET) confirman o descartan el diagnóstico de osteítis[17].

La radiografía simple presenta una sensibilidad del 70-95% y una especificidad del 43-89% en el diagnóstico de osteomielitis, fundamental en el momento de identificar las anomalías relacionadas con la neuroartropatía de Charcot; cambios radiológicos en ausencia de lesión o antecedentes de esta raramente representan osteomielitis, debido a que la infección se produce por inoculación directa en la mayoría de casos. La gammagrafía ósea de tres fases muestra una sensibilidad del 93-100% y una especificidad cercana al 80% permitiendo la detección y localización de la osteomielitis y diferenciarla de la infección de tejidos blandos; su limitación consiste en ser un método con alta demanda. La resonancia magnética nuclear (RMN) no es específica ni definitiva, es útil en la detección de abscesos y diagnóstico diferencial (osteopenia regional transitoria y el síndrome regional complejo). La tomografía por emisión de positrones (PET), ha tomado importancia en el diagnóstico de esta entidad, primordialmente cuando es utilizada junto a la tomografía computarizada (TC), conocida como PET-TC, reconoce una localización más anatómica de la lesión, ya que expone captaciones de baja a mediana intensidad, en comparación con la osteomielitis que son de más alta intensidad. Recientemente, Heiba y cols, demostraron que PET-TC mejoraba la evaluación del pie diabético infectado siendo este más sensible y específico,

puesto que diferencia la infección de tejidos blandos y la osteomielitis, además permite una localización anatómica precisa [13].

5.4. Clasificación de gravedad clínica del pie diabético

Han existido muchos sistemas de clasificación de riesgo de los cuales encontramos: Birke y Sims: Sistema diseñado para evaluar inicialmente las condiciones no agudas. Se divide en cuatro categorías (0-4) clasificando al paciente desde una pérdida de la sensibilidad hasta la presencia de úlcera o fractura neuropática con anomalías significativas. Además se hacen recomendaciones basadas en el riesgo del uso de zapatos utilizados para el pie. Este sistema de clasificación no es específica, pero incluye la infección. Es útil para la detección, pero no es tan significativa en condiciones activas o agudas (ulceración abierta u osteoartropatía neuropática aguda). Enna: Describe 4 categorías de pies sin sensibilidad no ulcerados. 1) Personas que carecen de sensibilidad sobre la planta del pie 2) Personas que sufren de una pérdida de sensibilidad y "deficiencia del tejido celular subcutáneo" 3) Pérdida del límite de protección plantar, deficiencia del tejido blando plantar y deformidad grave 4) Deformidad, rigidez en los pies secundaria a la desintegración ósea distal o cirugía ablativa. En esta clasificación se hacen recomendaciones en cuanto al uso de calzado apropiado. Stess y Hetherington: clasifica a los pacientes en 3 categorías: 1) pacientes con falta de límites de protección, pero sin úlcera y sin destrucción ósea activa 2) pacientes con destrucción activa del hueso 3) pacientes ulcerados con o sin deformidad ósea. Este sistema subdivide las úlceras de la simple a la más compleja. Además no describe la insuficiencia vascular, ni tampoco la infección. Ulbrecht: Este diseño ayuda a pronosticar el riesgo de ulceración en la planta del pie del paciente neuropático. Incluye 4 variables: deformidad del pie, tiempo de carga, amortiguación del calzado y el nivel de actividad. No incluye el estado vascular o evaluación de la infección [18]. Entre los diversos sistemas de clasificación utilizados para el pie diabético, el sistema de clasificación de Wagner y el sistema de clasificación de Texas son los más populares (Tablas 2-3) [3].

**Tabla 2. Clasificación de Wagner de úlcera para pie diabético
(Tomado de Chand 2012)**

Grado	Descripción
0	Sin úlcera, pueden tener deformidades o celulitis
1	Úlcera superficial que implica el grosor de piel pero sin tejidos profundos
2	Úlcera profunda, penetrando hasta los ligamentos, músculos y los huesos, pero sin formación de abscesos
3	Úlcera profunda con celulitis o formación de abscesos, a menudo con osteomielitis
4	Gangrena localizada
5	Gangrena extensa que involucra todo el pie

Tabla 3. Sistema de Clasificación de heridas Universidad de Texas (Tomado de Chand 2012)

Etapa	Grado 0	Grado I	Grado II	Grado III
A	Lesión completamente epitelizada pre- o post ulcerativa	Herida superficial sin involucrar, tendón, cápsula o hueso	Herida penetrante a tendón o cápsula	Herida penetrante a hueso o articulación
B	Infectado	Infectado	Infectado	Infectado
C	Isquemia	Isquemia	Isquemia	Isquemia
D	Infectado + Isquemia	Infectado + Isquemia	Infectado + Isquemia	Infectado + Isquemia

5.5. Tratamiento

El tratamiento para pie diabético debe evaluar diferentes factores donde el objetivo principal sea la prevención así como la valoración y el tratamiento específico para el paciente. Dentro de los nuevos avances encontramos: a) La Terapia de Presión Negativa es un método coadyuvante altamente eficaz, logrando excelentes resultados en cuanto a la cicatrización, curación y disminución de amputación en la extremidad. Además de un factor importante a nivel del sector salud como es disminuir la hospitalización, b) La oxigenoterapia hiperbárica requiere más experiencia antes de ser utilizada de forma general para el cuidado habitual del pie diabético, c) Terapia celular (factores de crecimiento y células madre) pretende tener un beneficio en relación a las terapias convencionales en cuanto a curación y cicatrización, pero también es necesario más estudios que comprueben su eficacia y seguridad, optimizando su metodología, permitiendo el uso generalizado y seguro de este método. Se esperan muy buenos resultados de este tratamiento, d) Terapia con apósito modulador de proteasas (COR+C) alcanza muy buenos resultados en pacientes con pie diabético, principalmente en la cicatrización, regeneración tisular, estancia hospitalaria y bajos costos comparado con la terapia convencional donde ha sido comprobado científicamente, e) La estimulación eléctrica a bajo voltaje es nueva y aún requiere de mayor experiencia y por lo tanto resultados que demuestren beneficios como seguridad en el tratamiento, f) Aportes nutricionales es una alternativa terapéutica que ha obtenido resultados satisfactorios, sin embargo al igual que otros tratamientos necesitan de una mayor evidencia con el fin de estandarizar este método terapéutico[16]. El objetivo principal de adquirir estos tratamientos es ayudar a combatir la infección y conservar la extremidad del paciente; pero esto no significa que debe abandonar los cuidados generales que se deben realizar en pacientes con pie diabético.

Además las amputaciones deben considerarse como una forma de tratamiento, teniendo presente la recuperación. Las intervenciones quirúrgicas no vasculares se pueden realizar bajo los siguientes criterios: a) Electiva: Buscan alivio del dolor B) Profiláctica: Evitan o reducen el riesgo de ulceración C) Curativa: Aceleran el proceso de curación de la úlcera D) Emergente: Para lograr el control de la infección que pone en riesgo la extremidad [19].

5.6. Pie diabético y sobreinfección

La infección generalmente es causada por bacterias aerobias (gram-positivas y gram-negativas) y anaerobias, pueden infectar individualmente o en conjunto y esta depende de la respuesta inmune del paciente diabético, igualmente bacterias que se consideran como comensales en la piel pueden producir daños graves en los tejidos. Estas infecciones graves son principalmente polimicrobianas (gram-positivos y gram-negativos junto con anaerobios) [20]. Son el resultado de úlceras en los pies que pueden ser de origen Neuropático o Angiopático teniendo en cuenta que cualquier alteración de la piel en los pies pueden generar una puerta de entrada de bacterias produciendo complicaciones como la pérdida de un miembro o incluso poner en riesgo la vida.

Existen 2 tipos de infecciones microbianas: Infecciones superficiales: fundamentalmente celulitis donde se suele encontrar *Staphylococcus*, *Streptococcus*. Infecciones profundas: Comprometiendo huesos, tendones y músculos, asociado a flora polimicrobiana (gram positivos: *Staphylococcus*, *Streptococcus*; gram negativos: *E. coli*, *Proteus*. Anaerobios: Bacteroides, clostridios, peptococos). Las micosis de los pies presentan fisuras incrementando el riesgo de infecciones bacterianas es por eso que se debe tener en cuenta evaluar los pliegues interdigitales y uñas. Adicionalmente en la reinfección principalmente por microorganismos ya tratados con antibióticos, se han identificado patógenos con alta resistencia antibiótica a punto tal que tienen un comportamiento similar a las infecciones nosocomiales siendo común aislar SAMR, BLEES e incluso bacterias KPC positivas[46]. Hay aspectos que pueden asociarse a un alto riesgo de aparición de microorganismos multiresistentes: cronicidad, tratamiento antibiótico inadecuado y hospitalización [5].

Los hongos colonizan la capa superficial de la piel (constituida por células muertas) de las zonas húmedas del cuerpo como los dedos de los pies; cuando se produce una infección por hongos, se observa enrojecimientos, descamación y prurito leve en la mayoría de casos, aunque puede llegar a una penetración más profunda, causando inflamación y ampollas y descamación del área afectada [21].

Según la clasificación clínica de las micosis cutáneas se encuentran relacionadas de acuerdo a la profundidad de la infección: 1) Micosis superficiales: parasitan piel, adyacentes y mucosas donde encontramos a *Candida spp* como la especie relacionada a micosis superficial en pie diabético. 2) Micosis profundas: parasitan piel y tejido celular subcutáneo, llegando a invadir otros órganos. La dermatofitosis es un conjunto de dermatosis ocasionadas por dermatofitos, son hongos que presentan enzimas proteolíticas que digieren la queratina, parasitando estructuras queratinizadas (piel, pelo y uñas). Se clasifican en tres géneros: *Microsporum*, *Trichophyton* y *Epidermophyton*. Además pueden clasificarse según su origen en: antropofílicos (parasitan sólo al hombre) zoofílicos (infecciones originarias de animales) y geofílicos (procedentes del suelo) [22-23].

C. albicans es una levadura saprofita que puede convertirse en patógena por factores que favorecen su colonización como el uso prolongado de antibióticos utilizado en pacientes que presentan infección en pie diabético, además de sufrir una enfermedad de base como es la diabetes que contribuye a su proliferación encontrándose en la mayoría de casos en los pequeños pliegues interdigitales de los pies [23].

Es importante reconocer que los dermatofitos son un grupo de hongos filamentosos que causan infecciones de la piel (Figura 6 enfermedades, Figura 7 especies típicas de dermatofitos) [20] el cual tinea pedis y onicomicosis son las tineas relacionadas a estos pacientes con pie diabético. Aunque no se ha logrado una identificación específica de la especie de dermatofito que afecta a este tipo de pacientes, en el caso de tinea pedis y onicomicosis *T. rubrum* es la especie más frecuente y un segundo lugar *T. mentagrophytes* [24].

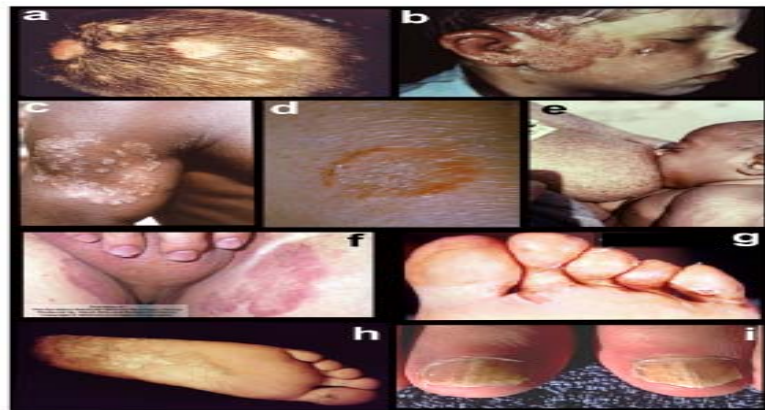


Figura 6. (Tomado de Achterman 2012) Tiñas del cuerpo. Son infecciones por dermatofitos de la piel. a) Infecciones fúngicas de cabello (tiña capitis), b) cara (tiña capitis), c) brazo (tiña corporis), d) tiña, e) torso (tiña imbricata / tiña corporis), f) ingle (tiña cruris), g) dedo del pie (tiña pedis), h) pie (tiña pedis / tipo mocasín), i) uñas (onicomicosis).

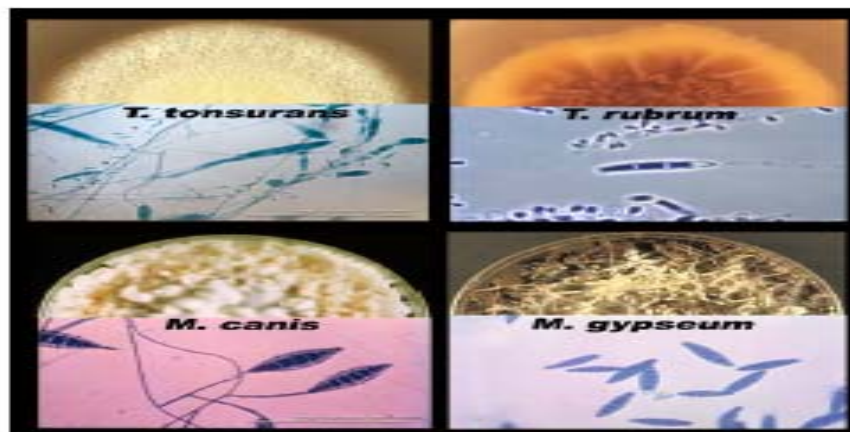


Figura 7. (Tomado de Achterman 2012) Principales especies de dermatofitos-aspecto en el laboratorio. Cada conjunto muestra uno de las cuatro especies de dermatofitos, donde el semicírculo de hongo es la demostración de lo que crece en el agar (arriba) y la imagen microscópica de los conidios asexuales (macroconidios y microconidias, parte inferior).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 64 artículos de los cuales 30 cumplían con los criterios de inclusión, cuyas características se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 1. Formato para registro y tabulación de artículos consultados

No.	Autor	Año	Artículo	Idioma	Palabra clave	Factor de riesgo	Hongo
1	Callisaya et al.	2007	Experimental	Español	Micosis, Frecuencia	-	-
2	Lipsky	2009	Experimental	Ingles	Diabetic foot infection	Resistencia antibióticos	-
3	Tiwari et al.	2012	Experimental	Ingles	Diabetic Foot Infectio	Inmunodeficiencia Tratamiento inadecuado	<i>Candida spp.</i>
4	Barberán et al.	2010	Experimental	Ingles	Diabetic Foot infection	Inmunodeficiencia	-
5	Asociación española de cirujanos et al.	2008	Teórico	Español	Infección en pie diabético	Inmunodeficiencia	<i>Candida spp.</i>
6	Gonzales et al.	2012	Review	Ingles	Diabetic Foot Infection	Infección Poli microbiana, Inmunodeficiencia	<i>Candida spp.</i>
7	Mercado et al.	2012	Experimental	Español	Pie diabético	-	<i>Candida spp.</i>
8	Blanes et al.	2012	Teórico	Español	Riesgo Pie diabético	Inmunodeficiencia	Tinea pedis <i>Candida spp</i>
9	Dávalos et al.	2008	Experimental	Español	Infección pie diabético	Antibióticos	-
10	Macías et al.	2011	Experimental	Español	Pie diabético	-	<i>Candida spp.</i>
11	Martínez et al.	2009	Experimental	Español	Infecciones en pie diabético	-	<i>Candida spp.</i>
12	Burillo et al.	2007	Review	Español	Infección, Pie diabético	Inmonodeficiencia, Inadecuado tratamiento, Heridas de larga duración.	-
13	Barberán	2009	Teorico	Español	Infección pie diabético	Úlcera crónica Antibióticos Infección polimicrobiana Hospitalización	<i>Candida spp.</i>
14	Mendes et al.	2012	Teórico	Ingles	Diabetic Foot Infection	Inmunodeficiencia por barrera de la piel	-

15	Richard et al.	2011	Teórico	Ingles	Diabetic Foot Infection	Resistencia Antibióticos	-
16	Bristow et al.	2009	Review	Ingles	Fungal Foot Infection	-	Tineas
17	Fata et al.	2011	Experimental	Ingles	Mycotic infection Diabetic foot	Inmunodeficiencia Glicemia no controlada	<i>Candida spp</i>
18	Seema et al.	2007	Experimental	Ingles	Fungi Diabetic Foot	-	<i>Candida spp.</i> <i>Arpergillus spp</i> <i>Fusarium spp</i>
19	Özyurt	2008	Caso	Ingles	Fungal diabetic foot	Inmunodeficiencia Andar descalso Hombre Mayor de años	<i>Fusarium Sporotrichioides</i>
20	Fisher et al.	2010	Experimental	Ingles	Diabetic Foot Infection	Antibióticos	-
21	Chellan et al.	2010	Experimental	Ingles	Fungi Diabetic Foot	Inmunodeficiencia Glicemia no controlada	<i>Candida spp.</i>
22	Missoni et al.	2005	Experimental	Ingles	Fungi Diabetic Foot	Antibióticos Cubrimiento prolongado del pie	<i>Candida spp.</i>
23	Frykberg et al.	2006	Teórico	Ingles	Diabetic Foot Infection	Resistencia antibióticos	<i>Candida spp.</i>
24	Bristow	2008	Review	Ingles	Diabetic Foot	Inmunodeficiencia	-
25	Missoni et al.	2005	Experimental	Ingles	Diabetic Foot	-	<i>Candida spp.</i>
26	Fekih et al.	2012	Experimental	Ingles	Foot infection	-	<i>Candida spp.</i>
27	Nucci et al.	2007	Teórico	Ingles	Diabetic Infection	Inmunodeficiencia	-
28	Wu et al.	2009	Caso	Ingles	Foot Infection	Inmunodeficiencia	<i>Fusarium spp</i>
29	Malone et al.	2011	Caso	Ingles	Diabetic Foot Infection	Lesión prolongada	Micetoma
30	Leung	2007	Review	Ingles	Diabetic Foot	Inmunodeficiencia	Tinea Pedis <i>Candida spp.</i>

De 64 artículos que se encontraron durante la búsqueda, 30 (47%) entraron dentro de los criterios de inclusión, los demás no cumplían con alguno de los requisitos y fueron excluidos de la monografía (Figura 1). De los 30 artículos que estuvieron dentro de los criterios de inclusión 20 (67%) se tomaron para el cumplimiento del primero objetivo como era la asociación de hongos a infecciones en pacientes con pie diabético (Figura 2) y de ellos 22 (43%) se tomaron para el cumplimiento del segundo objetivo que consistía en el análisis de los factores de riesgo para desarrollar infección por hongos en pie diabético, que serán analizados más adelante según lo encontrado en la revisión (Figura 3).

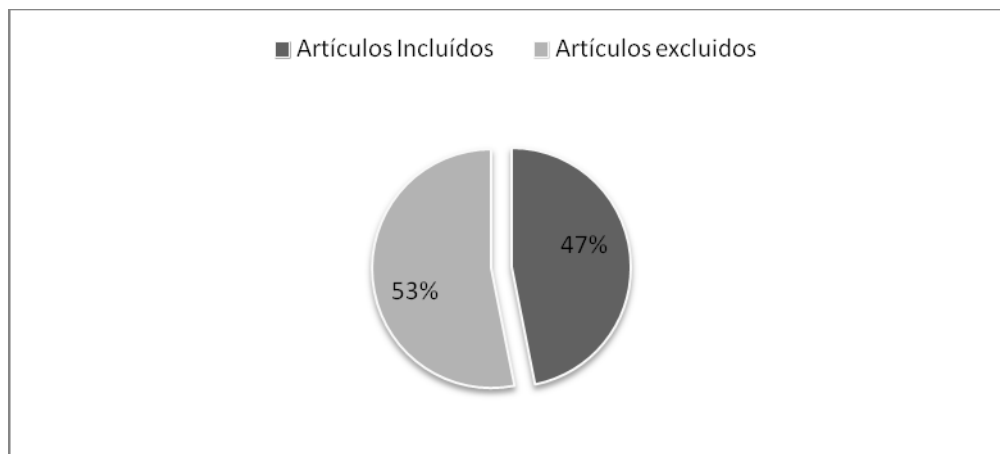


Figura1. Artículos incluidos y excluidos en la monografía.

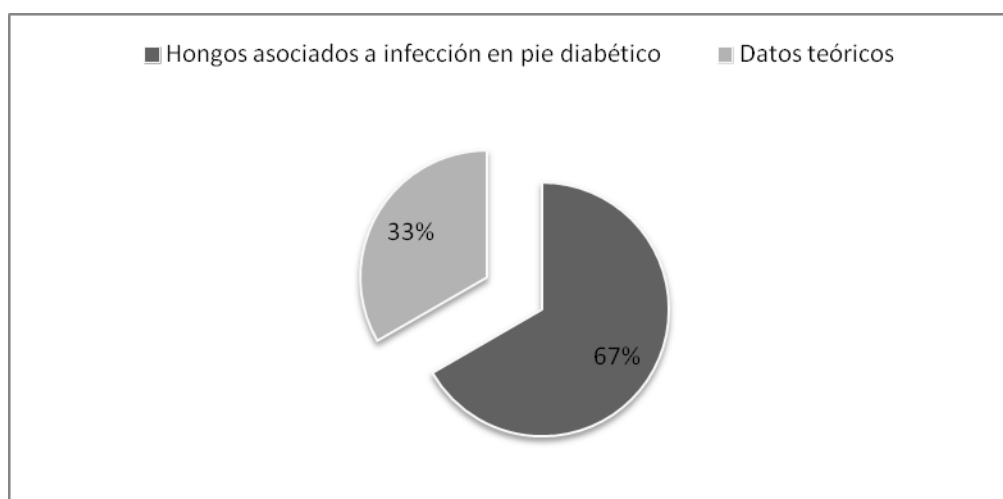


Figura 2. Artículos que hablaron sobre la presencia de hongos en infección en pie diabético.

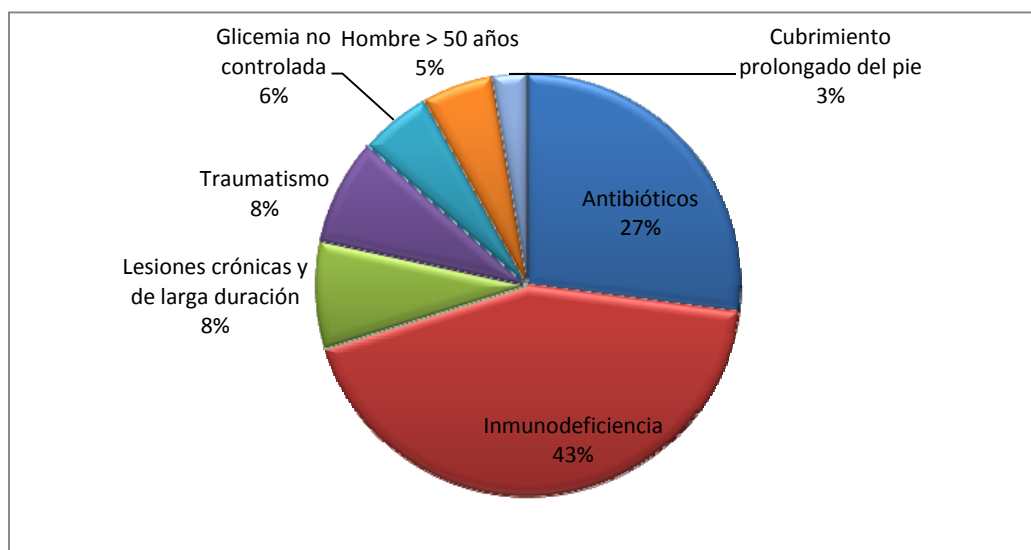


Figura 3. Factores de riesgo encontrados en los artículos revisados.

6.1. Papel que desempeñan los hongos en la patología del pie diabético

Con la intención de cumplir el objetivo general se realizó una revisión sobre el papel de los hongos dentro de la patología de pie diabético, resultado de la diabetes no controlada junto a un inadecuado manejo sanitario que conlleva a lesiones necróticas, gangrena y finalmente amputación. Las Infecciones micóticas juegan un papel importante en el desarrollo de lesiones crónicas [25]. La infección fúngica, aunque en algunos casos poco evidentes, es una complicación muy común en el pie ligada a un inadecuado tratamiento que puede comprometer el tejido del pie diabético desarrollando infecciones bacterianas secundarias y celulitis [26]. Se han realizado estudios acerca de la prevalencia de las infecciones bacterianas, el papel de los antibióticos a nivel sistémicos como local y el efecto sobre la recuperación de la lesión. Sin embargo, las infecciones por hongos en las lesiones del pie diabético es un área poco estudiada [7]. Se debe tener en cuenta los hongos ambientales y oportunistas como: *Aspergillus*, *Alternaria* y *Fusarium*, que pueden llegar a ocasionar infecciones. Además las poblaciones de pacientes corren un mayor riesgo de enfermedad causada por hongos oportunistas como *Candida* spp. principalmente [27].

La literatura indica que las micosis superficiales comprenden un grupo diverso de infecciones frecuentes a nivel mundial en donde los hongos productores de micosis superficiales son oportunistas y especialmente susceptibles a los pacientes diabéticos, SIDA, cáncer u otra afección debilitante o crónica. La Infección del pie por hongos es una enfermedad inflamatoria de la piel muy frecuente. Estudios señalan un aumento en la incidencia de hongos (dermatofitos) en piel e infección en las uñas de pacientes diabéticos. La invasión de la capa córnea, las fisuras son una puerta de entrada para bacterias patógenas, que ingresan y pueden establecer una celulitis diseminada [6].

Los hongos oportunistas pueden llegar a invadir las heridas profundamente y favorecer el retraso en la recuperación de los pacientes diabéticos inmunocomprometidos, causando daños en el estrato córneo y generando el medio necesario para el crecimiento de bacterias y de esta forma ocasionando deterioro, prurito, y frecuentemente mal olor de la zona lesionada. Por lo general no se envían muestras de tejidos profundos de la lesión de miembros inferiores para cultivo de hongos y su respectiva sensibilidad, debido a la falta de conocimiento de los profesionales en la búsqueda de este tipo de microorganismo en estas muestras. [7].

Un estudio realizado en 13.271 pacientes diabéticos concluyó que el 78,4% presentan una infección por hongos en los pies. De las cuales el 70,8% son del tipo de tiña pedís. Por consiguiente, se debe tener en cuenta la infección micótica como factor de riesgo para desarrollar ulcera en pie [8]. Respecto al crecimiento de dermatofitos está relacionado con el cuidado del paciente (higiene diario, lavado diario, auto- examen) permitiendo la disminución de la penetración de dermatofitos en la piel [28-29].

En un caso reportado de la presencia de micetoma, una vez avanza la infección, invade los tejidos blandos adyacentes produciendo una reacción inflamatoria, seguida de endurecimiento, inflamación del tejido y la manifestación de nódulos [36]. Se indica que las infecciones fúngicas deben estar incluidas en la patogénesis de las úlceras del pie diabético, pero se necesita más estudios que comprueben su presencia en esta patología debido a que los reportes sobre infecciones fúngicas de úlceras en pie diabético son escasas [25].

6.2. Presencia de hongos causantes de infecciones en pacientes con pie diabético

Con el fin de cumplir el primer objetivo específico se analizó la presencia de hongos causantes de infección en pacientes con pie diabético donde se determinó que pueden variar de acuerdo a las áreas geográficas, formas clínicas, factores socio- económico, climáticos y demográficos [30]. Los pacientes diabéticos constituyen un conjunto más propenso a desarrollar infecciones a comparación de otros. Por lo tanto se ha planteado investigar la asociación entre la diabetes y las infecciones, pero debido a los pocos estudios no se ha obtenido mayor información al respecto. Las complicaciones de diabetes y pie son simultáneas, en el cual las infecciones del pie diabético a menudo tiene consecuencias de morbilidad, hospitalización, amputaciones y en algunos casos la muerte del paciente [5,7,31-33]. Las infecciones fúngicas en pacientes inmunocomprometidos es uno de los principales problemas de salud en el mundo, pero la aparición de hongos que infectan heridas en las extremidades inferiores y su patogenicidad no se ha analizado plenamente. Por consiguiente los profesionales que manejan las heridas del pie diabético solo sospechan de infecciones bacterianas y por ende tratadas con agentes antibacterianos [6-8].

La frecuencia de aislamiento de hongos en pacientes diabéticos son escasos y diversos; estudios han dado a conocer algunos hongos filamentosos y levaduras como agentes etiológicos de infección del pie diabético principalmente *Candida* spp (*C. albicans* y *C. tropicalis*), especialmente *Candida albicans* en úlceras del pie diabético [25-26,29]. En otros estudios *C. parapsilosis* fue la especie que predominó seguido de *C. tropicalis*, *C. albicans* y *C. glabrata* [28,31,34]. El estudio desarrollado por Seema señaló el aislamiento de *A. flavus* y *F. solani* en tejidos infectados, además compararon con otros autores que también habían reportado un caso de aspergilosis y mucormicosis complicándose a gangrena en pie diabético [35]. Un estudio de caso de un paciente con pie diabético identificó *Fusarium*

sporotrichioides por medio de técnicas convencionales y moleculares [27]. Del mismo modo se ha reportado un caso en Arabia Saudita de Micetoma por *Madurella mycetomatis* (eumicetoma) en paciente que ya presentaba lesiones por pie diabético [35].

La presencia de hongos en los pies pueden aparecer en pacientes que viven en lugares con altas temperaturas produciendo la sudoración de los pies, calor y humedad favoreciendo su aparición, además de no utilizar calzado apropiado o andar descalzos por lo tanto generando la oportunidad de tener contacto directo con el hongo; pueden aparecer en la planta del pie, espacios interdigitales y uñas variando en este caso su morfología textura o color. Los hongos se pueden extender por todo el pie ya que se alimentan de queratina, una proteína que está en la capa córnea de la piel complicando el estado del paciente con pie diabético.

6.3. Factores de riesgo que influyen en la infección y colonización fúngica en paciente con pie diabético (Figura 3).

Con el fin de cumplir el segundo objetivo se analizaron los factores de riesgo que influyen en la infección y colonización fúngica de los cuales la mayoría de los artículos consultados exponen como principal factor de riesgo para adquirir micosis en pacientes con pie diabético las inmunodeficiencias (43%) en el cual cabe destacar que son inmunodeficiencias secundarias a patología sistémica de las cuales encontramos la principal que es la diabetes que en la mayoría de casos es tipo 2 que tiene como consecuencia a largo plazo el deterioro del sistema inmune si no se trata adecuadamente, por lo tanto generando una alteración en la función de los leucocitos secundario a la hiperglucemia, como la adhesión de leucocitos y diapedesis, disminución de la quimiotaxis, capacidad fagocítica y citotóxica, conllevan a leucocitos polimorfonucleares ineficaces en la respuesta a estímulos patógenos aumentando el riesgo de infección [16,17,29,36]. Cualquier infección bacteriana grave puede producir toxinas, enterotoxinas y exotoxinas pirogénicas de las cual encontramos *Staphylococcus aureus*, el *Streptococcus pyogenes* (Grupo A) y los *Streptococcus* grupo B, C, F y G. como productoras de estas toxinas capaces de unirse a ciertas estructuras de membrana de los LT, produciendo una activación descontrolada, con sobreproducción de citoquinas y muerte de los LT produciendo profundos trastornos del sistema inmune y como se reflejo en los artículos encontrados, están son las bacterias que se encuentran en la mayoría de infecciones con pie diabético[2,31,37-39]. Debido a la disminución en la respuesta inmunitaria que se desarrolla en la patología tiene como consecuencia la complicación de pie diabético permitiendo el crecimiento de hongos oportunistas. Este factor está relacionado con especies de *Candida* spp,y *Fusarium* spp en algunos casos.

Los antibióticos (27%) cumplen un papel importante como segundo factor de riesgo para desarrollar una infección por hongos en pie diabético, ya que debido a un tratamiento previo con antibióticos como también su uso prolongado, permite el crecimiento de hongos oportunistas como *Candida* spp. En un menor porcentaje encontramos las lesiones prolongadas y úlceras crónicas (8%) que tienen como consecuencia una amputación de miembro inferior y por lo tanto susceptible a infección por hongos como *Candida* spp. principalmente *C. albicans* y en segundo lugar *C. tropicalis*, según lo reportado en estos casos donde ocurren este tipo de lesiones; glicemia mal controlada (6%) y cubrimiento

prolongado del pie (3%) que debido a un inadecuado manejo permite el crecimiento de hongos oportunistas.

Estudios demuestran que el pie diabético se presenta más en el sexo masculino (5%) que en el femenino, indicando que los factores relacionados con el género afecta la piel y la estructura de las uñas, teniendo diferencias en el estilo de vida ligada a traumatismos (8%), actividades profesionales, prácticas deportivas [25]. Fata *et al*, considera que la edad y el género también es un factor de riesgo para la adquisición de hongos en pie diabético, que en otras investigaciones no se ha tenido en cuenta debido al enfoque de identificación de microorganismos; sus estudios demuestran que se han realizado mayores aislamientos fúngicos en hombres mayores de 50 años, donde también nombra a *Candida spp* como hongo asociado a este tipo de pacientes. Es importante destacar que el caso reportado por Özyurt, se aisló *Fusarium sporotrichioides* y se presentó en hombre de 56 años, además de permanecer descalzo que también es un factor de riesgo para obtener una infección por hongo ya que se adquiere por traumatismo. Se correlaciono de igual forma con el caso reportado de micetoma en Arabia Saudita que a menudo trabajaba descalzo o con sandalias.

Diversos factores pueden inducir a estas lesiones, pero generalmente son resultado de varios tipos de traumatismo en el pie una vez la barrera protectora de la piel se rompe, la flora tiene acceso al tejido subcutáneo, permitiéndole proliferar y causar una respuesta inflamatoria causante de la infección en este caso por hongos [37,40]. Las infecciones crónicas están relacionadas por factores del huésped, como el déficit de perfusión, la presión que mantiene la piel sobre prominencias óseas o enfermedades metabólicas como la diabetes siendo el caso de las úlceras vasculares, las úlceras por presión o de la infección del pie diabético [41]. Además nos permite deducir que el pie diabético es el resultado de una diabetes no controlada junto a la mala atención sanitaria que tiene como consecuencia el desarrollo de lesiones necróticas, gangrena y finalmente amputación. El riesgo de amputación de miembros inferiores como dedo o pierna puede aumentar si la ulceración es seguida por infecciones bacterianas y hongos [25]. El riesgo de desarrollar úlceras se incrementa en presencia de los siguientes factores: Diabetes por más de 10 años, inadecuado control glucémico y otros trastornos relacionados con la diabetes [40].

6.4. Hongos asociados a pie diabético

Las infecciones en los pies son una de las principales causas de morbilidad en pacientes diabéticos. Investigaciones desarrolladas acerca de la bacteriología de las úlceras del pie diabético encuentra que en su mayoría son de etiología polimicrobiana. Sin embargo hay pocos informes de la incidencia de hongos patógenos asociadas a infecciones en pie diabético. Estudios realizados demuestran la presencia de hongos patógenos en esta zona donde se identificaron principalmente especies de *Candida spp*. La asociación de esta con ulceración prolongada en pies diabéticos ha sido reportada, logrando resultados satisfactorios al tratarse con antimicóticos sistémicos [34]. Las levaduras (*Candida spp*) son los causantes más frecuentes de micosis en pie [36]. La infección no es la responsable de la úlceras ocasionadas en estos pacientes, solo en casos específicos por infecciones fúngicas

(*tiña pedis*, candidiasis) en los espacios interdigitales; sin embargo, es importante para elegir tanto el tratamiento como el diagnóstico de la lesión en el pie [16-19].

6.4.1. *Candida spp.*

En la actualidad, *C. albicans* se considera uno de los hongos que más afecta al ser humano. La alta incidencia de infección de úlceras mixtas demuestran que existe asociación con otros microorganismos, principalmente a enterobacterias, por lo tanto al unirse con este microorganismo *Candida spp.* potencializa su patogenicidad causando infección. *Candida spp.* tiene un rol secundario en el inicio de úlceras en pie diabético, una de estas es tener cubierto el pie por un tiempo prolongado y la duración del tratamiento; la literatura dice que al cubrir la piel, aumenta la sudoración y la temperatura local, además la acción inmunomoduladora de los antibióticos favorece el crecimiento y replicación de levaduras. [28-29].

Candida albicans es la especie que prevalece con mayor frecuencia. Esto se ha asociado al elevado potencial que posee para formar biopelículas con frecuencia son polimicrobianas. *C.albicans* y *Staphylococcus* se desarrollan con facilidad incrementándose su patogenicidad. Por medio de microscopía electrónica se puede observar que en estas biopelículas mixtas se desarrollan interacciones entre *Staphylococcus* y las hifas o las levaduras, las células fúngicas pueden moderar la acción de los antimicrobianos y las bacterias pueden afectar la actividad de los agentes antifúngicos. Las biopelículas polimicrobianas, en particular las de *C. albicans* y especies bacterianas, se ha mencionado que las bacterias modulan la fisiología de las biopelículas, desarrollando interacciones complejas que dependen de la especie bacteriana y del número, llegando a involucrar la morfogénesis de las levaduras [42].

6.4.2. *Fusarium spp.*

Son hongos saprófitos conocidos como patógenos en las plantas, que puede llevar a infecciones oportunistas en seres humanos, principalmente a individuos que se encuentran en riesgo, como los pacientes con pie diabético[27]. También causan infecciones superficiales como onicomicosis que al no ser tratadas a tiempo pueden tener complicaciones crónicas en el pie como el caso reportado en Taiwan por Wu *et al.* Se encuentran localizados en el suelo, subterráneo, restos vegetales, sustratos orgánicos y en el agua [43]. En pacientes con diabetes que llegan a desarrollar pie diabético, pueden infectar la piel en forma localizada, como resultado de la descomposición de la piel por traumatismo u onicomicosis pre-existente que en ocasiones conlleva a una infección diseminada [26] y teniendo en cuenta el caso reportado de *Fusarium sporotrichioides* por Özyurt se encontró paciente de género masculino de 56 años que solía andar descalzo por lo tanto tiene sentido la infección ya que se adquiere por traumatismo [27]

6.4.3. *Micetoma*

El micetoma es una enfermedad procedente de las regiones tropicales y subtropicales donde los organismos son saprofitos del suelo y favorecen las zonas secas y áridas. La presencia de esta enfermedad en los Estados Unidos y Europa es inusual. La patología consiste en las

infecciones crónicas granulomatosas de tejidos blandos que se presentan con los síntomas característicos. La enfermedad se clasifica en 2 grupos: Eumycetoma (hongo verdadero) llamado Madurella y Actinomicetoma (bacterias gram positivas aerobias). Las características más distintivas de ambos organismos son a menudo pequeños granos diminutos presentes en la secreción, que son de hecho las hifas de los organismos invasores, los granos de color negro son características de eumycetoma mientras que los granos blanco-amarillo señalan eumycetoma, pero comúnmente actinomicetoma. La infección a menudo se produce después de una lesión, usualmente a través de una espina. Por esta razón, el sitio más común de infección es en el pie y es responsable del 70% de infecciones. El diagnóstico temprano de esta lesión es fundamental ya que tiene complicaciones a nivel subcutáneo y profundo involucrando el tejido blando, músculo, y en último lugar la destrucción del hueso [35].

Los hongos productores de micetoma se han relacionado con las espinas de las acacias (*Mimosaceae*), la vía de entrada es cutánea, a través de traumatismo, donde los agentes etiológicos penetran por medio de una solución de continuidad, como por espinas, además esta relacionado con la ocupación ya que corren riesgo de padecimiento las personas que no utilizan calzado. Esto explica por qué la topografía predominante del padecimiento en los pies de acuerdo al caso encontrado en Arabia Saudita que correspondía a trabajador agricultor que a menudo trabajaba descalzo o con sandalias en las regiones secas y áridas del desierto. El periodo de incubación de este microorganismo es indeterminado se puede manifestar de meses a años y depende del inóculo, la virulencia de la cepa y el estado inmunitario del huésped [24,35].

6.4.4. Dermatofitos

Existe la posibilidad de encontrar dermatofitos en pie diabético como es la onicomiosis que puede llegar a complicar el pie y generar una sobreinfección en los pacientes; pero debido a la poca investigación en la identificación de este microorganismo, hace que los reportes de estos sean escasos en esta patología.

La fuente de infección pueden ser los zapatos al estar en contacto con los conidios ya que es la vía de entrada de estos hongos a la piel causando infección. Además de presentarse más en adultos. Es importante tener en cuenta que el periodo de incubación en los pies es desconocida y puede variar, en comparación con la presencia de 1-5 días que dura una tiña de la cabeza o por lo general de 7 – 15 días en la mayoría de dermatofitos [24].

Un factor de predisposición para adquirir dermatofitos es el clima, lugares húmedos y tropicales, los malos hábitos higiénicos, uso de zapatos cerrados. En el caso de pacientes diabéticos con procesos crónicos o debilitantes, las tiñas se incrementan y extienden con facilidad. Debido a que los dermatofitos son queratinofílicos, el solo contacto de las esporas con los tejidos queratinizados como piel y anexos (uñas), podría dar inicio a la dermatofitosis.

La onicomiosis inician de manera secundaria a tiñas de pies y manos, por el constante contacto de las esporas; estas por lo regular se depositan en el borde libre y pliegues laterales de la uña, donde continúan la infección hacia la base o pliegue proximal. El padecimiento es por lo regular crónico, debido a que la queratina de la uña es una estructura

muy rígida y compacta. En los últimos años se ha observado un cambio en la forma de ataque de los dermatofitos, por lo regular en pacientes inmunosuprimidos, es decir, no sólo se presenta en el borde libre o distal de la uña, sino además en los pliegues laterales y proximal (cutícula), afectando también de mas manera superficial el plato ungueal [24]. *T. rubrum* es el dermatofito aislado comúnmente en la mayoría de casos de onicomicosis que se han asociado a pacientes con pie diabético. Las infecciones por hongos en uñas pueden ayudar a complicar el pie diabético ya que estudios manifiestan un incremento de onicomicosis en la población con esta enfermedad [26].

6.5.5. Estudios en Latinoamérica – Colombia

Los datos relacionados con pie diabético en Latinoamérica son escasos, sin embargo la complicación de esta enfermedad causa hospitalización. Las úlceras y amputaciones son un gran problema de salud que genera un alto costo social y económico al paciente, sus familiares y a los Sistemas de Salud. En Latinoamérica se deben crear programas que mejoren los aspectos de la prevención, el acceso y calidad de la atención médica, con el fin de prevenir e identificar los problemas tratándolos oportunamente. No existe un registro exacto sobre los datos de amputaciones, discapacidad donde incluye la ausencia en días laborales por causa del pie diabético, ni existen estudios de los costos que implica su padecimiento. Países que reportan el dato como: Argentina, Barbados, Brasil, Cuba y Chile el rango de amputaciones del pie oscila entre el 45 al 75%, encontrándose hasta un 10% de pacientes con Pie en riesgo en la población atendida en el primer nivel de atención [19].

Debido a la escasa información que se posee acerca de la población afectada con pie diabético, la Federación Diabetológica Colombiana creó una encuesta nacional en el 2011, con el objetivo de analizar el manejo del pie diabético en Colombia y realizar un análisis de dicha información [44].

El grupo de investigación Baspi de la Pontificia Universidad Javeriana, diseño un modelo para el diagnóstico oportuno de las complicaciones del pie diabético. Entre su línea de proyectos desarrolló un dispositivo que permite evaluar el comportamiento biomecánico del tejido blando plantar del pie, por medio del ultrasonido y posteriormente ser implementado en la evaluación del deterioro del tejido blando plantar en diabéticos [9]. El dispositivo incluye una superficie de material rígido cuyas propiedades permiten la difusión de las ondas del ultrasonido obteniendo la imagen del tejido. El contacto del paciente y el dispositivo sucede de la siguiente forma: el paciente se ubica sobre la superficie de la estructura en posición bípeda y anatómica. Posteriormente, se utiliza gel sobre la superficie de la lámina del dispositivo, en donde están los tejidos blandos. El transductor ejecuta un barrido sobre la superficie el cual identifica la posición que son registradas por el equipo de ultrasonido en la pantalla. De esa manera se puede obtener la captura de la imagen y, posteriormente, establecer la ubicación de los huesos en relación a la superficie del tejido blando; así mismo, efectuar la medición del grosor en compresión del tejido de las zonas de interés por medio de técnicas de procesamiento de imágenes, con el fin de avanzar en otros estudios que hacen parte del modelo de diagnóstico que está en desarrollo en el grupo de investigación con el objetivo de evitar las complicaciones en pie [10]. Siendo este apenas un avance tecnológico en cuanto al diagnóstico del pie diabético, falta mucho aún estudio en la detección de hongos en pie diabético, que como ha demostrado la literatura aún es inconclusa, ya que el papel protagónico en infección por hongos lo tienen las bacterias y

esto debido a que no se han realizado estudios a profundidad que demuestren que los hongos también tienen un papel fundamental en la infección en pacientes con pie diabético.

7. CONCLUSIONES

El estado actual de las infecciones por hongos en pacientes con pie diabético demuestra que se han encontrado estos microorganismos en este tipo de pacientes, produciendo una reacción inflamatoria en la piel, conjuntamente permite el crecimiento de bacterias, pero debido a la búsqueda limitada a gérmenes comunes en estas muestras, la identificación de hongos en pie es poco usual debido a los pocos casos reportados que evidencian su presencia y aunque puede ser muy común en estas lesiones, su identificación en infecciones de pie diabético es un área poco investigada, debido al poco interés que se le da al estudio de hongos en muestras de tejidos ya que el papel principal en infecciones en pie lo tienen las bacterias. Así mismo es importante tener en cuenta las micosis por hongos ya que los pacientes corren un mayor riesgo de enfermedad causada por hongos oportunistas.

Los hongos asociados a infecciones en pacientes con pie diabético varía en relación al área geográfica, forma clínica, factores socio-económicos, climáticos y demográficos, pero debido a los escasos estudios no se ha encontrado mayor información al respecto. Los aislamientos de hongos en pacientes con pie diabético son escasos; los hongos que participan como agentes etiológicos de infección del pie diabético son principalmente especies de *Candida spp* (*C. albicans* y *C. tropicalis*), siendo *C. albicans* la más encontrada en úlceras del pie diabético. También se han encontrado *A. flavus* y *F. solani*, *F. sporotrichioides* y *Madurella mycetomatis* (eumicetoma) también se reportaron pero en una frecuencia mucho menor.

Los factores de riesgo que influyen en la adquisición de infección por hongos son las inmunodeficiencias secundarias a patología sistémica, tratamientos prolongados con antibióticos, lesiones crónicas y prolongadas producidas a largo plazo en esta patología, cubrimiento prolongado del pie. Además una mala higiene en el área del pie conlleva a consecuencias que comprometen la extremidad llevándola incluso a amputación que aumenta si presenta infecciones bacterianas y hongos. Se presenta más en el sexo masculino que en el femenino y en mayores de 50 años. Generalmente son consecuencia de varios tipos de trauma que al romper la barrera protectora, permite el acceso al tejido subcutáneo, permitiendo la colonización y proliferación desencadenando una respuesta inflamatoria causante de la infección. La alteración en la función de los leucocitos como respuesta a un sistema inmune deficiente tiene efectos en la respuesta a estímulos patógenos aumentando el riesgo de infección.

Debido a la poca investigación que se tiene acerca de la infección por hongos en pacientes con pie diabético es de útil información obtener resultados experimentales que demuestren la presencia de estos agentes patógenos que contribuyen al deterioro del pie, proporcionando conocimiento en el manejo de estos pacientes, ya que la presencia de hongos pueden contribuir a la infección en miembros inferiores, que puede ser por un solo microorganismo o en sinergismo con otros generando un potencial de su patogenicidad, que puede llevar a falla terapéutica o en muchos casos la amputación del miembro inferior. Por lo tanto es esencial realizar un estudio que sea específico en la búsqueda de hongos.

8. RECOMENDACIONES

Tener en cuenta la infección micótica como factor de riesgo para desarrollar ulcera en pie ya que logran invadir las heridas profundamente y retrasar la recuperación en pacientes inmunocomprometidos. Las infecciones fúngicas deben ser tenidas en cuenta en la patogénesis de las úlceras del pie diabético por lo tanto comprobar su presencia en esta patología ya que los reportes sobre infecciones fúngicas de úlceras en pie diabético son escasas.

En principio se quería realizar de forma experimental la identificación de hongos en el pie de pacientes diabéticos y su relación con imágenes de plantillas computarizadas, donde se esperaba describir la frecuencia de hongos presentes en el pie de pacientes diagnosticados con diabetes. De los cuales se tomaría una población de 20 pacientes afectados con diabetes y 5 pacientes control negativo. El objetivo general del estudio era identificar los hongos presentes en lesiones del pie de pacientes diabéticos, de igual forma determinar la frecuencia y distribución de los hongos presentes en el pie de individuos diabéticos. Por otra parte analizar las imágenes generadas por la plantilla computarizada del pie de pacientes diabéticos con presencia de hongos y determinar la asociación imagenológica entre la plantilla computarizada y el hongo presente en el pie de individuos con diabetes y por último evaluar si las infecciones por hongos generaban un patrón característico de imagenología en la plantilla computarizada de pacientes con pie diabético.

9. REFERENCIAS

- 1) Boada, A. Lesiones cutáneas en el pie diabético. *Actas Dermo-sifiliográficas*. 2012; 103 (5):p.348-356.
- 2) Barberán, J. Infecciones en el pie diabético: importancia de las resistencias bacterianas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 2009; 27(6): 315–316.
- 3) Chand, G. Mishra, A. Kumar, S. Agarwal, A. Diabetic foot. *Clinical Queries: Nephrology*. 2012; p. 144–150.
- 4) Aschner. P. Epidemiología de la diabetes en Colombia. *Avances en Diabetología*. 2010; 26 (2): 95-100.
- 5) Martínez, D, Ramírez, C. Campillo, A. Morales, G. Pagán, J. Aguayo, J. Infecciones del pie diabético. Prevalencia de los distintos microorganismos y sensibilidad a los antimicrobianos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 2009; 27(6):317–321.
- 6) Bristow, I. Spruce, M. Fungal Foot Infection, Cellulitis and diabetes: a review. *Diabetic Medicine*. 2009; 26: 548–551.
- 7) Chellan, G. Shivaprakash, S. Ramaiyar, S Varma, A. Varma, N. Sukumaran, M Vasukutty, J. Bal, A. Kumar, H. Spectrum and Prevalence of Fungi Infecting Deep Tissues of Lower- Limb Wounds in Patients with Types 2 Diabetes. *Journal of Clinical Microbiology*. 2010; p. 2097–2102.

- 8) Leung. P. Diabetic Foot Ulcers – a comprehensive review. The Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland. 2007; 5 (4): 219-31.
- 9) Zequera, M. Manrique, M. Yamure, G. Uriza, F, Medina, A. Unigarro, D. Sarmiento, J. Diseño de un dispositivo mecánico que permita la evaluación del comportamiento biomecánico del tejido blando plantar mediante el uso de ultrasonido. Scientia Et Technica. 2008; 14 (39): pp. 422-427.
- 10) Centro atico. Pie diabético. [<http://www.javeriana.edu.co/>]. [Consultado 2012 Octubre 19]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/atico/web/grupo3.html>.
- 11) Revista Pesquisa. Un mecanismo preventivo, a sus pies. [<http://www.javeriana.edu.co/>]. [Consultado 2012 Octubre 19]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/revistas/Ofi/pesquisa/wordpress/?p=2594>
- 12) Organización Mundial de la Salud. Diabetes. [<http://www.who.int/es/>]. [Consultado 2012 Julio 18]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/index.html>.
- 13) Pie Diabético Digital. Revista Pie Diabético. 2011; 11: 141-151. [<http://www.revistapiediabetico.com>]. [Consultado 2012 Agosto 20].
- 14) Organización Panamericana de la Salud. Diabetes en las Américas. [<http://new.paho.org/index.php>]. [Consultado 2012 Julio 18]. Disponible en: http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=17437&Itemid=.
- 15) Martínez, I, Sierra, D. Tratamiento de las úlceras del pie diabético mediante métodos de descarga. Revista Clínica de Medicina de Familia. 2005; 1(2): 80-90.
- 16) B. Merino, J. A. González Fajardo, A. Revilla, J. Taylor, I. Estévez, Carlos Vaquero Puerta. Nuevos avances en el tratamiento del pie diabético. Revista española de investigaciones quirúrgicas. 2012; 15 (2): 95–101.
- 17) Van, G. Hartemann, A. Gautier, F. Haddad, J. Bensimon, Y. Ponseau, W. Baillot, J. Fourniols, E. Koskas, F. Grimaldi, A. Pie diabético. EMC - Podología. 2012; 14(1): 1–17.
- 18) Armstrong DG, Lavery LA, Harkless LB. Treatment-based Classification System for Assessment and Care of Diabetic Feet. Journal of the American Podiatric Medical Association .1996; 86(7):311-6.
- 19) Mesa J, Vitarella G, Rosas J. Guías ALAD de Pie Diabético. Asociación latinoamericana de Diabetes. 2010; 18 (2): p 73-86.
- 20) Achterman, RR. White, TC. A Foot in the Door for Dermatophyte Research. PLoS Pathog. 2012; 8(3): 1-4.
- 21) Academia española de Dermatología y Venereología. Micosis Cutánea. [<http://www.aedv.es/>]. [Consultado 2012 Agosto 14].

- 22) Arenas, R. *Micología Médica Ilustrada*, 3ª ed. México: Mc Graw; 2008.
- 23) Ibañes, S. Infecciones cutáneas fúngicas y parasitarias. *Medicine*. 2010; 10 (47): 3116-22.
- 24) Bonifaz, A. *Micologia medica basica*. 4ª ed. México: Mc graw Hill. 2012; pag 97-109
- 25) Fata, S. Modaghegh, M. Faizi, R. Najafzadeh, M. Afzalaghaee, M. Ghasemi, M. Mohammadian, M. Naseri, A. Meshkat, M. Fata, A. Mycotic infections in diabetic foot ulcers in Emam Reza hospital, Mashhad, 2006-2008. *Jundishapur Journal of Mycobiology*. 2011; 4(1): 11-16.
- 26) Wu, C. Chen, S. Lan, C. Onychomycosis caused by *Fusarium* in a woman with diabetes. *Clinical and Experimental Dermatology*. 2009; 34: e772–e774
- 27) Özyurt, M. Ardiç, N. Turan, T. Yıldız, S. Özyaral, O. Demirpek, U. Haznedaroğlu, T. Yurdun, T. The Isolation of *Fusarium Sporotrichioides* from a Diabetic Foot wound sample and indentification. *Marmara Medical Journal* 2008; 21(1): 68-72.
- 28) Missoni, E. Kalenic, S. Vukelic, M. Syo, D. Belioza, M. Babic, V. *Candida* Infections of Diabetic foot Ulcers. *Diabetología Croatica*. 2005; 34 (1): 29-35.
- 29) Bristow, I. Non – ulcerative skin pathologies of the diabetic foot. *Bristow, Diabetes Metabolism Research and Reviews*. 2008; 24(1): S84–S89.
- 30) Callisaya, J. Conde, D. Choque, H. Frecuencia de Gérmenes causantes de Micosis superficiales. *BIOFARBO*. 2007; 15 (1) p.21-28.
- 31) Barberà, J. Granizo, J. Aguilar, L. Alguazil, R. Sainz, F. Menendez, M. Gimenez, M. Martinez, D. Prieto, J. Predictive model of short – term amputation during hospitalization of patients to acute diabetic foot infections. *Enfermedades infecciosas y Microbiología clinica*. 2010; 28(10):680–684.
- 32) Seema N. Sam, P. Abhilash, S. Sujatha, S. Ayalur, K. Incidence of mycotic infections in diabetic foot tissue. *Journal of culture collections*. 2007; 5: pp. 85-89.
- 33) Fisher, T. Wolcott, R. Wolk, D. Bharara, M. Kimbriel, H. Armstrong, D. Diabetic Foot Infections: A need for Innovative Assessments. *International Journal of Lower Extremity Wounds* 2010; 9: 31-36.
- 34) Missoni, E. Rade, D. Nederal, S. Kalenic, S. Kern J. Babic, V. Differentiation between *Candida* species isolated from diabetic foot by fatty acid methyl ester analysis using gas chromatography. *Journal of Chromatography B*. 2005; 822:118–123.
- 35) Malone, M. Gannass, A. Bowling, F. A chronic, Destructive Mycetoma Infection in a Diabetic Foot in Saudi Arabia. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*. 2011.10(1) 12–15.
- 36) Fekih, N. Belghitha, S. Trabelsib, H. Skhiri-Aounallahc, S. Khaledb, B. Fazaaa Epidemiological and Etiological Study of Foot Mycosis in Tunisia. *Actas Dermosifiliográficas*. 2012;103(6):520-524.
- 37) Lipsky, B. Diagnosis and Treating Diabetic Foot Infections. *Klimik Dergisi*. 2009; 22(1): 2-13.

- 38) Tiwari, S. Pratyush, D. Dwivedi, A. Gupta, S. Rai, M. Singh, S. Microbiological and clinical characteristics of diabetic foot infection in northern India. *Journal of infection in development Countries*. 2012; 6 (4): 329-332.
- 39) Frykberg, R. Zgonis, T. Armstrong, D. Driver, V. Giurini, J. Kravitz, S. Landsman, A. Lavery, L. Moore, C. Schuberth, J. Wukich, D. Andersen, C. Vanore, J. Diabetic Foot Disorders. A Clinical Practice Guideline. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2006; 45 (5): 32-34.
- 40) Gonzáles, J. Blanes, J. Treating diabetic foot infection in the emergency department: fundamental considerations. *Emergencias* 2012; 24: 211-218.
- 41) Burillo, A. Moreno, A. Salas, C. Diagnóstico microbiológico de las infecciones de piel y tejidos blandos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 2007; 25(9):579-86.
- 42) Ibarra, C. Villarm, M. Gaitán, L. Pozos, A, Mendoza, R. Sánchez, L. Ensayo de formación y cuantificación de biopelículas mixtas de *Candida albicans* y *Staphylococcus aureus*. *Revista Iberoamericana de Micología*. 2012; 29(4):214–222.
- 43) Nucci, M. Anaissie, E. *Fusarium Infections in Immunocompromised Patients*. *Clinical Microbiology Reviews*. 2007; 20(4): p. 695–704.
- 44) Federación Diabetologica Colombiana. Estudio Nacional Pie Diabético [<http://www.fdc.org.co>]. [Consultado 2012 Octubre 28]. Disponible en: http://www.fdc.org.co/estudio_nacional_piediabetico.pdf.