



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**  
**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA**  
**DR ERNESTO RAMOS BOURS**

**T E S I S**

**AGENTES ETIOLÓGICOS PROCARIONTES AISLADOS EN INFECCIÓN DE PIE  
DIABÉTICO EN EL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DR. ERNESTO RAMOS  
BOURS**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE CIRUGÍA GENERAL

PRESENTA:  
**JAIRO RUVALCABA MEZA**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: NOHELIA G. PACHECO HOYOS**  
Universidad de Sonora

**CODIRECTOR DE TESIS: RODOFO ORDUÑO TREJO**  
Hospital General del Estado de Sonora

**COMITÉ TUTOR: REY DAVID GODINEZ LEYVA**  
Hospital General del Estado de Sonora

**GERARDINA NUBES ORTIZ**  
Universidad de Sonora

**MARCOS JOSÉ SERRATO FÉLIX**  
Hospital General del Estado de Sonora

**Hermosillo Sonora; septiembre de 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la UNAM por el apoyo y la oportunidad de cursar la especialidad.

A la Secretaria de Salud del Estado de Sonora por permitirme colaborar en la atención del paciente Al Hospital General del Estado de Sonora el cual fue mi hogar durante este periodo de residencia, otorgándome la oportunidad de aprender no solo de sus pacientes sino también del personal que labora aquí.

Al comité de tesis por su disponibilidad, apoyo y tiempo para permitirme desarrollar la tesis.

## **DEDICATORIA**

Agradezco el esfuerzo y confianza a mi familia que nunca se rinden.

A mis maestros de la residencia que siempre estuvieron allí cuando se necesitó su experiencia.

A los pacientes que me dan la oportunidad de aprender en esta carrera que apenas inicia.

## RESUMEN

La cantidad de pacientes diabéticos que presentan un cuadro de pie diabético en el transcurso de su vida es superior al 20% de la población en dichas condiciones. La infección de las heridas del pie de los enfermos diabéticos es un problema de salud pública y es por ello que resulta de vital importancia analizar la frecuencia de ocurrencia de los agentes patógenos que se localizan en los pacientes a nivel nosocomial.

Se tomaron cultivos a pacientes con pie diabético Wagner 2 a 5 que ingresaron a urgencias del Hospital General del Estado de febrero a junio de 2018. Las muestras fueron sembradas en medios de cultivos generales y selectivos en el laboratorio de microbiología del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Posteriormente para la confirmación de resultados se aplicaron pruebas bioquímicas y cada agente se observó mediante tinción de Gram.

Las bacterias aisladas más frecuente fueron *E. cloacae*, *E. coli*, *Klebsiella* sp y *S. aureus*. *S. aureus* fue el más resistente presentando resistencia moderada a clindamicina y ceftriaxona. Es posible considerar buena alternativa levofloxacino-clindamicina como antibiótico empírico en pacientes con pie diabético infectado.

## INTRODUCCIÓN

La infección del pie diabético, sobre todo si se asocia a isquemia, es la causa más frecuente de amputación de la extremidad inferior en la población general. También lo es la de ingreso hospitalario y de disminución de la calidad de vida en los diabéticos. El 15% de los diabéticos van a sufrir a lo largo de su vida una infección del pie, con una incidencia anual del 1-4%, precedida en más del 80% de los casos de una úlcera en el pie (J.I Blanes et al).

Las infecciones del pie diabético que afectan a piel, tejidos blandos y al hueso, con o sin repercusión sistémica son la causa más frecuente de hospitalización de los diabéticos (25%). Esto siempre requiere manejo médico y/o quirúrgico. Por lo tanto, es importante determinar si se está cursando con proceso infeccioso; con esto se puede iniciar antibioticoterapia empírica adecuada con la intención de delimitar el proceso infeccioso.

No detectar y actuar a tiempo ante un pie diabético infectado conlleva a mayor riesgo de amputación, sepsis, falla orgánica y defunción. Además, se aumenta la cantidad de días de hospitalización.

Se tiene esquemas de antibiótico para uso empírico. Sin embargo, de acuerdo a los resultados clínicos poco favorables de los pacientes con infección de pie diabético y a la resistencia bacteriana, se pretende aislar las bacterias de las heridas infectadas. Con esto, se podrá determinar cuáles agentes bacterianos son los más frecuentes. De acuerdo a estos resultados se podrá crear un esquema de antibiótico para manejo empírico de la infección de pie diabético.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

El pie diabético es una entidad nosológica consecuencia de la cronicidad y, generalmente, del bajo control metabólico de la diabetes (ADA 2015). Es uno de los problemas más frecuentes y devastadores de la diabetes mellitus (20%), en la mayor parte de los casos implica el riesgo de pérdida de la extremidad (Mendoza R). Constituye un serio problema de salud tanto por los altos costos del tratamiento y es de las principales causas de morbilidad, mortalidad y discapacidad (Rodríguez Bolaños RA).

Aproximadamente 20% de los pacientes diabéticos presentan un cuadro de pie diabético en el transcurso de su vida (Martínez J FR). El 80% de las amputaciones mayores se lleva a cabo en pacientes diabéticos, mientras que 50% de los diabéticos a quienes se les amputa una pierna pierden la otra en menos de cinco años (Wild S). La diabetes es la causa más frecuente de amputación de la extremidad inferior en Europa y EEU (Pecoraro RE).

Las infecciones del pie que afectan a la piel y tejidos blandos, y al hueso, con o sin repercusión sistémica, son la causa más frecuente de hospitalización de los diabéticos (25%), con estancias prolongadas (Reiber GE). La ulcera infectada del pie diabético es una complicación frecuente (40 a 80%) en estos pacientes y ocasiona una gran morbilidad física y psicológica, reduciendo la calidad de vida (Raspovic KM).

En el Hospital General del Estado de Sonora, se recibe pacientes que ingresan al servicio de urgencias con infección del pie diabético que corresponden a infecciones leves, moderadas y graves. El objetivo de tratamiento en estos pacientes es delimitar el proceso



infeccioso y en ocasiones rescatar la extremidad. Parte importante del tratamiento es la toma de cultivo de la herida e iniciar esquema empírico de antibióticos y ajustar esquema de antibiótico de acuerdo a evolución clínica y sensibilidad de microorganismos aislados en el cultivo. Debido a la resistencia a los antibióticos se plantea valorar si el esquema de antibiótico empírico es el apropiado de acuerdo a la sensibilidad antibiótica de las bacterias aisladas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Describir los agentes etiológicos procariontes aislados en infección de pie diabético en el Hospital General del Estado Dr. Ernesto Ramos Bours.

### **OBJETIVOS PARTICULARES:**

Clasificar a los pacientes de acuerdo a la severidad del pie diabético empleando la escala de Wagner y de la Universidad de Texas.

## MARCO TEÓRICO

### Definición de pie diabético

El pie diabético es una alteración clínica de base etiopatogénica neuropática inducida por la hiperglucemia sostenida, en la que con o sin coexistencia de isquemia y previo desencadenante traumático, produce lesión y/o ulceración del pie (WHO, 1994). El Working Group on the Diabetic Foot, en 2007, definió al pie diabético como la “infección, ulceración o destrucción de tejidos profundos del pie, asociadas con neuropatía o enfermedad arterial periférica en las extremidades inferiores de los pacientes con diabetes”.

Pie diabético: Es la infección, ulceración o destrucción de tejidos profundos del pie asociados con neuropatía y / o enfermedad arterial periférica en la extremidad inferior de las personas con diabetes.

### Epidemiología

La diabetes mellitus es una enfermedad de elevada prevalencia (6% de la población). Existe un porcentaje similar de pacientes que presentándola no están diagnosticados, lo que ha multiplicado por 6 el número de diabéticos en los últimos 40 años. Además, existe un incremento con la edad, alcanzando el 11% en mayores de 65 años.

La frecuencia internacional reconocida en países desarrollados respecto a la ulceración en pie diabético corresponde a un acumulado de 5.8% a 3 años requiriendo amputación en el 15%.

Los datos relacionados con la epidemiología del pie diabético en Latinoamérica son escasos y diversos. Sin embargo, la complicación es causa frecuente de internamiento y origina un alto nivel de ocupación de camas hospitalarias (castro, 2009).

La mayoría de los pacientes desarrolla problemas de pie diabético a partir de la cuarta década de la vida que se incrementan con la edad. De los diabéticos 15% desarrollará úlceras en el pie y de éstos entre 15 y 20% sufrirá amputación. La mayoría (70-80%) precedida por úlceras crónicas; hasta dos tercios sufrirán una segunda amputación en los 12 meses posteriores a la primera.

Aproximadamente 20% de los pacientes diabéticos presentan un cuadro de pie diabético en el transcurso de su vida y cerca de 20% de esa cifra termina en amputación. En México, la atención médica de un paciente con DM, incluidas sus complicaciones, representa un gasto de 700 a 3500 dólares anuales para el sistema público.

### Fisiopatología

Aunque las lesiones del PD pueden parecer diferentes, la vía a la ulceración del pie y sus complicaciones son muy similares, siendo diversos los factores que la determinan. La neuropatía, presente en más del 90% de las úlceras, tiene un papel principal en el desarrollo y progresión del pie diabético. Provoca un pie insensible y deformado, alterando la biomecánica de la marcha, desarrollando hiperqueratosis (callos), donde se concentra la presión plantar, y donde, por un pequeño traumatismo, se produce una úlcera.

La isquemia por obstrucción arterial, que existe en el 50% de las úlceras, y la infección, son las que determinarán el pronóstico de la úlcera y de la extremidad.

Existen unos factores predisponentes, neuropatía asociada en mayor o menor grado a macro y microangiopatía, que provocan un pie vulnerable, de alto riesgo. También están algunos factores precipitantes o desencadenantes, generalmente un traumatismo mecánico, que producen una úlcera o necrosis. Además, tenemos los factores agravantes que determinan el pronóstico de la extremidad. Entre estos, tenemos la infección, que provocará daño tisular extenso, la isquemia que retrasará la cicatrización y la neuropatía que evitará el reconocimiento tanto de la lesión como del factor precipitante.

La forma más frecuente de neuropatía es la polineuropatía metabólica, simétrica, distal, crónica, de aparición insidiosa, somática (sensitivo-motora) y autonómica. Afecta predominantemente a miembros inferiores.

Existen anomalías funcionales a nivel capilar, puesto que la última responsable de la necrosis tisular es el fracaso de la función de la microcirculación. En pacientes diabéticos, esto se debe a una interacción de los efectos que sobre ella tienen la neuropatía, la macroangiopatía y la propia microangiopatía.

La neuropatía sobre todo, asociada en ocasiones a la isquemia, junto con el resto de los factores descritos, son los que sitúan al pie diabético en riesgo de ulceración. El factor principal son los traumatismos mecánicos, térmicos o químicos, siendo los más frecuentes los mecánicos, generalmente por zapatos mal ajustados en las úlceras neuroisquémicas o por sobrecarga de presión en los callos formados en las neuropáticas.

Factores de riesgo para el desarrollo de infección del pie diabético:

- Herida que se extiende hasta hueso
- Presencia de úlcera en el pie por más de 30 días
- Historia recurrente de úlceras
- Causa traumática de úlcera en el pie
- Presencia de enfermedad vascular periférica (índice brazo-tobillo < 0.9)
- Previa amputación de la extremidad inferior
- Neuropatía sensitiva periférica
- Insuficiencia renal y trasplante renal
- Caminar descalzo

Clasificación de Wagner

TABLA 33-16	
Sistema de clasificación de úlceras de pie diabético de Wagner	
Grado	Descripción
0	Sin úlcera, aunque con pie de alto riesgo (p. ej., deformidad, callos, insensibilidad)
1	Úlcera de espesor total superficial
2	Úlcera profunda que penetra en los tendones, sin afectación ósea
3	Úlcera más profunda con afectación ósea, osteítis
4	Gangrena parcial (p. ej., en dedos, antepié)
5	Gangrena en todo el pie

Modificado de Oyibo S, Jude EB, Tarawneh I, et al. A comparison of two diabetic foot ulcer classification systems: the Wagner and the University of Texas wound classification systems. *Diabetes Care*. 2001;24:84-88.

TABLA 33-17				
Sistema de clasificación de heridas de la University of Texas				
Estadio	Grado 0	Grado 1	Grado 2	Grado 3
A	Lesión preulcerosa o postulcerosa; sin discontinuidad de la piel	Úlcera superficial	Úlcera profunda que penetra hasta el tendón o la cápsula	Herida que penetra en el hueso o la articulación
B	+ infección	+ infección	+ infección	+ infección
C	+ isquemia	+ isquemia	+ isquemia	+ isquemia
D	+ infección e isquemia	+ infección e isquemia	+ infección e isquemia	+ infección e isquemia

Modificado de Armstrong DG, Lavery LA, Harkless LB. Validation of a diabetic wound classification system. *Diabet Med.* 1998;14:855-859.

**Table 2. Infectious Diseases Society of America and International Working Group on the Diabetic Foot Classifications of Diabetic Foot Infection**

Clinical Manifestation of Infection	PEDIS Grade	IDSA Infection Severity
No symptoms or signs of infection	1	Uninfected
Infection present, as defined by the presence of at least 2 of the following items:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Local swelling or induration</li> <li>• Erythema</li> <li>• Local tenderness or pain</li> <li>• Local warmth</li> <li>• Purulent discharge (thick, opaque to white or sanguineous secretion)</li> </ul>		
Local infection involving only the skin and the subcutaneous tissue (without involvement of deeper tissues and without systemic signs as described below). If erythema, must be >0.5 cm to ≤2 cm around the ulcer.	2	Mild
Exclude other causes of an inflammatory response of the skin (eg, trauma, gout, acute Charcot neuro-osteoarthropathy, fracture, thrombosis, venous stasis).		
Local infection (as described above) with erythema > 2 cm, or involving structures deeper than skin and subcutaneous tissues (eg, abscess, osteomyelitis, septic arthritis, fasciitis), <b>and</b> No systemic inflammatory response signs (as described below)	3	Moderate
Local infection (as described above) with the signs of SIRS, as manifested by ≥2 of the following:	4	Severe <sup>a</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperature &gt;38°C or &lt;36°C</li> <li>• Heart rate &gt;90 beats/min</li> <li>• Respiratory rate &gt;20 breaths/min or PaCO<sub>2</sub> &lt;32 mm Hg</li> <li>• White blood cell count &gt;12 000 or &lt;4000 cells/μL or ≥10% immature (band) forms</li> </ul>		

## Diagnóstico

Se debe descartar la existencia de infección en cualquier herida del pie de un paciente diabético e identificar signos clínicos locales (y en ocasiones sistémicos) de infección. Además, se debe fundamentar el diagnóstico con la presencia de dos o más de los siguientes signos: inflamación, induración, eritema perilesional, hiperestesia, dolor, calor local y exudado purulento. También se pueden observar otros datos como las características

de la úlcera, la presencia de exudado no purulento pero de mal olor, tejido de granulación friable o descolorida o herida con bordes en socavado.

Los estudios de laboratorio y gabinete son limitados para el diagnóstico de la infección, pero deben buscarse como complemento en búsqueda de alteraciones sistémicas secundarias a la infección; los cultivos no deben tomarse para determinar el diagnóstico de infección, sino para conocer la flora bacteriana y la sensibilidad antimicrobiana.

¿Cuándo y cómo se debería obtener muestras para cultivo de una herida de un paciente con pie diabético? Para heridas clínicamente infectadas, no se recomienda obtener muestra de la herida para cultivo. En heridas infectadas, se recomienda obtener muestra para cultivo previo a inicio de terapia empírica de antibiótico. Se recomienda tomar muestra de cultivo del tejido profundo de la herida y/o biopsia por curetaje.

Los cultivos obtenidos con hisopos son superficiales y cultivan microorganismos colonizadores, las muestras de tejido profundo tienen más probabilidades de cultivar el agente patógeno real y pueden ayudar a optimizar la selección de antibióticos.

#### Estudios de imagen para evaluar la infección del pie diabético

Se recomienda que todos los pacientes que se presentan con infección nueva de pie diabético deben tener una radiografía del pie afectado para buscar anomalías óseas, así como para la búsqueda de gas en tejidos blandos.



Se recomienda el uso de resonancia magnética como estudio de primera elección para pacientes quienes requieren imágenes adicionales, particularmente cuando se sospecha absceso de tejidos blandos o el diagnóstico de osteomielitis es incierto.

**Table 6. Antibiotic Selection Overview: Questions a Clinician Should Consider**

**Is there clinical evidence of infection?**

Do not treat clinically uninfected wounds with antibiotics

**For clinically infected wounds consider the questions below:**

- Is there high risk of MRSA?

Include anti-MRSA therapy in empiric regimen if the risk is high (see Table 7) or the infection is severe

- Has patient received antibiotics in the past month?

If so, include agents active against gram-negative bacilli in regimen

If not, agents targeted against just aerobic gram-positive cocci may be sufficient

- Are there risk factors for *Pseudomonas* infection?<sup>a</sup>

If so, consider empiric antipseudomonal agent

If not, empiric antipseudomonal treatment is rarely needed

- What is the infection severity status?

See Table 9 for suggested regimens for mild versus moderate/severe infections

## Tratamiento

### Heridas no infectadas

Debido a la falta de evidencia de la eficacia y el conocimiento de efectos adversos clínicos, microbiológicos y económicos de la terapia con antibióticos, las guías clínicas actuales están en desacuerdo en la prescripción de antibióticos en heridas clínicamente no infectadas.

## Heridas infectadas

### Medidas generales

El tratamiento de la infección del pie diabético requiere una combinación de varias intervenciones.

La terapia de antibióticos es necesaria, pero no suficiente. Usualmente se combina debridación, presión negativa y uno o más procedimientos quirúrgicos. El manejo quirúrgico a menudo incluye limpieza, remoción de tejido neurótico, callos y drenaje de colecciones purulentas. Pacientes con insuficiencia arterial clínicamente significativa pueden requerir revascularización.

### Antibióticos

Heridas clínicamente no infectadas no deben ser tratadas con esquema de antibióticos.

Se recomienda prescribir terapia con antibióticos a todas las heridas infectadas.

Seleccionar un régimen de antibiótico en base a la severidad de la infección y la probabilidad de los agentes etiológicos.

### Infección leve

El tratamiento de estos casos incluye antibióticoterapia empírica, con monoterapia enfocada a cubrir cocos aeróbicos Gram positivos (dicloxacilina, clindamicina, amoxicilina-acido clavulánico, cefalosporinas, quinolonas). También como limpieza y desbridamiento de la herida. Por lo general no es necesaria la hospitalización.

### Infección moderada

Estos pacientes pueden tratarse de modo inicial en forma intrahospitalaria con la aplicación de antibióticos intravenosos, reposo absoluto y desbordamiento urgente. Una vez controlado en proceso infeccioso, se puede continuar con antibióticos orales en forma ambulatoria. En estos casos, el antibiótico debe cubrir brota polimicrobiana con fármacos de amplio espectro o combinaciones: cefalosporinas, quinolonas, amoxicilina-acido clavulánico, piperaciclina-tazobactam, linezolid y ertapenem. En estos casos la administración debe prolongarse por dos a cuatro semanas.

### Infección grave

Debido a que estas lesiones ponen en peligro la extremidad y la vida del paciente, el tratamiento de los pacientes con infección grave deber se intrahospitalario y multidisciplinario. Los antibióticos recomendados deben administrarse por vía intravenosa, seleccionados en forma empírica con base en la combinación de doble o triple esquema de quinolona con clindamicina, imipenem-cilastina, vancomicina y ceftazidima con o sin metronidazol.

La presencia de un pie séptico no siempre es indicación de amputación. El tratamiento multidisciplinario debe enfocarse a la estabilidad metabólica, control de las comorbilidades, administración empírica de antibióticos, y combinación de intervenciones quirúrgicas de urgencia para erradicar el tejido necrótico y revascularizar cuando este indicado para mejorar la percusión arterial y lograr como objetivo final el salvamento de la extremidad.

## Infecciones en pie diabético y sus principales agentes causales

Los microorganismos implicados en la etiología de la infección del pie diabético varían según el tipo de infección y determinadas situaciones del paciente (tratamiento antibiótico, manipulación u hospitalizaciones previas). Las infecciones superficiales, como la erisipela y la celulitis, suelen estar producidas por grampositivos, especialmente estreptococos beta hemolíticos de los grupos A, B, C y G y *Staphylococcus aureus*, respectivamente. Las infecciones de las úlceras son generalmente polimicrobianas y mixtas, aislándose bacterias grampositivas y gramnegativas, facultativas y anaerobias y *Candida spp.*

En las úlceras no tratadas con antibióticos las bacterias aisladas con más frecuencia son *Staphylococcus aureus* y Estreptococo beta hemolíticos.

En las úlceras tratada con antibióticos o de larga evolución las bacterias aisladas con más frecuencia son *Staphylococcus aureus* resistente a metilcilina, *Streptococcus spp*, *enterococcus spp*, enterobacterias, *Pseudomona aeruginosa*, *Corynebacterium spp*, *Candida spp.*

La complejidad de la flora encontrada aumenta con los ingresos al hospital, la duración clínica de la úlcera, la profundidad/gravedad de la lesión y los antecedentes de tratamientos antimicrobianos. En las infecciones recientes los cultivos son con más frecuencia monomicrobianos y las bacterias más encontradas son *S. aureus* seguida de diversas especies de *Streptococcus*.

En infecciones moderadas a graves de úlceras en pacientes que no recibían antibióticos, se ha comunicado el aislamiento de anaerobios en casi la mitad de las muestras positivas, en la mayoría de los casos en asociación.

En las fascitis necrosantes y gangrenas se aíslan fundamentalmente cocos grampositivos facultativos, enterobacterias, bacilos gramnegativos no fermentadores y anaerobios.

Métodos para la detección de la flora bacteriana

Métodos fenotípicos

Actualmente, la identificación bacteriana se realiza por medio de métodos convencionales basados en las características fenotípicas, puesto que su realización y costo son más accesibles.

Los esquemas tradicionales de identificación fenotípica bacteriana se basan en las características “observables” de las bacterias, como su morfología, desarrollo, y propiedades bioquímicas y metabólicas. El cultivo cuando es factible, continúa siendo el método diagnóstico de elección; permite el aislamiento del microorganismo implicado, su identificación, el estudio de sensibilidad a los antimicrobianos y facilita la aplicación de marcadores epidemiológicos.

En el proceso de identificación bacteriana tradicional, la experiencia del microbiólogo es fundamental para la elección de una prueba o una batería de pruebas de

forma secuencial en función de la fiabilidad de las mismas, del género o de la especie bacteriana que se pretende identificar, del origen del aislado bacteriano, así como del costo del mismo.

Características macroscópicas: morfología y hemolisis; cultivo: medios de cultivo y requisitos de crecimiento en relación a la atmósfera, temperatura y nutrición.

#### Pruebas bioquímicas

1) Pruebas que se utilizan en la identificación preliminar y con lectura inmediata como la catalasa y oxidasa; 2) otras pruebas rápidas, con lectura en menos de 6h tal y como la hidrólisis del hipurato, la B-galactosidasa, las aminopeptidasas, la ureasa y el indol; 3) pruebas lentas, con lectura en 18 a 48h que incluirían la oxido-fermentación, reducción de nitratos, rojo de metilo, agar hierro de Kigler, fermentación de azúcares, hidrólisis de esculina, hidrólisis de gelatina, decarboxilasas, lipasa, lecitinasa, utilización de citratos; 4) pruebas basadas en caracteres de resistencia a ciertas sustancias tal y como optoquinina, bacitracina, solubilidad en bilis, y crecimiento en caldo hipersalino.

#### Sistemas comerciales

Se trata de celdillas con sustrato liofilizado que se inoculan individualmente y que permiten la realización simultáneamente entre 10 y 50 pruebas bioquímicas. Los resultados de las pruebas se expresan de forma numérica:

-Si una prueba cualquiera es negativa, se le asigna un valor de 0 a la prueba.

-Si la primera prueba es positiva, se asigna un valor de 1.

-Si la segunda prueba es positiva, se asigna un valor de 2.

-Si la tercera prueba es positiva, se asigna un valor de 4.

#### Sistemas comerciales automatizados

Hay paneles en los que además de encontrarse los sustratos para el desarrollo de las pruebas bioquímicas, se encuentran diversos antimicrobianos a distintas concentraciones, con lo que se realiza simultáneamente la identificación y antibiograma del microorganismo en estudio.

#### Métodos moleculares

La ausencia de concordancia entre las características observables, morfológicas y/o fenotípicas del aislamiento en estudio y las correspondientes a la cepa de la especie tipo, hacen que los métodos fenotípicos realicen la identificación más probable y no definitiva. Para solventar los problemas inherentes presentados por los sistemas de identificación fenotípica.

Una amplia variedad de genes han sido utilizados como dianas moleculares en los estudios taxonómicos o de filogenia en los distintos géneros y distintas especies bacterianas, constituyendo el análisis del ARN 16S el marcador inicial y en numerosas situaciones el marcador suficiente para realizar una identificación más precisa. Sin embargo, en otras circunstancias, la alta homología genética presente en determinados géneros bacterianos o un reciente cambio en su asignación taxonómica, no permite realizar con el ARN 16S una identificación a nivel de especie o de géneros.

En estos casos, podemos recurrir a otros genes diana para realizar asignación de especie.

El ARNr 16S (rrs) incluido en la subunidad 30 S del ribosoma bacteriano, de distribución universal, el ARN 16S actúa como cronómetro molecular. ARNr 23S puede ser una alternativa en los casos en los que la fracción 16s no proporciona resultados concluyentes.

Las técnicas de identificación molecular en bacterias mediante análisis del 16 S ARNr u otros genes, se basa en la amplificación de genómica y en la secuenciación de esos genes fragmentados. El medio de cultivo o las condiciones de incubación no serán factores determinantes, pero si serán factores críticos la extracción del ADN cromosómico.

#### Métodos basados en proteómica

La proteómica es el estudio y caracterización del conjunto de proteínas expresadas por un genoma. Las técnicas de proteómica abordan el estudio de este conjunto de proteínas y las más usadas se basan en la electroforesis y en la espectrometría de masas.

La espectrometría de masas es una técnica analítica que permite analizar con precisión la composición de diferentes elementos químicos al permitir la medición de los iones derivados de moléculas separándolos en función de su relación carga/masa.

Una aplicación de la espectrometría de masas de interés en microbiología es la identificación de organismos.



El objetivo final de las técnicas de espectrometría de masas aplicadas a la identificación bacteriana es el poder determinar el género y especie del microorganismo. Es imprescindible que este resultado sea correcto debido a sus implicaciones clínicas.

Especies procariontes de interés general en medicina

Son procariontes los dominios Archaea y Bacteria, que incluyen entre otras micoplasmas, las bacterias y las algas cianofíceas.

Las bacterias son las formas más habituales, viven en el suelo, en el agua y sobre microorganismos vivos, están representadas actualmente por 2000 especies. Las arqueobacterias se encuentran en ambientes extremos como Ciénegas.

Procarionte ancestral: arqueobacterias y eubacterias.

Arqueobacterias: bacterias anaeróbicas que viven en condiciones ácidas calientes, bacterias que viven en condiciones salinas extremas, bacterias anaeróbicas que reducen el CO<sub>2</sub> a metano.

Eubacterias: bacterias Gram positivas, bacterias verdes fotosintetizadoras, cianobacterias, bacterias Gram negativas no fotosintetizadoras, espiroquetas.

Dentro de las procariontes de interés en medicina se incluye a las siguientes eubacterias: bacterias Gram negativas, Gram positivas y espiroquetas.

Cocos Gram positivos aerobios: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*.

Cocos y cocobacilos Gram negativos aerobios: *Moraxella*, *Neisseria*.

Bacilos Gram negativos aerobios: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Shigella*,  
*Yersinia*, *Vibrio*, *Campylobacter*, *Pseudomona*, *Helicobacter*, *Haemophilus*, *Brucella*.

Bacilos Gram positivos anaerobios: *Actinomyces*, *Clostridium*.

Bacilos Gram positivos aerobios: *Nocardia*, *Mycobacterium*, *Gardnerella*, *Listeria*.

Bacterias diversas con importancia: *Mycoplasma*, *Ureaplasma*, *Treponema*, *Chlamydia*,  
*Rickettsia*.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

### **Diseño del estudio**

Exploratorio prospectivo

### **Población y periodo de estudio**

Paciente con pie diabético Wagner II a V que acudieron al servicio de urgencias del hospital general del estado “Dr. Ernesto Ramos Bours” en el periodo comprendido marzo a junio de 2018.

### **Criterios de muestreo y elección del tamaño de muestra**

Se utilizó el método de muestreo no probabilístico, el tamaño de la muestra es de 16 casos.

### **Criterios de selección**

*Criterios de inclusión: DM2, pie diabético Wagner II a V, criterios de hospitalización, paciente > 18 años*

*Criterios de exclusión: Pie diabético Wagner I, uso de antibiótico previamente, pacientes pediátricos*

### **Descripción metodológica del estudio**

En pacientes seleccionados con heridas infectadas, previo consentimiento informado. Se tomó la muestra de la úlcera y se conservó en frasco estéril con solución salina al 0.9%. Se transportó la muestra a laboratorio de microbiología DICTUS UNISON en donde se incubó por seis horas a 37 grados. Finalmente se realizó la siembra por método de estría y extensión de superficie.

El crecimiento de las bacterias se llevó a cabo empleando siembra por medios generales (Peptona y agar Mueller Hilton) y medios selectivos (EMV, agar verde bilis brillante, agar SS, agar sangre, agar chocolate, agar Mac Conkey).

Para la prueba de resistencia se seleccionó el medio de cultivo agar Mueller Hinton por ser componente principal en la determinación de la sensibilidad microbiana a los antibióticos y un medio de cultivo no selectivo. Se agregaron 50 µL de cada antibiótico a probar en cada uno de los pozos, realizándose por duplicado cada antibiograma. Las placas fueron incubadas a 37°C por 18-24 h. Después de la incubación, se midieron y registraron los halos de inhibición. La sensibilidad a cada uno de los antibióticos se clasificó de acuerdo al diámetro de inhibición de crecimiento con base a las especificaciones descritas por Celikel N. y Kavas G., (2008).

### **Recursos empleados**

Recursos humanos:

- Personal para toma de muestra; personal encargado de transporte de muestra; personal encargado de realizar cultivo; personal encargado de realizar prueba de resistencia; análista; médico especialista en cirugía general; miembros del comité de tesis; médico residente de cuarto año de cirugía general.

Recursos físicos:

- Placas petri para medio de cultivo; placas petri con partición triple para prueba de resistencia; medios de cultivo: agar Mueller Hilton; agar EMB; agar BVB; agar SS; agar sangre; agar MIO; KIA; LIA; TSI; SS; RPV. Isopo esteril; autoclave; tubo de ensaye 15X150; asa de nicromo.

Recursos financieros:

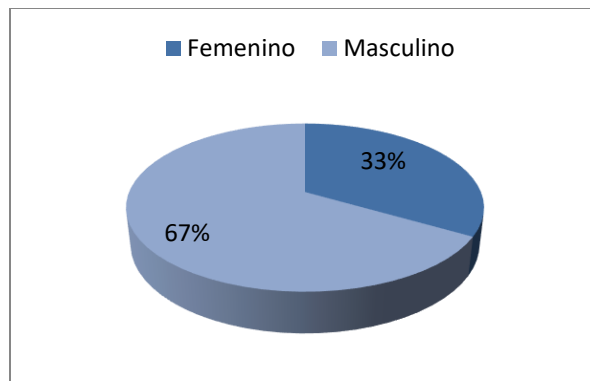
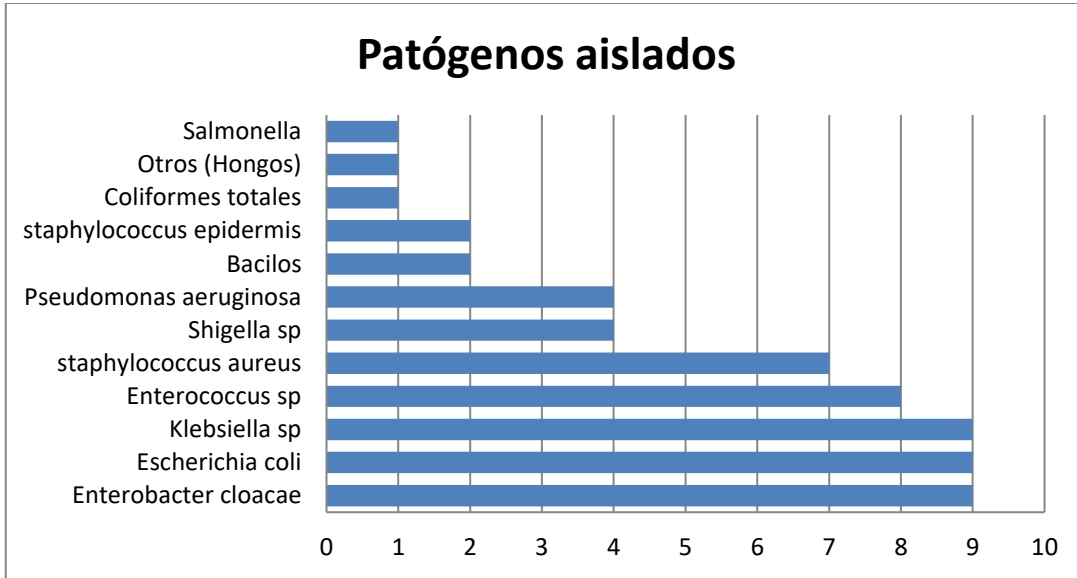
- Los materiales para la toma de muestra fueron proporcionados por el Hospital General del Estado de Sonora. Para la identificación los costos fueron solventados por el laboratorio de microbiología del Departamento de Investigaciones Científicas

y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS). El costo de las pruebas de antibióticos fueron cubiertos por el personal investigador autor de este trabajo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Aislamiento e identificación de bacterias

La edad promedio de los pacientes evaluados fue de 57.9 años con 67% de pacientes masculinos. A continuación se presentan los casos de mayor frecuencia de bacterias por especie y los casos de resistencia antibiótica.



+ Poca resistencia

++ Resistencia moderada

+++ Bacterias altamente resistentes

	Levofloxaxino	Clindamicina	Ceftriaxona
<i>Enterobacter cloacae</i>	+	+	++
<i>Escherichia coli</i>	+	+	++
<i>Klebsiella sp</i>	+	+	++
<i>Enterococcus sp</i>	+	+	++
<i>staphylococcus aureus</i>	+	++	++
<i>Shigella sp</i>	+	+++	++
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	+	++
<i>Bacilos</i>	++	++	++
<i>staphylococcus epidermis</i>	++	++	++
<i>Coliformes totales</i>	++	++	++
<i>Otros (Hongos)</i>	NA	NA	NA

*Salmonella*

+

++

++

Los antibióticos son medicamentos utilizados para prevenir y tratar las infecciones bacterianas. El tema de la resistencia de las bacterias a los antibióticos es de actual interés en la comunidad científica. Todo esto resultado de la conducta poco responsable del hombre al manejo de las infecciones. Sin embargo, con las nuevas tecnologías, tenemos el conocimiento y las herramientas para poder hacer frente al problema y ganar la guerra contra la resistencia antibiótica. En nuestros servicios de salud la resistencia antibiótica se asocia a un aumento de la morbilidad, morbilidad, estancia hospitalaria y los costos de la atención, por lo que es imprescindible tomar diversas medidas para su control.



## CONCLUSIONES

Las bacterias aisladas más frecuente fueron *E. cloacae*, *E. coli*, *Klebsiella* sp y *S. aureus*. En nuestro estudio no se aisló *P. aeruginosa* tan frecuentemente como es reportado en la literatura.

Levofloxacino, clindamicina y ceftriaxona se utilizaron para valorar la resistencia bacteriana. *S. aureus* fue el más resistente presentando resistencia moderada a clindamicina y ceftriaxona.

Es posible considerar buena alternativa levofloxacino-clindamicina como antibiótico empírico en pacientes con pie diabético infectado.

## LITERATURA CITADA

- I. Blanes et al. Documento de consenso sobre el tratamiento de las infecciones en el pie del diabético, *angiología* 2012, 31-59.
- Peters y Lipsky, *Med Diagnosis and Management of Infection in the Diabetic Foot. Med Clin Am* (2013) 911-946.
- Amjad et al. Bacteriology of diabetic foot in tertiary care hospital; frequency, antibiotic susceptibility and risk factors. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2017; 29.
- Wu et al. Empirical antibiotic treatment in diabetic foot infection: A study focusing in a culture and antibiotic sensitivity in a population from southern China. *The international journal of lower extremity wounds* 2017, 173-182.
- Barwell et al. Diabetic foot infection: Antibiotic therapy and good practice recommendations. *Int J Pract.* 2017.
- Manual para el diagnóstico y tratamiento del pie diabético, hospital Alberto Sabogal 2014.
- Tapia-Rangel JC y cols. Incidencia de amputaciones en pie diabético. *Rev Mex Angiol* 2015; 43 (1): 9-13.
- E. Cervantes- García and P. M. Salazar-Schettino. Clinical and surgical characteristics of infected diabetic foot ulcers in a tertiary hospital of Mexico, 2017 vol. 8.
- Hingorani et al. The management of diabetic foot: A clinical practice guideline by the Society for Vascular Surgery in collaboration with the American Podiatric Medical Association and the Society for Vascular Medicine. *Journal of vascular surgery* 2016.
- Ronald Belczyk. The diabetic foot. *Miscellaneous Topics.*
- L. Herranz. Índice tobillo brazo para la evaluación de la enfermedad arterial periférica. *Av Diabetol* 2005; 224-226.
- Torres-Valenzuela A y cols. Perfiles clínico y epidemiológico de los pacientes con pie diabético. *Rev Esp Méd Quir* 2015; 20: 294-301.
- Manejo integral del pie diabético en adultos en el segundo nivel de atención. GPC.