

Estudio comparativo del efecto inhibitorio de eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim con el extracto acuoso del *Aloe vera* y su concentración inhibitoria mínima sobre *Staphylococcus aureus*

Rosita Ñeco-Arrasco¹, Lis Y. Guevara-Flores²,
Juan F. Giles-Saavedra³

Fecha de recepción: 12 de diciembre, 2020

Fecha de aprobación: 23 de abril, 2021

DOI: <https://doi.org/10.18050/revistamedicavallejiana.v10i2.02>

Como citar: Ñeco-Arrasco R, Guevara-Flores LY, Giles-Saavedra JF. Estudio comparativo del efecto inhibitorio de eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim con el extracto acuoso del *Aloe vera* y su concentración inhibitoria mínima sobre *Staphylococcus aureus*. Rev. Med. Vallejana 2021; 10(2): 21-38. DOI: <https://doi.org/10.18050/revistamedicavallejiana.v10i2.02>

Derechos de reproducción: Este es un artículo en acceso abierto distribuido bajo la licencia CC



¹Hospital Regional Lambayeque (Perú). correo. rdmily@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6097-0808>

²Licenciada en Tecnología Médica (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3104-4140>

³Hospital Alanzor Aguinaga Asenjo (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-8959>

Estudio comparativo del efecto inhibitorio de eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim con el extracto acuoso del *Aloe vera* y su concentración inhibitoria mínima sobre *Staphylococcus aureus*

Rosita Ñeco-Arrasco¹
Lis Y. Guevara-Flores²
Juan F. Giles-Saavedra³

Resumen

Objetivo: El presente trabajo se orientó a determinar el efecto inhibitorio del extracto acuoso de *Aloe vera* (sábila) frente a cepas de *Staphylococcus aureus* y comparar su actividad con la eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim. **Material y Métodos:** La investigación fue de tipo prospectiva, transversal, comparativa y experimental, siendo el grupo de estudio de 10 cepas provenientes de pacientes hospitalizados. Se seleccionaron las hojas (pencas) de *Aloe vera* y se extrajo la pulpa que sirvió para preparar el extracto acuoso a concentraciones de 500, 800 y 1000 mg/mL, así mismo se prepararon concentraciones de 10, 20 y 30 ug/mL de los antibióticos y se enfrentaron a 10 cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de muestras clínicas (secreciones faríngeas), empleando la técnica de difusión en disco de Kirby – Bauer. **Resultados:** Los resultados obtenidos demostraron que el extracto acuoso de *Aloe vera* tiene actividad inhibitoria sobre cepas de *Staphylococcus aureus* las cuales fueron sensibles en un 30 % al igual que el sulfametoxazol – trimetoprim; por otro lado, los antibióticos como la eritromicina inhibió al 80 % de las cepas, seguido de la amoxicilina con 60 % de las cepas. El estudio comparativo de la actividad de los diferentes antibióticos reveló que existen diferencias en el comportamiento de las cepas frente a los antibióticos y frente a cada uno de los tratamientos utilizados, es decir que a mayor concentración mayor es el poder de inhibición de los antibióticos. **Conclusión:** El extracto acuoso de *Aloe vera* es una alternativa para el tratamiento de las infecciones por *Staphylococcus aureus*. Se sugiere que se realicen estudios posteriores comparativos teniendo en cuenta que las cepas sean tomadas de muestras de pacientes tanto intrahospitalarios como extrahospitalarios.

Palabras clave: *Aloe vera*, efecto inhibitorio, *Staphylococcus aureus*.

¹Hospital Regional Lambayeque (Perú). correo. rdmily@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6097-0808>

²Licenciada en Tecnología Médica (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3104-4140>

³Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-8959>



Comparative study of the inhibitory effect of erythromycin, amoxicillin and sulfamethoxazol – trimetoprim with the water extract of *Aloe vera* and its minimum inhibitory concentration on *Staphylococcus aureus*

Rosita Ñeco-Arrasco¹
Lis Y. Guevara-Flores²
Juan F. Giles-Saavedra³

Abstract

Objective: The present work was oriented to determine the inhibitory effect of the aqueous extract of *Aloe vera* (aloe) against strains of *Staphylococcus aureus* and compare its activity with erythromycin, amoxicillin and sulfamethoxazole – trimethoprim. **Material and Methods:** The research was prospective, transversal, comparative and experimental, being the study group of 10 strains from hospitalized patients. *Aloe vera* leaves (pencas) were selected and the pulp that was used to prepare the aqueous extract at concentrations of 500, 800 and 1000 mg/ mL was extracted, as well as concentrations of 10, 20 and 30 ug / mL of the antibiotics and faced 10 strains of *Staphylococcus aureus* isolated from clinical samples (pharyngeal secretions), using the Kirby – Bauer disk diffusion technique. **Results:** The results obtained showed that the aqueous extract of *Aloe vera* has inhibitory activity on strains of *Staphylococcus aureus* which were sensitive in 30 % as was sulfamethoxazole – trimethoprim; on the other hand, antibiotics such as erythromycin inhibited 80 % of the strains, followed by amoxicillin with 60 % of the strains. The comparative study of the activity of the different antibiotics revealed that there are differences in the behavior of the strains against the antibiotics and against each of the treatments used, that is to say that the higher the concentration, the greater the inhibition power of the antibiotics. **Conclusion:** The aqueous extract of *Aloe vera* is an alternative for the treatment of *Staphylococcus aureus* infections. It is suggested that comparative studies be carried out taking into account that the strains are taken from samples of both in-hospital and out-of-hospital patients.

Keywords: *Aloe vera*, inhibitory effect, *Staphylococcus aureus*.

¹Hospital Regional Lambayeque (Perú). correo. rdmily@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6097-0808>

²Licenciada en Tecnología Médica (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3104-4140>

³Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-8959>



INTRODUCCIÓN

Las infecciones de las vías respiratorias son un problema que afecta a la mayoría de la población infantil y juvenil preferentemente más que a los adultos, entre ellas destacan faringoamigdalitis, sinusitis etc., siendo *Staphylococcus aureus* uno de los microorganismos comprometidos en esta infección. *Staphylococcus aureus* es causante de infecciones supurativas de la piel así como de infecciones sistémicas causando además una serie de complicaciones que afectan a las articulaciones, corazón y riñones.¹

Su tratamiento inicial suele ser a base de penicilina u otro β -lactámico, sin embargo en los últimos años se ha podido observar cepas resistentes a estos antibióticos. Más del 70% de las cepas albergan plásmidos transmisibles que producen β -lactamasas en ciertas condiciones. Estas β -lactamasas inducibles inactivan a la penicilina y a algunas Cefalosporinas de primera generación. Además, una proporción cada vez mayor de los aislamientos tiene resistencia intrínseca a todos los antibióticos β -lactámicos. Estas cepas conocidas en conjunto como *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, producen proteínas de unión a penicilina; por lo que se hace necesario buscar nuevas alternativas de tratamiento que sean baratas y estén al alcance de las mayorías.¹

El hombre ha hecho uso de las plantas desde tiempos inmemorables, no sólo para satisfacer su hambre, sino para curar sus enfermedades, cicatrizar sus heridas y elevar su estado de ánimo.^{2,3} Hoy en día cientos de plantas son utilizadas en la medicina tradicional con excelentes resultados. En las plantas los principios activos se hallan biológicamente equilibrados, de forma que no se acumulan y sus efectos indeseables están limitados; a diferencia de que muchas de las sustancias químicas que ingerimos se acumulan en el organismo. Sin embargo, a pesar de que han aumentado las investigaciones sobre las plantas medicinales, todavía existe desconocimiento sobre los principios activos a los que se deben las extraordinarias propiedades curativas de las plantas.^{4,5}

El *Aloe vera* es uno de los mayores regeneradores celulares que ofrece la naturaleza; posee muchas propiedades farmacológicas entre las que se pueden

citar para el tratamiento de las afecciones respiratorias, gástricas, cicatrizantes y antibacterianas. Así mismo la sábila es una planta de fácil acceso ya que se cultiva en los jardines de muchas de las casas familiares.⁶

Velásquez et al, evidenciaron que el 74% de cepas de *Staphylococcus aureus* fueron resistentes a la meticilina y presentaron altos niveles de resistencia a eritromicina, clindamicina, ciprofloxacino, gentamicina, rifampicina, cloramfenicol, tetraciclina y cotrimoxazol. *Staphylococcus aureus* meticilino resistentes fueron principalmente responsables de infección de herida operatoria, neumonía e infecciones cutáneas superficiales.⁷ Torroba et al, en Pamplona, España, reportaron que solo el 5% de las cepas de *Staphylococcus aureus* fueron sensibles a penicilina y un 95% producían β -lactamasas. Asimismo informaron que la resistencia a la meticilina por *Staphylococcus aureus* no siempre se acompaña con resistencia a otros fármacos antiestafilocócicos no β -lactámicos como macrólidos, clindamicina y fluoroquinolonas.⁸

Rojas et al, determinaron que 32% de las cepas *Staphylococcus aureus* fueron sensibles a todos los antibacterianos probados, siendo los más efectivos imipenem, norfloxacino y amikacina para 98 %, 96% y 92% de sensibilidad; así como la existencia de 27 patrones diferentes de droga resistencia en las cepas estudiadas. De ellas, 22% fueron productoras de β -lactamasas y de estas últimas, 27% meticilino resistentes.⁹ Mendoza et al, determinaron que *Staphylococcus aureus* meticilino resistente coloniza preferentemente a los pacientes y éstos tienen menor susceptibilidad que los *Staphylococcus aureus* meticilino resistentes aislados del personal de salud, además, que los antibacterianos alternativos no poseen altas sensibilidades en *Staphylococcus aureus* meticilino resistentes de pacientes.¹⁰

Martínez et al, comprobaron que al analizar los resultados del total de aislamientos de *Staphylococcus aureus* resistentes a la oxacilina detectados por DIRAMIC 10, el 95% fueron confirmados como meticilino resistentes, lo cual evidencia la factibilidad de este método rápido para alertar la circulación de estas cepas en el hospital y luchar contra la endemia.¹¹ Navarro et al, determinaron la actividad antibacteriana de plantas usadas en medicina tradicional, indicando que el extracto metabólico de *Eucalyptus globulus*

tuvo buena actividad in Vitro contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Cándida albicans*.¹² Gonzales, demostró que para inhibir el 100% de cepas de *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes* necesitó una concentración inhibitoria mínima de 2 a 3 mg/mL de extracto de ajo respectivamente.¹³ Ramírez y Ayasta, demostraron que *Staphylococcus aureus* y *S. pyogenes* fueron sensibles a los taninos de frutos de taya.¹⁴

Betancourt, evidenció que la sábila tuvo actividad inhibitoria frente a *C. albicans* y *T. vaginalis*; así mismo al ser comparado con el metronidazol (500 mg), éste tuvo similar actividad inhibitoria.¹⁵ Mattos et al, hallaron que el Aloe vera es significativamente más eficaz que el Ketoconazol, inhibiendo el crecimiento de *C. albicans* y la motilidad de *T. vaginalis*; observándose una mayor resistencia al ketoconazol.¹⁶ Bustamante y Broncales, concluyeron que el Aloe vera posee un efecto inhibitorio sobre *C. albicans* y *T. vaginalis*, y que el etanol es el principal solvente capaz de liberar mayor parte de los principios activos.¹⁷ Silva et al., realizaron un estudio vinculado al hombre y su relación con las plantas medicinales, determinando que el uso que realiza la población de las mismas, es debido a cuatro factores: economía, eficacia, tradición y fácil acceso.¹⁸

Los conocimientos de las plantas medicinales en América, fueron transmitidos por los aborígenes a los misioneros y viajeros españoles y de ellos a nosotros a través de la multitud de obras que escribieron. De todas las especies vegetales conocidas pocas reúnen las maravillosas propiedades curativas, siendo una de ellas el *Aloe vera*. El *Aloe vera*, pertenece a la familia de las liliáceas, es una planta perenne, originaria del sur de África, que comprende más de 200 especies.^{19,20,21} Presentan hojas largas y anchas en roseta y con una espina recia en su extremo armadas de otras espinas marginales más pequeñas. Las hojas cuya savia se utiliza, son carnosas, miden unos 50 cm de largo, 10 ó 20 cm de ancho y 5 cm de grosor.²²

Los principios activos del gel del *Aloe vera* que tienen propiedades antibacterianas son el ácido cinamónico, un tipo de úrea nitrogenada, lupeol, fenol, azufre, ácido fólico y un ácido salicílico natural q combinado con el lupeol tienen importantes efectos analgésicos, anticoagulantes y antitóxicos.²³ El Aloe vera se ha empleado para el tratamiento de heridas cortantes

y necrosantes, el herpes y la culebrilla, la tiña y las infecciones producidas por los *Staphylococcus* y otras infecciones bacterianas como la gastroenteritis, colitis, vaginitis, cervicitis y escorbuto; también se emplea para el tratamiento del cólera, disentería, gonorrea y otras enfermedades venéreas. Alivia el dolor del parto después de la episiotomía y facilita la recuperación del anillo vulvar.²²

Los antibióticos β - lactámicos actúan uniéndose a las proteínas ligadoras de penicilina inhibiendo la reacción de transpeptidación, evitando la formación de enlaces cruzados entre las cadenas de peptidoglicano, con lo cual se altera la estructura de la pared celular bacteriana, que pierde su fuerza y rigidez característica, tornándose más frágil y susceptible a la lisis ante los cambios de presión osmótica.^{24,25} La eritromicina, es un antibiótico del grupo de los macrólidos constituido por un anillo lactónico grande macrocíclico; son principalmente bacteriostáticos, que inhiben la síntesis de proteínas mediante su unión reversible a la subunidad 50-S del ribosoma.²⁵

La penicilina es un antibiótico que posee un núcleo químico que es el ácido 6-aminopenicilánico (6-APA o núcleo PENAM), constituido por tres componentes: un anillo de tiazolidina, un anillo β - lactámico y una cadena lateral. La integridad del anillo β -láctámico es esencial para que el agente conserve su actividad.²⁵ El sulfametoxazol - trimetoprim es una combinación antibacteriana de una diaminopiridina (trimetoprim) y un sulfonamida de acción intermedia (sulfametoxazol) conocida como cotrimoxazol (TMP - SMX). Esta asociación de fármacos a dosis fija tiene un gran uso al momento actual, ya que su potencia antibacteriana es mayor que la suma de cada uno de sus componentes.²⁶

Considerando que *Staphylococcus aureus* son un microorganismo ubicuo con una alta capacidad de sobrevivencia y resistencia a factores adversos y por ser uno de los microorganismos que causan infecciones nosocomiales resistentes a los antibióticos, se hace necesario evaluar los antibióticos de uso frecuente en los tratamientos así como buscar alternativas en la medicina naturista. Como en el Perú existen una diversidad de plantas medicinales en donde muchas de ellas se emplean como plantas ornamentales o para curar enfermedades psico - fisiológicas; así como también se encuentran en los jardines de la ciudad o

de las casas, en el presente trabajo de investigación se propuso contribuir en el conocimiento de las propiedades antibacterianas del Aloe vera y de esta manera ofrecerla como una alternativa en la terapia de infecciones causadas por *Staphylococcus aureus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio por ser de carácter experimental estuvo referido al diseño de estímulo creciente, en el cual los grupos experimentales fueron las cepas de *Staphylococcus aureus*, a las cuales se les enfrentó al extracto acuoso de *Aloe vera* y a diferentes antibióticos de uso común específicamente como la eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim con tres concentraciones diferentes. La población estuvo constituida por 10 cepas de la especie de *Staphylococcus aureus*. Se realizó 3 repeticiones para cada una de las experiencias. Las cepas de *Staphylococcus aureus* procedentes de muestras clínicas (secreciones faríngeas), fueron donadas por el Laboratorio de Microbiología del Hospital Regional Docente Las Mercedes de la ciudad de Chiclayo en Perú.

La identificación de las cepas se realizó a través de las siguientes pruebas: catalasa, fermentación del manitol y coagulasa.²⁷ Las concentraciones del extracto acuoso de *Aloe vera* fueron de 500, 800 y 1000 mg/mL y de los antibióticos eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim fueron de 10, 20 y 30 ug/mL. Se aplicó el diseño factorial de 10 x 3 x 3, siendo el primer factor las cepas de *Staphylococcus aureus*, el segundo las concentraciones del extracto acuoso de *Aloe vera* y de los antibióticos; y el tercero las repeticiones. El diseño se aplicó por separado tanto para el extracto acuoso de *Aloe vera* como para los antibióticos. Para el análisis

estadístico de los datos se realizaron el análisis de varianza y la prueba de Tukey.

RESULTADOS

Efecto inhibitorio del extracto acuoso del *Aloe vera* frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*:

Tabla 1. Diámetro promedio de halos de inhibición del extracto acuoso de *Aloe vera* frente a cepas de *Staphylococcus aureus*.

| Cepa | 500 mg | 800 mg | 1000 mg |
|------|--------|--------|---------|
| C1 | 5 | 5 | 5 |
| C2 | 5 | 5 | 5 |
| C3 | 5 | 5 | 5 |
| C4 | 5 | 5 | 5 |
| C5 | 5 | 5 | 5 |
| C6 | 5 | 5 | 5 |
| C7 | 16 | 18.6 | 21.6 |
| C8 | 5 | 5 | 5 |
| C9 | 16 | 19 | 23.6 |
| C10 | 13.3 | 16.3 | 19.6 |

Figura 1. Promedio general de los halos de respuesta por cepas de *Staphylococcus aureus* frente al extracto acuoso de *Aloe vera*.

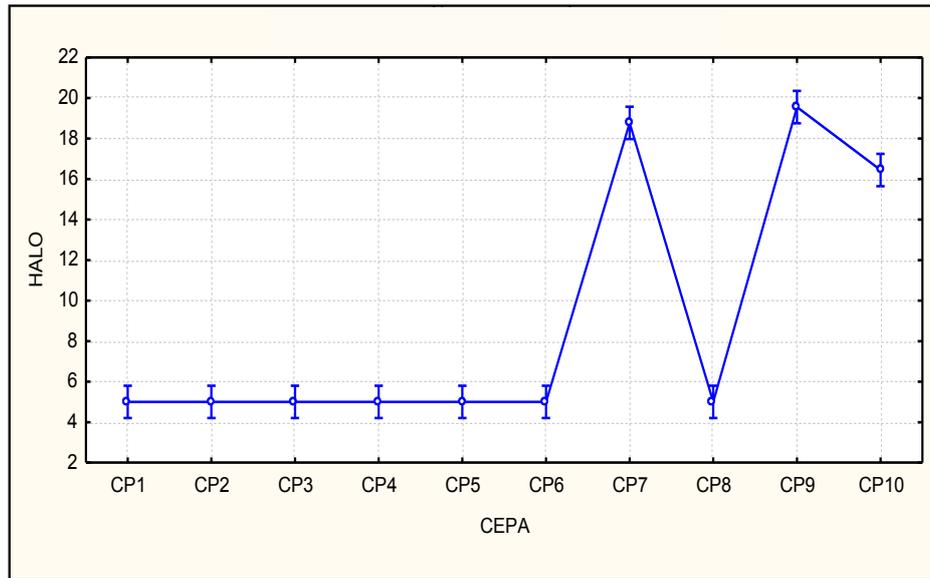


Figura 2. Respuesta promedio de las cepas de *Staphylococcus aureus* en función de las concentraciones del extracto acuoso de *Aloe vera*.

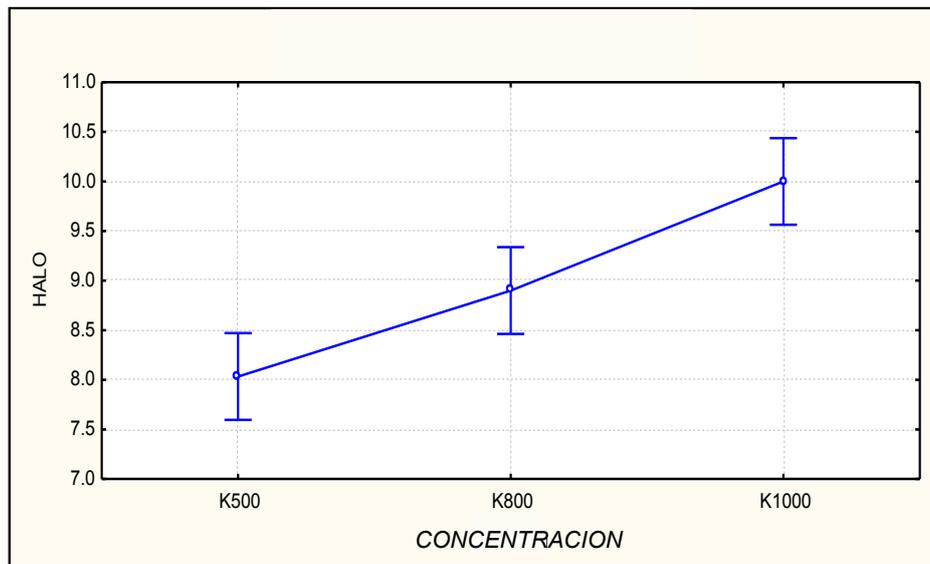


Tabla 2. Análisis de varianza de la susceptibilidad de *Staphylococcus aureus* frente al extracto acuoso de *Aloe vera*.

| F.V | SS | Degr. of | MS | Fc | Ft | Decisión |
|-------------|---------|----------|--------|--------|-------|-------------|
| CEPA | 3369.95 | 9 | 374.43 | 261.23 | 9.60 | Rechazar Ho |
| CONCEN | 58.28 | 2 | 29.14 | 20.33 | 2.60 | Rechazar Ho |
| CEPA*CONCEN | 139.71 | 18 | 7.76 | 5.41 | 18.60 | Aceptar Ho |
| Error | 86 | 60 | 1.43 | | | |

Efecto inhibitorio de la eritromicina frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*:

Tabla 3. Diámetro promedio de halos de inhibición de la eritromicina frente a cepas de *Staphylococcus aureus*.

| Cepa | 10 ug | 20 ug | 30 ug |
|------|-------|-------|-------|
| C1 | 16.3 | 17.3 | 18 |
| C2 | 16 | 18.3 | 19.6 |
| C3 | 5 | 5 | 5 |
| C4 | 15.3 | 18.3 | 20.6 |
| C5 | 15 | 17.3 | 20 |
| C6 | 17.6 | 19.3 | 21.3 |
| C7 | 20 | 21.3 | 24.3 |
| C8 | 19.6 | 23 | 24.6 |
| C9 | 17 | 18 | 22 |
| C10 | 5 | 5 | 5 |

Figura 3. Promedio general de los halos de respuesta por cepas de *Staphylococcus aureus* frente a la eritromicina.

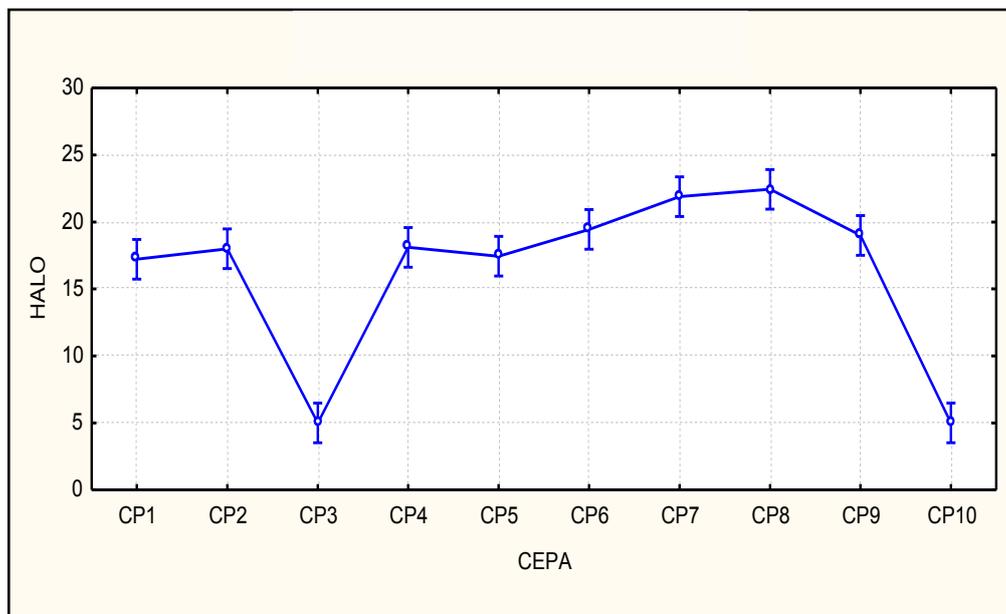


Figura 4. Respuesta promedio de las cepas de *Staphylococcus aureus* en función de las concentraciones de la eritromicina.

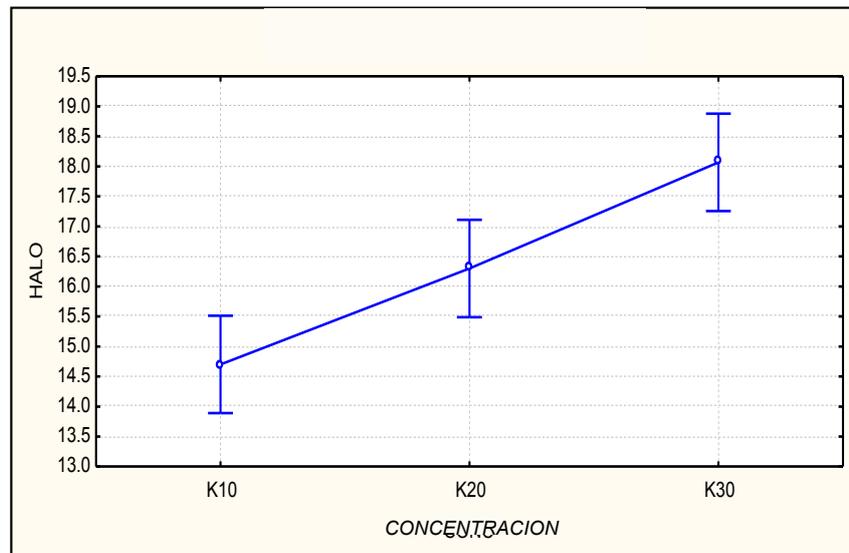


Tabla 4. Análisis de varianza de la susceptibilidad de cepas de *Staphylococcus aureus* frente a la eritromicina.

| F.V | SS | Degr. of | MS | Fc | Ft | Decisión |
|-----------|---------|----------|--------|-------|-------|-------------|
| CEPA | 3148.62 | 9 | 349.84 | 70.91 | 9.60 | Rechazar Ho |
| CONC | 170.15 | 2 | 85.07 | 17.24 | 2.60 | Rechazar Ho |
| CEPA*CONC | 65.84 | 18 | 3.65 | 0.74 | 18.60 | Aceptar Ho |
| Error | 296 | 60 | 4.93 | | | |

Efecto inhibitorio de la amoxicilina frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*:

Tabla 5. Diámetro promedio de halos de inhibición de la amoxicilina frente a cepas de *Staphylococcus aureus*.

| Cepa | 10 ug | 20 ug | 30 ug |
|------|-------|-------|-------|
| C1 | 5 | 5 | 5 |
| C2 | 5 | 5 | 5 |
| C3 | 14 | 17.3 | 19.3 |
| C4 | 17 | 19.3 | 22 |
| C5 | 7.6 | 12 | 14 |
| C6 | 13.3 | 16 | 18.3 |
| C7 | 31 | 34.3 | 38.3 |
| C8 | 10.3 | 11.3 | 12.6 |
| C9 | 26 | 33 | 35 |
| C10 | 28 | 31.3 | 33.3 |

Figura 5. Promedio general de los halos de respuesta por cepas de *Staphylococcus aureus* frente a la amoxicilina.

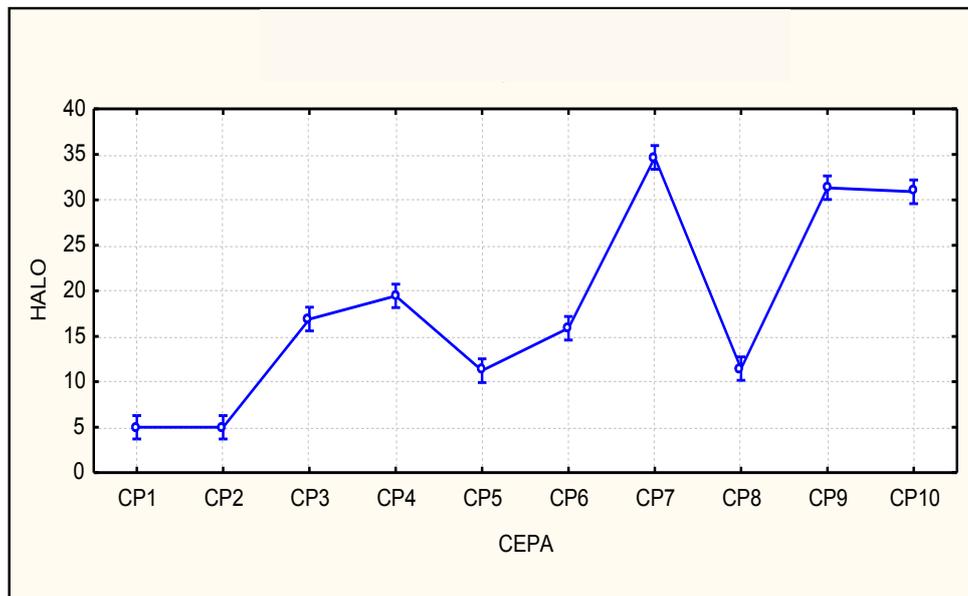


Figura 6. Respuesta promedio de las cepas de *Staphylococcus aureus* en función de las concentraciones de la amoxicilina.

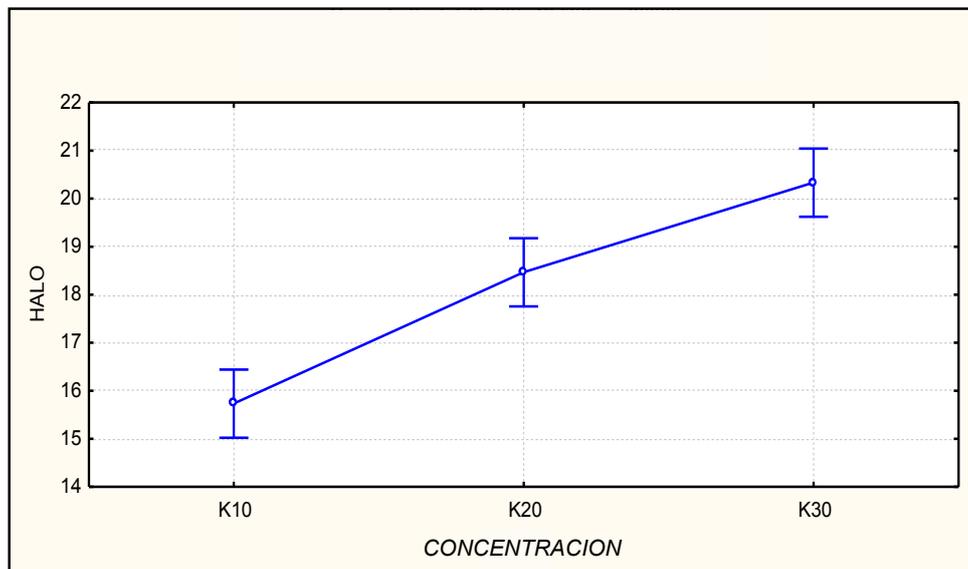


Tabla 6. Análisis de varianza de la susceptibilidad de cepas de *Staphylococcus aureus* frente a la amoxicilina.

| F.V | SS | Degr. of | MS | Fc | Ft | Decisión |
|-----------|---------|----------|---------|---------|-------|-------------|
| CEPA | 9504.48 | 9 | 1056.05 | 279.541 | 9.60 | Rechazar Ho |
| CONC | 321.15 | 2 | 160.57 | 42.50 | 2.60 | Rechazar Ho |
| CEPA*CONC | 134.84 | 18 | 7.49 | 1.98 | 18.60 | Aceptar Ho |
| Error | 226.66 | 60 | 3.77 | | | |

**Efecto inhibitorio del sulfametoxazol – trimetoprim
frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*:**

Tabla 7. Diámetros promedio de halos de inhibición de sulfametoxazol – trimetoprim frente a cepas de *Staphylococcus aureus*.

| Cepa | 10 ug | 20 ug | 30 ug |
|------|-------|-------|-------|
| C1 | 5 | 6.6 | 15 |
| C2 | 5 | 7.3 | 15 |
| C3 | 5 | 5 | 5 |
| C4 | 5 | 5 | 9.6 |
| C5 | 5 | 5 | 16.6 |
| C6 | 5 | 5 | 13.6 |
| C7 | 6.3 | 7.6 | 11.3 |
| C8 | 5 | 6.6 | 10 |
| C9 | 5.6 | 8.3 | 16.6 |
| C10 | 7 | 12 | 17.6 |

Figura 7. Promedio general de los halos de respuesta por cepas de *Staphylococcus aureus* frente al sulfametoxazol – trimetoprim.

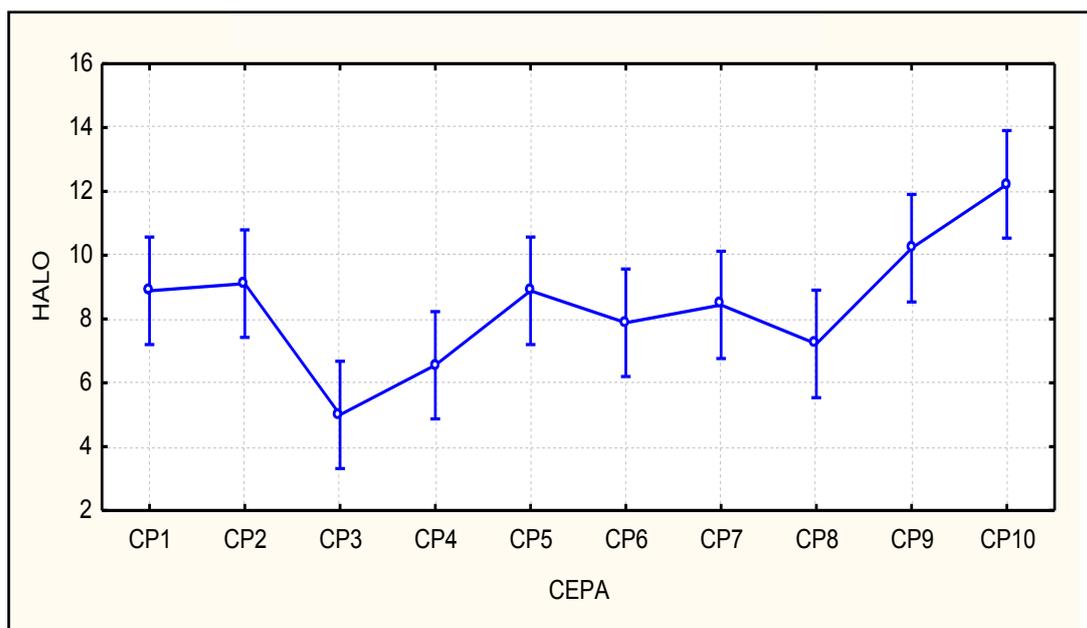


Figura 8. Respuesta promedio de las cepas de *Staphylococcus aureus* en función de las concentraciones del sulfametoxazol – trimetoprim.

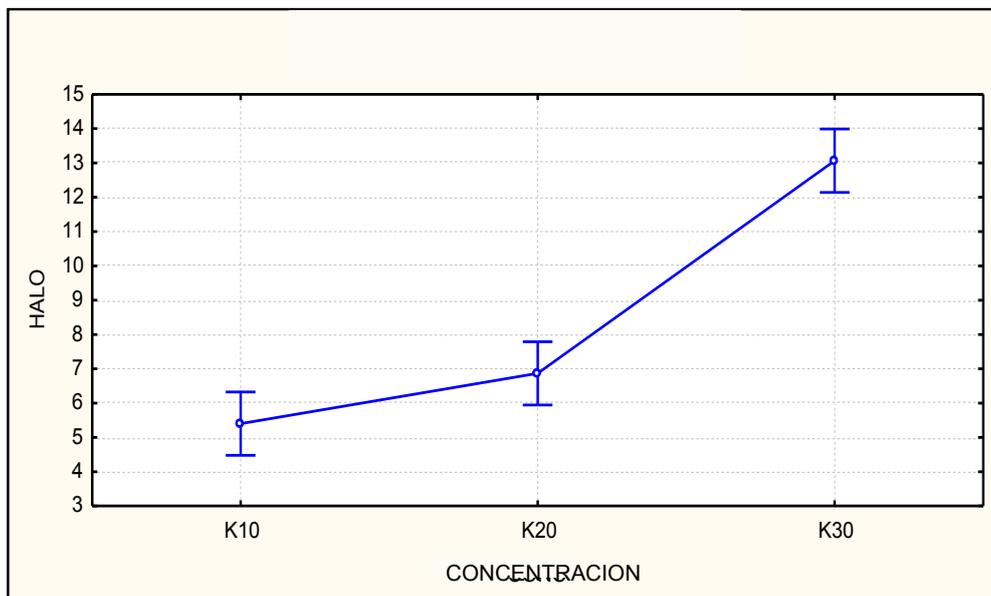


Tabla 8. Análisis de varianza de la susceptibilidad de *Staphylococcus aureus* frente a sulfametoxazol – trimetoprim.

| F.V | SS | Degr. of | MS | Fc | Ft | Decisión |
|-----------|--------|----------|--------|-------|-------|-------------|
| CEPA | 319.55 | 9 | 35.50 | 5.56 | 9.60 | Aceptar Ho |
| CONC | 993.68 | 2 | 496.84 | 77.90 | 2.60 | Rechazar Ho |
| CEPA*CONC | 256.31 | 18 | 14.23 | 2.23 | 18.60 | Aceptar Ho |
| Error | 382.66 | 60 | 6.37 | | | |

Comparación del efecto inhibitorio del extracto acuoso de Aloe vera con respecto a eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*:

Tabla 9. Porcentaje de susceptibilidad de *Staphylococcus aureus* frente a los antibacterianos: *Aloe vera*, eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim.

| ANTIMICROBIANOS | RESISTENCIA | | INTERMEDIO | | SENSIBLE | |
|------------------------------|-------------|----|------------|----|----------|----|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Aloe vera | 7 | 70 | 0 | 0 | 3 | 30 |
| Sulfametoxazol – Trimetoprim | 4 | 40 | 3 | 30 | 3 | 30 |
| Amoxicilina | 3 | 30 | 1 | 10 | 6 | 60 |
| Eritromicina | 2 | 20 | 0 | 0 | 8 | 80 |

Figura 9. Comportamiento de los antibacterianos: *Aloe vera*, Eritromicina, Amoxicilina y sulfametoxazol - trimetoprim frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*.

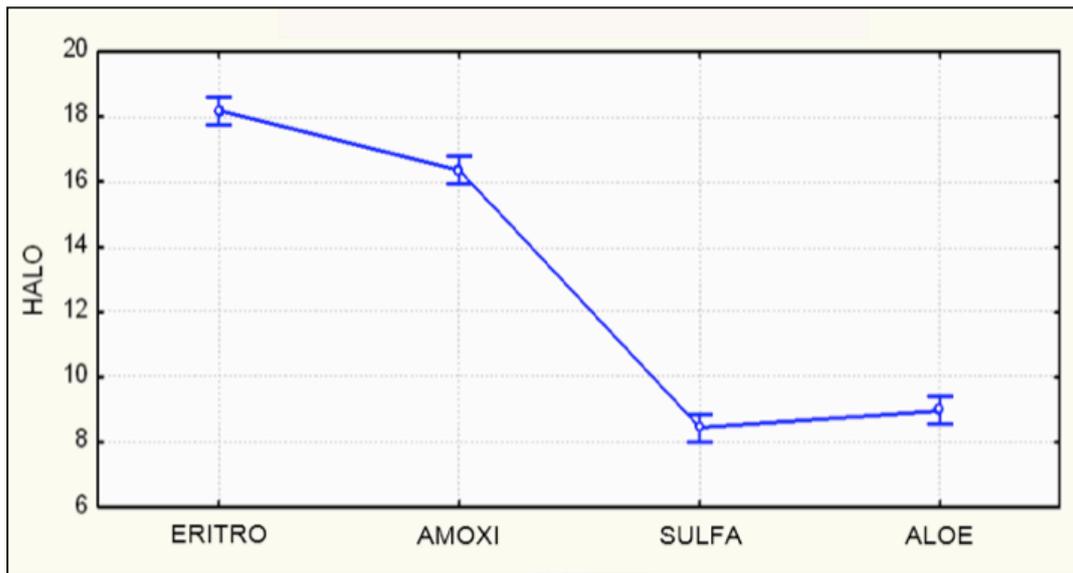


Figura 10. Comportamiento de las cepas de *Staphylococcus aureus* frente a los antibacterianos: *Aloe vera*, eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol - trimetoprim.

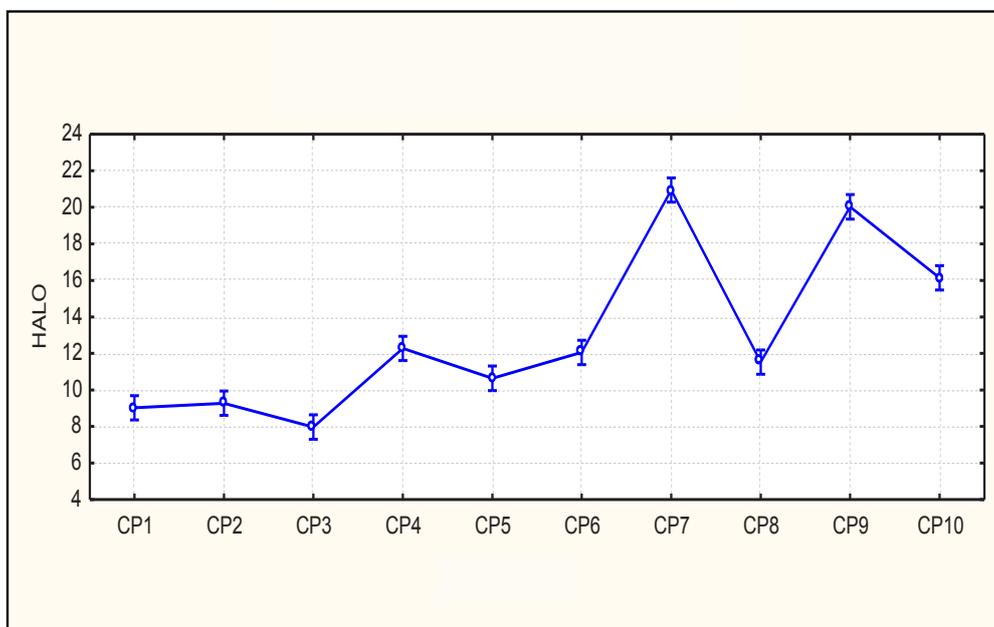


Figura 11. Efecto de las concentraciones de antibacterianos: *Aloe vera*, eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*.

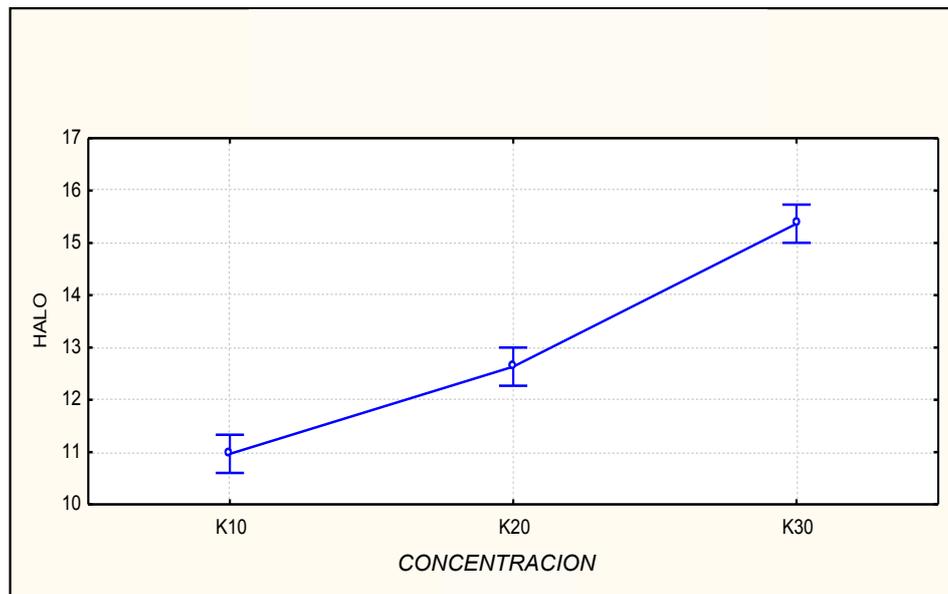


Tabla 10. Análisis de varianza de la susceptibilidad de las cepas de *Staphylococcus aureus* frente a los antibacterianos: *Aloe vera*, eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim.

| F.V | SS | Degr. Of | MS | Fc | Ft | Decisión |
|-------------------|---------|----------|--------|--------|--------|-------------|
| ANTIBIÓTICO | 6750 | 3 | 2250 | 544.72 | 3.240 | Rechazar Ho |
| CEPA | 6711.23 | 9 | 745.69 | 180.53 | 9.240 | Rechazar Ho |
| CONCENTRACION | 1184.35 | 2 | 592.17 | 143.36 | 2.40 | Rechazar Ho |
| ANTIB*CEPA | 9631.38 | 27 | 356.71 | 86.36 | 27.40 | Rechazar Ho |
| ANTIB*CONCEN | 358.93 | 6 | 59.82 | 14.48 | 6.240 | Rechazar Ho |
| CEPA*CONCEN | 217.86 | 18 | 12.10 | 2.93 | 18.240 | Aceptar Ho |
| ANTIB*CEPA*CONCEN | 378.84 | 54 | 7.01 | 1.69 | 54.240 | Aceptar Ho |
| Error | 991.33 | 240 | 4.13 | | | |

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos nos demuestran que el *Aloe vera* presenta efecto inhibitorio frente a cepas de *Staphylococcus aureus*; existiendo además cepas que fueron resistentes. Se sabe que las propiedades antibacterianas del *Aloe vera* radican en el ácido cinamónico, un tipo de úrea nitrogenada, lupeol, fenol, azufre etc.²³ En base a estas propiedades el *Aloe vera* se emplea para el tratamiento de heridas cortantes y necrosantes, el herpes y la culebrilla, la tiña y las infecciones producidas por los *Staphylococcus* y en otras infecciones bacterianas como la gastroenteritis, colitis, vaginitis, cólera, gonorrea etc.²² Aunque no existen muchos trabajos realizados sobre la efecto inhibitorio del *Aloe vera* sobre *Staphylococcus aureus*, Betancourt¹⁶ en Cuba, realizó un estudio similar, no encontrando efecto inhibitorio sobre cepas de *Staphylococcus aureus*, pero si en *E. coli*, *C. Albicans* y *T. vaginalis*. El análisis de varianza realizado para evaluar la efecto inhibitorio del *Aloe vera* frente a cepas de *Staphylococcus aureus* nos demuestra de que la respuesta de las cepas al extracto acuoso es variable, es decir que la sensibilidad o resistencia que presenten las cepas está ligada directamente a sus genes presentes en su cromosoma o en plásmidos.¹ Por otro lado se observa que las concentraciones influyen directamente sobre el efecto del extracto de *Aloe vera* sobre *Staphylococcus aureus*, es decir que a medida de que las concentraciones se van incrementando el halo de inhibición también aumenta. Lo que demuestra la inhibición del crecimiento bacteriano.

Al evaluar el efecto inhibitorio de la eritromicina frente a las cepas de *Staphylococcus aureus*, se puede afirmar de que tiene buen efecto inhibitorio, ya que el 80% de las cepas fueron inhibidas y el 20% resistentes. Mendoza¹⁰, menciona que la resistencia a la Eritromicina está entre el 40 – 89% de las cepas de origen hospitalaria, lo que demuestra una vez más la versatilidad genética que presenta este microorganismo frente a los antibióticos y muchas de estas cepas están relacionadas con los *Staphylococcus* metilino resistentes, como lo mencionan Velásquez⁷, Torroba⁸, Rojas⁹ y Martínez¹¹. El análisis de varianza realizado también nos indica que existen diferencias significativas entre el comportamiento de las cepas

y las concentraciones utilizadas en el experimento, de tal manera que el comportamiento de las cepas es inherente a la procedencia de las mismas, a la variabilidad genética expresada en su cromosoma o en plásmidos, así como las mutaciones que pueden inducir este antibiótico sobre el microorganismo. Por otro lado las concentraciones utilizadas influyen directamente sobre el efecto inhibitorio, es decir que a medida de que se aumenta la concentración también se incrementa el diámetro de halo de inhibición.

La amoxicilina es otro de los antibióticos que ha presentado buen efecto inhibitorio sobre las cepas de *Staphylococcus aureus*, ya que el 60% de ellas fueron inhibidas y el 30% resistente, además el 10% presentó una sensibilidad intermedia. Otros autores como Velásquez⁷, Torroba⁸, Rojas⁹, Mendoza¹⁰ y Martínez¹¹, mencionan la existencia de elevados índices de resistencia a los antibióticos β – lactámicos en cepas metilino resistentes que tiene procedencia hospitalaria, caracterizándose todas ellas por producir la enzima β – lactamasa que actúa sobre el anillo β – lactámico de la amoxicilina inhibiendo su efecto antibacteriano; además los *Staphylococcus aureus* presentan otras formas de resistencia a los β -lactámicos como el cambio del sitio diana a estos antibióticos¹. El análisis de varianza realizado nos permite afirmar que existen diferencias significativas en las respuestas de las cepas de *Staphylococcus aureus* frente a la amoxicilina y como ya se dijo anteriormente estas diferencias están condicionadas a los factores antes mencionados. Así mismo existen diferencias significativas en las concentraciones empleadas, es decir que la mejor inhibición del antibiótico se da cuando se va incrementando la concentración dando lugar al aumento de los diámetros de los halos de inhibición.

Por otro lado vemos que el sulfametoxazol – trimetoprim solo ejerce efecto inhibitorio sobre las cepas C5, C9 y C10, siendo el resto de las cepas resistentes. Trabajos similares como el de Velásquez⁷ y Mendoza¹⁰, establecieron que la resistencia a este antibiótico estuvo por encima del 50%; lo cual se explica por el hecho de que las cepas estudiadas por los mencionados investigadores y también en nuestro caso, proceden de fuentes hospitalarias, las cuales se caracterizan por presentar niveles altos de resistencia bacteriana a los antibióticos. El análisis de varianza realizado para el

caso del sulfametoxazol – trimetoprim, nos indica de que existen diferencias significativas en la actividad de las concentraciones utilizadas, por lo que se observa de que a medida que las concentraciones se incrementan también se incrementan los diámetros de halos de inhibición, sin embargo se puede apreciar de que existe una homogeneidad en el comportamiento de las cepas frente a este antibiótico.

El análisis de varianza realizado para establecer una comparación entre el Aloe vera con los antibióticos, nos permite observar de que existen diferencias significativas entre las variables antibiótico, cepa y concentración; así mismo en la interacción Antibiótico * Cepa y Antibiótico * Concentración. No se observó diferencias significativas entre la interacción Cepa * Concentración y Antibiótico * Cepa * Concentración. Esto nos revela que los antibióticos actúan independientemente de la cepa en estudio; es necesario señalar que cada uno de los antibióticos son de amplio espectro es decir tienen buena actividad frente a bacterias Gram positivas y negativas, mientras que el Aloe vera gracias a sus principios activos puede actuar probablemente sobre las proteínas de la membrana celular provocando una desorganización y causando la lisis celular; así mismo las cepas tienen un comportamiento variable cuando se les enfrenta a los diferentes antibióticos gracias a su variabilidad genética que presentan estos microorganismos. Como se ha dicho anteriormente la concentración de los antibióticos influyen directamente sobre el efecto inhibitorio de las cepas.

Los resultados obtenidos en el estudio demuestran que el extracto acuoso de Aloe vera tiene efecto inhibitorio sobre cepas de *Staphylococcus aureus* las cuales fueron sensibles en un 30% al igual que el sulfametoxazol – trimetoprim; los antibióticos como la Eritromicina inhiben al 80% de las cepas, seguido de la Amoxicilina con 60%. El estudio comparativo del efecto de los diferentes antibióticos reveló que existen diferencias en el comportamiento de las cepas frente a los antibióticos y frente a cada uno de los tratamientos utilizados, es decir que a mayor concentración mayor es el poder de inhibición de los antibióticos.

Se concluye que la eritromicina tiene un mejor efecto que la amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim así como con el extracto acuoso de Aloe vera pudiendo este último ser considerado como una alternativa para el tratamiento de las infecciones por *Staphylococcus aureus*.

De acuerdo a los resultados obtenidos se confirma parcialmente la hipótesis, en el sentido que sólo se halló un 30% de sensibilidad con el extracto acuoso de *Aloe vera* respecto al efecto inhibitorio in vitro sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus* que los antibióticos eritromicina, amoxicilina y sulfametoxazol – trimetoprim.

Se sugiere que se realicen estudios posteriores comparativos teniendo en cuenta que las cepas sean tomadas de muestras de pacientes tanto intrahospitalarios como extrahospitalarios ya que se conoce que las cepas intrahospitalarias son más resistentes, factor que puede ser motivo de la confirmación parcial de la hipótesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garcia R, Picazo J. Microbiología médica. España: Mosby / Doyma; 1996.
2. Lock O. Investigación fotoquímica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 1998.
3. Greulach V, Adams E. Las plantas: introducción a la botánica moderna. 2ª Ed. México: Limusa; 1998.
4. Aldave A, Mostacero P. Botánica farmacéutica. Trujillo: Editorial E.I.R.Ñ.; 1998.
5. Acharya T, Chaterjee K. Isolation of crysophanic acid 9 anthrone, the major antifungal principle of *Cassipouira*. J Natural Products. 1996; 38(3): 218.
6. Graña A. La sábila (Aloe vera). Planta milagrosa. Propiedades nutritivas, medicinales y curativas. 1996.

7. Velasquez J, Lizaraso F, Wong W, Alfaro C, Veliz J, Salazar J, et al. 2001. Vigilancia de la resistencia de *Staphylococcus aureus* a la oxacilina – vancomicina y patrones de resistencia. *Rev. Soc. Peru. Med. Interna.* 2002; 15(4): 184 – 9.
8. Torroba L, Rivero M, Otermin I, Iruin A, Maravi – Poma E, Garcia J. 2000. Resistencia antibacteriana y política de antibióticos: MRSA, GISA y VRE. *Anales Sis San Navarra* 2000, 23 (Supl. 2): 69 – 80.
9. Rojas N, Fernández N, Espino M, Fernández M. Patrones de drogorresistencia de cepas de *Staphylococcus aureus* de origen clínico humano. *Rev. Cubana. Med. Trop.* 2001; 53(1): 53 – 8.
10. Mendoza T, Ballón J, De los Ríos J, Velásquez R. *Staphylococcus aureus* meticilino resistente: colonización y susceptibilidad en pacientes y personal de salud de un hospital de referencia. *Diagnóstico (Perú)* 2001; 40(3): 149 – 56.
11. Martínez M, Fernández M, Rodríguez O, López – Canova L, Contreras R, Castillo I, et al. Cuba: Centro de Investigaciones Médicas; 2004.
12. Navarro V, Villarreal M, Red, G, Loayza X. Antimicrobial evaluation of some plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of infectious diseases. *J Ethnopharmacol* 1996; 53(3): 143 – 7.
13. Gonzales, L. Efecto antibacteriano in vitro del extracto de ajo (*Allium sativum*). Tesis. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 1994.
14. Ramírez J, Ayasta J. Efecto Inhibitorio de la taya (*Caesalpinia tinctoria*), sobre el crecimiento de *S. pyogenes* y *Staphylococcus aureus*. Tesis. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 1996.
15. Betancourt, D. Actividad antibacteriana y antifúngica del extracto acuoso de Aloe vera. Cuba; 1996.
16. Mattos A, Molina J, Acosta D. Efectos de Aloe vera (pulpa de sábila) y Ketoconazol 200 mg “in vitro” sobre las secreciones vaginales. Tesis. Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela. 1998.
17. Bustamante A, Broncales L. Efecto Inhibitorio del Aloe vera sobre el crecimiento in vitro de *C. albicans* y la motilidad y viabilidad de *T. vaginalis*. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 1996.
18. Silva H, Cerruti T, Hidalgo J, García J, Nina E, Mestanza M, et al. Plantas medicinales de la Amazonía peruana utilizada por los curanderos, chamanes y herbolarios con fines antiinflamatorios. Iquitos, Perú. 1998.
19. Cabieses F. Apuntes de medicina tradicional. La racionalización de lo irracional. Lima: Editorial A&Ba; 1996.
20. Maldonado A. La medicina popular peruana. 10ª Ed. Lima. 1998.
21. Domingo D, López – Brea M. Plantas con acción antimicrobiana. *Rev Esp Quimioterap* 2003; 16(4): 385 – 93.
22. Weberbauer A. El mundo vegetal de los andes peruanos. Lima: Ministerio de Agricultura del Perú; 1997.
23. Marin C, Rojas V. Extracción y valoración de compuestos antraquinónicos de las hojas de Aloe vera. Linne (Sábila) y su ensayo antibacteriano “in Vitro” frente a *Staphylococcus aureus* y *C. albicans*. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 1998.
24. Davis R, Leitner M. Antiinflammatory activity of Aloe vera against a spectrum of irritants. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1989; 79(6): 263 – 76.
25. Brock T, Madigan M. Biología de los microorganismos. 14ª Ed. México: Edit. Prentice May Hispanoamericana. S.A. 2003.
26. Alvarado J. Apuntes Médicos. Lima: Ediciones AMP; 2003.
27. Forbes B, Sahm D, Weissfeld A. Diagnóstico microbiológico de Bailey Scott. 11ª Ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2004.

FINANCIAMIENTO

Los autores declaran que el estudio fue autofinanciado.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declarana que no existen conflictos de interés.

AUTORÍA

Rosita Ñeco-Arrasco, Lis Y. Guevara-Flores y Juan F. Giles-Saavedra realizaron: concepción y diseño del artículo, recolección de resultados, análisis e interpretación de datos, redacción del artículo, revisión crítica del artículo, aprobación de la versión final.