

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN DE *VIBRIO PARAHAEMOLYTICUS* Y *V. VULNIFICUS* EN
CAMARONES DE MAR (*PENAEUS VANNAMEI*) OBTENIDOS DE EXPENDIOS
DE PUERTO BARRIOS, IZABAL GUATEMALA**

MARIA JOSÉ JUÁREZ MOLINA

ALMA JEANETH SUBUYUJ HERNÁNDEZ

JAZMIN MARILOU URIZAR ARRIOLA

QUÍMICAS BIÓLOGAS

GUATEMALA, FEBRERO 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

DETERMINACIÓN DE *Vibrio parahaemolyticus* Y *V. vulnificus* EN CAMARONES DE MAR (*PENAEUS VANNAMEI*) OBTENIDOS DE EXPENDIOS DE PUERTO BARRIOS, IZABAL GUATEMALA.

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

MARIA JOSÉ JUÁREZ MOLINA

ALMA JEANETH SUBUYUJ HERNÁNDEZ

JAZMIN MARILOU URIZAR ARRIOLA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
QUÍMICAS BIÓLOGAS

GUATEMALA, FEBRERO 2020

JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano

Lic. Miriam Roxana Marroquín Leiva

Secretaria

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino

Vocal I

Dr. Roberto Enrique Flores Arzú

Vocal II

Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera

Vocal III

Br. Byron Enrique Pérez Díaz

Vocal IV

Br. Pamela Carolina Ortega Jiménez

Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** porque sin él nada de esto estuviera pasando, por permitirnos culminar una meta en nuestras vidas, por iluminar nuestro camino aún en los momentos de tormentos y desaliento.

A **nuestros padres** por darnos el apoyo incondicional desde siempre y por estar sin desesperar en el proceso del alcance de nuestras metas.

A **nuestra familia y amigos** porque de una u otra manera han prevalecido en las buenas y en las malas, haciendo momentos únicos y recuerdos inolvidables.

A la **Universidad de San Carlos de Guatemala** por darnos la oportunidad de obtener conocimientos científicos y valores éticos para nuestro desarrollo académico y personal. A la **Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y a sus docentes** por compartir sus conocimientos y experiencias académicas en pro de nuestra formación profesional para ejercer dispuestas al servicio del país y para el país.

Al **Departamento de Microbiología, al Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos, al Laboratorio Microbiológico de Referencia y al Hospital Nacional de la Amistad Japón-Guatemala** por proporcionarnos la confianza y el apoyo necesario para poder llevar a cabo las fases experimentales del estudio, así como el financiamiento y préstamo de las instalaciones.

A nuestro asesor **Lic. Martín Gil** por su gestión constante y tiempo dedicado a este seminario, así también por siempre estar en disposición de apoyo hacia las dudas y consultas en el transcurso de la realización de cada etapa de nuestro trabajo de seminario.

A nuestro revisor **Lic. Sergio Lickes** por su eficiencia, apoyo, aporte y gran conocimiento en el tema con el cual nos fue guiando para poder culminar esta investigación.

Jeaneth, Ma. José y Jazmin

ÍNDICE

I.	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	3
II.	RESUMEN	5
III.	ANTECEDENTES	6
	A. Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETAs)	6
	1. Patologías asociadas a la ingestión de mariscos	6
	B. Generalidades de la familia <i>Vibrionaceae</i>	6
	C. <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	8
	1. Epidemiología	8
	2. Patogenia	11
	3. Tratamiento	12
	D. <i>Vibrio vulnificus</i>	12
	1. Epidemiología a nivel mundial	12
	2. Patogenia	15
	3. Tratamiento	16
	E. Diagnóstico de <i>Vibrio parahaemolyticus</i> y <i>V. vulnificus</i>	16
	F. <i>Panaeus vannamei</i>	19
	1. Generalidades de <i>Panaeus vannamei</i>	19
	2. Ciclo de vida	20
	G. Características demográficas de Puerto Barrios, Izabal	21
	1. Ubicación	21
	2. Clima	21
	3. Actividad Pesquera Artesanal	22
IV.	JUSTIFICACIÓN	25
V.	OBJETIVOS	26
VI.	HIPÓTESIS	27
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
VIII.	RESULTADOS	33
IX.	DISCUSIÓN	36
X.	CONCLUSIONES	40
XI.	RECOMENDACIONES	41

XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
XIII.	ANEXOS	47

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

Vibrio parahaemolyticus y *V. vulnificus* se han reconocido como especies de bacterias que causan enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) en los seres humanos por el consumo de mariscos contaminados, como los camarones que son recolectados por pescadores artesanales. Generalmente, *V. parahaemolyticus* puede causar diarreas no sanguinolentas, y en pacientes inmunocomprometidos o con problemas hepáticos, *V. vulnificus* puede causar septicemia, la cual puede resultar letal, luego de 24 horas de haber ingerido el alimento contaminado. A pesar de la importancia clínica que tiene la identificación y caracterización de dichas especies, aún no se dispone de información epidemiológica nacional reciente de ausencia o presencia de los mismos, por lo que es imperativo generar información epidemiológica (Barton, Coghlan., Reyman., Ozbirn y Acton, 2003).

Siendo la industria de mariscos en Puerto Barrios, Izabal una fuente de exportación e importación para Guatemala (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, s.f.); el propósito y el objetivo de esta investigación fue generar datos medibles a partir de dos muestreos en diferente temporada climática, determinando la presencia/ausencia de *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* en camarones obtenidos de expendios en Puerto Barrios, ya que se ha mostrado que los vibriones incrementan su proliferación cuando la temperatura del agua marina aumenta entre los 26.3°C y 26.7°C promedio incluyendo áreas de pesca, en contraste a temperaturas frías en temporadas lluviosas cuyas temperaturas oscilan entre 23.4°C a 24.3°C (INSIVUMEH, 2018). Para el efecto, se utilizó el medio de cultivo TCBS (Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa), con el fin de aislar a los posibles vibriones presentes en los camarones a un tiempo y temperatura idónea. A las colonias sospechosas se le realizaron pruebas bioquímicas para su correcta identificación.

Esta investigación generó resultados epidemiológicos y estadísticos, en donde la presencia de *V. parahaemolyticus* en temporada seca indicó que puede existir una posible asociación con el incremento de temperatura marítima; además que la ausencia de *V. vulnificus* no descarta que dentro de la costa del Atlántico exista dicho patógeno, sino que se deben realizar estudios más exhaustivos para poder aislarlo. Por ende, al ser esta

investigación un estudio sin antecedentes, promueve la motivación para futuros estudios con mayor especificidad que enriquezcan los datos epidemiológicos que se obtuvieron.

II. RESUMEN

En los últimos años se ha incrementado el interés sobre la investigación de vibrios en los sistemas marinos costeros, ya que son la causa principal de afecciones gastrointestinales asociadas al consumo de moluscos bivalvos y camarones penaeidos, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la presencia de *Vibrio parahaemolyticus* y *V. vulnificus* en camarones recolectados en Puerto Barrios, Izabal y puestos en venta en el mercado central del mismo municipio.

Con base al diseño de investigación, se seleccionaron un total de 30 muestras de camarón estratificados en tamaño grande, mediano y pequeño para ser analizadas en el laboratorio con los lineamientos de la metodología brindada por el Manual de Análisis Bacteriológicos (Bacteriological Analytical Manual) desarrollado por la FDA. El muestreo se realizó en condición climática seca y lluviosa, se recolectaron 30 muestras en cada época, teniendo un total absoluto de 60 muestras. Se identificó *V. parahaemolyticus* en dos muestras, lo que representó un 3.33% de presencia de dicho microorganismo en relación a la cantidad total de muestras (60), con un intervalo de credibilidad de 0.1-1.8%; no obstante, dicho crecimiento se observó solamente en época seca, lo que indicó presencia de *V. parahaemolyticus* en un 7.67% para esta condición climática. Además, se recuperó *V. parahaemolyticus* en camarón grande y mediano.

Por otra parte, no hubo presencia de *V. vulnificus* en ambas condiciones climáticas. En conclusión, los resultados sugieren que entre *V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus*, este último es el que está presente en camarones de consumo en Puerto Barrios con mayor frecuencia y que tiene mayor probabilidad de ser encontrado en época seca.

III. ANTECEDENTES

A. Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETAs)

Las enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) son el síndrome originado por la ingestión de alimentos y/o agua que contengan agentes etiológicos en cantidades tales que afecten la salud del consumidor a nivel individual o grupos de población. Estas enfermedades se dividen en infecciones alimentarias e intoxicaciones alimentarias. Las Infecciones Alimentarias, son las ETA producidas por la ingestión de alimentos y/o agua contaminados con agentes infecciosos específicos tales como bacterias, virus, hongos, parásitos, que en la luz intestinal pueden multiplicarse o lisarse y producir toxinas o invadir la pared intestinal y desde allí alcanzar otros aparatos o sistemas. Las intoxicaciones alimentarias son las ETA producidas por la ingestión de toxinas formadas en tejidos de plantas o animales, o de productos metabólicos de microorganismos en los alimentos, o por sustancias químicas que se incorporan a ellos de modo accidental, incidental o intencional en cualquier momento desde su producción hasta su consumo (Guerrero, 2016).

1. Patologías asociadas a la ingestión de mariscos

Las enfermedades de transmisión alimentaria abarcan un amplio espectro de dolencias y constituyen un problema de salud pública creciente en todo el mundo. Por los alimentos se transmiten numerosas enfermedades que, en su mayoría, pueden asociarse a los siguientes microorganismos: bacterias, virus, protozoos, parásitos, etc, así como sustancias químicas tóxicas, contaminación radiactiva y enfermedades causadas por toxinas vegetales y animales (Guerrero, 2016). En el caso de los crustáceos (camarones, etc) son cocidos, pelados a mano y congelados. Este proceso facilita la recontaminación con estafilococos, listerias y patógenos fecales, sin embargo, la bacteria que se encuentra más relacionada con dichos mariscos son las especies del género *Vibrio*, el cual genera problemas desde gastrointestinales (diarreas acuosas sanguinolentas o no sanguinolentas) hasta posibles septicemias que pueden resultar letales para la persona que ha consumido mariscos contaminados (Carranza y Méndez, 2007).

B. Generalidades de la familia *Vibrionaceae*

Los vibrios fueron uno de los primeros grupos bacterianos en ser reconocidos y descritos taxonómicamente en la naturaleza, fueron descubiertos en 1854 por Pacini en Italia y en 1883 por Robert Koch, se clasifican en la familia *Vibrionaceae* que actualmente abarca tres géneros bacterianos: *Vibrio*, *Photobacterium* y *Salinivibrio* (Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria, 2015).

Las bacterias de la familia *Vibrionaceae* pertenecen a las γ -proteobacterias, son Gram negativo, normalmente bacilos móviles, mesófilas y quimiorganotróficas, poseen un metabolismo fermentativo facultativo, halófilas, degradan quitina y la mayoría poseen dos cromosomas (Hidalgo, 2008). Los vibrios son característicamente autóctonos de hábitats marinos, salobres y estuarinos, y aparecen en grandes concentraciones cuando las aguas aumentan de temperatura (17-20°C). A temperaturas bajas los vibrios permanecen en el sedimento de los fondos marinos y los recuentos arrojan normalmente cifras inferiores a las necesarias para producir infección. En países templados, pueden encontrarse todo el año en el mar, sin embargo, siempre se observa un aumento en las épocas cálidas a causa de las favorables condiciones ecológicas y del plancton, aumentando su acumulación por moluscos filtradores y otros animales marinos (Franco-Monsreal, et. al., 2010).

Varias especies del género *Vibrio* están relacionadas con enfermedades gastrointestinales en personas que han consumido alimentos de origen marino contaminados, también se han relacionado con heridas infectadas y septicemia (Leyva-Castillo, et. al., 2013). Los cuatro patógenos más importantes para el hombre son *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* y *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, siendo los dos últimos patógenos también para peces. Otros patógenos importantes relacionados con la industria de la acuicultura son *V. anguillarum* y *Aliivibrio salmonicida*, que afectan a varias especies de peces, *V. harveyi*, que afecta principalmente a crustáceos como *Penaeus monodon* y *V. tapetis*, *V. crassostreae*, *V. alginolyticus*, *V. splendidus*, *V. pectenocida* y *V. aestuarianus* que afectan a moluscos bivalvos. Normalmente las etapas larvarias, tanto en peces como en bivalvos, son las más sensibles a la vibriosis, con excepción del patógeno *V. tapetis* que afecta a almejas adultas (Hidalgo, 2008).

Muchas especies poseen una gran variedad de funciones en el medio acuático, presentan un papel importante en la cadena trófica reciclando nutrientes; absorben materia orgánica disuelta y proveen de ácidos grasos poliinsaturados a organismos acuáticos incapaces de producirlos. Las bacterias del género *Vibrio* son importantes en el ciclo del nitrógeno en el medio marino fijando nitrógeno atmosférico, como es el caso de *V. diazotrophicus* que fija el nitrógeno que sirve para la nutrición proteica del erizo de mar (Hidalgo, 2008).

C. *Vibrio parahaemolyticus*

Es una bacteria de hábitat marino y tiene como reservorios: sedimento, partículas suspendidas, plancton, pescados y mariscos (almejas, ostiones, camarón, calamar y cangrejo). *V. parahaemolyticus* se adhiere a las superficies de quitina (componente estructural de algunos mariscos, como es el caso de la superficie del camarón), sobre ellas incrementa su concentración, ya que los nutrientes para su utilización se encuentran más disponibles (Zamora y Quiróz, 2005).

Crece en condiciones de salinidad entre el 3 al 8 %, móvil, con un tamaño de 1.4–2.6 μm de longitud por 0.5–0.8 μm de diámetro, es Gram negativo, crece a temperatura entre 10°C–44°C con una temperatura óptima de crecimiento de 35°C–37°C, en cuanto al pH varía de 5 a 11 con intervalo óptimo de 7.5 a 8.6 y un tiempo de generación estimado en 10 a 12 minutos (Zamora y Quiróz, 2005).

1. Epidemiología

En febrero de 1996 se observó un incremento inexplicable en la incidencia de *V. parahaemolyticus* entre pacientes hospitalizados en Calcuta, India. El análisis de las cepas por medio de PCR con cebadores arbitrarios (AP-PCR), reveló que se trataba de un único serotipo O3:K6, con idéntico genotipo y perfil no aislado previamente por el sistema de vigilancia en Calcuta, el que era causante de 50 a 80% de los casos. La propensión pandémica de este serotipo se hizo evidente cuando se empezó a notificar el aislamiento del serotipo O3:K6 de muestras clínicas en rápida sucesión en Taiwán, Laos, Japón, Tailandia y Corea. En los años siguientes, fueron reportados aislamientos de O3:K6

similares a aquellos obtenidos en Calcuta en brotes asociados a alimentos y casos esporádicos en Bangladesh, Chile, Japón, Corea, Laos, Rusia, Taiwán, Tailandia y Estados Unidos. En el año 2005 en el sur y zona central de Chile, se reportaron más de 10.000 casos de infección por *V. parahaemolyticus*. Este brote le sucede a otros previamente ocurridos por la misma cepa pandémica en la ciudad norteña de Antofagasta, Chile, desde noviembre de 1997 hasta marzo de 1998, y en Puerto Montt, desde enero a marzo de 2004, que afectó aproximadamente a 1,500 personas (Nair y Homzabal, 2005).

Entre 1988 y 1997 se reportó al CDC un total de 345 casos de infección por *V. parahaemolyticus* por los estados participantes en el sistema de vigilancia de *Vibrio* de la Costa del Golfo (Estados Unidos). Se notificaron casos en Florida, Alabama, Louisiana y Texas. De los 345 pacientes cuyos casos fueron reportados al CDC, el 59% presentó gastroenteritis, 34% tenían infecciones de herida y 5% presentó septicemia. El 2% presentó otras infecciones, incluyendo oído, ojo, tracto urinario e infecciones peritoneales. Las infecciones de oído se desarrollaron después de nadar en el golfo de México; una infección ocular se produjo después de una lesión penetrante en la córnea y la exposición al agua caliente de mar y la infección peritoneal se diagnosticó después de la realización de una cirugía de apendicitis aguda. El 64% de los casos de las infecciones reportadas ocurrieron en varones. La edad de los pacientes varió de 1 mes a 93 años (Daniels & Shafalé, 2000).

Entre 1988 y 1997 en los estados de la Costa del golfo, se produjo una mediana de 34 infecciones por año. Entre los 88 pacientes con gastroenteritis por *V. parahaemolyticus* y antecedentes de alimentos conocidos, el 88% informó haber comido ostras crudas en la semana anterior a la enfermedad. Todos los síndromes de la infección por *V. parahaemolyticus* fueron más comunes en los meses más cálidos, el 94% de los casos ocurrieron entre abril y octubre (Daniels & Shafalé, 2000).

El período medio de incubación fue de 17 h (rango de 4-90h). La diarrea fue el síntoma más común observado y frecuentemente se acompañó de dolores abdominales, náuseas y vómitos. La duración media de la enfermedad fue de 2 a 4 días (rango 8h a 12 días). Una muerte fue reportada. El vehículo de transmisión del microorganismo en todos los brotes fueron mariscos o contaminación cruzada con mariscos, particularmente moluscos crudos o mal cocidos. El 38% de los brotes se debió a la ingestión de mariscos crudos (Daniels & Shafalé, 2000).

En los años 1997 y 1998 fueron reportados 40 brotes de origen alimentario, siendo 20 causa de *V. parahaemolyticus*, lo que sugirió que podría estar resurgiendo. Los serotipos de *V. parahaemolyticus* más comunes involucrados en este brote fueron O4:K12 y O1:K56 (Daniels & Shafalé, 2000).

El número de casos de infecciones por *V. parahaemolyticus* aumenta durante el verano, debido al incremento en el número de microorganismos. La mayor parte de los casos de enfermedad gastrointestinal se atribuyen a la ingestión de mariscos y pescados de agua salada crudos o mal cocidos. En Japón el *V. parahaemolyticus* es la causa más común de diarrea durante el verano y con mayor frecuencia se asocia con la ingestión de sushi. En los estados unidos las epidemias se han rastreado hasta la mezcla de alimentos marinos crudos y cocidos, alimentos marinos mal refrigerados y la re contaminación de alimentos marinos cocidos por el empleo de algas marinas para envolverlos o adornarlos. El rápido periodo de generación del microorganismo permite que la carga del microorganismo en los alimentos llegue a la dosis infecciosa de 10^6 microorganismos en el lapso relativamente breve (Ramírez, 2015).

Durante los meses de mayo y julio de 1998, 416 personas en 13 estados de los Estados Unidos presentaron gastroenteritis luego de ingerir ostras provenientes de Galveston Bay, Texas (incluyendo 296 casos de infección por *V. parahaemolyticus* reportados en Texas y 120 casos de infección de otros estados). El patógeno aislado de todas las muestras fue *V. parahaemolyticus* serotipo O3:K6, el cual causaba comúnmente brotes en Asia pero hasta entonces no había sido identificado en los Estados Unidos. Más tarde, en 1998, hubo otro brote de *V. parahaemolyticus* O3:K6 que involucró varios estados y la infección se asoció al consumo de ostras y calamares crudos provenientes de Oyster Bay, Long Island y Nueva York (Daniels & Shafalé, 2000). En el año 2005 se conocía que *V. parahaemolyticus* O3:K6 se había diseminado en cuatro continentes: Asia, América, África y Europa. Tal diseminación de un solo serotipo de *V. parahaemolyticus* no había sido reportada anteriormente, evidenciando que se podía tratar de una pandemia de gastroenteritis causada por *V. parahaemolyticus*. Comenzando por tipificación por RPC con partidores arbitrarios (AP-PCR), una serie de técnicas moleculares que incluye ribotipificación y electroforesis en gel de campo pulsado, permitió comprobar que las cepas O3:K6 asociadas con brotes epidémicos en áreas geográficas ampliamente diferentes

conformaban un grupo genético estrechamente relacionado, distinto de las cepas de O3:K6 y de las cepas no O3:K6 aisladas antes de 1996 (Nair y Homzabal, 2005).

2. Patogenia

La patogénesis de este microorganismo ha sido estudiada extensamente y los factores de virulencia principales son: la hemolisina directa termoestable (TDH), la hemolisina relacionada a la TDH (TRH) y factores de adherencia que interactúan con los receptores superficiales de la célula huésped. La adherencia, la colonización y multiplicación de los microorganismos en el intestino, es un paso inicial en el proceso de una infección (Honda, Arita, Ayala & Miwatani, 1988). La toxina denominada hemolisina directa termoestable (TDH-thermostable direct hemolysin) es considerada como un factor de virulencia determinante para la producción de enfermedad en el ser humano (Iijima., Yamada & Shinoda, 1981).

La infección causada por este patógeno es una enteritis autolimitante y generalmente se manifiesta en forma más benigna, con tasas de mortalidad muy bajas (Cabello, 2007). Las cepas toxigénicas se caracterizan por codificar en su genoma para dos importantes factores de virulencia de este vibrión; la denominada hemolisina directa termoestable (TDH) y la hemolisina directa termoestable relacionada (TRH). Estas dos hemolisinas se pueden encontrar simultáneamente o por separado en cepas toxigénicas de *V. parahaemolyticus*, correlacionándose ambas fuertemente con la capacidad patogénica de las cepas portadoras (Núñez, Teresa, Guerra y Osorio, 2009).

Las cepas de *V. parahaemolyticus* que presentan dicha hemolisina cultivadas sobre agar Wagatsuma que contiene eritrocitos humanos, son hemolíticas (beta-hemólisis), a este hecho se le conoce como fenómeno o prueba de Kanagawa, estudios epidemiológicos revelan una fuerte asociación entre éste fenómeno y la gastroenteritis (Iijima., Yamada & Shinoda, 1981).

La toxina denominada hemolisina directa termoestable (TDH-thermostable direct hemolysin) es considerada como un factor de virulencia determinante para la producción de enfermedad en el ser humano.

3. Tratamiento

En la mayoría de los casos no se requiere una terapia antimicrobiana específica. Para los casos graves, la tetraciclina es el tratamiento de elección (Kelley, 1992). Es fundamental el aporte hidroelectrolítico por vía oral (soluciones de rehidratación) o parenteral en casos graves (OPS, s.f).

D. *Vibrio vulnificus*

Es un bacilo gram negativo, curvado, halófilo, perteneciente a la familia *Vibrionaceae*, que vive en las aguas costeras de todo el mundo, principalmente en zonas templadas. Es una bacteria muy susceptible a las bajas temperaturas y a la salinidad; las condiciones óptimas de salinidad para su crecimiento son entre 0.7 y 1.6% y las temperaturas no más bajas de 17°C (Martínez, Alkorta, López, Hernández y Elorriaga, 2006).

1. Epidemiología a nivel mundial

En la actualidad se reconoce la presencia de *V. vulnificus* alrededor del mundo donde se han reportado casos de éste en diversos países, tales como Estados Unidos, Dinamarca, Hong Kong, Japón, Australia y varias ciudades de América del Sur (Muñoz, et. al., 2012; Strom & Paranjpye, 2000). En los Estados Unidos, la mayoría de los casos ocurren en el sureste, en la región de la Costa del Golfo. Desde las últimas dos décadas se han recolectado datos considerables sobre la epidemiología de las infecciones por *V. vulnificus* en esta región, debido al tamaño de la industria de moluscos y a un efectivo sistema de notificación regional. La examinación de las condiciones ambientales, los factores del hospedero y los factores de virulencia de la bacteria han guiado a una comprensión más clara de cómo las infecciones por *V. vulnificus* son adquiridas. Dado que los vibrios proliferan en agua caliente, la mayoría de infecciones ocurren durante los meses más cálidos del año cuando la cantidad de *V. vulnificus* es mayor. Por ejemplo, el inicio de las infecciones tanto sistémicas como de heridas ocurren principalmente entre los meses de abril y septiembre en los Estados Unidos (Strom & Paranjpye, 2000). El reservorio está constituido por las costas marinas, los sedimentos, el plancton, los peces y los crustáceos (ostras, cangrejos, almejas) (OPS, s.f.). Las lesiones con valvas de crustáceos o la contaminación directa de heridas preexistentes con aguas costeras, puede ocasionar la

infección local de una herida. La septicemia primaria por *V. vulnificus* está asociada de manera significativa con el consumo de ostras crudas; pero existen otros factores de riesgo importantes, como hepatopatía subyacente, trastornos hematopoyéticos, insuficiencia renal crónica, empleo de agentes inmunodepresores y un alto consumo de alcohol (Kelley, 1992). Se han identificado diez serotipos capsulares de *V. vulnificus*, siendo los serotipos 2 y 4 los que se asocian a enfermedad humana, mientras que las muestras del medio ambiente el 85% corresponde a los serotipos 3 y 5 (OPS, s.f.).

Con base a datos reportados al CDC por Territorios y Estados de EEUU, se presentó recientemente una imagen epidemiológica más clara de *V. vulnificus*, éste fue un estudio retrospectivo en el cual las infecciones por herida fueron definidas como aquéllas en donde un paciente provoca una herida antes o durante la exposición al agua de mar o a mariscos, siendo *V. vulnificus* subsecuentemente cultivado desde esa herida, sangre u otro sitio normalmente estéril. Es posible aislar *V. vulnificus* desde la sangre u otro sitio estéril, presentando además una historia de consumo de alimentos marinos crudos sin infección de herida previa a la enfermedad. Los síntomas de calambres abdominales, vómitos o diarrea, no se evidencian en una infección de herida. También es posible aislar a *V. vulnificus* de las deposiciones de pacientes con gastroenteritis. Con los datos anteriores, se clasificaron 422 infecciones reportadas entre 1988 y 1996, 45% fueron infecciones de herida, 43% fueron de septicemia primaria, 5% fueron gastroenteritis, y el 7% remanente fue de exposición indeterminada. Los porcentajes de este estudio y su respectiva afección aparentan ser los normales, debido a que fueron datos similares a datos de otras áreas geográficas limitadas. Sin embargo, esto podría apuntar a que la relación entre *V. vulnificus* y gastroenteritis no está clara. En la mayoría de casos sospechosos de gastroenteritis, otras posibles causas no son siempre investigadas, incluyendo la presencia de bacterias no-vibrios, parásitos y virus (Strom & Paranjpye, 2000).

Por otra parte, casi todos los casos de septicemia primaria y gastroenteritis fueron precedidas por el consumo de mariscos crudos. De 181 casos de septicemia primaria, 173 pacientes reportaron haber comido ostras crudas 7 días antes del inicio de síntomas. Los otros casos parecieron estar involucrados al consumo de almejas crudas y camarón cocido. La gran mayoría de casos reportados de gastroenteritis por *V. vulnificus* también estuvieron involucrados en el consumo de ostras crudas. Cuando se dispuso de información completa,

los estudios de rastreo indicaron que las ostras estuvieron implicadas en ambos tipos de enfermedades transmitidas por alimentos, observándose que el 89% se cosechaba en aguas con temperatura mayor a 22°C (Strom & Paranjpye, 2000).

El contacto con agua o mariscos en áreas durante temporadas de alta prevalencia de *V. vulnificus* fue reportada en la mayoría de casos de infecciones de heridas. Los 189 casos entre 1988-1996 reportaron exposición a agua de mar o comida de mar cruda en los siete días anteriores a la enfermedad. La mitad de pacientes sufrieron una herida en el tiempo de exposición, mientras 21% reportaron una herida preexistente y 29% no pudieron determinar el tiempo de la herida (Strom & Paranjpye, 2000).

También, en el verano de 1996, una epidemia importante de infecciones sistémicas causadas por *V. vulnificus* se presentó entre trabajadores y consumidores de un mercado de pescados. El análisis molecular reveló que esta cepa se generó mediante la hibridación del genoma entre dos formas preexistentes de *V. vulnificus* no patógenos, lo que aparentemente derivó en la emergencia de una epidemia causada por la variante patogénica de reciente evolución (Nair y Homzábal, 2005).

Al desconocer la dosis infecciosa o letal de *V. vulnificus* para causar enfermedad la susceptibilidad del hospedero es un factor clave, siendo los pacientes con afección al hígado o del sistema inmune los más susceptibles a la enfermedad. En una encuesta en la Costa del Golfo, la enfermedad hepática fue el factor de riesgo más común en los pacientes que contrajeron septicemia primaria, presente hasta en el 80% de los infectados. Las infecciones de heridas ocurrieron más a menudo en personas con al menos una condición predisponente distinta a una enfermedad hepática. Sin embargo, la enfermedad hepática fue un fuerte indicador de los resultados fatales de las infecciones por *V. vulnificus* encontrándose este factor en el 80% de las personas que murieron a causa de la infección. Se demostró que los pacientes con septicemia primaria o infecciones de heridas eran mayores de edad, en contraste a los que presentaron gastroenteritis (Strom & Paranjpye, 2000).

2. Patogenia

Se ha señalado que *V. vulnificus* produce toxinas extracelulares como la citolisina que destruye los eritrocitos, que está codificada en el gen *vvh A* con un peso molecular de 56 kDa. Este microorganismo tiene la capacidad de adherirse a las células epiteliales, se sugiere que la presencia de pili sea el factor que ayude a la adhesión, el cual le confiere una gran capacidad invasiva (Martínez, et al, 2006). Además, produce enzimas como factores de virulencia que dañan la permeabilidad vascular como la elastinasa, lecitinasa, fosfolipasas, mucinasa, proteasas, elastasa, metaloproteasa, condroitina sulfatasa (García y Landgraf, 1998).

El contacto de heridas con el agua contaminada por *Vibrio vulnificus* puede producir infección de la herida, lesiones cutáneas con eritema, formación de ampollas e incluso necrosis tisular, en cuyo caso se puede dar o no una bacteremia secundaria, o puede darse una septicemia primaria debido a la ingestión de animales marinos crudos o mal cocinados contaminados (principalmente ostras) (Martínez., et al, 2006). Hay una serie de factores predisponentes que hacen a los pacientes más susceptibles a esta infección, incluyendo la diabetes, niveles elevados de hierro en suero e inmunosupresión, siendo las personas con enfermedades hepáticas, especialmente aquellas con cirrosis las más susceptibles. Se han descrito también casos de gastroenteritis, neumonía y meningitis, pero con menor frecuencia (Barton, Coghlan, Reymann, Ozbirn & Acton, 2003).

Las infecciones por *V. vulnificus* están asociadas con tres distintos síndromes clínicos:

Septicemia primaria: Ocurre después de que se consume el alimento con la bacteria y se invade el torrente sanguíneo a través del tracto digestivo. La enfermedad se caracteriza por fiebre y escalofríos y suele acompañarse de náuseas, vómitos y diarrea. La mayoría de los pacientes también desarrollan lesiones cutáneas dolorosas, la piel aparece inicialmente roja y las ampollas se desarrollan rápidamente y erosionar en úlceras necróticas (Daniels & Shafale, 2000).

Gastroenteritis: Se produce después de la ingestión de alimentos que contienen *V. vulnificus*; dichos pacientes tienen un síndrome relativamente más leve consistente en vómitos, diarrea y calambres abdominales (Daniels & Shafale, 2000).

Infección por herida: Se produce cuando las laceraciones o abrasiones de la piel entran en contacto directo con agua de mar que contiene los vibriones de *V.*

vulnificus. Estas infecciones suelen comenzar con hinchazón, enrojecimiento y dolor intenso alrededor del sitio infectado; las ampollas llenas de líquido a menudo se desarrollan en necrosis tisular (Daniels & Shafale, 2000).

3. Tratamiento

La infección del *V. vulnificus* es tratada con antibióticos. En el caso de heridas, el tratamiento es con tetraciclina o cloranfenicol, combinado con un desbridamiento o aseo quirúrgico adecuado, por lo general está asociado con una evolución favorable. Habitualmente es necesario el aseo quirúrgico de las heridas.

Está indicado el tratamiento de la septicemia primaria con tetraciclina o cloranfenicol y gentamicina, pero el pronóstico es dudoso por la capacidad de este microorganismo para producir coagulación intravascular diseminada y shock séptico, en especial en el hospedero comprometido (Kelley, 1992).

En el caso de gastroenteritis por *V. vulnificus* el tratamiento es con ciprofloxacina o doxiciclina; sin embargo, al haber diarrea, debe tenerse en cuenta especialmente la recuperación del volumen y electrolitos perdidos con la hidratación (Bush y Perez, 2016).

E. Diagnóstico de *Vibrio parahaemolyticus* y *V. vulnificus*

Si se trata de una gastroenteritis, las muestras deben ser recogidas tan pronto como se inicie la enfermedad. En los estadios diarreicos agudos de la enfermedad, las muestras pueden recolectarse del recto con un catéter de goma blando o de un hisopo o de una pequeña porción de las heces líquidas evacuadas. También se pueden recuperar microorganismos del vómito, sobretodo en las primeras etapas de la enfermedad (Koneman y Allen, 2008).

Las muestras ya sean de excreciones, heridas o hemocultivos deben transportarse en recipientes cerrados para preservar la humedad y transferirse rápidamente a medios de cultivo. En general, las especies de *Vibrio* son muy sensibles al desecamiento, la exposición a la luz solar y el desarrollo de un pH ácido e incluso son inhibidas fácilmente por la microbiota intestinal normal o por microorganismos contaminantes. Si no se pueden preparar cultivos de inmediato, se pueden mantener viables en un medio de transporte semisólido de Cary-Blair durante un período de 22 días a una temperatura de refrigeración de 2-8°C (Mirón, Estrada y González, 2008). Es importante evitar el uso de un medio de transporte salino con

glicerol y buffer. Si no es posible el uso del medio de transporte en una gastroenteritis, es posible mantener viable al microorganismo al embeber una tira de 5cm x 1.25cm de papel secante grueso en la muestra de heces, colocarla en una bolsa de plástico sellada y luego enviarla al laboratorio (Koneman y Allen, 2008).

Las muestras sospechosas de contener especies de *Vibrio* se deben inocular en agar sangre de carnero al 5% y agar MacConkey. Se puede hacer uso de agar TCBS (Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa) o un tubo de enriquecimiento alcalino con agua peptonada, o ambos, según sea la prevalencia de enfermedades relacionadas con *Vibrio* en cada localidad. Si no se utiliza agar TCBS, se deben evaluar las colonias hemolíticas que aparecen en agar sangre carnero después de una incubación durante toda la noche para detectar actividad de citocromo oxidasa. Se puede tocar en forma individual y evaluar de inmediato cada colonia representativa para la reacción de citocromom oxidasa a través de disco o tira de oxidasa. El rápido desarrollo de color azul indica una prueba positiva. Las colonias oxidasa positiva pueden ser transferidas a agar TCBS para la identificación de cada especie utilizando características bioquímicas (Koneman y Allen, 2008).

Para lograr una mejor evaluación de las colonias en TCBS las muestras deben enriquecerse previamente con agua peptonada alcalina (APW), que es un caldo de enriquecimiento recomendado cuando existen bajas concentraciones de microorganismos en la muestra, además, es un medio de transporte excelente si las muestras no pueden entregarse de inmediato al laboratorio. El APW contiene peptona al 1% y NaCl al 1% a un pH de 8.6, este último es útil para suprimir el crecimiento de otras bacterias y favorecer el crecimiento de los vibriones. Sin embargo, el cultivo en agar TCBS o agar gelatina se debe realizar dentro de las 12 a 18 horas con el fin de evitar el crecimiento de otros microorganismos debido a una incubación prolongada (Koneman y Allen, 2008).

Los vibriones crecen fácilmente en la mayoría de los medios de aislamiento; el crecimiento de todas las especies aumenta al agregar NaCl al 1% al medio. En los casos típicos, las colonias son lisas, convexas, de consistencia cremosa, blanco grisáceas y tienen bordes continuos. En ocasiones, se encuentran colonias rugosas que se adhieren al agar. Además, algunos vibriones marinos pueden movilizarse en forma ascendente sobre la superficie de los medios de agar, asociados con la formación de células largas con flagelos

laterales. Este fenómeno no se observa en la mayoría de las cepas aisladas en los seres humanos (Koneman y Allen, 2008).

A nivel microscópico se observan bacilos gram-negativo rectos o curvos. La característica curva de las células se puede advertir mejor en la fase estacionaria temprana en los cultivos en caldo; en la fase de crecimiento logarítmico, se entremezclan formas cocoides rectas o redondeadas. A pesar de que se observen estas características es necesario realizar la recuperación del microorganismo en cultivo para la identificación definitiva (Koneman y Allen, 2008).

Las pruebas bioquímicas convencionales son: Presencia del sistema citocromo oxidasa, crecimiento en agar TSI, hidrólisis de gelatina, hidrólisis de urea, Voges-Proskauer positivo, reducción de nitratos a nitritos, halotolerancia (0, 3, 5, 8 y 10% de NaCl), descarboxilación de lisina, arginina, ornitina, fermentación de carbohidratos (glucosa, manitol y arabinosa), motilidad y crecimiento a 42°C (Muñoz, Garü, Marval & Martínez, 2012).

En ocasiones, se realiza la prueba del cordón o “string test” que consiste en hacer una suspensión de un cultivo fresco (18h a 35°C) en agar TSI en una gota de solución de desoxicolato de sodio al 0.5 por ciento, sobre una lámina portaobjetos, si la reacción es positiva se pierde inmediatamente su turbidez, formándose un halo claro mucoso (“cordón”) cuando el asa se retira suave y lentamente de la suspensión. Esta reacción es positiva en las especies de *Vibrio* y algunas cepas de *Aeromonas* (Mata, 1992).

Las reacciones diferenciales en agar TCBS son útiles para hacer una identificación presuntiva de *V. cholerae*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus*, ya que a las 18 a 24 horas de incubación en dicho agar *V. cholerae* crece como colonias amarillas lisas debido a la fermentación de la sacarosa, de 2 a 4mm de diámetro con un centro opaco y una periferia transparente; *V. alginolyticus* produce colonias que también fermentan la sacarosa de color amarillas; *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus*, que no hacen uso de la sacarosa, producen colonias verdes azuladas. Estos últimos pueden diferenciarse porque *V. vulnificus* es la única especie de *Vibrio* que fermenta la lactosa, además se pueden diferenciar por serología (Koneman y Allen, 2008).

La patogenicidad de las cepas de *V. parahaemolyticus* asociada a la producción de una hemolisina termoestable (hemolisina Kanagawa, TDH) se confirma en agar Wagatsuma preparado con eritrocitos humanos (Muñoz, Garü, Marval & Martínez, 2012). El sistema de serotipificación de *V. parahaemolyticus* incluye 13 diferentes antígenos O y 71 diferentes tipos K, y la determinación de serotipos por combinación O:K ha resultado ser útil para el estudio epidemiológico de la enfermedad. A diferencia de lo que sucede con *V. cholerae*, no hay asociación de un serotipo en particular con enfermedad, y de los actualmente 71 tipos O:K reconocidos en *V. parahaemolyticus*, todos pueden causar gastroenteritis (Nair y Homzabal, 2005).

F. *Penaeus vannamei*

1. Generalidades de *Penaeus vannamei*

Penaeus vannamei (camarón blanco) es un crustáceo decápodo macruro nadador, de mediano tamaño, comestible (ICTIOTERM, 2010). El camarón blanco del pacífico es nativo de la costa del Océano Pacífico de América Central y del Sur desde México hasta Perú. Es la especie líder en los cultivos de camarón del hemisferio occidental representando más del 95% de la producción, sus características productivas favorables permiten en la actualidad cultivos en numeroso países del continente americano (Brasil, Ecuador, México, Venezuela, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Perú, Colombia, Costa Rica, Panamá, El Salvador, Jamaica, Cuba, República Dominicana, EUA) y asiáticos (China, Tailandia, Indonesia, Vietnam, Malasia, Taiwán, India, Filipinas, Camboya, Surinam) (Tizol, Ceballos, Laria, Pérez, Machado y Silveira, 2015).

Presenta cuerpo subcilíndrico, alargado, comprimido con abdomen o cuerpo (pleón) más largo que el cefalotórax o cabeza (cefalón y pereión). Se encuentra recubierto por un exoesqueleto o caparazón (tegumento quitinoso) y termina en una nadadera caudal constituida por un par de urópodos y el telson o cola. Su hábitat en general para la etapa adulta y larval es en aguas marinas de regular profundidad, mientras que al llegar a la etapa de post-larva se desplazan hacia las aguas costeras (áreas estuarianas) donde se alimentan en forma activa, dando lugar a la etapa de crecimiento. Después de alcanzar talla de pre-

adulto regresan nuevamente a las aguas oceánicas para reproducirse, iniciándose nuevamente el ciclo (Ammour, Imbach, Suman y Windevoxhel, 1999).

2. Ciclo de vida

El ciclo de vida del camarón blanco se divide en dos fases: La marina y la estuariana (Anexo I) (Morales, 1990).

La reproducción inicia en aguas alejadas de la costa, cuando el macho deposita en la hembra un paquete de esperma que fertiliza los huevos a medida que son puestos (CPC, 1989). Posteriormente los huevos maduran y pasan a través de una serie de estadíos larvales: nauplio, zoca y mysis, posteriormente alcanzan el estadío de post-larva, el cual se asemeja a un camarón adulto. Las post-larvas se mueven en dirección a la costa hacia los estuarios de los ríos, donde rápidamente se desarrollan debido a la disponibilidad de alimento, menor salinidad, mayores temperaturas y protección contra los depredadores. Después de sucesivas mudas, las post-larvas se transforman en juveniles manteniéndose en los estuarios de los ríos por un período de tiempo de 3 a 4 meses (Morales, 1990) y comienzan a migrar al mar donde su crecimiento es más rápido (CPC, 1989).

Las hembras son sexualmente inmaduras cuando salen de los estuarios, éstas no maduran hasta que lleguen a los campos de apareamiento, los cuales se encuentran lejos de la costa a profundidades de 12 a 18 metros. Por naturaleza, los machos maduran antes que las hembras. Para que ocurra el apareamiento, la hembra debe de haber mudado y encontrarse en un estado característico, con el carapacho o exoesqueleto blando, por otro lado el macho debe de tener su exoesqueleto duro. El desove tiene lugar en la temporada cálida, el número de huevos por desove fluctúa entre los 200,000-500,000 (Morales, 1990) y 300,000 (CPC, 1989); existe evidencia de que las hembras desovan más de una vez. La vida normal del camarón es de 12 meses aproximadamente, sin embargo, algunos llegan a los dos años (Morales, 1990).

La eclosión del huevo dura de 14 a 16 horas después de la fertilización, el estadío larvario siguiente se denomina nauplio, existiendo cinco sub-estadíos naupliares y toda su fase dura aproximadamente de 40 a 50 horas, poseen un solo ocelo y el cuerpo se encuentra indiferenciado. En esta etapa se alimentan de las reservas de vitelo (Morales, 1990). El

estadio siguiente se denomina zoea y aparece luego de la quinta metamorfosis de nauplio, esta muda se caracteriza por la diferenciación del cefalotórax con el abdomen y el nado hacia adelante (Edemar, Beltrame y Seiffert, 1996), esta etapa consta de tres subestadios con una duración total de 3 días. Las larvas se alimentan de *Artemia*, Rotíferos y nemátodos (Arellano, 1990), en los siguientes tres estadios se desarrollan poco a poco los pleópodos hasta llegar al estadio de post-larva, donde éstos son totalmente funcionales, es esta etapa la post-larva se asemeja a un camarón en miniatura, además usan los pereiópodos para agarrarse y arrastrarse (Edemar, *et al.*, 1996) y se alimentan principalmente de *Artemia*, en menor cantidad de algas y dietas artificiales (Anexo I) (Arellano, 1990).

G. Características demográficas de Puerto Barrios, Izabal

1. Ubicación

El departamento de Izabal se encuentra al nor-este de Guatemala, colinda al norte con el departamento de Petén, el país de Belice, la Bahía de Amatique y el Golfo de Honduras; al sur colinda con el departamento de Zacapa, al este con la República de Honduras y al oeste con el departamento de Alta Verapaz. Izabal cuenta con cinco municipios que son: El Estor, Morales, Amates, Livingston y Puerto Barrios, siendo éste último la cabecera del departamento (Vargas, 2006).

Puerto Barrios se encuentra ubicado a 300 Km de la ciudad de Guatemala, al nororiente de la República, en los recodos de la bahía de Amatique en el Océano Atlántico; es el municipio más pequeño del departamento de Izabal, con una extensión territorial de 1,292 Km², representa el 14% de territorio del departamento. Colinda al norte con el Mar Caribe, al sur y este con la República de Honduras y al oeste con Morales y Livingston. Puerto Barrios representa para el país y para El Salvador, la principal ciudad portuaria hacia el Atlántico a través de la cual se transporta la producción de Guatemala y El Salvador (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios, 2011).

2. Clima

El departamento en general es rico en recursos naturales y Puerto Barrios cuenta con gran diversidad de paisaje, flora y fauna. Además cuenta con un clima tropical. La

temperatura permanece alta durante todo el año y la humedad relativa promedio es de ochenta y cuatro por ciento (84%). Después de un período de 26 años, en 1972 se reportó que la temperatura media era de 28.2°C, promedio de máxima 31.9°C , promedio de mínima 24.3°C, absoluta máxima 43.1°C y absoluta mínima 13.1°C. También se reportó que el total de precipitación fue de 3,074.7 milímetros, con 174 días de lluvia, siendo julio el mes más húmedo, con una precipitación media de 485.2 milímetros durante veintidós días de lluvia. Ningún mes es seco, ya que aún marzo tiene un promedio de 100.5 milímetros de lluvia (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios, 2011).

Normalmente el mes de febrero es el mes menos caliente, mientras que mayo se considera el mes más caluroso. Los principales vientos que provocan la humedad del departamento, son los alisios que soplan hacia el oeste, procedentes del mar Caribe (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios, 2011).

3. Actividad Pesquera Artesanal

Las pesquerías están constituidas en el mundo como una actividad económica capaz de contribuir a crear fuentes de trabajo, generando capital y divisas, así como fuente de alimentos de alto contenido proteínico de buena calidad para alimentación humana y animal. En la actualidad los productos provenientes de la pesca son una fuente importante en el sustento alimenticio de los pueblos; la mayoría de estos productos no son valorados adecuadamente, son sobre explotados y carecen de información estadística representativa que pueda servir como base para una correcta ordenación pesquera (Pacay, 2015).

La comunidad usuaria de este recurso la constituyen habitantes de las siguientes aldeas y caseríos: El Sauce, El Zapatillo, Punto Muerto, Cocales, Izabalito, Punta Brava, Playa Dorada, Boca Ancha, Los Limones, San Felipe y La Esperanza, ubicadas en el Departamento Izabal. En materia pesquera el número aproximado es de 525 pescadores quienes para realizar las actividades pesqueras emplean 285 pangas con motor; 302 pescadores utilizan 604 redes agalleras; 125 utilizan 15 chinchorros con método de arrastre, 93 utilizan atarrayas de 12 y 15 cuartas con una luz de malla menor de 0.5", 70 pescadores utilizan arpón. La producción anual estimada es de 4, 720,000 Kg (OSPESCA, 2017).

a. Mecanización

Aparte de los barcos de arrastre en el Pacífico, nadie utiliza maquinarias (guinches, haladores de redes, línea, nasas) y todos, salvo los pesqueros y camareros del Amatique, sólo utilizan motores fuera de - borda o remos. De los que tienen motores diesel, muchos tienen demasiado - potencial (especialmente los de las Cooperativas) y por supuesto, altos costos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, s.f).

b. Infraestructura Pesquera

No existe infraestructura pesquera, sin embargo, se observa un número considerable de muelles privados. Generalmente son construidos con madera Chico Zapote, los cuales en promedio tienen 1.5 m de ancho por 40 m de largo; en algunas ocasiones los pescadores los utilizan para atracar y descargar los productos de la pesca (OSPESCA, 2017).

c. Mercados Pesqueros

La comercialización se desarrolla en Río Dulce, Puerto Barrios, Zacapa, Chiquimula, Guatemala, todos estos mercados son de tipo urbano, el producto es transportado con hielo para venderlo fresco, al menudeo y al mayoreo. En época de Semana Santa se realizan actividades de transformación y procesamiento de productos pesqueros para ser comercializados en seco-salado (OSPESCA, 2017).

d. Comercialización

El sector industrial comercializa productos de primera, principalmente colas de camarón y pescado de escama, para exportación y algo para el mercado nacional (casi todo el pescado). Las cooperativas, empresas artesanales (tiburoneros) y pescadores artesanales venden en el mercado nacional, generalmente a intermediarios, salvo para venta local (directo al consumidor) en ambas costas. Los intermediarios recolectan productos en los puertos más importantes, para llevarlos al interior de la República a través de cestas, envueltos con plástico, con hielo picado en cantidad generalmente insuficiente y/o en contenedores aislados, más o menos isotérmicos. Son también transportados en camionetas (buses) los cuales llevan productos para el interior en su gran mayoría solamente las ciudades más

importantes cerca de las costas como Retalhuleu, Escuintla y a Guatemala (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, s.f).

IV. JUSTIFICACIÓN

Las bacterias del género *Vibrio* son habitantes naturales del plancton marino y se encuentran con frecuencia en camarones silvestres y de cultivo; la mayoría son patógenos oportunistas y producen enfermedad sólo cuando el sistema inmune de los camarones se deprime por alguna causa; los agentes causantes que se asocian a enfermedades por alimentos del tipo marino son *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio vulnificus* (Cuéllar, 2015) en pacientes con déficit inmunológico y proclives a generar la enfermedad; cabe mencionar que aunque *Vibrio cholerae* 01 toxigénico es el principal agente causal de patologías alimentarias, actualmente, se ha podido eliminar el riesgo de contraer enfermedad por el mismo.

Actualmente, los camarones consumidos por personas del departamento de Izabal, los adquieren a partir de pescadores artesanales en las costas del océano Atlántico, haciendo que los métodos de higiene, manipulación, transporte y almacenamiento no sean los más efectivos para un buen control de calidad de alimentos. Dichos camarones suelen ser expuestos a la venta en mercados locales en donde no existe vigilancia sanitaria que apliquen normas para el control de dicho producto, por lo que la probabilidad de contaminación y proliferación bacteriana es grande. El objetivo de este estudio radica en que actualmente, no se tiene un seguimiento del control de calidad de dichos alimentos y por consiguiente, los reportes de enfermedades causados por dichas especies de *Vibrio* se desconocen en todo el país de Guatemala, por lo que fue importante establecer en términos de prevalencia presencia de estas especies en camarones de consumo local, y poder darle una importancia clínica y epidemiológica.

V. OBJETIVOS

A. General:

Determinar la presencia/ausencia de *Vibrio parahaemolyticus* y *V. vulnificus* en camarones de mar (*Penaeus vannamei*) obtenidos de expendios de Puerto Barrios, Izabal, Guatemala

B. Específicos:

1. Identificar las especies de *Vibrio parahaemolyticus* y *V. vulnificus* en camarones de mar (*Penaeus vannamei*) del municipio de Puerto Barrios, Izabal.
2. Establecer una metodología medible y reproducible en la cual se pueda clasificar las especies *Vibrio vulnificus* y *V. parahaemolyticus*.
3. Determinar la frecuencia de cada especie por expendio y tamaño de camarón.

VI. HIPÓTESIS

No se formulará hipótesis ya que en esta investigación se obtendrán datos no probabilístico.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Todos los expendios de Puerto Barrios, Izabal, en donde se tengan a la venta los camarones de interés (*Penaeus vannamei*).

B. Muestra

La muestra la conformaron camarones de diferente tamaño, los cuales serán: pequeño, mediano y grande, los cuales, se obtendrán de los diferentes expendios en el mercado “Revolución”.

C. Recursos

1. Humanos

- a. Estudiante María José Juárez Molina
- b. Estudiante Alma Jeaneth Subuyuj Hernández
- c. Estudiante Jazmin Marilou Urizar Arriola
- d. Licenciado Martín Gil (Asesor)

2. Físicos

a. Materiales

- 25 gramos de camarón
- Tubos de ensayo de vidrio con taparosca
- Cajas de Petri plásticas desechables estériles.
- Pipetas graduadas de 0.1, 1, 10 y 100 mL
- Portaobjetos
- Cubreobjetos

- Asas de nicromo en punta y en argolla
- Pipetas Pasteur
- Prueba de Oxidasa
- Medio para la prueba de la lisina decarboxilasa (LDC)
- Medio para la prueba de la ornitina decarboxilasa (ODC)
- Medio para la prueba de la arginina dihidrolasa (ADH)
- Papel craft
- Bolsas ziploc
- Agitador magnético
- Frascos Mason

b. Reactivos

- Agar TCBS Merck
- Agar Sangre Carnero
- Agar MacConkey
- Agua peptonada alcalina estéril
- Agar tripticasa soya con 2% de NaCl
- Cristal Violeta
- Lugol al 10%
- Alcohol Acetona
- Safranina

c. Equipo

- Balanza semianalítica
- Mechero
- Autoclave
- Microscopio
- Incubadora a 37°C
- Refrigeradora
- Licuadora
- Congelador

3. Institucionales

- a. Laboratorios de Bacteriología, Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.
- b. Laboratorio de Microbiología, Hospital Nacional “Amistad Japón-Guatemala”, Puerto Barrios, Izabal.

D. Diseño de Investigación

Se realizó un estudio de tipo descriptivo en donde se utilizó el método estadístico de Sampling Test para determinar la cantidad de muestra para que los resultados sean estadísticamente representativos.

1. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico en donde se obtuvieron 3 muestras de camarones según su tamaño (pequeño, mediano y grande), dando un total de 9 muestras de camarones por temporada climática (seca y lluviosa) y expendio (10 expendios muestreados). Dicho muestreo se realizó en los los expendios ubicados del Mercado “Revolución” del municipio de Puerto Barrios, Izabal, Guatemala (anexo II).

2. Variables

- a. Un muestreo de camarón se realizó en época seca, trabajando con los tres tamaños de camarón.
- b. Un muestreo de camarón se realizó en época lluviosa, trabajando con los tres tamaños de camarón.

E. Metodología

Las muestras de camarón fueron recolectadas directamente de los expendios, aplicando rigurosamente un criterio de protección de la muestra contra contaminación secundaria desde el momento de obtención de los camarones, transporte y almacenaje.

Se recolectaron 3 camarones de diferente tamaño (pequeño, mediano y grande) en cada uno de los 10 expendios.

1. Obtención de la muestras

Se recolectaron 250g de camarones de diferente tamaño en los diez expendios escogidos y se colocaron en bolsas ziploc etiquetadas correctamente.

2. Transporte de las muestras

Las bolsas se transportaron a temperaturas de refrigeración (entre 7 y 10°C) en una hielera para evitar la proliferación de microorganismos hasta el momento del procesamiento, máximo 24 horas. Se evitó el total contacto directo con hielo para maximizar la supervivencia y recuperación de los vibriones.

En el caso de las muestras de temporada seca, las mismas fueron procesadas en la Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que se mantuvieron congeladas a una temperatura de -5°C en congelador para transportarlas mediante hielera aislante para mantener una temperatura ideal de transporte y posteriormente realizar el procesamiento de las mismas.

3. Almacenamiento de las muestras

Las muestras que se almacenaron fueron para el transporte de las mismas durante el muestreo de la temporada seca a -5°C, para su posterior procesamiento.

4. Procesamiento de las muestras

Debido a la metodología utilizada, las muestras se procesaron 24 horas después de haber sido recolectadas (en el caso del muestreo en temporada lluviosa). En el caso del muestreo en temporada seca, las muestras se procesaron 48 horas después de haber sido recolectadas, siempre manteniendo la cadena de frío y condiciones de transporte.

- Se obtuvo un pool de camarones de diferentes tamaños del mismo expendio hasta pesar 250g en un frasco Mason.

- La muestra fue agregada en 225 mL de agua peptonada alcalina y homogenizar en licuadora a velocidad media durante dos minutos.
- Se pipeteó 1 mL en 9mL de agua peptonada alcalina y se incubó de $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 18-24 horas.
- Utilizando campana de flujo, el equipo de seguridad adecuado y sin retirar o agitar la película, se inoculó en agar TCBS y se incubó a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 18-24 horas. *V. cholerae* origina el crecimiento de colonias amarillas sacarosa positivo, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* presentan colonias verdes sacarosa negativo.

(Bacteriological Analytical Manual, 2004)

5. Identificación

Se realizó la prueba de oxidasa a colonias sospechosas. En caso que la prueba diera positivo, se seleccionaron tres colonias sospechosas y se aislaron en agar tripticasa soya (ATS) 2% NaCl. También, se sembró en agar Sangre de Carnero y agar MacConkey. Se incubó de 12 a 18 horas a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$.

A partir del crecimiento en ATS se sembró en tubos de medios de descarboxilación de lisina, ornitina y arginina.

Interpretación:

Las reacciones son:

V. vulnificus: arginina deshidrolasa negativo, lisina descarboxilasa positivo, ornitina descarboxilasa, fermentación de lactosa positivo, hemólisis negativo.

V. parahaemolyticus: arginina deshidrolasa negativo, lisina descarboxilasa positivo, ornitina descarboxilasa fermentación de lactosa negativo, hemólisis positivo.

VIII. RESULTADOS

Las sesenta muestras de camarón analizadas para la búsqueda de la presencia de las bacterias *Vibrio parahaemolyticus* y *V. vulnificus* fueron recolectadas en 10 puestos de venta del mercado central de Puerto Barrios en época lluviosa y seca, con base al diseño propuesto.

Al realizar el análisis microbiológico, fue posible determinar la presencia de *V. parahaemolyticus*. Este microorganismo fue detectado en 2 muestras, lo que indica presencia de *V. parahaemolyticus* en un 3.33% de la totalidad de las 60 muestras analizadas. Sin embargo, se identificó solamente en época seca, lo que evidencia presencia de *V. parahaemolyticus* en un 7.67% en dicha condición climática y en época lluviosa no hubo aislamiento alguno de este microorganismo (Tabla 1). Con respecto al aislamiento de *V. vulnificus*, los resultados fueron negativos en ambas condiciones climáticas.

Tabla 1. Presencia de *V. parahaemolyticus* en camarones crudos comprados en 10 expendios del mercado central de Puerto Barrios

Condición Climática	Cantidad de muestras	Aislamiento de <i>V. parahaemolyticus</i>	Incidencia de <i>V. parahaemolyticus</i>	Presencia de <i>V. parahaemolyticus</i>
Época seca	30	02	-	7.67%
Época lluviosa	30	-	-	-
Total	60	02	20%	3.33%

Fuente: Datos experimentales

El aislamiento de *V. parahaemolyticus* se obtuvo en dos de los diez expendios muestreados, representando una incidencia de 20% de este microorganismo con respecto a la cantidad de expendios muestreados. Además, se recolectaron en total veinte muestras de camarón grande, mediano y pequeño; identificando *V. parahaemolyticus* en camarones de distinto tamaño: un aislamiento se recuperó de camarón de tamaño grande y el otro, de camarón de tamaño mediano. Por lo que, la probabilidad de encontrar dicho microorganismo en camarones según sus categorías correspondientes de tamaño representa un 5%.

A pesar de que el ambiente marino proporciona las condiciones necesarias para el desarrollo de diferentes especies halófilas como *Vibrio*, los resultados indican que la

prevalencia de *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* es baja en camarones que se recolectan en el área costera de Puerto Barrios, Izabal.

El procedimiento llevado a cabo para la recolección, transporte, aislamiento e identificación de los microorganismos se desarrolló con base en la metodología brindada por el Bacteriological Analytical Manual (BAM, Manual de Análisis Bacteriológicos), en donde se indica la manera de proceder al realizar análisis microbiológicos de alimentos y cosméticos. Los resultados de las pruebas realizadas mostraron resultados idénticos a los de referencia (Anexos III y IV).

Con base a los intervalos de credibilidad se define que existe una frecuencia del 0.1% a 8.1% de aislar *V. parahaemolyticus* de los camarones provenientes de los diez expendios del mercado de Puerto Barrios.

Tabla 2. Intervalos de credibilidad y frecuencia de *V. parahaemolyticus* en camarones recolectados de diez expendios del mercado de Puerto Barrios (Tabla 2).

Intervalos de credibilidad	Frecuencia
0.001 – 0.081	0.1% - 8.1%

Fuente: Datos experimentales

A. Estadística Bayesiana

El estudio bayesiano fue introducido en la década de 1920 como herramienta gráfica que describe el conocimiento probabilístico de las relaciones entre variables que afectan un determinado fenómeno no determinista. Es útil en los procedimientos de toma de decisión en varios campos y su uso para la evaluación de riesgos ha ganado popularidad (Delgado y Tibau, 2015).

La estadística bayesiana tiene como objetivo proporcionar una metodología para analizar adecuadamente la información con la que se cuenta y decidir de manera razonable sobre la mejor forma de actuar. Está basada en la interpretación subjetiva de la probabilidad

y tiene como punto central el Teorema de Bayes el cual se enfoca en inferencias estadísticas para la elección coherente de una decisión entre opciones alternativas (Nieto, 2019).

Es decir, en las pruebas de hipótesis clásicas se formula una hipótesis y se calcula la probabilidad de ciertos resultados; en el análisis bayesiano se parte de un resultado determinado y se calculan las probabilidades de varias hipótesis (Universidad de Oviedo, 1986).

i. Intervalos de Credibilidad Bayesiano

Para los bayesianos, que admiten que se considere a la probabilidad como un grado de creencia, el enfoque correcto es diferente: se considera la curva que representa la función de densidad que se obtiene a posteriori, y si el área bajo dicha curva entre los valores X y Y es igual a 95%, entonces se puede hablar de que el verdadero valor esté entre X e Y con cierta probabilidad. Se dice entonces que (X, Y) constituye un intervalo de credibilidad al 95% o un intervalo de confianza bayesiano. Al intervalo construido bajo estos supuestos también se le llama intervalo probabilístico (Universidad de Oviedo, 1986).

Existen intervalos de credibilidad con y sin información previa. En los intervalos sin información previa se consideran regiones de confianza para una proporción, considerando primero, como información a priori, una distribución, y luego, una a priori no informativa de Jeffreys; por el contrario, en los intervalos con información previa, como su propio nombre lo indica, se tiene información a priori acerca de la proporción en consideración, este conocimiento puede ser incorporado en la obtención del intervalo de confianza, si la información a priori se incorpora a través de una distribución beta, el intervalo de confianza p estará definido por los cuantiles de la distribución a posteriori (Cepeda-Cuervo, et. Al., 2008).

IX. DISCUSIÓN

Debido a la falta de información y reporte de enfermedades infecciosas referente a *V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus*, el objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de dichas especies bacterianas en camarones recolectados en expendios de Puerto Barrios considerando que las infecciones provocadas por estos microorganismos están subdiagnosticadas y el consumo de mariscos es muy extendido en todo el país.

En la prevalencia según microorganismos, se aisló *V. parahaemolyticus* en 2 de las 60 muestras analizadas, lo que representa un 3.33% de la totalidad de las muestras. Este aislamiento se determinó solamente en época de verano, lo que pudo deberse a que la multiplicación del microorganismo aumenta a medida que la temperatura del agua se eleva (Dabanch, Herrero, Pávez, Veas, Braun y Porte, 2009). Por otra parte, no se obtuvo aislamiento alguno de *V. vulnificus* en ambas condiciones climáticas.

La nula recuperación de *V. vulnificus* en comparación con *V. parahaemolyticus* fue debido probablemente a que la distribución de ambas bacterias varía de acuerdo a la profundidad en la que dichos microorganismos habitan (Aliaga, Miranda y Zevallos, 2010), a fenómenos de competencia o a la ubicación geográfica, sin embargo, es probable que al estudiar las interrelaciones ecológicas entre ambas especies y los factores que los afectan se puede aportar información de cómo estos vibrios pueden prevalecer en un momento dado (Muñoz, Graü, Marval y Martínez, 2012). Además, se conoce que la refrigeración o la baja temperatura es un factor fundamental en la disminución del crecimiento de las especies de *Vibrio*, no obstante para el caso de *V. parahaemolyticus* se ha encontrado que ha sido capaz de sobrevivir a temperaturas de -18°C durante 7 semanas a través de una modificación de diversos parámetros celulares, como respuesta al shock por frío (Rojas, Muñoz, Gárate, González y Del Pozo, 2013; Flores-Primo, Pardo-Sedas, López-Hernández, Lizárraga-Partida y Uscanga-Serrano, 2015), por lo que la refrigeración durante el traslado de los camarones del lugar de recolecta al lugar de venta pudo disminuir la probabilidad de que se aislara *V. vulnificus*.

La presencia de *V. parahaemolyticus* en camarones es de suma importancia clínica debido a que este microorganismo es la principal causa de gastroenteritis asociada con el consumo de carne de alimentos marinos, sin embargo las densidades o concentraciones del mismo varían de gran manera según el clima, localidad, tipo de muestra y la metodología analítica (Zarei, *et al*, 2012). Dicha presencia pudo deberse a una contaminación cruzada entre diferentes alimentos marinos durante el traslado del lugar de recolección hacia el punto de venta o por contaminación mediante el mecanismo ano-mano-alimento por un portador asintomático (ACHIPIA, 2017).

Así pues, cabe mencionar que la estacionalidad para dicho microorganismo está correlacionado con parámetros como la temperatura y salinidad del entorno, teniendo que se han reportado mayores densidades de *V. parahaemolyticus* con mayores temperaturas en el medio marítimo (Zarei, *et al*, 2012), por lo que el hecho de que se haya encontrado *V. parahaemolyticus* en condición climática calurosa es importante destacarlo a nivel de salud pública ya que en esta época aumenta la comercialización y operaciones de manejo debido a la afluencia de individuos a las playas y puede potencializar el riesgo de contraer una infección por este microorganismo y que dicha infección sea subdiagnosticada (Muñoz, Graü, Marval y Martínez, 2012).

No existe un esquema de biotipificación de la especie bacteriana aislada en las muestras de camarones, sin embargo, se subdivide basándose en la reacción Kanagawa, dicha reacción consiste en determinar la producción de una hemolisina directa termoestable (TDH) teniendo como una de las características el permanecer activa a 100°C por hasta 10 minutos. Por lo que algunos investigadores sugieren que dicha prueba se utilice habitualmente en el laboratorio para distinguir cepas virulentas de las que no lo son, sin embargo, debido al bajo aislamiento en los camarones analizados no se consideró evidenciar la característica que posee dicha TDH a través de dicha prueba, ya que dificultaría la identificación de la actividad hemolítica (Rodrigues, Lima y Torres, 2016), además se han reportado que solamente el 0.3-3% de los aislamientos en entornos no patogénicos son Kanagawa positiva (Hongping, *et al*, 2011), reduciendo la probabilidad de encontrar o evidenciar la patogenicidad de dicho microorganismo.

El método del agar Kanagawa representa una buena reproducibilidad, sin embargo, es relativamente difícil de acertar para caracterizar cepas sospechosas de ser *V. parahaemolyticus*, ya que dicha característica analítica se ve afectado por la variación en pH, concentración de Cloruro de Sodio (NaCl) y los tipos de eritrocitos utilizados en el medio de cultivo (Hongping, *et al*, 2011), por lo que la no utilización de dicho método pudo generar una limitante metodológica en dicho estudio ya que no se pudo caracterizar la patogenicidad del microorganismo.

La utilización de la microbiología convencional permite la identificación fenotípica bacteriana basándose en las características observables de las bacterias como su morfología, desarrollo, propiedades bioquímicas y metabólicas, por lo cual, el cultivo, cuando es factible, continúa siendo el método diagnóstico de elección (Bou, Fernández-Olmos, García, Sáez-Nieto y Valdezate, 2011). Actualmente existen muchas metodologías que ofrecen y garantizan la identificación fenotípica o molecular de una manera más eficiente y verídica, sin embargo, la confirmación de la identidad de colonias presuntivas, siempre debe ir seguido de pruebas bioquímicas que a pesar que no distinguen totalmente una especie de otra, permite el cultivo y aislamiento de los microorganismos de interés (Paydar, Shuan Ju Teh & Lin Thong, 2013).

Debido a la falta de información y reporte de *V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus* en camarones se procedió a determinar los intervalos de credibilidad para determinar la frecuencia de encontrar dichos microorganismos en los diez expendios que venden camarones en el mercado de Puerto Barrios tal como se observa en la tabla 2. Dichos intervalos de credibilidad van de 0.001 a 0.081 lo que nos indica que la frecuencia de encontrar *V. parahaemolyticus* en camarones de Puerto Barrios es de 0.1% al 8.1%, esto va a depender de todos los procesos que intervengan en el manejo, transporte e higiene de los mismos.

Con lo anterior, se logró identificar la presencia de *V. parahaemolyticus* solamente en época seca en los camarones analizados en un 3.33%, demostrando que es necesario mejorar las prácticas de manejo de los alimentos marinos (desde la recolección hasta el momento de la cocción) especialmente en época seca, ya que este microorganismo es el principal agente

causante de gastroenteritis en pacientes inmunosupresos e inmunodeficientes. Además, no hubo identificación de *V. vulnificus* lo que evidencia que las mejoras en el transporte pueden disminuir la presencia de dicho microorganismo.

Por otra parte, esta investigación puede ser la base de estudios más profundos y específicos que busquen determinar si la costa del Atlántico de Guatemala es reservorio de ambos microorganismos y examinar su presencia durante periodos de tiempo más prolongado para determinar variaciones en cuanto a concentraciones y patogenicidad genética con metodologías de mayor tecnología, entre otros.

X. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo una presencia del 3.33% de muestras contaminadas con *V. parahaemolyticus*, tales aislamientos se encontraron solamente en época seca.
2. Los aislamientos de *V. parahaemolyticus* fueron provenientes de camarones de tamaño grande y mediano, sin embargo, al ser solo dos aislamientos no se puede asegurar que este microorganismo se asocie directamente a un tamaño en específico de camarón.
3. Se utilizó el método de microbiología de cultivo convencional proporcionada por el BAM, ya que sigue siendo una herramienta importante para la identificación de bacterias, en gran parte a la bibliografía que la respalda y debido a que actualmente se encuentra estandarizada para alimentos. Los resultados de las pruebas realizadas concordaron en un 100% con la metodología utilizada.
4. El intervalo de credibilidad de la presencia de vibrio es de 0.1% a 8.1% en camarones provenientes de los diez expendios analizados en el mercado La Revolución de Puerto Barrios, Izabal.
5. Se logró identificar la presencia de *V. parahaemolyticus* solamente en época seca en los camarones analizados en un 3.33%, demostrando que es necesario mejorar las prácticas de manejo de los alimentos marinos (desde la recolección hasta el momento de la cocción) especialmente en época seca, ya que este microorganismo es el principal agente causante de gastroenteritis en pacientes inmunosupresos e inmunodeficientes.

XI. RECOMENDACIONES

1. Identificar *V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus* en diversos puertos de Guatemala para conocer cuánto cambia la presencia entre ellos y en dónde existe mayor riesgo a contraer una infección.
2. Además de realizar la identificación de *V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus*, realizar la cuantificación de dichas bacterias para poder conocer si la cantidad existente de estos microorganismos realmente pueden ocasionar alguna patología, debido a que existen estudios que indican que aproximados de 1×10^4 bacterias por gramo de marisco causan enfermedad.
3. Comparar metodologías para evidenciar de qué manera se logra mayor recuperación de la bacteria y cuál es más factible de realizar, por ejemplo, comparar la microbiología convencional con la metodología realizada en Vitek, ya que ambas son accesibles económicamente y se invierte un tiempo similar.
4. Al ser un estudio sin información previa, es necesario ampliar los resultados con estadística bayesiana para generar intervalos de credibilidad, con los cuales se pueden determinar la precisión y la probabilidad de cobertura de una población estudiada.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHIPIA. (2017). *Vibrio parahaemolyticus: Ficha de peligros*. Recuperado: <https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-08-Vibrio-parah-v01.pdf>
- Aliaga, R., Miranda, J. y Zevallos, K. (2010). Aislamiento e identificación de *Vibrio parahaemolyticus* O3:K6 en pescados y moluscos bivalvos procedentes de un mercado pesquero de Lima, Perú. *Revista Médica Herediana*, 21(1), 137-145.
- Ammour, T., Imbach, A., Suman, D. y Windevoxel, N. (1999). *Manejo productivo de manglares en América Central*. Madrid: CATIE.
- Arellano, E. (1990). *Guías técnicas en el cultivo de larvas de camarón*. San Pedro de Manglaralto, Ecuador: CENAIM.
- Bacteriological Analytical Manual (2004). Chapter 9: *Vibrio*. EE.UU: Food and Drugs Administration. Recuperado de: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-vibrio>
- Barton, J., Coghlan, M., Reymann, M., Ozbirn, W. & Acton, R. (2003). *Vibrio vulnificus* infection in hemodialysis patient receiving intravenous iron therapy. Florida: *Clinical Infectology Disease*, 37(3), 63-7.
- Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria (2015). *Vibrionaceae*. E.E.U.U: *John Wiley & Sons, Incorporation*, doi: 10.1002, 1-7.
- Bou, G., Fernández-Olmos, A., García, C., Sáez-Nieto, J. y Valdezate, S. (2011). Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología. *Elsevier Doyma, Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 29(8), 601-608.
- Bush, L y Perez, M (2016). Infecciones por *Vibrio* no colérico. *Merck Sharp & Dohme Corporation*, 10(1), 1-3.
- Cabello, R (2007). *Microbiología y parasitología humana*. (3ª. edición). México: Médica Panamericana.
- Cámara de Productores de camarón (CPC). (1989). *Libro blanco del camarón*. Ecuador: DEA.
- Carranza, A y Méndez, C. (2007). *Manual de Microbiología de los Alimentos*. Argentina: Universidad Nacional de Salta.

- Castellano, D. (2015). *Introducción a la estadística bayesiana*. (Tesis de Licenciatura). España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Cepeda-Cuervo, E., Aguilar, W., Cervantes, V., Corrales, M., Díaz, I. y Rodríguez, D. (2008). Intervalos de confianza e intervalos de credibilidad para una proporción. *Revista Colombiana de Estadística*, 31(2), 211-228.
- Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios. (2011). *Plan de desarrollo Puerto Barrios, Izabal*. Recuperado de: <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/municipio-de-puerto-barrios>
- Cuéllar, J (2013). *Vibriosis*. Iowa State University: College of Veterinary Medicine.
- Daniels, N., MacKinnon, L., Bishop, R., Altekruise, S., Ray, B., Hammond, R., Slutsker, L. (2000). *Vibrio parahaemolyticus* infections in the United States, 1973-1998. *The Journal of Infectious Diseases*, 188, 1666-1668.
- Dabanch, J., Herrero, D., Pávez, C., Veas, N., Braun, S. y Porte, L. (2009). Bacteriemia por *Vibrio parahaemolyticus*: Reporte de caso y revisión de la literatura. *Revista Chilena de Infectología*, 26(4), 360-362.
- Daniels, N & Shafale, A. (2000). A review of Pathogenic *Vibrio* Infections for Clinicians. *Texas: Journal Infectious Medicine* 17(10), 665-685.
- Delgado, R. y Tibau, X. (2015). Las redes bayesianas como herramienta para la evaluación del riesgo de reincidencia: un estudio sobre agresores sexuales. *Revista española de investigación criminológica*, 13(1), 4.
- Edemar, R., Beltrame, E. y Seiffert, W. (1996). *Despesca e transporte de pós-larvas*. Curso internacional de "Producao de pós-larvas de camarao marinho". Brasil: Florianópolis.
- Flores-Primo, A., Pardío-Sedas, V., López-Hernández, K., Lizárraga-Partida, L. y Uscanga-Serrano, R. (2015). Crecimiento y sobrevivencia de *Vibrio parahaemolyticus* en ostión americano (*Crassostrea virginica*) almacenado en refrigeración. *Salud pública de México*, 57(3), 211-217.
- Franco-Mosreal, J., et. al. (2010). Especies patógenas del género *Vibrio* en alimentos marinos de establecimientos de Isla del Carmen, Campeche, México. *Revista Ciencia y Mar*, 14(41), 31-44.

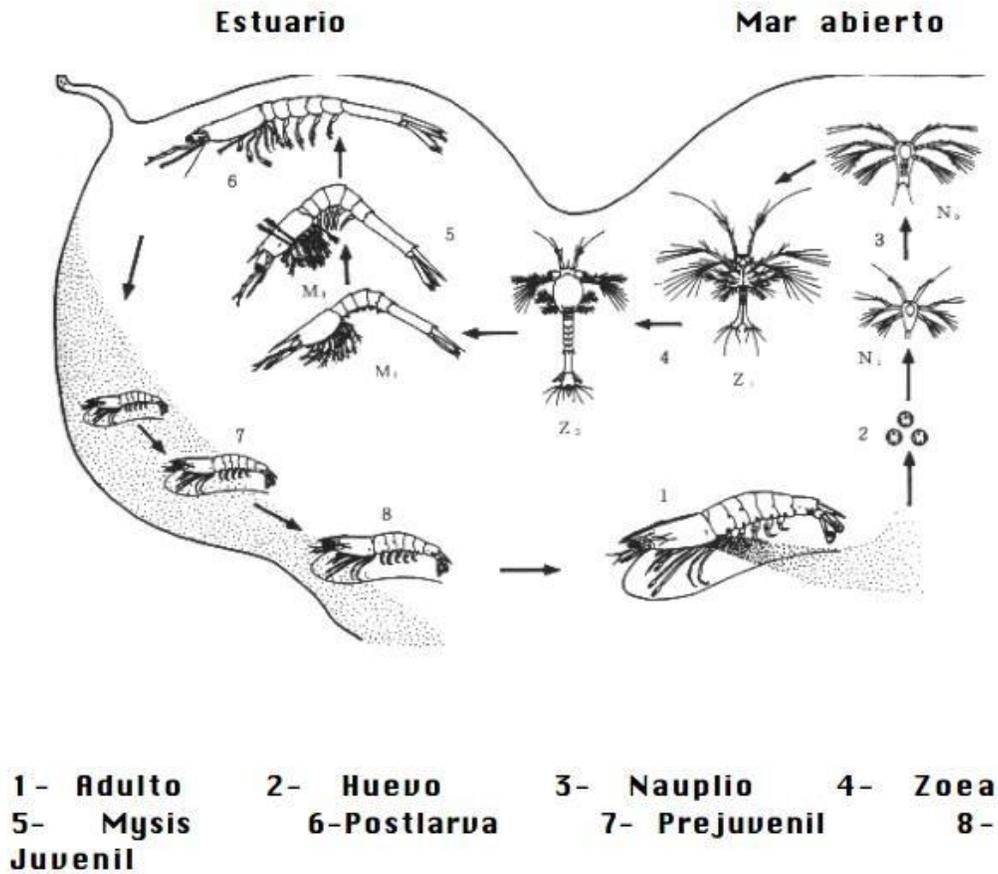
- García, M. y Landgraf, M. (1998). Virulence factors and pathogenicity of *Vibrio vulnificus* strains isolated from seafood. *Brazil, Journal of Applied Microbiology*, 84(1), 747-751.
- Guerrero, J (2016). Protocolo de Vigilancia en Salud Pública: *Enfermedades Transmitidas por Alimentos*. Colombia: Instituto Nacional de Salud.
- Hidalgo, R. (2008). Identificación de bacterias del género *Vibrio* asociadas al cultivo de la almeja, caracterización y patogénesis. Santiago de Compostela: USC.
- Honda, T., Arita, M., Ayala, E & Miwatani, T (1988). Production of pili in *Vibrio parahaemolyticus*. Canada: *Journal Microbiology*, 34(1), 1279-1281.
- Hongping, W., Jilun, Z., Ting, J., Yixi, B & Xiaoming, Z (2011). Insufficiency of the Kanagawa hemolytic test for detecting pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in Shanghai, China. *Elsevier: Department of Epidemiology, Shanghai Public Health Clinical Center* 69(2), 7-11.
- ICTIOTERM. (2010). *Penaeus vannamei*. Recuperado de http://www.ictioterm.es/nombre_cientifico.php?nc=235
- Iijima, Y., Yamada, H & Shinoda, S (1981). Adherence of *Vibrio parahaemolyticus* hemolysin (Vp-TRH) produced environmental and clinical isolates. Florida: *Weekly Epidemiological Record*, 157-162.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018). *Variabilidad y Cambio Climático en Guatemala*. Guatemala: Departamento de Investigación y Servicios Climáticos del INSIVUMEH. Recuperado de: <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2018/06/Variabilidad-y-Cambio-Climático-en-Guatemala-2018-INSIVUMEH.pdf>
- Kelley, W. (1992). *Medicina interna*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Koneman, E. y Allen, S. (2008). *Koneman: Diagnóstico microbiológico*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Leyton, Y. y Riquelme, C. (2008). Vibrios en los sistemas marinos costeros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3), 441-456.
- Leyva-Castillo, V., et. al. (2013). Especies patógenas de *Vibrio* aisladas en alimentos de origen marino. *Revista Panamericana de Infectología*, 15(1-4), 15-32.

- Martínez, M., Alkorta, M., López, L., Hernández, J & Elorriaga, L. (2006). Infection due to *Vibrio vulnificus* on the Cantabrian coasts. España: Departamento de Microbiología y Parasitología. *Revista Médica Bilbao*. 27-29.
- Mata, L. (1992). *El cólera: historia, prevención y control*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia. *Microbes and Infection Journal*, 20(4), 177-188.
- Mirón, M., Estrada, O y González, V (2008). Protocolos de tratamiento antimicrobiano domiciliario endovenoso (TADE). España: Sociedad Española de Medicina Interna. Recuperado de: <https://www.fesemi.org/sites/default/files/documentos/publicaciones/capitulo-10.pdf>
- Morales, V. (1990). *Levantamiento larvario de camarones penidos*. Panamá: Panamaacute, PA Direccioacuten Nacional de Acuicultura.
- Muñoz, D., Marín, G., Marval, H. y Martínez, C. (2012). Identificación de bacterias del género *Vibrio* asociadas a zonas productoras de moluscos bivalvos, estado Sucre, Venezuela. *Revista científica*, 22(5), 459-467.
- Nair, B. y Hormazábal, J. (2005). La pandemia de *Vibrio parahaemolyticus*. *Revista Chilena de Infectología*, 22(2), 125-130.
- Nieto, L. (2019). *Métodos estadísticos bayesianos*. Recuperado de: http://allman.rhon.itam.mx/~lnieto/index_archivos/NotasMB1.pdf
- Núñez, H., Teresa, M., Guerra, F & Osorio, C (2009). Pathogenicity island region of clinical and environmental strains of *Vibrio parahaemolyticus*, isolated in Chile. *Scielo Review*. 137(1), 208-214.
- OPS, Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Infección por *Vibrio vulnificus* en alimentos (cie-1005.8). Recuperado de: <http://new.paho.org/arg/publicaciones/publicaciones/publicaciones%20virtuales/libroETAs/modulo2/modulo2j.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (s.f.). *La situación de la pesca y acuicultura en Guatemala y los lineamientos para su desarrollo futuro (informe terminal de consultoría)*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC587S/ASC87S00.htm#TOC>
- OSPESCA. (2017). *Clima y pesca*. Recuperado de <http://climapesca.org/2017/05/11/lago-de-izabal/>

- Pacay, A (2015). *Descripción de la actividad pesquera en la aldea El Quetzalito, Izabal* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Paydar, M., Shuan Ju Teh, C & Lin Thong, K (2013). Prevalence and characterization of potentially virulent *Vibrio parahaemolyticus* in seafood in Malaysia using conventional methods, PCR and REP-PCR. *Elsevier: Institute of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Malaya* 32(1), 13-18.
- Ramírez, K (2015). Epidemiología de *Vibrio parahaemolyticus*. *Revista Médica, Chile* 4(22), 79-85.
- Rodrigues, F., Lima, R. y Torres, M. (2016). Ostras, *Crassostrea rhizophorae*, contaminadas con *Vibrio parahaemolyticus* Kanagawa positivas. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 16(3), 1457-1460.
- Rojas, N., Muñoz, G., Gárate, L., González, M. y Del Pozo, M. (2013). Aislamiento microbiológico de *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus* en muestras de camarón coctelero en la ciudad Puebla. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 33(4), 147-151.
- Strom, M. & Paranjpye, R. (2000). Epidemiology and pathogenesis of *Vibrio vulnificus*. *Nacional Oceanic and Atmospheric Administration. Microbiology Infection*, 2(2), 177-88
- Tizol, R., Ceballos, B., Laria R., Pérez, L., Machado, R. y Silveira, R. (2015). *Introducción en Cuba del camarón blanco del Pacífico L. vannamei*. Recuperado de <https://www.was.org/easOnline/AbstractDetail.aspx?i=4482>
- Vargas, J. (2006). *Efectos de contaminación del basurero municipal en los habitantes del caserío de Piedra Parada entrada a Piteros, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal*. (Tesis de maestría). Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, Guatemala.
- Zamora, D y Quiroz, C (2005). Un Enemigo Marino Silencioso: *Vibrio parahaemolyticus*. *Revista Digital Universitaria UNAM*. 6(4), 2-9.
- Zarei, M., Pourmahdi, M., Jamnejad, A & Khezzzadeh M. (2012). Seasonal prevalence of *Vibrio* species in retail shrimps with an emphasis on *Vibrio parahaemolyticus*. *Elsevier, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz* 25(1), 107-109.

XIII. ANEXOS

Anexo I. Ciclo de vida del camarón blanco



Fuente: Rivera, M. C. (1998). *Efecto de la salinidad sobre el crecimiento y sobrevivencia en postlarvas y juveniles de camarón blanco Penaeus vannamei, bajo condiciones de laboratorio* (Tesis magistral). Universidad de Colima, México.

Anexo II. Ubicación satelital de los expendios muestreados del Mercado “La Revolución” en Puerto Barrios, Izabal



Anexo III. Comparación de los resultados de pruebas bioquímicas obtenidos con los resultados de referencia.

Pruebas bioquímicas	<i>V. parahaemolyticus</i>	Muestras de camarones
Descarboxilación de lisina	+	+
Descarboxilación de arginina	-	-
Descarboxilación de ornitina	+	+

Fuente: Datos experimentales.

Anexo IV. Resultados obtenidos de las pruebas bioquímicas realizadas a los camarones.



Fuente: Datos experimentales.



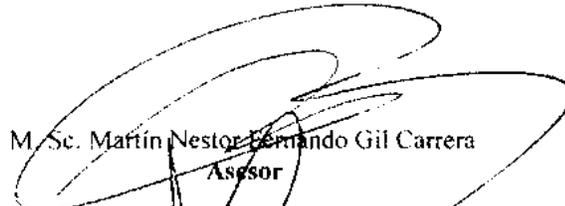
María José Juárez Molina
Autora



Alma Jeaneth Subuyuj Hernández
Autora



Jazmin Marilou Urizar Arriola
Autora



M. Sc. Martín Nestor Fernando Gil Carrera
Asesor



M. Sc. Sergio Alfredo Lieres
Revisor



M. Sc. Oscar H. Morales Esquivel
Director
Escuela de Química Biológica



M. A. Pablo Ernesto Oliva Soto
Decano
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia