

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE 2  
PLAYAS: EL TUNCO Y EL SUNZAL, UBICADAS EN EL DEPARTAMENTO DE  
LA LIBERTAD, EL SALVADOR”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO POR:  
Br. CÉSAR AUGUSTO GUEVARA SURIO**

**PARA OPTAR EL GRADO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2015.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE 2 PLAYAS:  
EL TUNCO Y EL SUNZAL, UBICADAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD,  
EL SALVADOR”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO POR:  
Br. CÉSAR AUGUSTO GUEVARA SURIO**

**PARA OPTAR EL GRADO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**ASESORA: \_\_\_\_\_**

**Licda. ANGELA GUDELIA PORTILLO**

**ASESORA: \_\_\_\_\_**

**M.Sc. NORMA ESTHELA MOLINA VELÁSQUEZ**

**SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2015.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE 2 PLAYAS:  
EL TUNCO Y EL SUNZAL, UBICADAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD,  
EL SALVADOR”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO POR:  
Br. CÉSAR AUGUSTO GUEVARA SURIO**

**PARA OPTAR EL GRADO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**JURADO: \_\_\_\_\_**

**M. Sc. ZOILA VIRGINIA GUERRERO MENDOZA.**

**JURADO: \_\_\_\_\_**

**M.Sc. CECILIA HAYDEE GALLARDO DE VELÁSQUEZ**

**SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2015.**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Ing. MARIO ROBERTO NIETO LOVO  
RECTOR**

**Dr. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA  
SECRETARIA GENERAL**

**Lcdo. FRANCISCO CRUZ LETONA  
FISCAL**

**M. Sc. MARTIN GUERRA  
DECANO FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
Y MATEMÁTICA**

**Lcdo. RODOLFO MENJIVAR  
DIRECTOR DE LA ESCUELA**

**CUIDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2015.**

## **DEDICATORIA**

A mi madre María Elena Surio, por ser mi ejemplo de perseverancia, fuerza y confianza en sí misma y que me mostro que cualquier cosa que se desea con el corazón es posible y que un mundo más humano aún en estos tiempos puede ser una realidad...

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dios de la vida por darme siempre las fuerzas durante toda mi formación académica y bendecirme siempre que lo necesité, a mi padre Julio César Guevara por su apoyo incondicional durante todos mis estudios, a mis hermanos Angélica Guevara y Josué Guevara por el cariño y la hermandad durante el desarrollo de esta investigación.

A mis asesoras Licda. Gudelia Portillo y M.Sc. Norma Molina, por el apoyo profesional y científico brindado en el desarrollo de este trabajo; así como, a los miembros del jurado evaluador, Lcda. Cecilia Gallardo y M. Sc. Zoila Virginia Guerrero Mendoza.

Al equipo de Hidrogeoquímica del Instituto de Vulcanología, Lic. Renan Funes, Lic. Arturo Alvarado por el apoyo logístico en mi fase de campo, también al personal que laboraba en el Instituto de Ciencias del Mar en el 2010, Lic, Mauricio Vásquez, Lic. Armando Navarrete.

Al personal que labora en CENSALUD, en especial al Lic. Juan Rivas por el apoyo en el laboratorio y al resto del personal que labora en las instalaciones que de una u otra manera contribuyeron a esta investigación, especialmente a Yanira Aquino, Rafaela Pérez y Sara Díaz, sin todos ellos mi fase de campo y laboratorio realmente hubiese sido muy difícil.

A todos mis amigos, en especial a Yaneth Alvarado y Stefany Henríquez quienes me apoyaron antes, durante y después de mi estudio, a mis compañeros de la Universidad y la Escuela de Biología por su apoyo incondicional a este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	N° DE PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	III
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	i
II. OBJETIVOS.....	17
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
3.1 GENERALIDADES DE LOS OCEANOS.....	18
3.2 CONTAMINACION DEL MAR.....	18
3.2.1 Contaminación bacteriana del medio marino.....	18
3.3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.....	19
3.4 Factores microbiológicos que afectan la calidad del agua.....	19
3.4.1 Grupo Coliforme.....	19
3.4.2 Coliformes Fecales.....	20
3.4.3 <i>Escherichia coli</i> .....	20
3.4.4 Bacterias Heterótrofas.....	21
3.4.5 <i>Vibrio</i> .....	21
3.4.6 <i>Vibrio parahaemolyticus</i> .....	21
3.4.7 <i>Vibrio alginolyticus</i> .....	22
3.4.8 <i>Pseudomonas</i> .....	22
3.5 Factores que regulan el crecimiento bacteriano.....	22
3.5.1 Temperatura.....	22
3.5.2 Salinidad.....	23
3.5.3 Concentración del ion hidrógeno.....	23
IV. METODOLOGÍA.....	24
4.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL SITIO DE ESTUDIO.....	24
4.2 FASE DE CAMPO.....	25

4.2.1	Recolecta de las muestras de agua.....	26
4.2.2	Toma de parámetros físicos y químicos.....	27
4.3	FASE DE LABORATORIO.....	27
4.3.1	Prueba de Coliformes Totales.....	27
4.3.2	Prueba Coliformes Fecales.....	27
4.3.3	Prueba para <i>Escherichia coli</i> .....	28
4.3.4	Recuento de bacterias Heterótrofas.....	28
4.3.5	Identificación de <i>Vibrio spp</i> .....	28
4.3.6	Identificación de <i>Pseudomonas spp</i> .....	29
4.4	ANALISIS ESTADISTICO .....	29
V.	RESULTADOS.....	31
VI.	DISCUSIÓN.....	59
VII.	CONCLUSIONES.....	63
VIII.	RECOMENDACIONES.....	64
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	65
X.	ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE CUADROS

N° DE CUADROS		N° DE PÁGINA
CUADRO N° 1 :	Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.	26
CUADRO N° 2 :	Resultados obtenidos en los tres muestreos realizados en la Playa El Tunco.	31
CUADRO N° 3 :	Cantidad de veces aislada <i>Pseudomona aeruginosa</i> en los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y diciembre en la Playa El Tunco.	36
CUADRO N° 4 :	Cantidad de veces aislada <i>Vibrio alginolyticus</i> y <i>Vibrio parahaemolyticus</i> en los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y diciembre en la Playa El Tunco.	37
CUADRO N° 5 :	Resultados obtenidos en los tres muestreos realizados en la Playa El Sunzal.	38
CUADRO N° 6 :	Cantidad de veces aislada <i>Pseudomona aeruginosa</i> en los 3 muestreos realizados en los meses de octubre y noviembre en la Playa El Sunzal.	43
CUADRO N° 7 :	Cantidad de veces aislada <i>Vibrio alginolyticus</i> y <i>Vibrio parahaemolyticus</i> en los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y diciembre en la Playa El Sunzal.	44
CUADRO N° 8 :	Análisis multivariante. Correlaciones de la playa El Tunco y El Sunzal.	48
CUADRO N° 9 :	Cantidad de observaciones en los tres muestreos de <i>Pseudomona aeruginosa</i> para las playas El Tunco y El Sunzal.	56
CUADRO N° 10 :	Cantidad de observaciones en los tres muestreos de <i>Vibrio alginolyticus</i> para las playas El Tunco y El Sunzal.	57
CUADRO N° 11 :	Cantidad de observaciones en los tres muestreos de <i>Vibrio parahaemolyticus</i> para las playas El Tunco y El Sunzal.	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

N° DE GRÁFICOS		N° DE PÁGINA
GRÁFICO N° 1 :	Recuento de Coliformes Totales de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.	32
GRÁFICO N° 2 :	Recuento de Coliformes Fecales de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.	33
GRÁFICO N° 3 :	Recuento de <i>Escherichia coli</i> de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.	34
GRÁFICO N° 4 :	Recuento de Bacterias Heterótrofas de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.	35
GRÁFICO N° 5 :	Recuento de Coliformes Totales de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.	39
GRÁFICO N° 6 :	Recuento de Coliformes Fecales de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.	40
GRÁFICO N° 7 :	Recuento de <i>Escherichia coli</i> de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.	41
GRÁFICO N° 8 :	Recuento de bacterias Heterótrofas de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.	42
GRÁFICO N° 9 :	Comparación de la Temperatura promedio para las playas El Tunco y El Sunzal.	45
GRÁFICO N° 10 :	Comparación de la Salinidad promedio para las playas, El Tunco y El Sunzal.	46
GRÁFICO N° 11 :	Comparación del pH promedio para las playas, El Tunco y El Sunzal.	47
GRÁFICO N° 12 :	Componentes en espacio rotado de la playa El Tunco.	50

<b>GRÁFICO N° 13 :</b>	<b>Componentes en espacio rotado de la playa El Sunzal.</b>	<b>51</b>
<b>GRÁFICO N° 14 :</b>	<b>Comparación del Recuento de Coliformes Totales para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.</b>	<b>52</b>
<b>GRAFICO N° 15 :</b>	<b>Comparación del Recuento de Coliformes Fecales para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.</b>	<b>53</b>
<b>GRÁFICO N° 16 :</b>	<b>Comparación del Recuento de <i>Escherichia coli</i> para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.</b>	<b>54</b>
<b>GRÁFICO N° 17:</b>	<b>Comparación del Recuento de Heterótrofas para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

**N° DE FIGURA**

**N° DE  
PÁGINA**

**FIGURA N° 1 :** Mapa ubicando las estaciones de muestreo en las dos playas estudiadas, El Tunco (puntos rojos), El Sunzal (puntos verdes) **25**

## ÍNDICE DE ANEXOS

N° DE ANEXO		N° DE PÁGINA
ANEXO N° 1 :	Ubicación de las estaciones de muestreo en la playa El Tunco y El Sunzal.	71
ANEXO N° 2 :	Fotografías de algunos resultados de bacterias aisladas, tomadas en el laboratorio.	72
ANEXO N° 3 :	Tabla del número más probable para tres series de cinco tubos de 0,1, 0,01 y 0,001 g, inóculos, y un 95 por ciento de intervalos de confianza (NMP/100ml)	77
ANEXO N° 4 :	Identificación de coliformes totales, fecales y Escherichia coli.	78
ANEXO N° 5 :	Identificación de Pseudomona spp	79
ANEXO N° 6 :	Recuento de bacterias heterótrofas e identificación de Vibrio spp.	80
ANEXO N° 7:	Norma Mexicana para aguas de uso recreativo.	80

## RESUMEN

Se utilizó al grupo de bacterias coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, el recuento de bacterias heterótrofas, la presencia – ausencia de los géneros *Pseudomonas* y *Vibrios* para determinar la calidad microbiológica del agua de las playas El Tunco y El Sunzal ubicadas en el departamento de La Libertad. Se realizaron 3 muestreos en cada una de las playas durante los meses de septiembre a diciembre del 2011, abarcando el final de la época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca. En total se obtuvieron 54 muestras de agua, 27 por playa. Se estableció una red de estaciones ubicadas en cada sitio de muestreo, 3 por playa y cada estación se muestreo 3 puntos mar adentro a distancias de 10, 20 y 30 metros desde la orilla de la costa. El mayor registro de valores que se obtuvo del recuento de coliformes totales en ambas playas fue de 160,900 NMP/100ml y un menor valor de este grupo de 200 NMP/100ml. Para el grupo de coliformes fecales se registró un valor máximo de 34,000 NMP/100ml. La bacteria *Escherichia coli* se registró un recuento máximo de 33,000 NMP/100ml y para el recuento de las heterótrofas se registró un valor máximo sobresaliente en las dos playas de 13,000 UFC/100ml, resaltando que la mayoría de los promedios elevados se registraron en la playa El Tunco, además; se registraron en la playa el Tunco las siguientes bacterias: ***Pseudomona aeruginosa***, en 10 muestras, ***Vibrio alginolyticus*** en 26 muestras y ***Vibrio parahaemolyticus*** en 14 muestras. En el Sunzal: ***Pseudomona aeruginosa*** en 20 muestras, ***Vibrio alginolyticus*** en 27 muestras y ***Vibrio parahaemolyticus*** en 12 muestras. Concluyendo que las playas El Tunco y El Sunzal, no entran dentro de los límites máximos permisibles por la norma mexicana para aguas de uso recreacional, ambas por los resultados obtenidos en el final de época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca.

## ABSTRACT

We determined the water quality of two beaches: "El Tunco" and "El Sunzal" (La Libertad department, El Salvador) by evaluating microbiological parameters: Total coliforms, Fecal coliforms, *Escherichia coli*, recounting heterotroph bacteria, and the presence of *Pseudomonas* and *Vibrios*. Three samplings were realized in each beach from September to December 2011, at the end of the raining season, during the transition between seasons and during dry season 54 samples were obtained, 27 each beach. We established a network of stations, placed in each sampling site, 3 per beach. Samples were obtained from 3 points 10, 20 and 30 meters offshore. The highest value obtained for total coliforms in both beaches was a MPN of 160.900/100ml. The lowest MPN was 200/100ml. The highest MPN for fecal coliforms was 34.000/100ml. The highest MPN for *Escherichia coli* was 33.000/100ml. The highest heterotroph recount was 13.000CFU/100ml. Interestingly, the highest averages were registered in "El Tunco" beach. Furthermore, in the same beach we found the following bacteria: *Pseudomona aeruginosa* (10 samples), *Vibrio alginolyticus* (26 samples), *Vibrio parahaemolyticus* (14 samples). In "El Sunzal": *Pseudomonas aeruginosa* (20 Samples), *Vibrio alginolyticus* (27 Samples), *Vibrio Parahaemolyticus* (12 Samples). We concluded that "El Tunco" and "El Sunzal" beaches do not meet the standards set by mexican law for recreational use water, considering the results obtained during dry season, between seasons, and during rainy season.

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación es el proceso mediante el cual se alteran las condiciones naturales de un medio ambiente determinado (Espinosa, 1996). En tanto la contaminación marina se define como la introducción de sustancias ajenas al medio ambiente marino provocando la alteración de la calidad del agua de mar, dañando las actividades productivas como la pesca y acuicultura, reduciendo el valor recreativo del medio debido al aumento de riesgos a la salud humana (SARH, 1985, citado por González, 2003).

Según Vergaray *et al.*, (2007) existen tres fuentes principales de contaminación fecal humana del agua de mar de uso recreacional: desagües domésticos, descargas de ríos y otros cursos de agua, y directamente del bañista. Las descargas de aguas residuales de origen industrial y doméstico con alto contenido de desechos orgánicos causan problemas serios de salud y modifican el ecosistema marino en los lugares adyacentes a las descargas (Foyne, 1971).

En el 2002 la Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatizó en las enfermedades a las que se enfrentan los bañistas en aguas recreativas contaminadas por microorganismos, resaltando las gastrointestinales y epidérmicas (OMS, 2002a). Entre las enfermedades que producen algunas bacterias como las del grupo coliformes está la Gastroenteritis (Jawest, 1996). *Vibrio cholerae* es patógeno para humanos, constituyendo la causa específica de la enfermedad conocida como el cólera. (Madigan *et al.*, 2004). Ciertas especies del género *Pseudomonas* son patógenas, entre las *Pseudomonas* fluorescentes la especie ***Pseudomonas aeruginosa*** está frecuentemente asociada a infecciones de los tractos respiratorio y urinario en humanos (Madigan *et al.*, 2004).

Las playas de La Libertad tienen excelentes atractivos turísticos, pero en ciertas épocas del año el riesgo sanitario puede aumentar, particularmente al inicio de la estación lluviosa, que es un momento determinante, porque pueden encontrarse altas concentraciones de bacterias, incluso mayores que ya entrada la temporada lluviosa

(Becerra y Botello, 1995; Barrera y Namihira, 2004; Delgado, *et al.*, 2008; Figueroa, 2007).

El presente estudio permitió conocer la calidad microbiológica del agua de la zona costera de las playas El Tunco y El Sunzal a través de una red de estaciones ubicadas a lo largo de la costa, comprendiendo estas 6 estaciones, 18 puntos de muestreo y 64 muestras tomadas durante el final de la época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca en los meses de septiembre a diciembre con el fin de obtener registros de contaminación de aguas costeras para el país y el impacto que las aguas residuales producen en el ambiente costero y la pérdida de la calidad del agua para actividades tales como la maricultura y la recreación, según Fiksdal *et al.*, (1994) estas aguas son portadoras de una amplia gama de organismos patógenos tales como bacterias coliformes, ***Streptococcus***, ***Pseudomonas***, ***Vibrio***, así como virus y protozoarios.

Los resultados obtenidos varían de acuerdo a la distancia de la orilla de la playa en la toma de la muestra a 10, 20 y 30 metros mar adentro y dependiendo de la época muestreada, tal es el caso que los valores más altos registrados para las dos playas fueron ubicadas en el primer muestreo donde estaba finalizando la estación lluviosa y una disminución considerable en el último muestreo al inicio de la época seca.

Se resalta además que los resultados encontrados en esta investigación al compararlos con la Norma Mexicana, con respecto a los criterios bacteriológicos para aguas de uso recreacional, ninguna de estas dos playas estudiadas entra en los rangos propuestos por la norma debido a la cantidad distante entre los resultados obtenidos y el margen de comparación con la que son clasificadas las playas en relación a la calidad microbiológica.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad microbiológica del agua de 2 playas: El Tunco y El Sunzal, ubicadas en el departamento de La Libertad, El Salvador.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar cualitativa y cuantitativamente la presencia de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y bacterias Heterótrofas.
- Identificar la presencia de *Vibrio spp*, y *Pseudomonas spp*, en el área de estudio.
- Conocer la influencia de parámetros físicos y químicos en la presencia de los microorganismos estudiados.

### **III. FUNDAMENTO TEORICO**

#### **3.1 GENERALIDADES DE LOS OCEANOS.**

Los Océanos del mundo cubren aproximadamente 361 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa el 70.8% de la superficie terrestre, y tienen una profundidad media de 3,790 m, aunque el 20% de la superficie oceánica tiene una profundidad superior a 5,000 m. Presentan una desigualdad distribución en el planeta, pues en el hemisferio norte forman el 60.7% de la superficie, mientras que en el hemisferio sur ocupan mayor superficie, ya que esta es del orden del 80.9% del total (Seoáñez, 2000).

#### **3.2 CONTAMINACION DEL MAR**

La contaminación en el mar ha sido definida por las Naciones Unidas como: “la introducción por el hombre, de forma directa o indirecta, de sustancias o energía en el medio marino, con efectos que pueden dañar a los seres vivos, constituyen un peligro para la salud humana, crean impedimentos para las actividades que se desarrollan en los mares (entre ellos la pesca), van en detrimento de la calidad del agua de los mares, y de la utilización de esa agua, y reducen las posibilidades de esparcimiento” (Soffmann, 1987).

##### **3.2.1 Contaminación bacteriana del medio marino**

Las bacterias que se encuentran en el mar constituyen el primer eslabón de las cadenas alimentarias (cadenas tróficas). Su presencia suele ser mas frecuente en las aguas costeras y en menor proporción en alta mar. Esta contaminación es mayor en las aguas costeras debido al aporte de aguas contaminadas en la zona del litoral procedentes de emisores submarinos, lugares donde desembocan el alcantarillado de las ciudades y los colectores de las industrias. Además hay que tener en cuenta las aportaciones de la escorrentía y de los ríos (Seoáñez, 2000).

El crecimiento poblacional produce un considerable aumento de desechos domésticos bacteriológicamente muy contaminados y que, por sistema, acaban en el mar. Las bacterias constituyen la base de numerosos procesos bioquímicos que intervienen en la

mayoría de los metabolismos del medio marino. La presencia de materia orgánica favorece la proliferación de elementos bacterianos (Seoáñez, 2000).

### **3.3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA**

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, da una indicación. Dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal (WHO, 2003).

### **3.4 Factores microbiológicos que afectan la calidad del agua.**

#### **3.4.1 Grupo Coliforme**

Son enterobacterias Gram-negativas en forma de bastoncillos, no esporulados, aerobios y anaerobios facultativos que fermentan la lactosa a una temperatura de 35-37°C produciendo ácido, gas y aldehído en un periodo de 24-48 horas. Son oxidasa negativa y no forman esporas. Capaces de crecer en presencia de sales biliares u otros compuestos tensoactivos (CEPIS, 2000).

La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicador de que el agua puede estar contaminada de materia fecal u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Romero, 1999).

### 3.4.2 Coliformes Fecales

Este grupo se refiere a aquellos coliformes que tienen capacidad para fermentar la lactosa con producción de gas a temperaturas de 44 – 45°C, los coliformes fecales se identifican con el resto de los coliformes en lo que se refiere a su resistencia al medio ambiente, agentes químicos y factores que favorecen o impiden su desarrollo (Fernández, 2008).

El principio que sustenta la idea de utilizar a este grupo como indicador más confiable que los coliformes totales, se apoya en la observación de que un porcentaje mayor de coliformes aislados de materia fecal humana y de animales de sangre caliente fermenta la lactosa a estas temperaturas, con respecto a los coliformes provenientes de fuentes no fecales (Geldreich, 1970).

La determinación de coliformes fecales en agua, es un análisis de contaminación fecal más reciente que la determinación de coliformes totales; por eso los coliformes fecales son el microorganismo patrón utilizado por muchos laboratorios. Se consideran coliformes fecales a: ***Escherichia***, ***Klebsiella***, ***Citrobacter*** (Gallardo, 2009). Estos microorganismos están asociados a enfermedades gastrointestinales (Jawetz, 1996).

### 3.4.3 *Escherichia coli*

Se trata de bacterias generalmente móviles, anaerobias facultativas, fermentativas por lo común aerogénicas. La lactosa es fermentada, típicamente con producción de gas, aunque algunas cepas se muestran negativas o lentas. La ***E. coli*** es la típica bacteria de hábitat intestinal en el hombre y animales de sangre caliente (Fernández, 2008).

***Escherichia coli*** se encuentra muy difundida en la naturaleza y aunque la mayoría de las cepas tienen probablemente su origen en las heces, su presencia, particularmente en pequeño número, no significa necesariamente que los alimentos contengan materia fecal, pero sí sugiere un bajo nivel de higiene. Algunos serotipos son patógenos para el hombre y los animales, causando gastroenteritis en niños lactantes, infecciones en vías urinarias, diarrea de los viajeros lesiones supuradas, diarrea blanca de los terneros (CEPIS, 2000).

#### 3.4.4 Bacterias Heterótrofas

Las bacterias heterotróficas (heterótrofas) se definen como aquellas bacterias que usan compuestos del carbono orgánico como fuente de energía y el carbono para su crecimiento, en contraposición con las bacterias autotróficas que utilizan los compuestos inorgánicos como fuente de energía y el CO<sub>2</sub>, como fuente de carbono. Esta definición de bacteria heterótrofa es amplia e incluye tanto a las bacterias saprofíticas como a las patógenas. Por lo tanto, las bacterias que causan como las que no causan enfermedades son heterótrofas (CEPIS, 2000).

#### 3.4.5 Vibrio

El grupo de Vibrio contiene organismos bacilares incurvados, Gram negativos, anaeróbicos facultativos y que poseen un metabolismo fermentativo. La mayoría de los miembros del grupo de Vibrio poseen flagelos polares, aunque algunos son peritricos. Los géneros mejor estudiados dentro de este grupo son Vibrio y *Photobacterium*. La mayoría de los vibrios y organismos relacionados son del medio acuático, bien de aguas dulces o marinas, aunque uno de los más representativos, *Vibrio cholerae* es patógeno para humanos, constituyendo la causa específica de la enfermedad conocida como el cólera. (Madigan *et al.*, 2004).

#### 3.4.6 *Vibrio parahaemolyticus*

Pertenece a la familia *Vibrionaceae*. Esta especie está integrada por formas bacilares con tendencia al pleomorfismo, sin esporas ni cápsulas. Son formas móviles, por un flagelo polar único. Gramnegativas, anaerobias facultativas. Su crecimiento es más activo entre valores de pH 7.5 a 8.5. Crecen entre 15-43 °C, con temperatura óptima a 37°C. es un germen halofílico marino ampliamente distribuido en el agua de las costas, sedimento y plancton, que produce una gastroenteritis aguda al ingerir pescados o mariscos crudos, insuficientemente cocidos o contaminados después de su preparación culinaria. Es únicamente patógeno para el hombre. No se encuentra en heces de individuos sanos, pero es abundante en las heces de enfermos afectados por esta gastroenteritis. Esta especie bacteriana se encuentra en peces, crustáceos y moluscos de costas y estuarios (Feng *et al.*, 2002).

### 3.4.7 *Vibrio alginolyticus*.

Es un bacilo corto curvo o recto, gram negativo, quimiorganotrofico, móvil por flagelos peritricos y polares. Pertenece a la familia **Vibrionaceae** y al género *Vibrio*, de este grupo, ***Vibrio alginolyticus*** es el más halófilico de todos ya que es capaz de crecer en concentraciones de 3, 6, 8 y hasta 10% de NaCl. Se aísla con frecuencia de aguas costeras templadas y tropicales, especialmente cuando la temperatura del agua es superior a los 17°C. El reservorio de este microorganismo lo constituyen las aguas (principalmente las saladas) y los alimentos de origen marino o contaminados con agua de mar (Dufour y Ballentine 1986).

### 3.4.8 *Pseudomonas*

Bacilo recto o ligeramente incurvado, de 0.5 – 1.0 de ancho por 1.5 – 5.0 µm de largo; móvil mediante uno o más flagelos polares, aerobio estricto, no se desarrolla a pH de 4.5 o menor, catalasa positivo. Muchas especies producen pigmentos solubles, como la pioverdina (fluorescente) y piocianina. Algunas especies son patógenas de plantas; también para el hombre en diversos procesos piógenos e infecciones generalizadas. Es un microorganismo común que se han aislado cepas tanto de agua dulce como de aguas marinas (Fernández, 2008).

Ciertas especies del género ***Pseudomonas*** son patógenas, entre las pseudomonas fluorescentes la especie ***Pseudomona aeruginosa*** está frecuentemente asociada a infecciones de los tractos respiratorio y urinario en humanos (Madigan *et al.*, 2004).

## 3.5 Factores que regulan el crecimiento bacteriano.

### 3.5.1 Temperatura

Los microorganismos se clasifican según su tolerancia en **psicrófilos**, cuando sus temperaturas de crecimiento son bajas (<0 - <20 °C), **mesófilos**, moderadas (24 - < 40 °C), **termófilos**, altas (40 - < 80 °C), **e hipertermófilos** muy altas (80 – 110 °C) respectivamente. Se han descrito algunos hipertermófilos con una temperatura óptima de crecimiento a 105 °C y que no pueden crecer por debajo de los 85°C (Atlas y Batha, 2002).

### **3.5.2 Salinidad**

Los microorganismos que toleran o que necesitan altas concentraciones salinas se llaman **halotolerantes** y **halófilos**, respectivamente (Gilmour, 1990). A concentraciones elevadas de sal el ambiente hipertónico deshidrata a los microorganismos no halotolerantes (Atlas y Batha, 2002). Relativamente pocos microorganismos pueden crecer en aguas muy saladas y la biota de los lagos salados suele restringirse a unas especies de algas y bacterias halófilas y halotolerantes (Kushner, 1980).

### **3.5.3 Concentración del ion hidrógeno**

Generalmente, los microorganismos no pueden tolerar valores extremos de pH. En condiciones muy alcalinas o ácidas, se hidrolizan algunos componentes microbianos o se desnaturalizan algunas enzimas. Sin embargo, hay algunas bacterias acidófilas y alcalófilas que toleran, o incluso necesitan, condiciones extremas de pH para su crecimiento (Atlas y Batha, 2002).

## IV. METODOLOGÍA

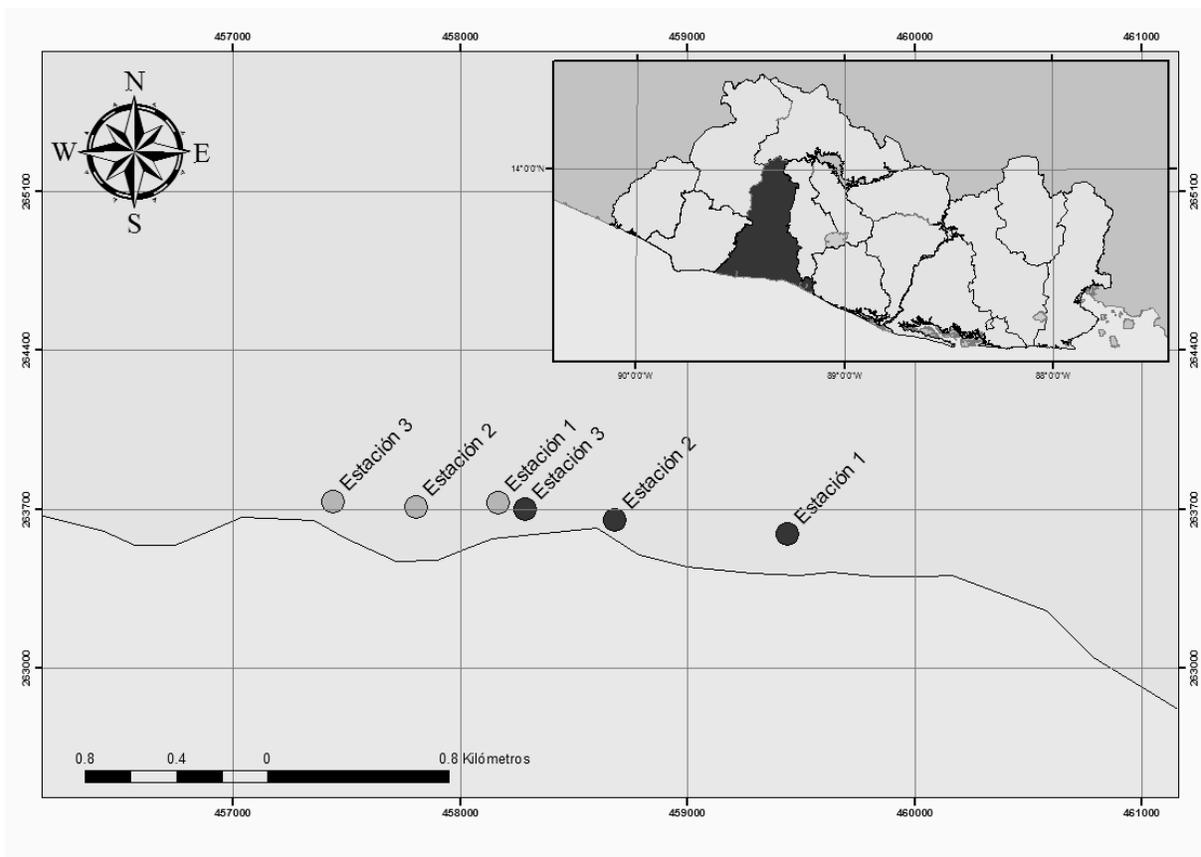
### 4.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.

Según lo antes planteado en la problemática de la investigación y en congruencia con la justificación del trabajo, en el Departamento de La Libertad se delimitó la zona costera a dos playas: El Tunco y El Sunzal donde se llevó a cabo la fase de campo.

El Departamento de La Libertad posee una extensión de 1,652.88 Km. cuadrados. Limita al norte con Chalatenango; al este con San Salvador; al sur con el océano Pacífico; y al oeste con Santa Ana y Sonsonate. (CORSATUR, 2008). La playa El Tunco está ubicada en el municipio de Tamanique, presentando las coordenadas LN 13° 29' 31.51" LO 89° 22' 54.69". La playa El Sunzal ubicada también en el municipio de Tamanique y en las coordenadas LN 13° 29' 31.06" LO 89° 23' 26.81" ambas a 40 Km. al sur de San Salvador y a 10 Km. del Puerto de La Libertad (IGN, 1986).

El trabajo de investigación se realizó en dos fases, una de campo y otra de laboratorio respectivamente, las cuales se realizaron para el cumplimiento de los objetivos planteados. Empleando diferentes metodologías en cada fase.

## Mapa de las dos playas muestreadas, El Tunco y El Sunzal.



**Figura 1. Mapa ubicando las estaciones de muestreo en las dos playas estudiadas, El Tunco (puntos negros), El Sunzal (puntos grises)**

### 4.2 FASE DE CAMPO.

El estudio se realizó durante cuatro meses de muestreo desde septiembre hasta diciembre del 2011, abarcando el final de la época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca.

Se estableció una red de estaciones que estuvieron a lo largo de cada una de las playas (García *et al.*, 2006), tres estaciones por playa, haciendo un total de 6 estaciones de muestreo (ver anexo 1).

Por cada estación se muestrearon tres puntos hacia mar adentro, tomando un intervalo de 10 metros por cada punto partiendo desde la orilla de la playa, totalizando 9 puntos

de muestreo, por cada una de las playas (ver anexo 1). Se tomaron 9 muestras en 3 ocasiones haciendo un total de 54 muestras.

Para cada estación de muestreo previamente se tomaron las coordenadas geográficas para su fácil ubicación.

<b>Playa El Tunco</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>
Estación 1	13° 29´ 30.40´´ N	89° 22´ 28.61´´ O
Estación 2	13° 29´ 32.45´´ N	89° 22´ 53.87´´ O
Estación 3	13° 29´ 33.93´´ N	89° 23´ 07.09´´ O
<b>Playa El Sunzal</b>		
Estación 1	13° 29´ 34.92´´ N	89° 23´ 11.05´´ O
Estación 2	13° 29´ 34.30´´ N	89° 23´ 23.04´´ O
Estación 3	13° 29´ 35.08´´ N	89° 23´ 35.19´´ O

**Cuadro N° 1 Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.**

#### **4.2.1 Recolecta de las muestras de agua.**

Para la colecta de las muestras se utilizaron recipientes de plástico de 500 ml cada uno, previamente esterilizados y protegidos con una tapa de rosca. Estas muestras sirvieron para el análisis microbiológico.

Para las tres franjas de 10, 20 y 30 metros mar adentro, fue necesario introducirse a la playa y luego en dirección contraria a las olas se introdujo el frasco y se abrió a una profundidad de 30 cm aproximadamente. Luego fueron etiquetadas y colocadas en la hielera a 4°C para su preservación. Luego se trasladaron a los laboratorios de CENSALUD de la Universidad de El Salvador, para su posterior análisis bacteriológico.

#### **4.2.2 Toma de parámetros físicos y químicos**

En cada uno de los puntos de recolección de las muestras se tomaron los parámetros físicos y químicos insitu de: Temperatura, Salinidad y pH, utilizando para su medición; un Multiparametros marca YSI - 63.

#### **4.3 FASE DE LABORATORIO**

De las muestras recolectadas en cada uno de los puntos de muestreo se realizaron los siguientes análisis microbiológicos. Recuento de: Coliformes totales, Coliformes fecales, Recuento de bacterias Heterótrofas e identificación de: *Escherichia coli*, *Vibrio spp*, *Pseudomonas spp*.

##### **4.3.1 Prueba de Coliformes Totales**

Consistió en inocular 10 ml de la muestra a cada uno de cinco tubos que contenían 10 ml de medio de cultivo LMX de doble concentración. 1 ml de la muestra a una serie de cinco tubos con 10 ml de LMX de concentración simple. 0.1 ml de la muestra a cinco tubos que contenían 10 ml de LMX de concentración simple. Todos estos tubos se incubaron a 37 °C durante 24 – 48 horas para determinar la presencia de colonias mediante la producción de la coloración verdosa en cada uno de los tubos inoculados. (ver Anexo 5)

##### **4.3.2 Prueba Coliformes Fecales**

A cada uno de los tubos que dio positivo en la cuantificación de coliformes totales se resembró con una asa bacteriológica en caldo EC y luego se incubaron a una temperatura de 44.5 °C en baño de maría con circulación durante 24–48 horas. Se observaron los tubos si presentaban producción de gas en la campana de Durham y se anotaron los resultados. (ver Anexo 5)

### 4.3.3 Prueba para *Escherichia coli*

A todos los tubos que dieron coloración verdosa en la prueba de coliformes totales se observaron con una lámpara de luz ultravioleta si presentaban fluorescencia y para confirmar se le adiciono cinco gotas del reactivo de Kovac la formación del anillo indólico, color púrpura en la interface confirmó la presencia de la *E. coli*. (ver Anexo 5)

Mediante tablas estadísticas se llevó acabo él cálculo del Número Más Probable (NMP) de organismos coliformes totales, fecales y *E. coli* que pudieron estar presente en 100 ml de muestra, a partir del número de tubos que dieron positivos de acuerdo a la combinación de los tubos y a las tablas oficiales NMP (APHA, 1996). (ver Anexo 4)

### 4.3.4 Recuento de bacterias Heterótrofas

De la muestra de agua se extrajo 10 ml y se mezcló en 90 ml de agua buferada para obtener la primera dilución de  $10^{-1}$ , luego de esa dilución se hicieron 2 diluciones más, siempre extrayendo 10 ml y mezclándola en 90 ml de agua buferada, así se obtuvieron las otras 2 diluciones de  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ . De cada una de las 3 diluciones se extrajo 1 ml y se adicionó en cajas de petri estériles, después se agregó 20 ml de agar Plate Count fundido a T° de 45 °C, se mezcló por la técnica del 8 y se dejó solidificar. Todo esto se hizo por duplicado. Después se incubó a  $35 \pm 2$  °C durante 24 horas, posteriormente se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias utilizando un cuenta colonias digital y se reportó los resultados como UFC/ml. (ver Anexo 6)

### 4.3.5 Identificación de *Vibrio spp.*

De cada una de las muestras se disolvió 10 ml de la muestra en 90 ml de agua peptonada con agua de mar y se incubó a 37 °C por 24 – 48 horas, luego se sembró en Agar TCBS con un asa bacteriológica y se incubó a 37 °C por 24 – 48 horas. Posteriormente se seleccionaron dos colonias de acuerdo al color (amarillas y verdes) y se resembraron en agar nutritivo, luego se encubaron a 37 °C por 24 horas. Después se seleccionó una colonia de cada caja petri y se hicieron las pruebas bioquímicas de: TSI,

RM, VP, indol, citrato, y movilidad. Además se utilizaron otras pruebas no bioquímicas como el crecimiento en diferentes concentraciones de NaCl y la expansión de la colonia. (ver Anexo 6)

#### **4.3.6 Identificación de *Pseudomonas spp.***

Se adicionó 10 ml de muestra en 90 ml de caldo lactosado y se incubó a 37 °C por 24 – 48 horas. Luego se tomó una asada y se sembró en Agar Cetrimide, se incubó a 37 °C por 24 horas. Para confirmar la presencia de la bacteria, las que se encontraron en Agar Cetrimide se le hicieron las pruebas bioquímicas de: TSI, RM, VP, indol, citrato, movilidad. (ver Anexo 7)

#### **4.4 ANALISIS ESTADISTICO**

El análisis corresponde a un análisis univariado de las variables en estudio, pero siendo que en estos fenómenos el comportamiento de estas no ocurre de manera aislada será interesante observar su comportamiento de manera conjunta por lo que se realizó un análisis multivariantes.

En este caso debido a la naturaleza de los datos todas las variables en estudio son de tipo cuantitativas lo cual sugiere el uso de una técnica que sea adecuada para este tipo de variables, por lo que se empleó la técnica de Análisis de Componentes principales (ACP), ya que es la técnica que permite visualizar de mejor manera las relaciones entre variables de esta naturaleza.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.

Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables, además con el estudio de los mismos es posible determinar aquellos factores

que tienen más peso, en este caso los que aportan de manera directa la fenómeno en estudio que consiste en determinar la calidad microbiológica del agua y será posible observar relaciones entre los parámetros físico-químicos y las variables medidas en laboratorio.

## V. RESULTADOS

### RESULTADOS DE LOS MICROORGANISMOS ENCONTRADOS EN LA PLAYA EL TUNCO.

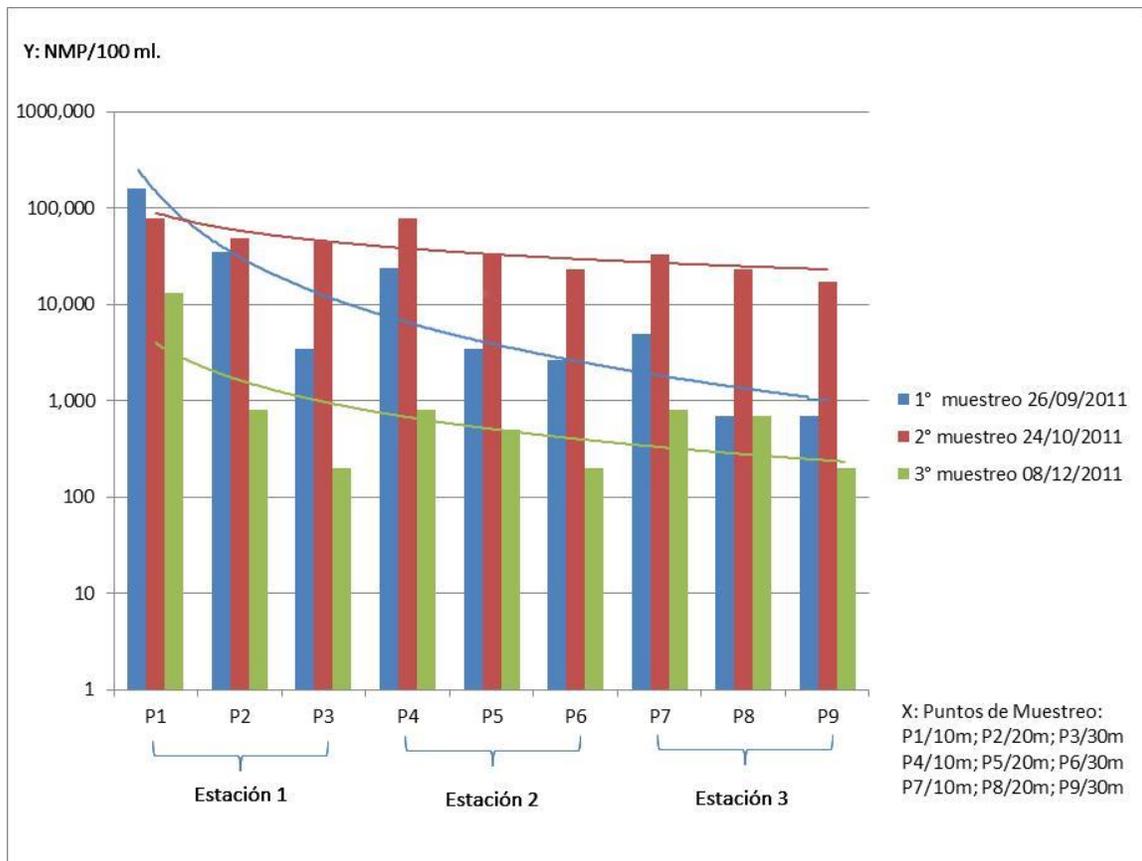
El Cuadro resumen muestra los valores registrados en cada punto de muestreo de cada estación para la playa El Tunco, en los tres muestreos realizados, donde se registró un mayor incremento en P1 del primer muestreo con un valor de 160,900 NMP/100ml para coliformes fecales, un registro de 26,000 NMP/100ml en P2 y P4 del segundo muestreo para coliformes fecales. En el recuento de *Escherichia coli* el mayor valor se encontró en P1 del segundo muestreo con 33,000 NMP/100ml. Y para el recuento de las heterótrofas el mayor valor encontrado estuvo presente en el P7 del primer muestreo registrando un valor de 13,000 UFC/100ml.

Puntos de Muestreo	COLIFORMES TOTALES NMP/100ml			COLIFORMES FECALES NMP/100ml			<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml			RECUENTO DE HETEROTROFAS UFC/100ml		
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo
	26/09/2011	24/10/2011	08/12/2011	26/09/2011	24/10/2011	08/12/2011	26/09/2011	24/10/2011	08/12/2011	26/09/2011	24/10/2011	08/12/2011
P1	160,900	79,000	13,000	2,200	34,000	900	1,700	33,000	800	2,500	4,600	80
P2	34,800	49,000	800	1,700	26,000	700	1,400	23,000	500	2,000	2,900	44
P3	3,400	45,000	200	1,100	21,000	200	800	17,000	200	1,000	1,890	40
P4	24,000	79,000	800	4,500	26,000	500	2,300	23,000	400	1,700	2,258	15
P5	3,400	33,000	500	2,300	23,000	400	2,300	22,000	200	1,000	710	15
P6	2,600	23,000	200	1,700	22,000	200	1,100	17,000	200	300	480	13
P7	4,900	33,000	800	1,700	22,000	500	1,400	22,000	400	13,000	1,036	51
P8	700	23,000	700	900	14,000	400	700	11,000	200	950	800	22
P9	700	17,000	200	400	9,000	200	400	7,000	100	100	725	16
NMX-AA-42-1987	0 – 500 NMP/100ml Agua apta para el uso recreativo			0 – 500 NMP/100ml Agua apta para el uso recreativo			0 – 500 NMP/100ml Agua apta para el uso recreativo					

Cuadro N°2 Resultados obtenidos en los tres muestreos realizados en la Playa El Tunco.

## RECuento DE COLIFORMES TOTALES DE LA PLAYA EL TUNCO.

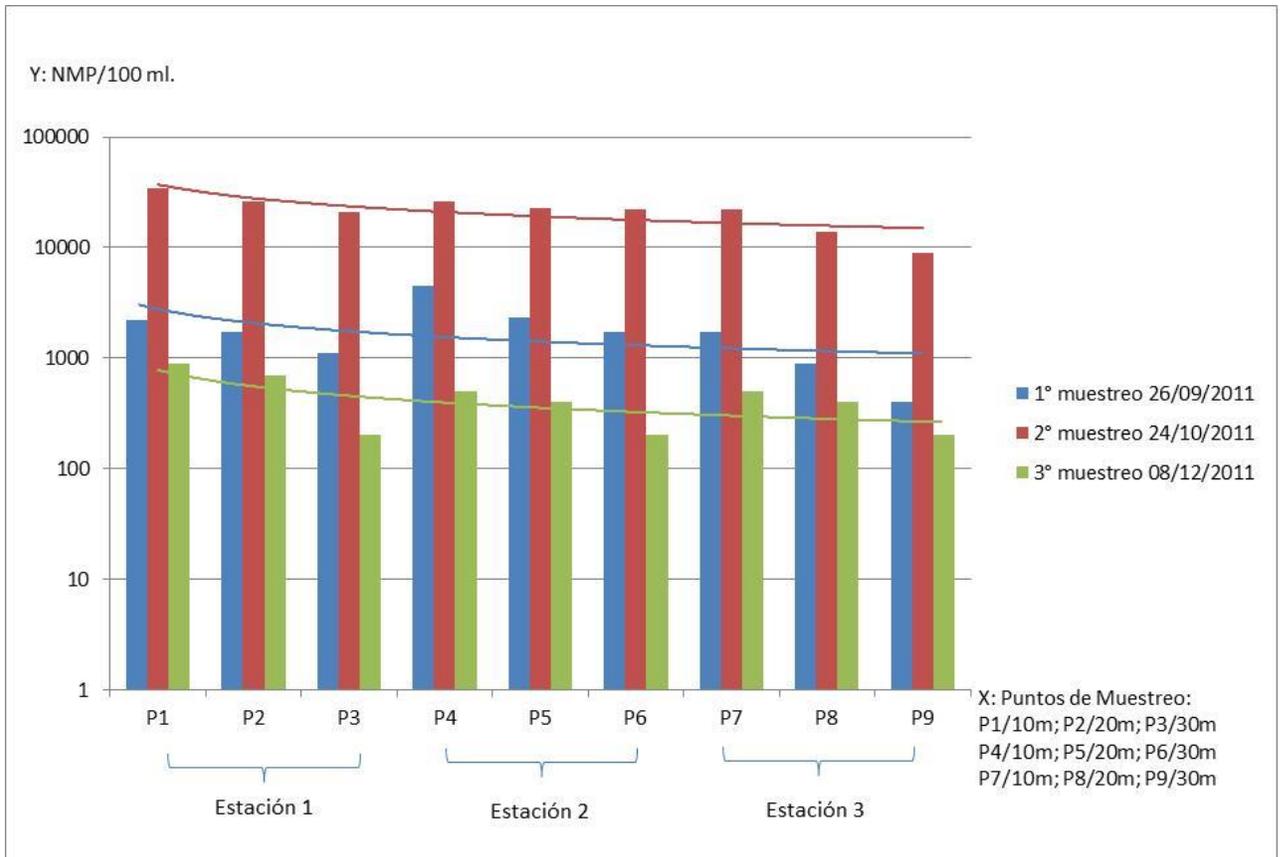
Este gráfico muestra los valores registrados del recuento de coliformes totales en la playa El Tunco en los tres muestreos. Se puede observar el mayor incremento en el primer muestreo en el P1 registrando un valor máximo de 160,900 NMP/100ml y un valor mínimo en el tercer muestreo en los puntos P3, P6 y P9 con 200 NMP/100ml.



**Gráfico N°1 Recuento de Coliformes Totales de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.**

## RECUESTO DE COLIFORMES FECALES DE LA PLAYA EL TUNCO.

En el recuento de coliformes fecales el grafico muestra una tendencia mayor en el segundo muestreo realizado donde se obtuvo un valor máximo de 34,000 NMP/100ml en el P1 y un valor mínimo de 200 NMP/100ml en los puntos P3, P6 y P9 del tercer muestreo.



**Gráfico N° 2 Recuento de Coliformes Fecales de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.**

## RECuento DE *Escherichia coli* DE LA PLAYA EL TUNCO.

Para el recuento de *Escherichia coli*, el gráfico muestra una estabilidad en todos los muestreos predominando el segundo por sobre los demás obteniendo un valor mayor de 33,000 NMP/100ml en el P1 y un recuento mínimo de 100 NMP/100ml en el P9 del tercer muestreo.

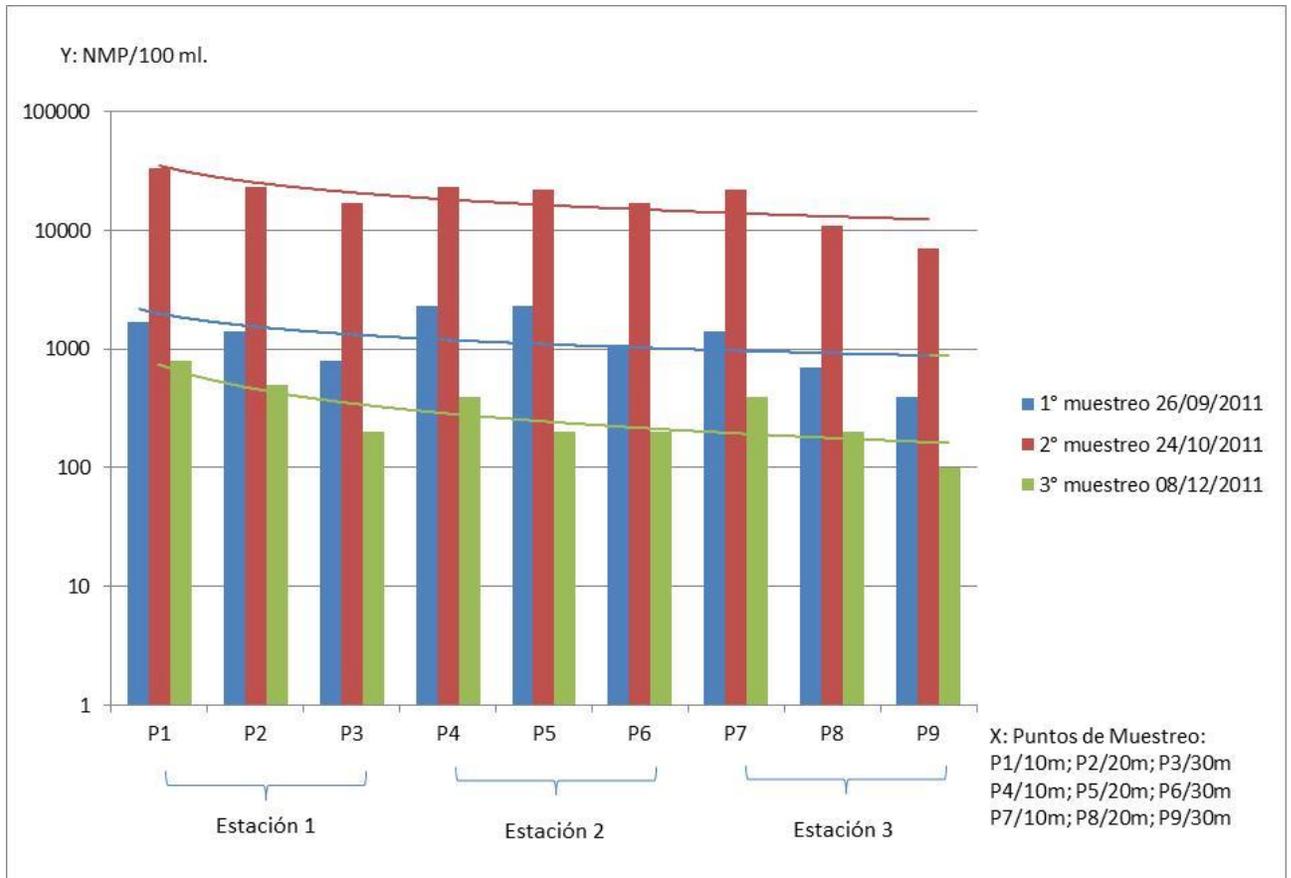


Gráfico N° 3 Recuento de *Escherichia coli* de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.

## RECuento DE BACTERIAS HETEROTROFAS DE LA PLAYA EL TUNCO.

El gráfico muestra una tendencia a la disminución de los valores encontrados en los tres muestreos, sin embargo se obtuvo un incremento significativo en el P7 del primer muestreo, registrando un valor de 13,000 UFC/100ml y un recuento mínimo de 13 UFC/100ml en el P6 del tercer muestreo.

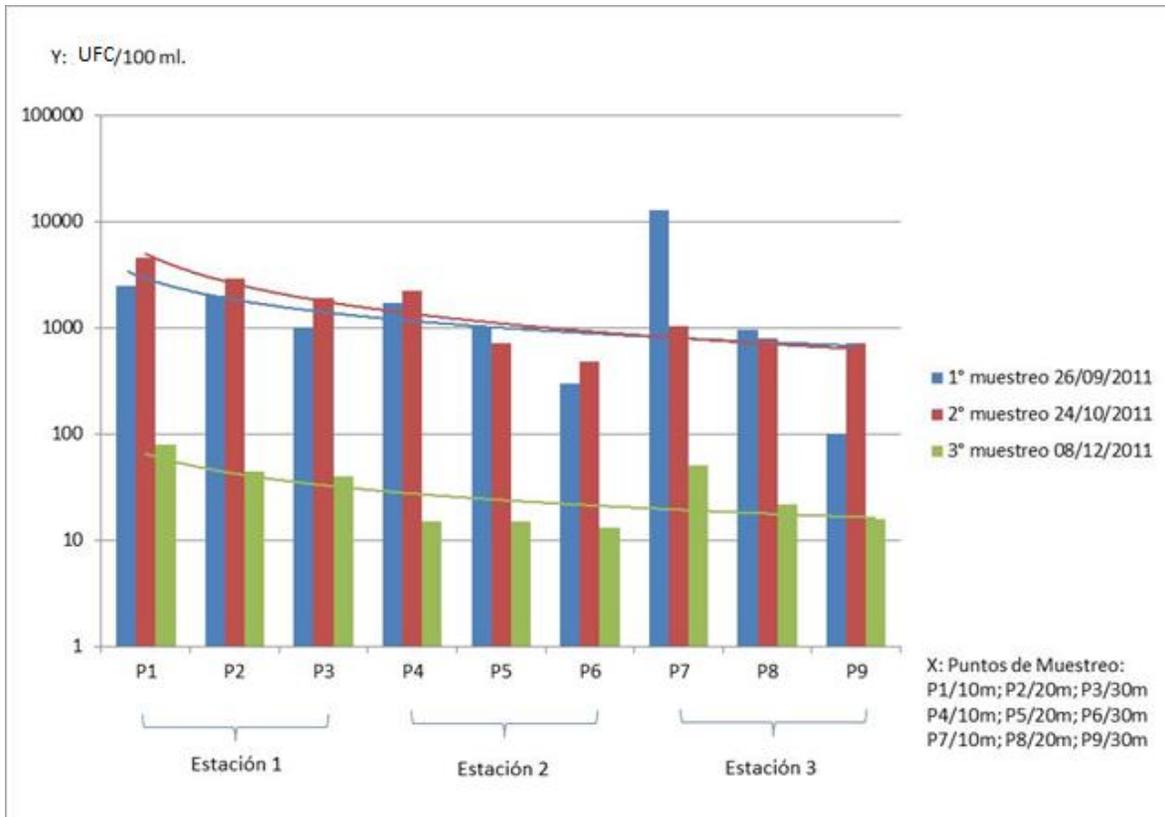


Gráfico N° 4 Recuento de Bacterias Heterótrofas de los tres muestreos realizados en la playa El Tunco en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2011.

**PRESENCIA O AUSENCIA DE *Pseudomona aeruginosa*, PARA LA PLAYA EL TUNCO.**

El presente cuadro muestra la cantidad de veces que se registraron los aislamientos de *Pseudomona aeruginosa* en la playa El Tunco, obteniendo un total de aislamientos en los puntos P2, P5 y P6 en los tres muestreos, sin embargo en el resto de los puntos y muestreos no se encontró.

Puntos de Muestreo	<i>Pseudomona aeruginosa</i>			Cantidad de observaciones en los tres muestreos
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	
P1	0	0	0	0
P2	1	1	1	3
P3	0	0	1	1
P4	0	0	0	0
P5	1	1	1	3
P6	1	1	1	3
P7	0	0	0	0
P8	0	0	0	0
P9	0	0	0	0

**Cuadro N° 3 Cantidad de veces aislada *Pseudomona aeruginosa* en los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y diciembre en la Playa El Tunco.**

**PRESENCIA O AUSENCIA DE *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio parahaemolyticus*, PARA LA PLAYA EL TUNCO.**

En el cuadro resumen para *Vibrio alginolyticus* únicamente no se registró la presencia de la bacteria en el P1 del primer muestreo. En cuanto a *Vibrio parahaemolyticus* solamente en el P7 se pudo registrar su presencia en los tres muestreos, sin embargo para el P9 se obtuvo la ausencia de la misma en los tres muestreos.

Puntos de Muestreo	<i>Vibrio alginolyticus</i>			Cantidad de observaciones en los tres muestreos	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>			Cantidad de observaciones en los tres muestreos
	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
P1	0	1	1	2	1	0	0	1
P2	1	1	1	3	0	1	1	2
P3	1	1	1	3	0	1	1	2
P4	1	1	1	3	0	1	0	1
P5	1	1	1	3	1	1	0	2
P6	1	1	1	3	0	1	0	1
P7	1	1	1	3	1	1	1	3
P8	1	1	1	3	1	1	0	2
P9	1	1	1	3	0	0	0	0

**Cuadro N° 4 Cantidad de veces aislada *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio parahaemolyticus* en los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y diciembre en la Playa El Tunco.**

## RESULTADOS DE LOS MICROORGANISMOS ENCONTRADOS EN LA PLAYA EL SUNZAL.

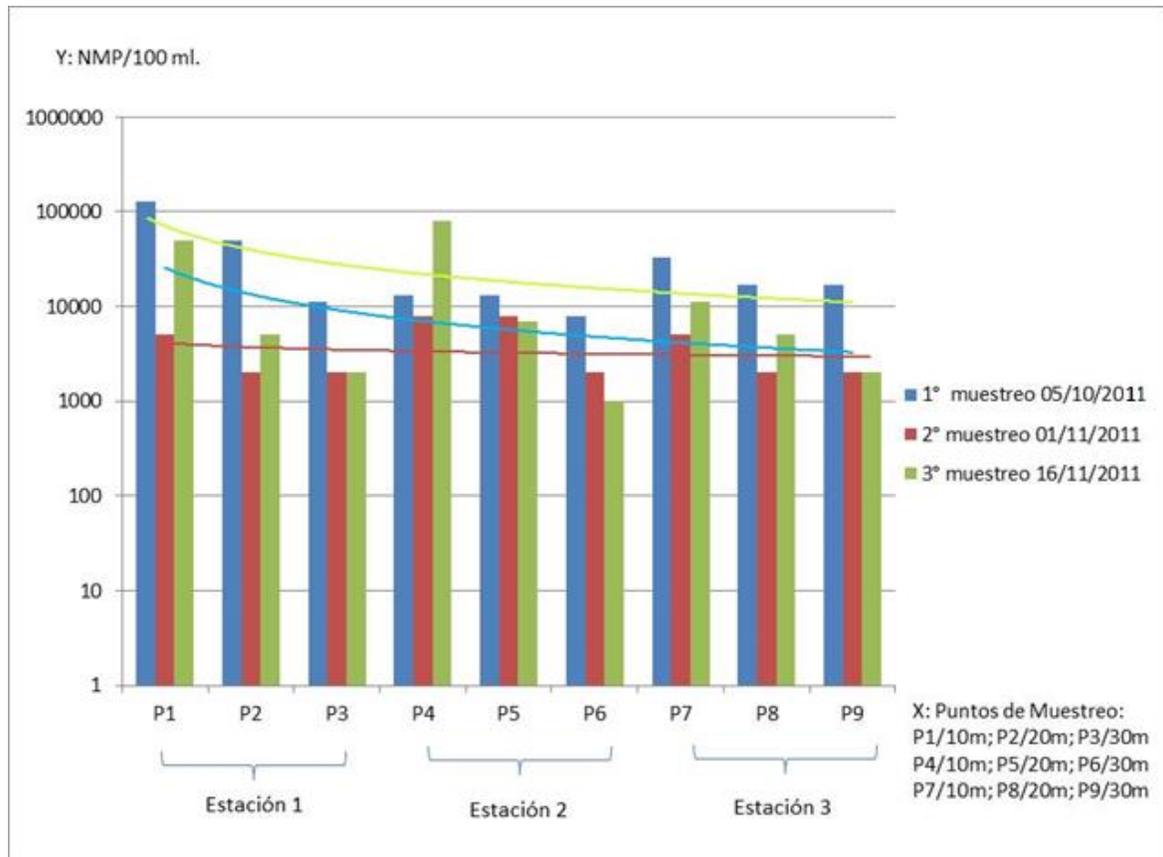
En el presente cuadro resumen se muestran los valores de los microorganismos registrados para la playa El Sunzal, obteniendo para coliformes fecales el mayor recuento de los tres muestreos en el P1 con 130,000 NMP/100ml en el primer muestreo y el menor valor se registró en el P6 del tercer muestreo con 1,000 NMP/100ml. En los datos registrados de coliformes fecales el mayor valor se encontró en el P1 del primer muestreo con 26,000 NMP/100ml y un valor mínimo de 1,000 NMP/100ml para los puntos P8 y P9 del segundo muestreo y del P9 del tercer muestreo. *Escherichia coli* obtuvo el mayor recuento también en el P1 del primer muestreo, registrando un valor máximo de 23,000 NMP/100ml. y para el recuento de las heterótrofas el mayor valor se obtuvo en el P1 del primer muestreo con 4,000 UFC/100ml y un valor mínimo de 73 UFC/100ml en el P9 del segundo muestreo.

Puntos de Muestreo	COLIFORMES TOTALES NMP/100ml			COLIFORMES FECALES NMP/100ml			<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml			RECUENTO DE HETEROTROFAS UFC/100ml		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
	muestreo 05/10/2011	muestreo 01/11/2011	muestreo 16/11/2011	muestreo 05/10/2011	muestreo 01/11/2011	muestreo 16/11/2011	muestreo 05/10/2011	muestreo 01/11/2011	muestreo 16/11/2011	muestreo 05/10/2011	muestreo 01/11/2011	muestreo 16/11/2011
P1	130,000	5,000	49,000	26,000	2,000	11,000	23,000	2,000	7000	4,000	1,300	797
P2	49,000	2,000	5,000	6,000	2,000	4,000	4,000	1,000	2,000	1,000	850	450
P3	11,000	2,000	2,000	4,000	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	100	650	130
P4	13,000	8,000	79,000	9,000	6,000	17,000	7,000	5,000	14,000	1,500	917	1,175
P5	13,000	8,000	7,000	6,000	6,000	5,000	4,000	5,000	4,000	550	700	685
P6	8,000	2,000	1,000	4,000	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	100	594	382
P7	33,000	5,000	11,000	17,000	4,000	7,000	14,000	2,000	5,000	600	1,250	540
P8	17,000	2,000	5,000	4,000	1,000	2,000	2,000	1,000	1,000	575	1,084	387
P9	17,000	2,000	5,000	4,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,000	300	73	185
NMX-AA-42-1987	0 – 500 NMP/100ml Agua apta para el uso recreativo			0 – 500 NMP/100ml Agua apta para el uso recreativo			0 – 500 NMP/100ml Agua apta para el uso recreativo					

Cuadro N°5 Resultados obtenidos en los tres muestreos realizados en la Playa El Sunzal.

## RECUESTO DE COLIFORMES TOTALES EN LA PLAYA EL SUNZAL.

El gráfico muestra una tendencia a decrecer en los valores registrados para la playa El Sunzal, además de una estabilidad en los valores, sin embargo se reportó la mayor cantidad de bacterias coliformes totales en el P1 registrando un valor de 130,000 NMP/100ml en el primer muestreo y con un valor mínimo de 1,000 NMP/100ml en el P6 del tercer muestreo.



**Gráfico N° 5 Recuento de Coliformes Totales de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.**

## RECUESTO DE COLIFORMES FECALES DE LA PLAYA EL SUNZAL.

En el presente gráfico el valor más alto encontrado en la playa El Sunzal fue de 26,000 NMP/100ml en el P1 del primer muestreo, sin embargo se registraron valores mínimos de 1,000 NMP/100ml en los puntos P6 y P9 del segundo muestreo y del P9 del tercer muestreo.

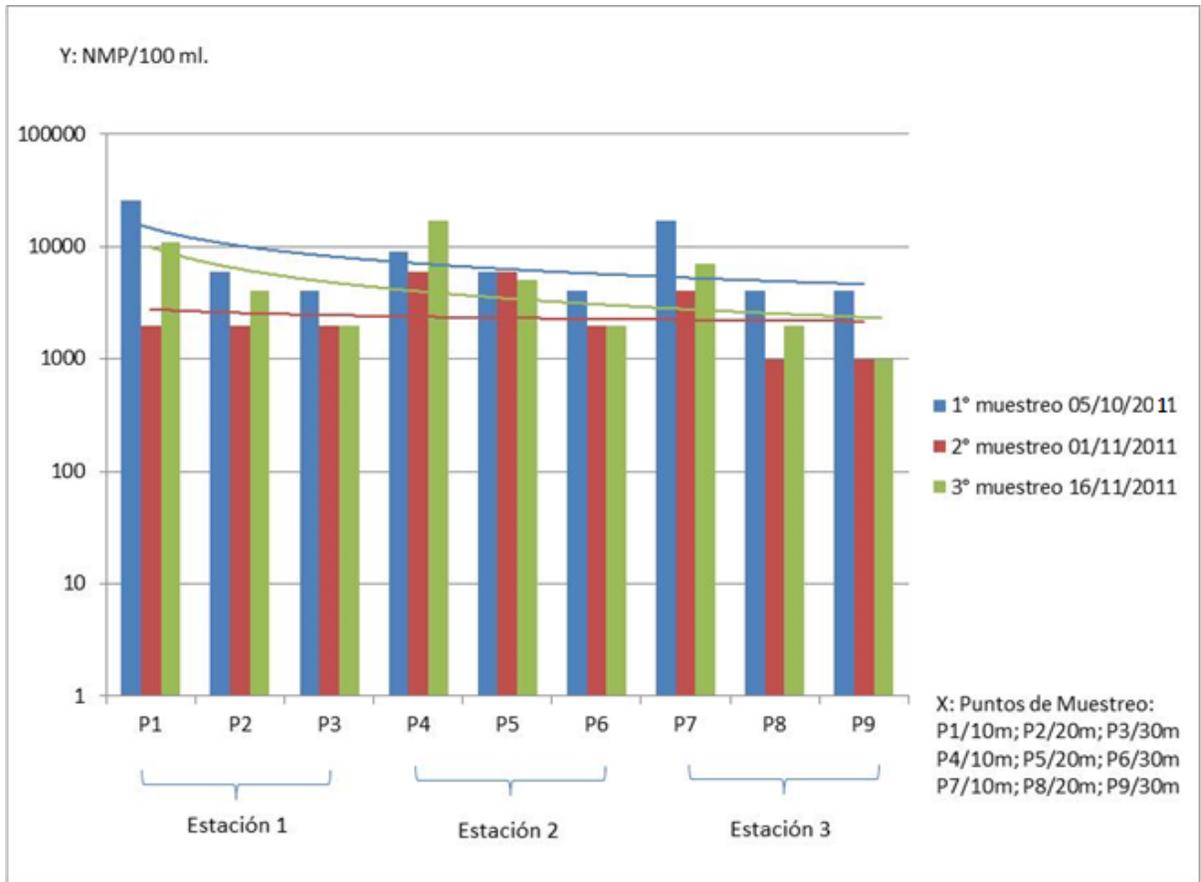


Gráfico N° 6 Recuento de Coliformes Fecales de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.

## RECuento DE *Escherichia coli* EN LA PLAYA EL SUNZAL.

En congruencia con el gráfico N° 6 del recuento de coliformes fecales, para el recuento de *Escherichia coli* el mayor valor se registró en el P1 del primer muestreo con un dato de 26,000 NMP/100ml y valores mínimo de 1,000 NMP/100ml en los puntos P2, P3, P6, P8 y P9 del segundo muestreo y en el P3, P6, P8 y P9 del tercer muestreo.

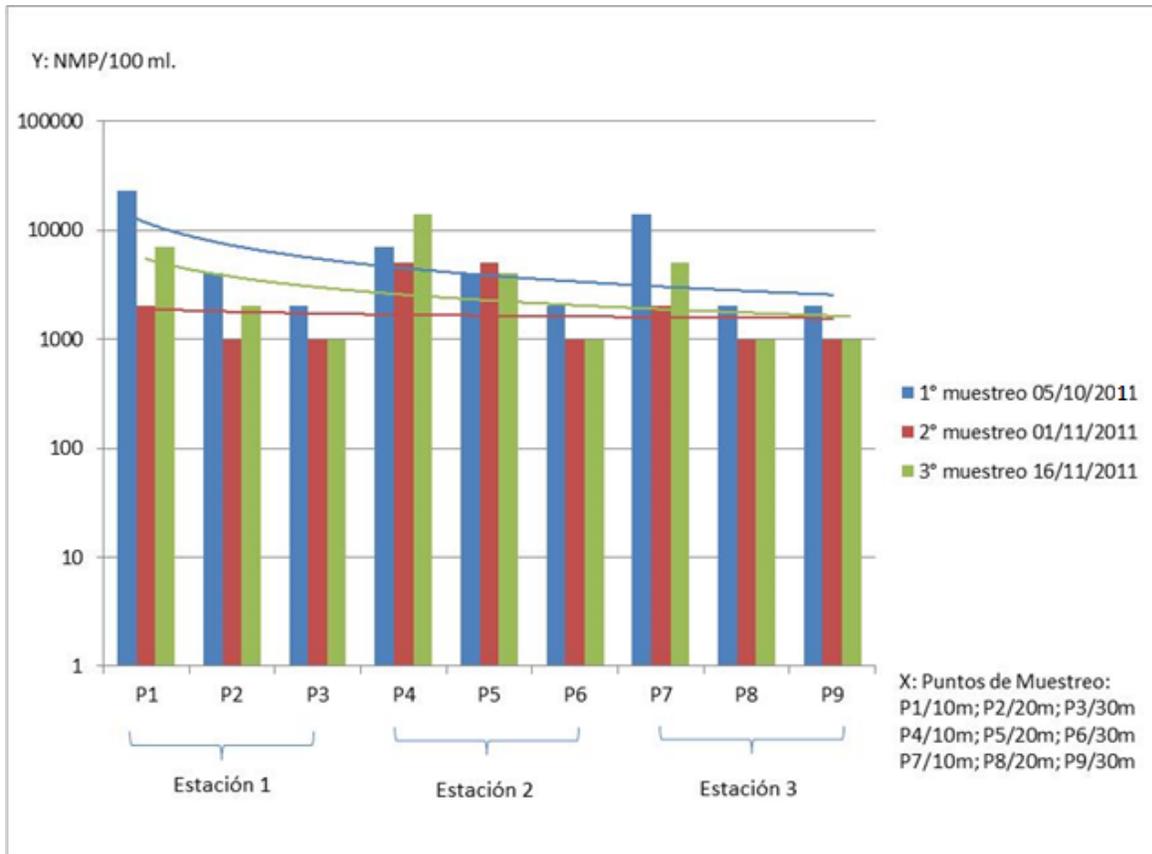


Gráfico N° 7 Recuento de *Escherichia coli* de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.

## RECuento DE BACTERIAS HETERÓTROFAS DE LA PLAYA EL SUNZAL.

El gráfico muestra valores que tienden a decrecer conforme se avanzó en los muestreos, así mismo se registró un valor máximo de 4000 UFC/100ml en el P1 del primer muestreo y valor mínimo de 73 UFC/100ml en el P9 del segundo muestreo.

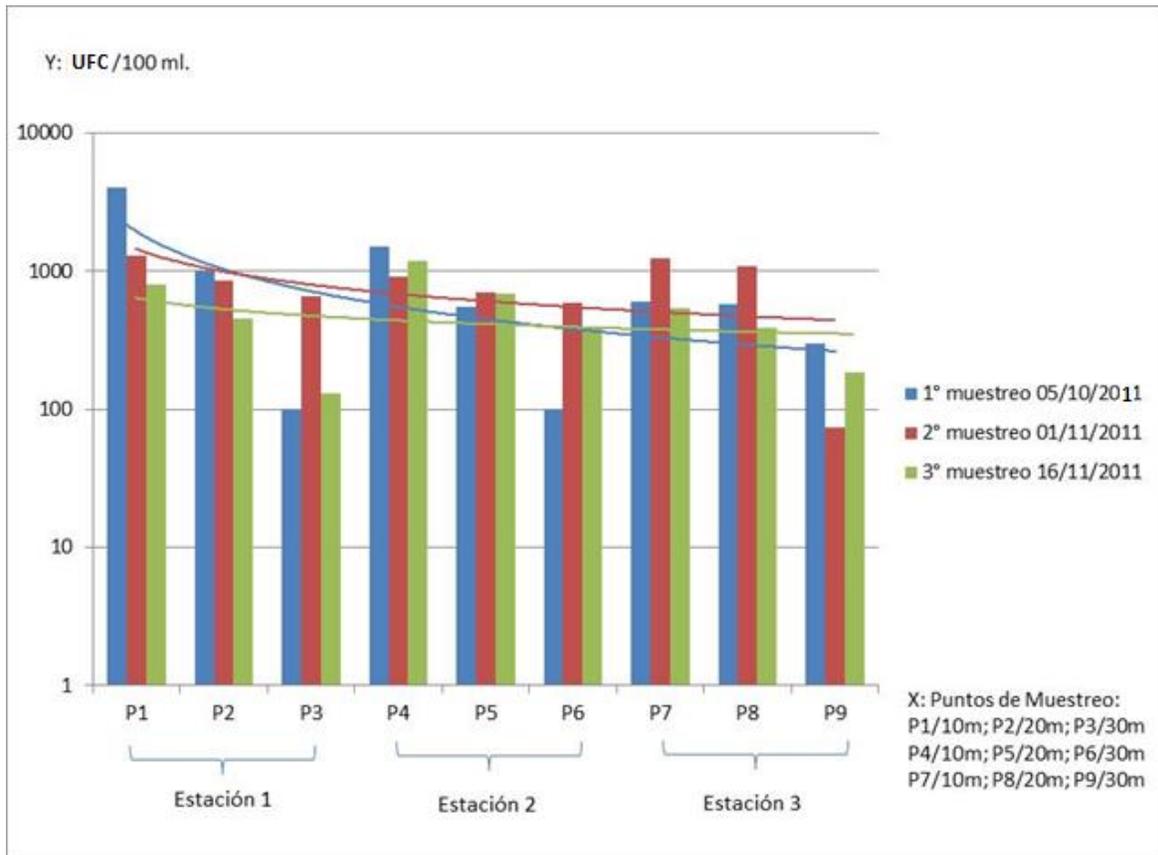


Gráfico N° 8 Recuento de bacterias Heterótrofas de los tres muestreos realizados en la playa El Sunzal en los meses de octubre y noviembre de 2011.

**PRESENCIA O AUSENCIA DE *Pseudomona aeruginosa*, PARA LA PLAYA EL SUNZAL.**

La presencia de esta bacteria aislada se pudo identificar en la mayoría de los puntos y los muestreos realizados no obstante se encontró una ausencia en el P1 del primer muestreo y en el P4, P5, P6 y P7 del segundo muestreo, además del P4 y P6 del tercer muestreo.

Puntos de Muestreo	<i>Pseudomona aeruginosa</i>			Cantidad de observaciones en los tres muestreos
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	
P1	0	1	1	2
P2	1	1	1	3
P3	1	1	1	3
P4	1	0	0	1
P5	1	0	1	2
P6	1	0	0	1
P7	1	0	1	2
P8	1	1	1	3
P9	1	1	1	3

**Cuadro N° 6 Cantidad de veces aislada *Pseudomona aeruginosa* en los 3 muestreos realizados en los meses de octubre y noviembre en la Playa El Sunzal.**

**PRESENCIA O AUSENCIA DE *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio parahaemolyticus*, PARA LA PLAYA EL SUNZAL.**

La presencia de *Vibrio alginolyticus* fue máxima y se pudo aislar en todos los puntos y muestreos realizados, en cambio *Vibrio parahaemolyticus* para el P5 se aisló durante todos los muestreos y en el P3 y P6 no fue posible observarla.

Puntos de Muestreo	<i>Vibrio alginolyticus</i>			Cantidad de observaciones en los tres muestreos	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>			Cantidad de observaciones en los tres muestreos
	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
P1	1	1	1	3	1	1	0	2
P2	1	1	1	3	0	1	0	1
P3	1	1	1	3	0	0	0	0
P4	1	1	1	3	0	0	1	1
P5	1	1	1	3	1	1	1	3
P6	1	1	1	3	0	0	0	0
P7	1	1	1	3	0	1	1	2
P8	1	1	1	3	1	1	0	2
P9	1	1	1	3	0	1	0	1

**Cuadro N° 7 Cantidad de veces aislada *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio parahaemolyticus* en los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y diciembre en la Playa El Sunzal.**

## COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LAS PLAYAS EL TUNCO Y EL SUNZAL.

Esta gráfica muestra los valores comparativos en promedio para este parámetro físico, observando una estabilidad y valores muy similares en todos los puntos de muestreo, este parámetro no tuvo valores significativos en relación a los puntos de muestreos comparados en ambas playas.

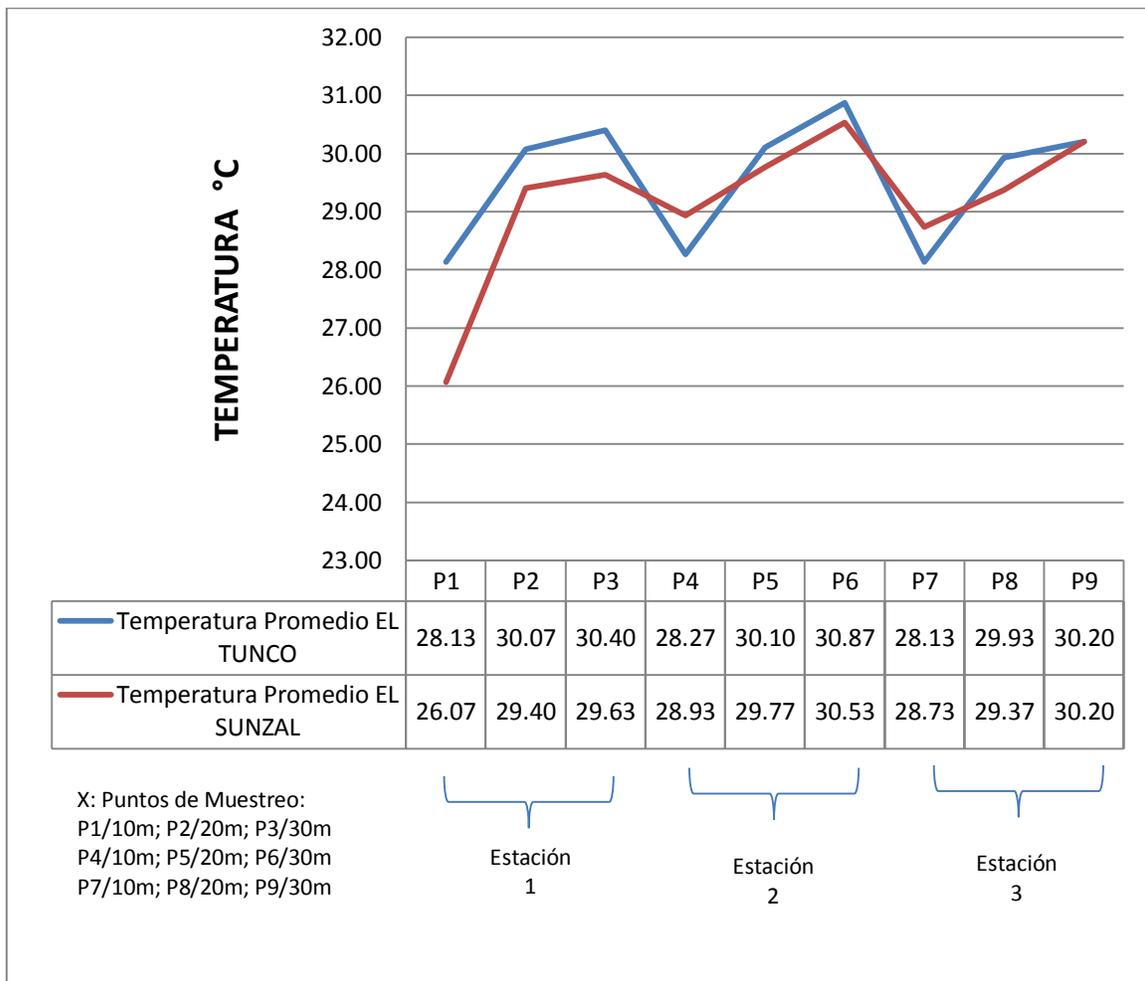


Gráfico N° 9 Comparación de la Temperatura promedio para las playas El Tunco y El Sunzal.

## COMPARACIÓN DE LA SALINIDAD PROMEDIO DE LAS PLAYAS EL TUNCO Y EL SUNZAL.

Este parámetro se comporta de manera similar en ambas playas, observando una dinámica decreciente a medida los puntos de muestreo se alejan de la orilla de la playa hacia mar adentro. Sin embargo cabe resaltar una disminución considerable en el P1 para la playa El Sunzal y en el P3 para El Tunco.

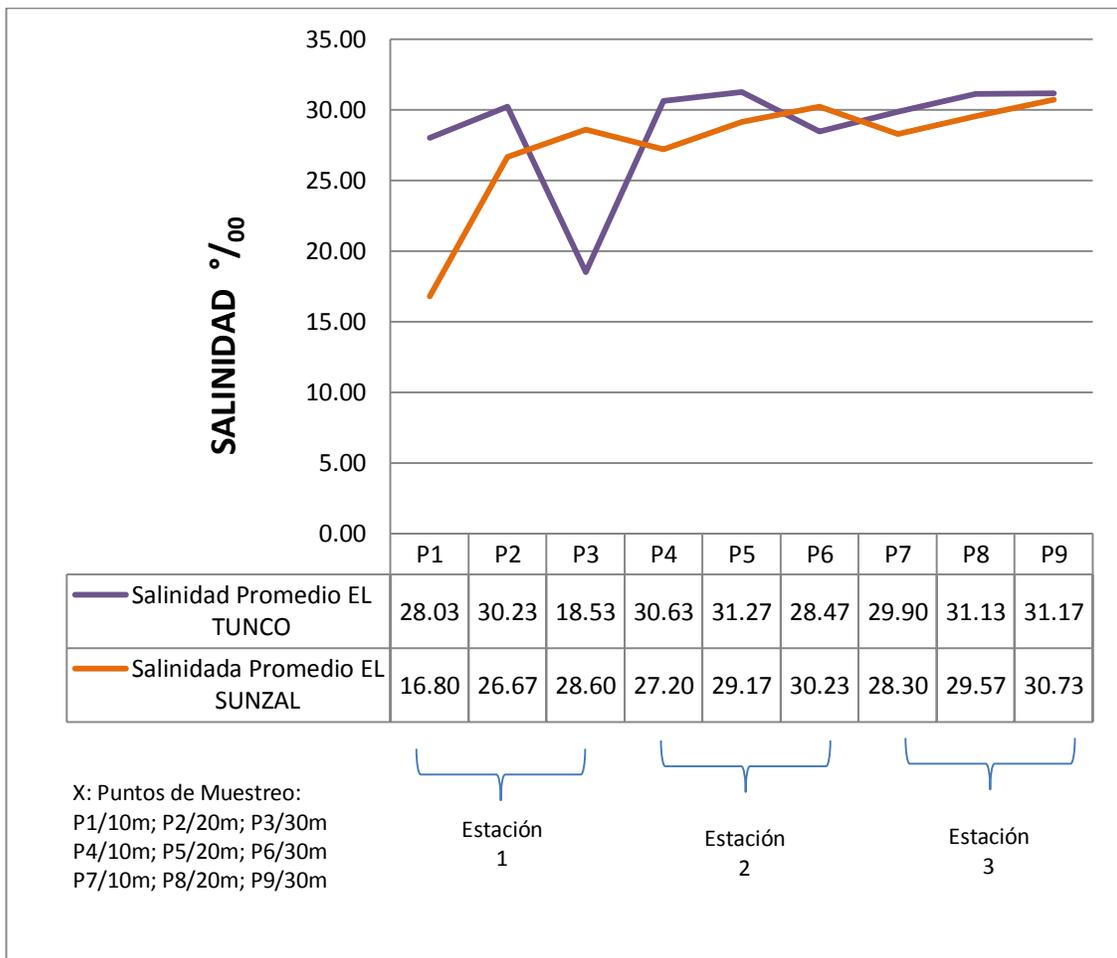
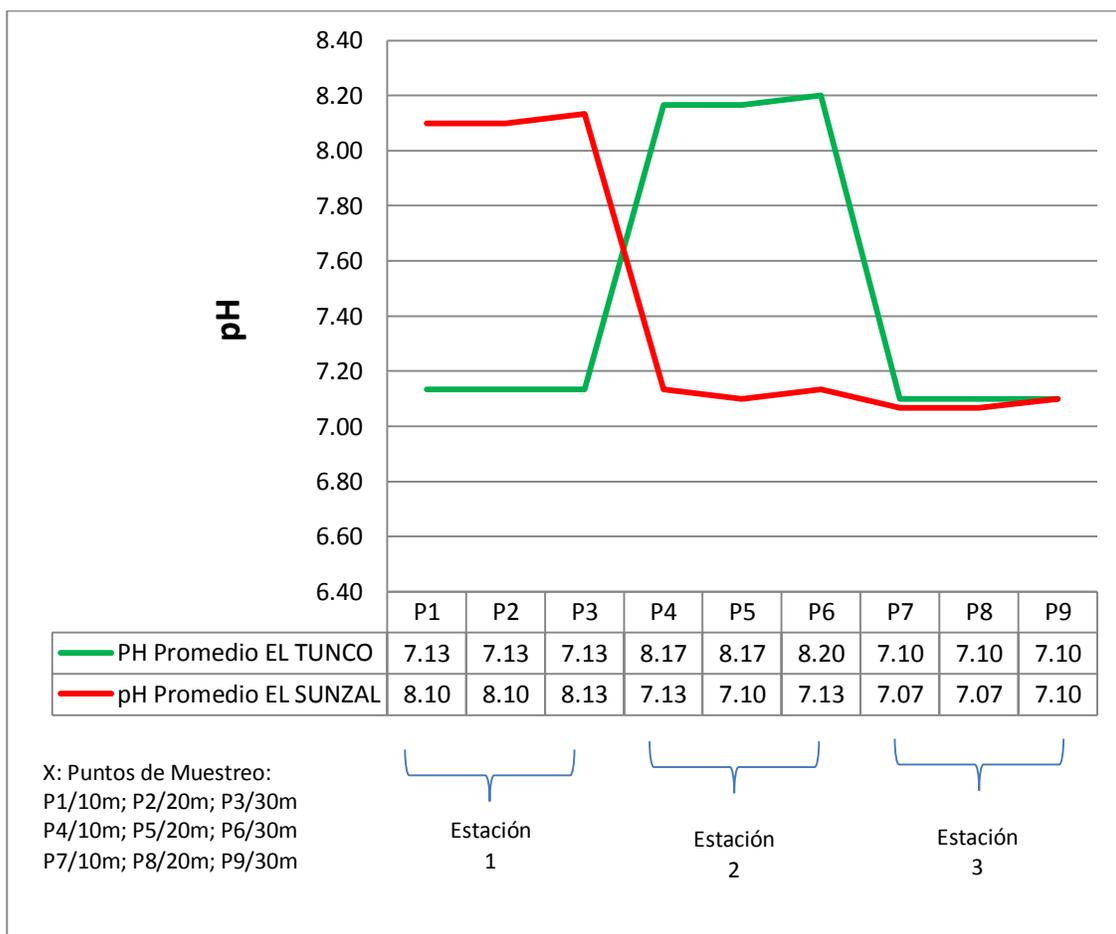


Gráfico N° 10 Comparación de la Salinidad promedio para las playas, El Tunco y El Sunzal.

## COMPARACIÓN DEL pH PROMEDIO DE LAS PLAYAS EL TUNCO Y EL SUNZAL.

El presente gráfico muestra los promedios de pH para las playas en estudio denotando una estabilidad en cuanto a promedios, sin embargo, hacer resaltar que el aumento surgido en ambas playas en promedio es similar; no así, en los puntos de muestreo, para la playa El Tunco el incremento se registró en los puntos P4, P5 y P6 y en la playa El Sunzal fueron en los puntos P1, P2 y P3.



**Gráfico N° 11 Comparación del pH promedio para las playas, El Tunco y El Sunzal.**

**Cuadro N° 8 ANALISIS MULTIVARIANTE. CORRELACIONES DE LA PLAYA EL TUNCO Y EL SUNZAL.**

Correlaciones

		Temperatura	Salinidad	pH	CT	CF	E_coli	RH	Pa	Va	Vp
Temperatura	Correlación de Pearson	1	.763**	-.155	-.364**	-.350**	-.365**	-.352**	.141	.019	-.257
	Sig. (bilateral)		.000	.263	.007	.009	.007	.009	.308	.894	.061
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Salinidad	Correlación de Pearson	.763**	1	-.293*	-.579**	-.331*	-.337*	-.280*	.268	.306*	-.057
	Sig. (bilateral)	.000		.032	.000	.015	.013	.041	.050	.025	.685
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
pH	Correlación de Pearson	-.155	-.293*	1	.026	.044	.030	-.097	.318*	.099	-.135
	Sig. (bilateral)	.263	.032		.851	.750	.830	.487	.019	.477	.329
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
CT	Correlación de Pearson	-.364**	-.579**	.026	1	.607**	.599**	.318*	-.256	-.600**	.229
	Sig. (bilateral)	.007	.000	.851		.000	.000	.019	.061	.000	.096
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
CF	Correlación de Pearson	-.350**	-.331*	.044	.607**	1	.993**	.268	-.155	.076	.271*
	Sig. (bilateral)	.009	.015	.750	.000		.000	.050	.263	.583	.048
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
E_coli	Correlación de Pearson	-.365**	-.337*	.030	.599**	.993**	1	.284*	-.178	.069	.279*
	Sig. (bilateral)	.007	.013	.830	.000	.000		.038	.197	.620	.041
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
RH	Correlación de Pearson	-.352**	-.280*	-.097	.318*	.268	.284*	1	-.266	-.102	.235
	Sig. (bilateral)	.009	.041	.487	.019	.050	.038		.052	.462	.087
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Pa	Correlación de Pearson	.141	.268	.318*	-.256	-.155	-.178	-.266	1	.154	-.033
	Sig. (bilateral)	.308	.050	.019	.061	.263	.197	.052		.268	.812
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Va	Correlación de Pearson	.019	.306*	.099	-.600**	.076	.069	-.102	.154	1	-.143
	Sig. (bilateral)	.894	.025	.477	.000	.583	.620	.462	.268		.304
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Vp	Correlación de Pearson	-.257	-.057	-.135	.229	.271*	.279*	.235	-.033	-.143	1
	Sig. (bilateral)	.061	.685	.329	.096	.048	.041	.087	.812	.304	
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**CT:** Coliformes Totales  
**CF:** Coliformes Fecales  
**RH:** Recuento de Heterótrofas

**Pa:** *Pseudomona aeruginosa*  
**Va:** *Vibrio alginolyticus*  
**Vp:** *Vibrio parahaemolyticus*

En el cuadro N° 8 correspondiente a la matriz de correlaciones se puede observar que la cantidad de Coliformes Totales, Fecales, ***E. coli*** y el Recuento de Heterótrofas, están relacionadas con las mediciones de Salinidad y temperatura, no así de las mediciones del pH, estableciendo una correlación de -0.57 y -0.36 en promedio para las bacterias relacionadas con esos parámetros fisicoquímicos.

En el caso de la bacteria ***Pseudomona aeruginosa*** solamente se relaciona con los valores del pH, con una correlación de 0.31; ***Vibrio alginolyticus*** se relaciona con los valores de salinidad con 0.30 y de Coliformes Totales con -0.60 de correlación, a diferencia de ***Vibrio parahaemolyticus*** que se relaciona con las Coliformes Fecales y con la presencia de ***E. coli*** con 0.27 de correlación respectivamente para ambos.

La matriz de correlaciones, muestra relaciones bivariadas es decir como las variables afectan dos a dos, pero resulta más interesante estudiarlas en conjunto en donde se realizó un análisis multivariado que permitió observar la influencia del grupo de variables en conjunto.

Para la realización del análisis de los resultados se aplicó la técnica de análisis multivariante de Componentes Principales y se analizaron los resultados de manera gráfica mostrados a continuación:

## COMPONENTES EN ESPACIO ROTADO DE LA PLAYA EL TUNCO.

El gráfico pertenece a los valores tomados en la playa El Tunco y muestran que las variables con mayor influencia son la salinidad y la temperatura a diferencia del pH que presenta valores bajos. Se observa que el recuento de Coliformes Totales, Fecales y de *E. coli* están muy cercanos en la gráfica lo que muestra claramente que están relacionados, el resto de las bacterias estudiadas no muestran agrupamientos al observar que se dispersan en el gráfico.

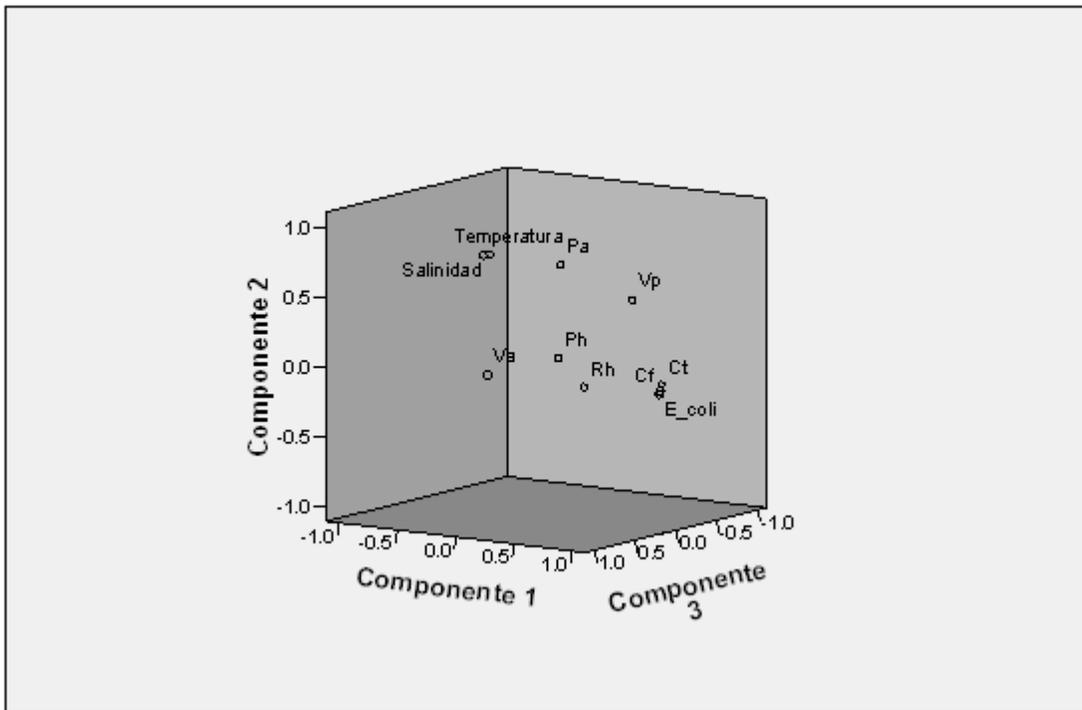


Gráfico N° 12 Componentes en espacio rotado de la playa El Tunco.

## COMPONENTES EN ESPACIO ROTADO DE LA PLAYA EL SUNZAL.

Este gráfico muestra los resultados para la playa el Sunzal evidenciando que el comportamiento de las relaciones en esta playa es bastante similar al observado en la playa El Tunco siendo nuevamente la salinidad y la temperatura las variables que determinan el comportamiento de los microorganismos presentes.

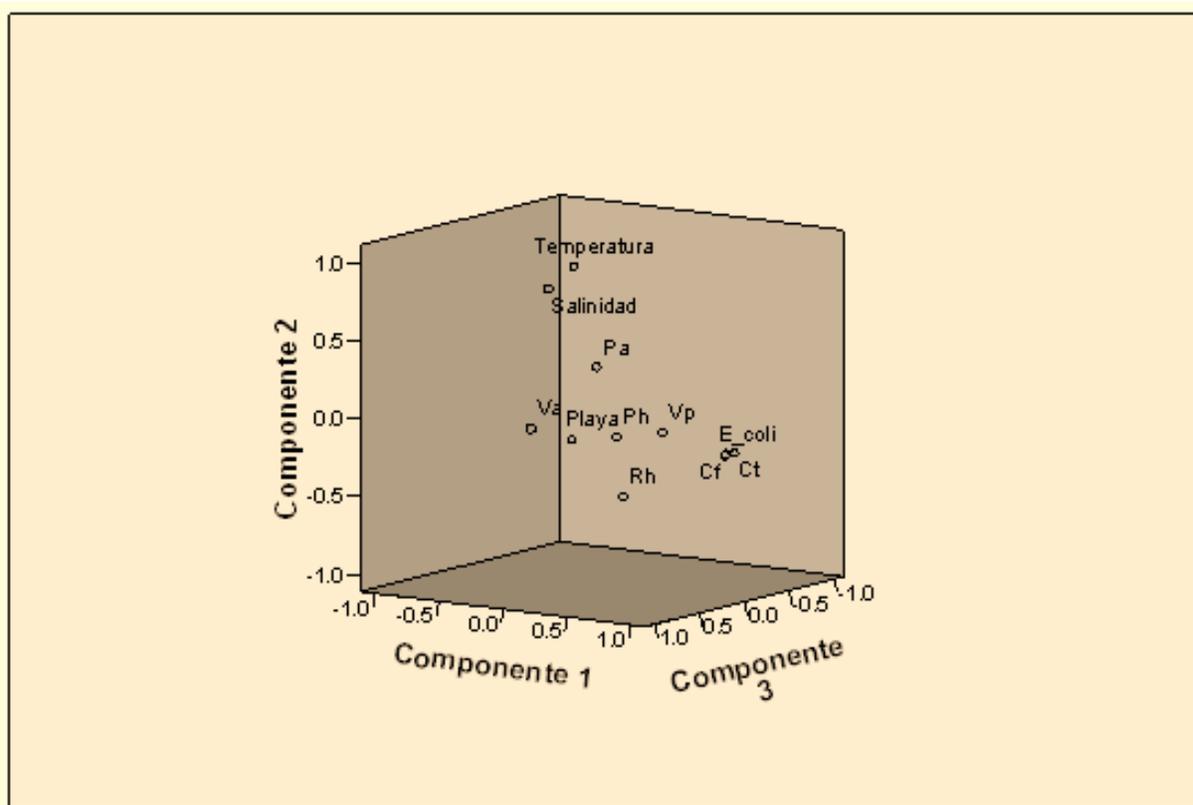


Gráfico N° 13 Componentes en espacio rotado de la playa El Sunzal.

## RECuento DE COLIFORMES TOTALES EN LOS TRES MUESTREOS REALIZADOS EN LA PLAYA EL TUNCO Y EL SUNZAL.

El gráfico muestra la comparación del recuento de coliformes totales en los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal, observándose una similitud entre las dos playas en referencia a P1 en donde se registró el mayor incremento en el recuento durante el primer muestreo, los muestreos posteriores mostraron una tendencia a decrecer, en los valores se evidencia a medida avanzan los muestreos y el mes en que se recolectaron los datos, siendo los del tercer muestreo los que determinan una concentración baja en el recuento de coliformes totales.

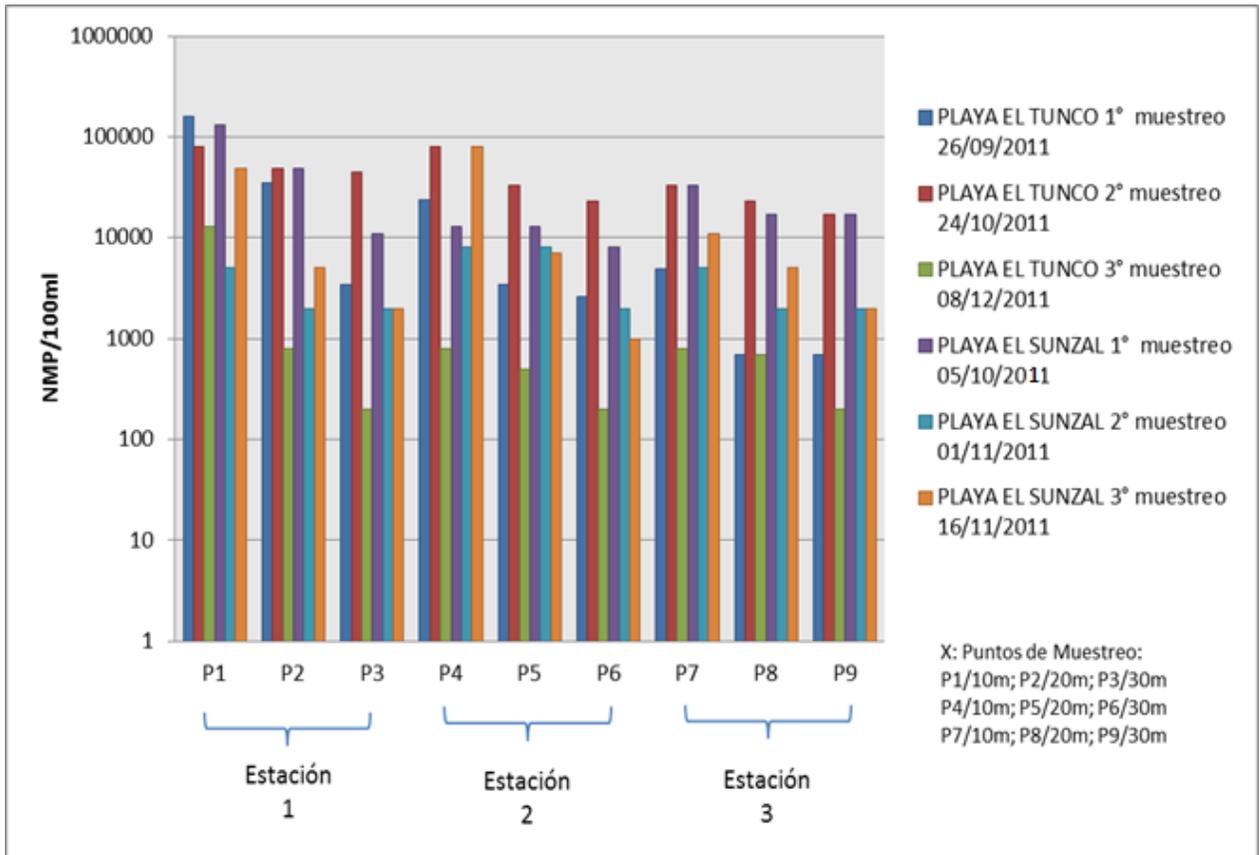


Gráfico N° 14 Comparación del Recuento de Coliformes Totales para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.

## RECuento DE COLIFORMES FECALES EN LOS TRES MUESTREOS REALIZADOS EN LA PLAYA EL TUNCO Y EL SUNZAL.

En esta gráfica comparativa para los coliformes fecales de ambas playas se evidencia de igual manera una tendencia a disminuir en los valores encontrados, sin embargo los recuentos más altos para este grupo de bacterias se obtuvieron en el segundo muestreo, resaltando además, que los valores más bajos se obtuvieron en la playa El Tunco durante el tercer muestreo.

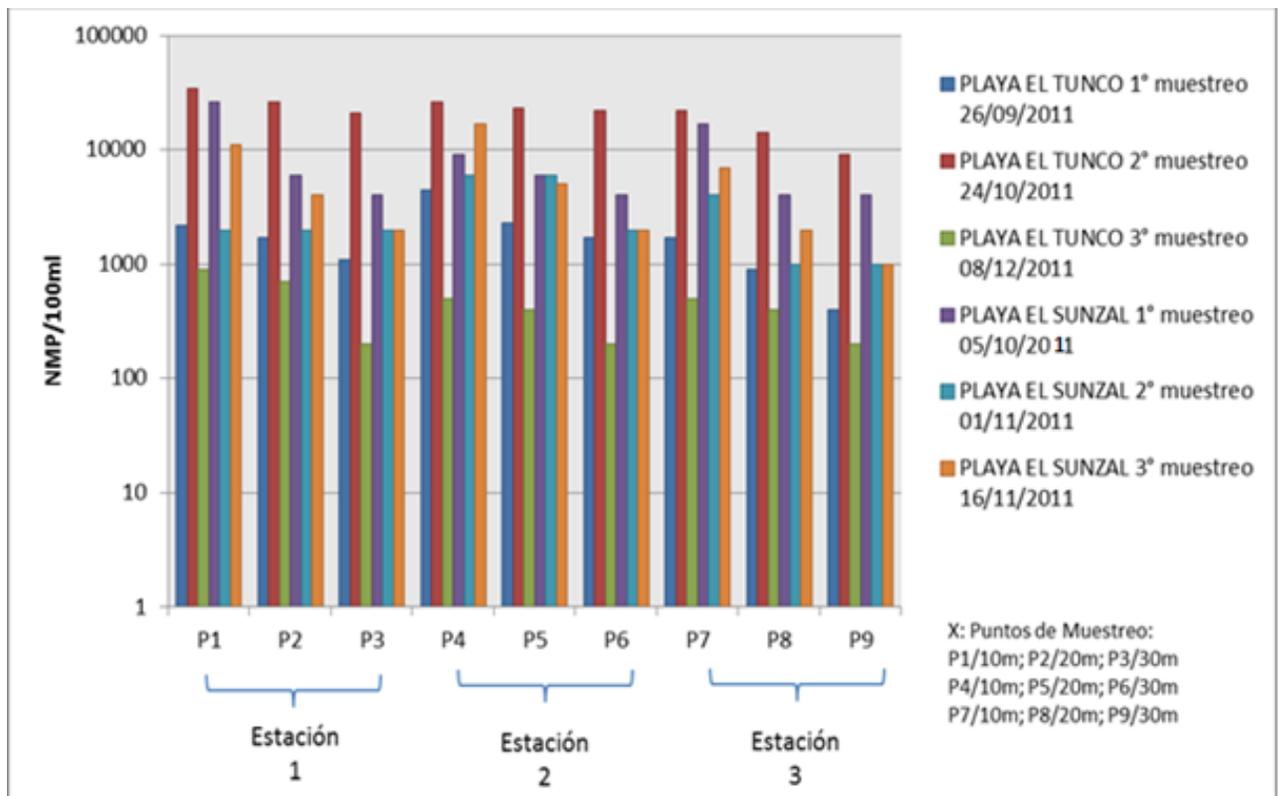


Gráfico N° 15 Comparación del Recuento de Coliformes Fecales para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.

## RECuento DE *Escherichia coli* EN LOS TRES MUESTREOS REALIZADOS EN LA PLAYA EL TUNCO Y EL SUNZAL.

Este gráfico comparativo de *Escherichia coli* para las dos playas en estudio muestra valores similares entre las playas con relación al decrecimiento y al grupo de bacterias coliformes fecales, sin embargo se resalta que los recuentos más altos fueron encontrados en la playa El Tunco, específicamente en el muestreo dos y en todos los puntos, no obstante en la playa El Sunzal los valores más altos fueron encontrados en el primer muestreo en todos sus puntos, de igual manera en la playa El Tunco en el tercer muestreo se obtuvieron los recuentos menos comparados entre las dos playas.

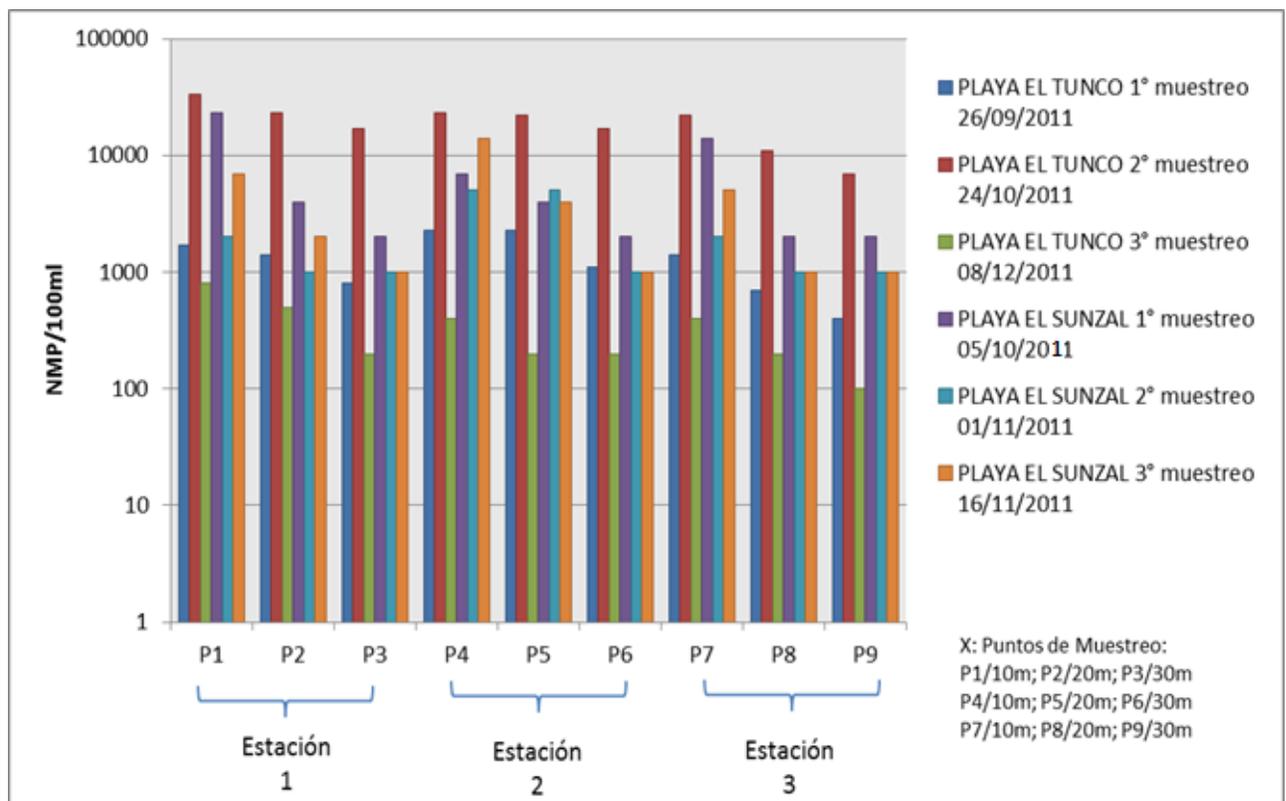


Gráfico N° 16 Comparación del Recuento de *Escherichia coli* para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.

## RECuento DE BACTERIAS HETEROTROFAS EN LOS TRES MUESTREOS REALIZADOS EN LA PLAYA EL TUNCO Y EL SUNZAL.

El gráfico muestra la comparación del recuento de las heterótrofas en las dos playas estudiadas y se puede evidenciar una tendencia al decrecimiento de los datos registrados, se denota también que las mayores alzas registradas están para la playa El Tunco específicamente en el muestreo dos donde la mayoría de los valores sobresalen de los demás, destacar también en el P7 del primer muestreo en la playa El Tunco donde se registró un recuento que sobrepasó el resto de los datos con 13000 UFC/100ml, y nuevamente los valores mínimos obtenidos están dados en el tercer muestreo de la playa El Tunco.

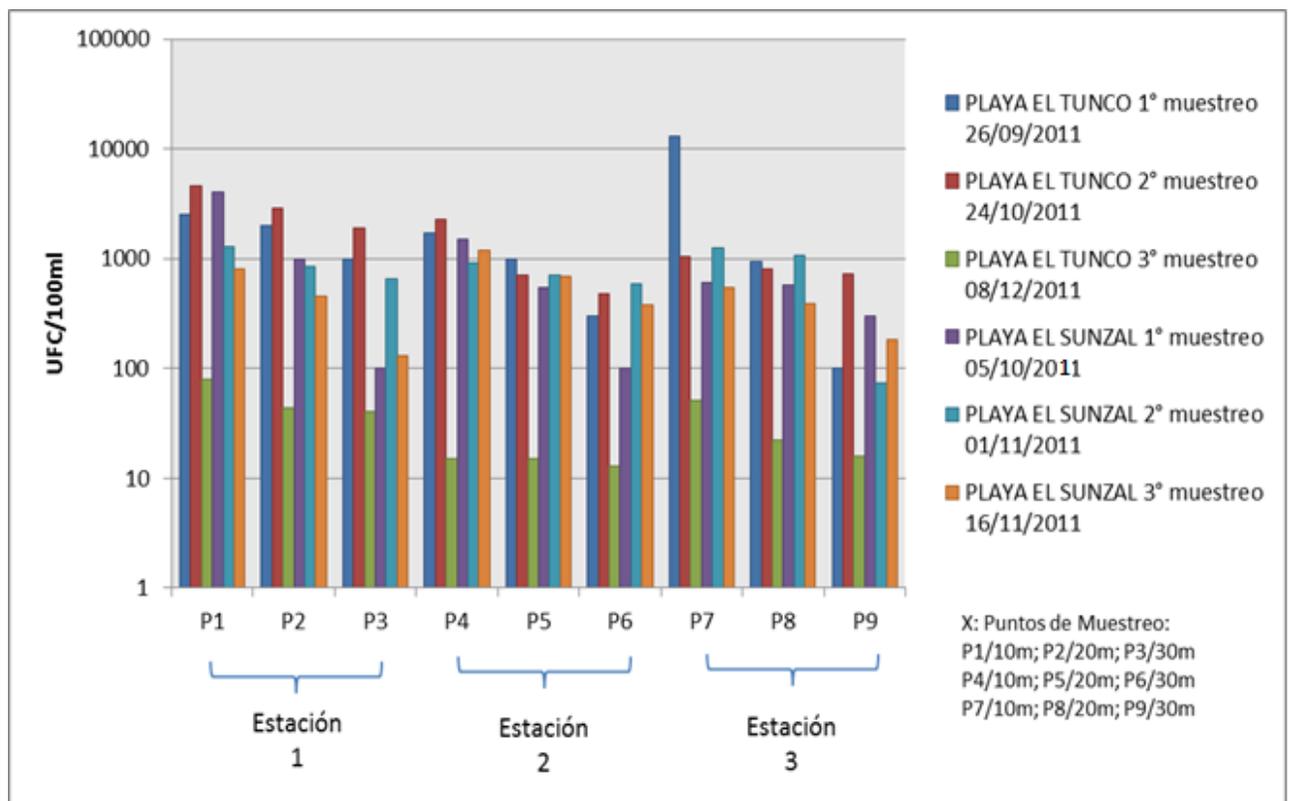


Gráfico N° 17 Comparación del Recuento de Heterótrofas para los tres muestreos realizados en la playa El Tunco y El Sunzal.

## COMPARACION DE LA PRESENCIA Y AUSENCIA DE *Pseudomonas aeruginosa* PARA LAS PLAYAS EL TUNCO Y EL SUNZAL.

El presente cuadro comparativo muestra la cantidad de observaciones en los tres muestreos para *Pseudomonas aeruginosa* en ambas playas, sobresaliendo la playa El Sunzal comparada con la playa El Tunco, esta primera obtuvo el doble de aislamientos con respecto a la otra.

Puntos de Muestreo	Cantidad de observaciones en los tres muestreos El Sunzal	Cantidad de observaciones en los tres muestreos El Tunco
P1	2	0
P2	3	3
P3	3	1
P4	1	0
P5	2	3
P6	1	3
P7	2	0
P8	3	0
P9	3	0
Total	20	10

Cuadro N° 9 Cantidad de observaciones en los tres muestreos de *Pseudomonas aeruginosa* para las playas El Tunco y El Sunzal.

## COMPARACION DE LA PRESENCIA Y AUSENCIA DE *Vibrio alginolyticus* PARA LAS PLAYAS EL TUNCO Y EL SUNZAL.

El comportamiento para *Vibrio alginolyticus* en las dos playas es similar en cuanto a la presencia y distribución de la misma, coincidiendo con las características propias de esta bacteria que la hace resistente a los factores presentes en cada una de las playas.

Puntos de Muestreo	Cantidad de observaciones en los tres muestreos El Sunzal	Cantidad de observaciones en los tres muestreos El Tunco
P1	3	2
P2	3	3
P3	3	3
P4	3	3
P5	3	3
P6	3	3
P7	3	3
P8	3	3
P9	3	3
Total	27	26

Cuadro N° 10 Cantidad de observaciones en los tres muestreos de *Vibrio alginolyticus* para las playas El Tunco y El Sunzal.

**COMPARACION DE LA PRESENCIA Y AUSENCIA DE *Vibrio parahaemolyticus* PARA LAS PLAYAS EL TUNCO Y EL SUNZAL.**

Para *Vibrio parahaemolyticus* la tendencia es similar en las dos playas en cuanto a la cantidad de veces que se pudo aislar esta bacteria, sin embargo en la distribución de la misma cabe resaltar que se encontró mayormente en la primera y segunda franja de muestreo que corresponde desde la orilla del mar hasta los 20 metros mar adentro y en la última franja de los 30 metros su presencia fue muy poca y casi nula para la playa El Sunzal de igual manera pero en mayor presencia en El Tunco.

<b>Puntos de Muestreo</b>	<b>Cantidad de observaciones en los tres muestreos El Sunzal</b>	<b>Cantidad de observaciones en los tres muestreos El Tunco</b>
<b>P1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>P2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>P3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>P4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>P5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>P6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>P7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>P8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>P9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

**Cuadro N° 11 Cantidad de observaciones en los tres muestreos de *Vibrio parahaemolyticus* para las playas El Tunco y El Sunzal.**

## VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la playa El Tunco y la Playa El Sunzal para los tres muestreos realizados, dan un índice de la calidad microbiológica del agua de la costa, ya que estos fueron realizados al final de la época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca; donde se puede observar claramente las diferencias en sus cargas bacterianas, tal es el caso para los Coliformes Totales donde se registró para el primer muestreo en el P1 en la playa El Tunco un valor muy elevado de 160,000 NMP/100ml con respecto al resto, a una distancia de 10 metros de la orilla de la playa ya finalizando la época lluviosa y en el último muestreo disminuyó a 13,000 NMP/100ml, a inicios de la época seca, en el mismo punto, en congruencia con los datos registrados por Becerra y Botello, 1995; Garcia et al., 2006; Miravet et al., 2003. establecieron una clara diferencia e influencia de las estaciones y sus transiciones en la carga bacteriana disminuyendo su concentración a medida se acercaba la época seca. Sin embargo; en la Playa El Sunzal para el primer muestreo, se observa un valor sobresaliente en el P1 de 130,300 NMP/100ml y una disminución considerable en el segundo muestreo para todos los puntos, donde se le adjudica al factor de dilución debido a la depresión tropical N°12 E, que afectó a todas las variables muestreadas.

Para el recuento de Coliformes Fecales y *Escherichia coli* el comportamiento es bastante similar en las dos playas, con la diferencia que para la Playa El Tunco todos los valores se redujeron considerablemente en el último muestreo; resaltando que para ese entonces la época seca ya había comenzado y las precipitaciones eran nulas concordando con Becerra y Botello, 1995; García et al., 2006; Miravet et al., 2003 y con Cortés-Lara, 2003 quienes establecen la importancia de los coliformes fecales en la época seca en los ambientes marinos costeros.

El comportamiento de la playa El Sunzal para estos organismos se vio también afectado por el factor de dilución antes mencionado de la depresión tropical N°12 E en el segundo muestreo, resaltando también el incremento de los valores en el último

muestreo donde ya el factor de dilución había terminado y la transición lluviosa – seca empezaba a marcarse.

En cuanto al Recuento de las bacterias Heterótrofas para la Playa El Tunco se registraron los mayores valores en el primer muestreo realizado a finales de la época lluviosa, obteniendo un valor de 13,000 UFC/100ml en el P7 resaltando sobre los demás puntos en los tres muestreos, además; se obtuvieron los registros más bajos en el último muestreo, ya entrada la época seca. Al igual que en la Playa El Sunzal, en esta se registró una concentración mayor en el P1 de 4,000 UFC/100ml, disminuyendo en los demás puntos de muestreo conforme avanzaba la distancia hacia mar adentro y la época seca.

La morfología de las dos playas estudiadas presenta afluentes en cada una de ellas. En la Playa El Tunco desembocan dos ríos, uno en la primera estación y el otro en la segunda estación de muestreo. En la Playa El Sunzal solamente desemboca uno, ubicado al inicio de la playa, en la primera estación, agregado a esto las precipitaciones fuertes en el final de la época lluviosa pudieron ocasionar un mayor arrastre de los afluentes que desembocan en la playa El Tunco y El Sunzal, aportando una mayor concentración de materia orgánica fecal y de otro origen como lo plantea Figueroa, 2007 y Miravet, et al, 2003 en su estudio donde enfatiza la incidencia que tienen las precipitaciones en el aumento de la carga bacteriana en las aguas costeras.

Sin embargo; los parámetros físicos y químicos como la temperatura y la salinidad pudieron incidir en la dispersión de las mismas, ya que estos microorganismos se encuentran dentro del grupo de los mesofilos según Atlas y Batha, 2002. Gilmour, 1990 sostiene que al verse expuestos a elevadas concentraciones de sal se deshidratan. Por consiguiente se registró una fuerte correlación entre ellas en donde a mayor distancia de la orilla de la playa, la salinidad y la temperatura aumentaron y la carga bacteriana disminuyó estableciendo una relación inversamente proporcional

e influenciando directamente, no así los cambios de pH pues se mantuvieron estables en las tres franjas de distancia muestreadas, en las dos playas.

No obstante en la estación número 2, en todos sus puntos de muestreo el valor del pH tuvo una variación significativa con respecto a las otras estaciones, lo que puede deberse a una mayor incorporación de fosfatos al agua, como lo plantea Rodríguez y Valencia, 1999. Es posible también a que en esa estación de muestreo desemboca el río principal de la playa ubicado en medio de la misma y de alguna manera puede estar influenciado por toda la comunidad habitante del lugar que descargan sus aguas de origen doméstico y residual al río directamente para desembocar en la playa.

Para los grupos de *Vibrios* y *Pseudomonas* de la playa El Tunco donde se estudió la presencia o ausencia de estos mismos se encontró una alta correlación de la salinidad con *Vibrio alginolyticus* debido a que esta especie es halotolerante (Madigan *et al.*, 2004) y compite en espacio con las demás bacterias estableciendo claramente su predominancia en el lugar.

En la Playa El Sunzal, para *Pseudomona aeruginosa* se determinó en el análisis cualitativo que su presencia supero en dos veces a la playa El Tunco, haciendo referencia en la distancia de 10 a 20 metros mar adentro que es el rango donde se encontró con mayor influencia. Los generos *Vibrios* tuvieron un comportamiento similar en la correlación con la salinidad y la temperatura, influenciando de manera directa en la distribución, recalando que *Vibrio alginolyticus* es dominante en la tercera franja de los 30 metros en las tres estaciones de muestreo de igual manera por su halotolerancia, característica típica de esta bacteria como la describe Dufour y Ballentine 1986.

El Salvador no cuenta con una norma nacional que establezca criterios para la calidad microbiológica del agua de uso recreacional, por lo que se hace necesario consultar un criterio internacional y la más cercana a la región, en este caso la

mexicana que obtiene sus parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS) donde establece un rango de 0 – 500 NMP/100ml un agua apta para el uso recreativo y > 500 NMP/100ml no apta para uso recreativo.

Por consiguiente al considerar comparar con estos valores los resultados obtenidos para estas playas en toda la investigación se denota que sobrepasan los rangos propuestos por la norma mexicana, por su alto grado de contaminación.

## VII. CONCLUSIONES

En todas las estaciones, puntos y en las tres épocas donde se realizó el muestreo (final de la época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca) en las playas: El Tunco y El Sunzal se pudo cuantificar las bacterias de los grupos Coliformes Totales, Coliformes Fecales, *Escherichia coli*, y Bacterias Heterótrofas, registrándose los valores más altos a distancia de veinte metros de la orilla de la playa a mar adentro. Y todos los valores promedios registrados están fuera de los límites máximos permisibles por las Norma Mexicana **NMX-AA-42-1987** para Agua de uso recreativo.

Los altos niveles de contaminación bacteriana registrados en las playas estudiadas se deben principalmente a factores como las precipitaciones, descargas de ríos y la influencia directa de la actividad antropogénica de las dos playas donde se desarrolla mucho el turismo, y son responsables directos del incremento en los niveles de contaminación de las playas estudiadas.

Las bacterias de importancia clínica que fueron aisladas de aguas costeras de las playas El Tunco y El Sunzal fueron: *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Pseudomonas aeruginosa*, lo que indica que existen condiciones ambientales para su hábitat, por lo que se debe considerar su vinculación en posibles infecciones adquiridas por el consumo de alimentos marinos crudos o mal cocidos o el riesgo de contraer enfermedades asociadas con el baño en aguas recreativas.

De los parámetros físicos y químicos tomados en las dos playas en estudio los más incidentes fueron la temperatura y la salinidad determinando la abundancia y distribución de todas las bacterias estudiadas.

## VIII. RECOMENDACIONES

Involucrar a las alcaldías, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales correspondientes a los lugares turísticos como estas playas para realizar una ordenanza municipal en conjunto y que beneficie el sector pesquero y turístico de la zona y a la vez que regule y haga cumplir las normas ambientales en la gestión de desechos sólidos y que restrinja el uso de afluentes como vertederos de aguas residuales y de origen domestico de colonias, empresas, etc. además de implementar un plan de Educación Ambiental dirigido primeramente a los habitantes de las comunidades playeras para crear conciencia sobre la conservación del recurso costero y que sean estos mismos quienes reproduzcan y concienticen a los turistas tanto nacionales como extranjeros.

Se recomienda al sector pesquero realizar la pesca artesanal un poco más allá de los treinta metros partiendo de la orilla de la playa, en congruencia con los altos niveles de contaminación encontrados sobre todo en la franja de los veinte metros y la presencia de bacterias patógenas en la franja de los treinta metros.

Hacer un estudio similar o más completo abarcando la gestión de desechos sólidos en estas playas, en los meses y épocas que no pudieron ser abarcados por esta investigación para conocer las diferentes variaciones estacionales, y además concretizar una norma nacional para determinar los valores permisibles de la calidad del agua de uso recreacional. En donde se considere el alcance sanitario de propuestas de normas adecuadas a las condiciones ambientales de El Salvador para aguas destinadas a la recreación y pesca artesanal. Y las regulaciones deben estar basadas en estudios epidemiológicos, donde se investiguen los reservorios acuáticos y la influencia de los factores bióticos y abióticos que puedan influir en la transmisión de enfermedades.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Atlas, M. y Batha, R. 2002. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. Pearson Educación. S.A., Madrid, España. 696 pp.

APHA (American Public Health Association). 1996. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 16ª Edición. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. Págs. 9 – 90.

Barrera, G. y Namihira, P. 2004. Contaminación microbiológica en la zona costera de Akumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiologica* 14 (1): 27-35.

Becerra – Tapia, N. y Botello, A. V. 1995. Bacterias coliformes totales, fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Hidrobiologica* 5 (1-2): 87-94.

Borchardt M., Stemper M. y Standridge J. 2003: *Aeromonas* isolates from human diarrheic stool and groundwater compared by pulsed-field gel electrophoresis. *Emerging Infectious Diseases*, 9:224–228.

(CEPIS) Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2000. Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad de agua en el medio marino. Organización Mundial de la Salud (OMS). 25 pp.

CORSATUR. 2008. Departamento de la libertad. Información digital disponible en la web: <http://www.elsalvadorturismo.gob.sv/lalibertad.htm>

- Cortés-Lara, M. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Rev Biomed* 2003; 14:121-123.
- Delgado, Y., Miraveth, M., y Núñez, R. 2008. Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de Ciudad de la Habana, Cuba. *Hig. Sanid. Ambient.* 8: 387-391.
- (DIGESTIC) Dirección General de Estadísticas y Censos. 2007. VI censo de población y V de vivienda 2007. Ministerio de Economía, Gobierno de El Salvador. 659 pp.
- Dufour A. P. y Ballentine P. 1986. Ambient Water Quality Criteria for Bacteria (Bacteriological ambient water quality criteria for marine and fresh recreational waters). Washington, D.C. USEPA. 18 p. EPA A440/5-84-002.
- Espinosa, R. (1996). Variación de detergentes en la planta de tratamiento del arroyo El Gallo y su aporte a la zona costera. Tesis de licenciatura. UABC-FCM. 58pp.
- Feng P., Weagant S. y Grant M. 2002. Manual de Análisis Bacteriológico. Enumeración de *Escherichia coli* y bacterias coliformes. Food and Drug Administration (FDA). Capítulo 4. Octava Edición. Pp 23.
- Fernández, E. 2008. Microbiología e inocuidad de los alimentos. Segunda edición. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 967 pp.
- Figueroa, B. 2007. Contaminación de origen fecal en el corredor costero Barra de Tonameca-bahía de Puerto Ángel-La Mina, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 2007, XI (33): 15-28.

- Fiksdal, L., Pommeypuy, M., Caprais, M., y Midttun, M. 1994. Monitoring of fecal pollution in coastal waters by use of rapid enzymatic techniques. *Appl. Environ. Microbiol.* 60(5): 1581-1584
- Foyn, E. 1971. Municipal wastes. En: D.W. Hood (ed.). *Impingements of man on the ocean.* Jhon Wiley & Sons. Inc., Nueva York.
- Gallardo, C. 2009. Determinación de la calidad del agua que abastece a cuatro comunidades del cantón El Almendro del municipio de Jucuaran, Usulután. Tesis para optar al grado de Master en Ciencias en Agricultura Sostenible. Universidad de El Salvador. 118 pp.
- García, V., Acuña, J., Vargas, J., y Garcia, J. 2006. Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 54 (Supl. 1): 35-48.
- Geldreich, E. 1970. Applying bacteriological parameters to recreational water quality. *J. Am. Water work. Assoc.* 62: 113 – 120.
- Gilmour, D. 1990. Halotolerant and halophilic microorganisms. McGraw-Hill, Nueva Cork, pp. 147 – 177.
- Gonzalez, L. 2003. Contaminación microbiológica en la zona costera adyacente a la descarga El Naranja/El Gallo en Bahía Todos Santos, B.C. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Oceanología. Universidad de Ensenada Baja California. 66 pp.

Gonzalez, M. y Leiva, V. 1996. Identificación de especies del genero *vibrio* aisladas de aguas costeras. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Cuba.

Guzmán-Colón, B. y Norat-Ramírez. J. 1996. Calidad microbiológica de las aguas superficiales en las bahías de Mayagüez y Añasco, Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico.

(IGN) Instituto Geográfico Nacional Pablo Arnoldo Guzman. 1986. Diccionario Geográfico de El Salvador. Tomo II. San Salvador. 1457 pp.

Jawetz. 1996. Microbiología Médica. 15ª edición. México D.F. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. Págs. 250 – 251.

Kushner, D. J. 1980. Extreme environments. En D.C. Ellwood, M. J. Latham, J. N. Hedger, y J. M. Lynch (eds.). Contemporary Microbial Ecology. Academic Press, Londres, pp 29 – 54.

Madigan, M., Martinko, J. y Parker, J. 2004. Biología de los Microorganismos. Décima edición. Pearson Educación, S.A. Madrid. 1011 pp.

Mena, Z. 2007. Diagnostico Nacional de la Calidad de las Aguas Superficiales. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SNET. 95 pp.

Miravet, M.E., Enríquez, D., Lugiyo, G. M., Delgado., Núñez, R., Cabrera, H., Martí, J., y Miravet, M.E. 2003. Primeros registros de bacterias marinas heterótrofas y hongos aislados de los arrecifes que bordean la plataforma SW de Cuba. Serie Oceanológica. No. 1, 2003.

Norma Mexicana NMX-AA-42-1987. Calidad del agua-determinación del número más probable (nmp) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2002a. Guías para la calidad del agua potable. Washington D.C.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2002b. *Aeromonas: Guías para la calidad del agua potable*, 2.<sup>a</sup> ed. *Apéndice: Microbiological agents in drinking water*. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud.

Palmer, S. 2007. Análisis Histórico (1997 – 2005) de la calidad de las aguas costeras de la Isla de San Andrés. Tesis para optar al grado de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. 93 pp.

Ramos-Ortega, L., Vidal, L., Vilardy, S., y Díaz, L. 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, caribe Colombiano. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 13 No. 3, 2008 87 – 98.

Rangel-Ortiz, L., Acosta, G., Casimiro, M., Santamaría, M., Ramírez, S., y Cardona, M. 2007. Análisis y caracterización de bacterias heterótrofas aisladas a partir de muestras de agua de uno de los canales de Xochimilco. Laboratorio de Ecología Microbiana, Departamento el Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. México.

Rodriguez, M. Valencia T. 1999. Estudio de la calidad de las aguas costeras insulares en la provincia de Galapagos. Acta Oceaografica del Pacifico, INOCAR, Ecuador, 10 (1). 2000.

Romero, J. 1999. Calidad del agua. México D.F. Alfa Omega, S.A. Págs. 154 – 156.

Seoáñez-Calvo, M. 2000. Manual de contaminación marina y restauración del litoral. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 565 pp.

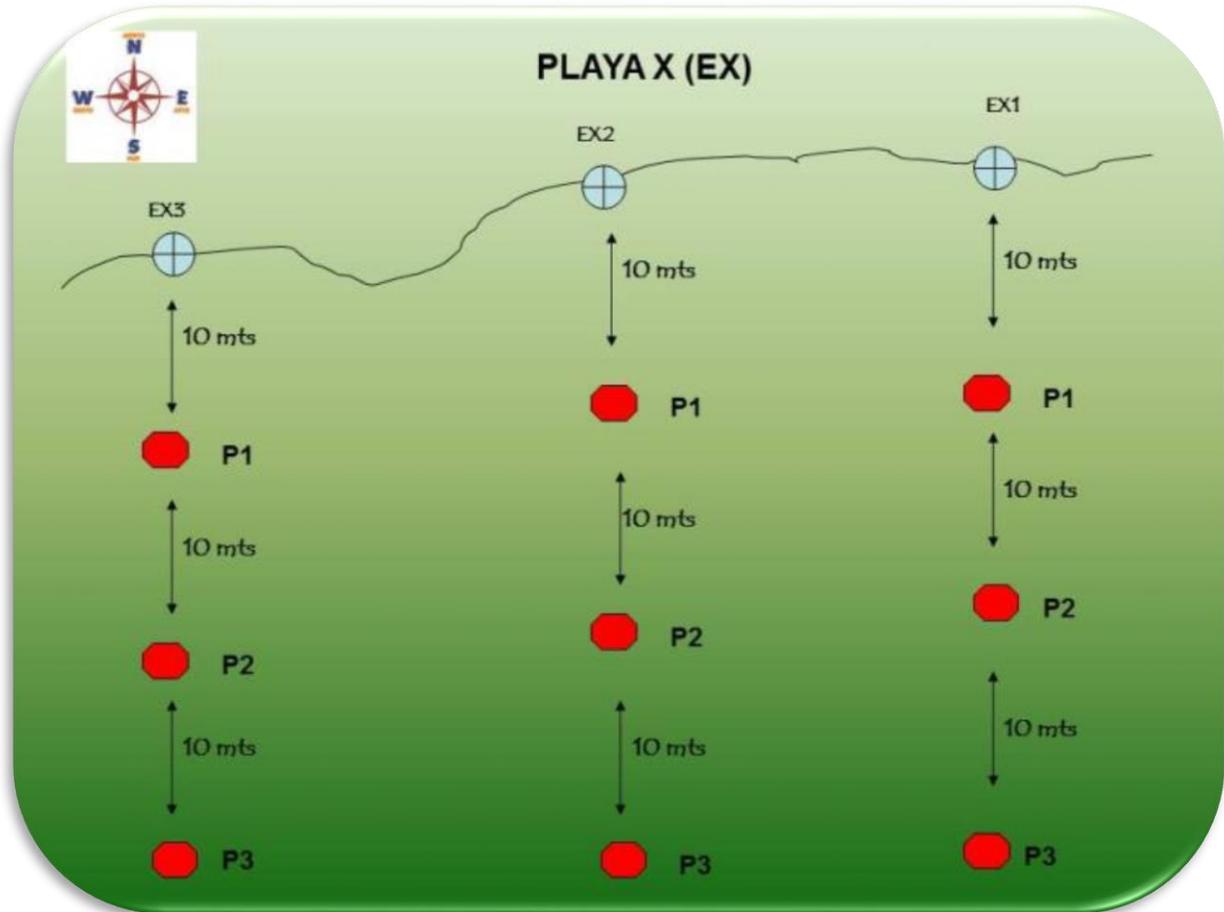
Soffmann, C. 1987. Estudio de la contaminación de las playas del termino municipal de Alicante. Dispersión de contaminantes desde el emisario de La Albufereta. Universidad de Alicante. España. 106 pp.

Vergaray, G., Méndez, C., Morante, H., Heredia, V., y Béjar, VI. 2007. Enterococcus y Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 10, Nº 20, 82-86.

(WHO) World Health Organization,. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments*. Volume 1: Coastal and Fresh Waters.

## X. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la playa El Tunco y El Sunzal.



EX = Estaciones Playa El Tunco, Playa El Sunzal

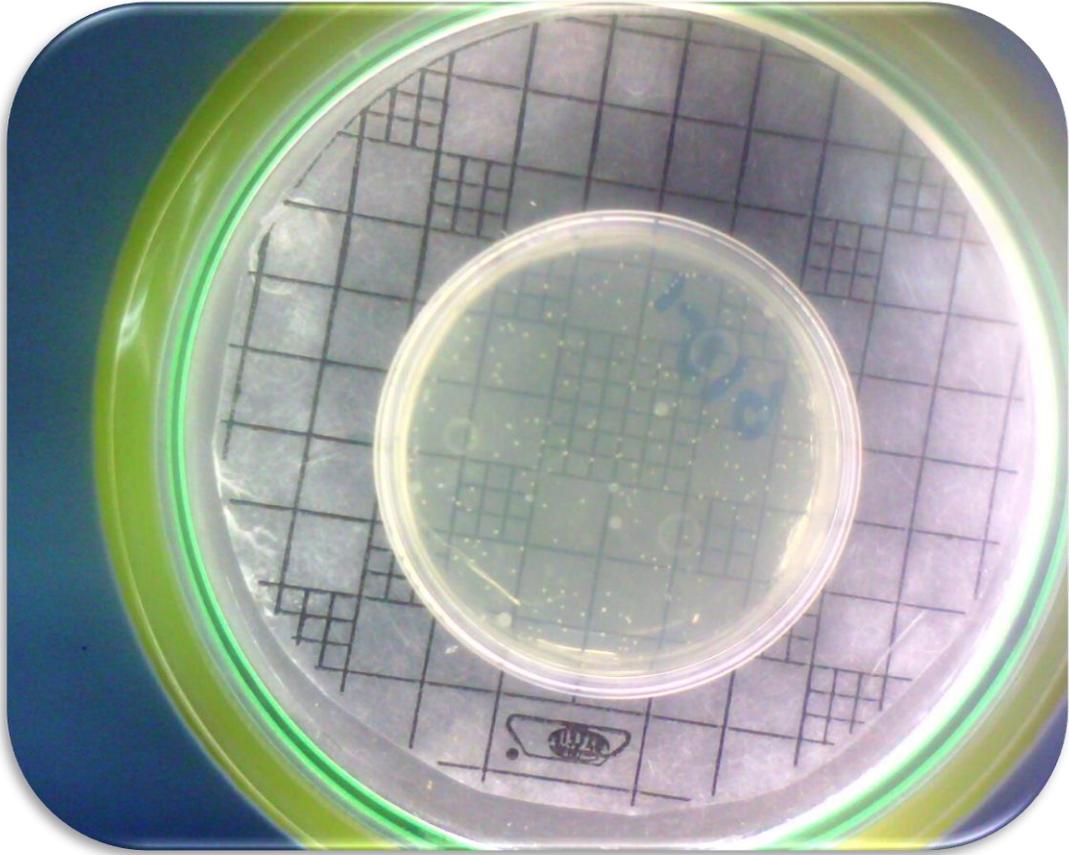
P = Puntos de muestreo

**Anexo 2. Fotografías de algunos resultados de bacterias aisladas, tomadas en el laboratorio.**



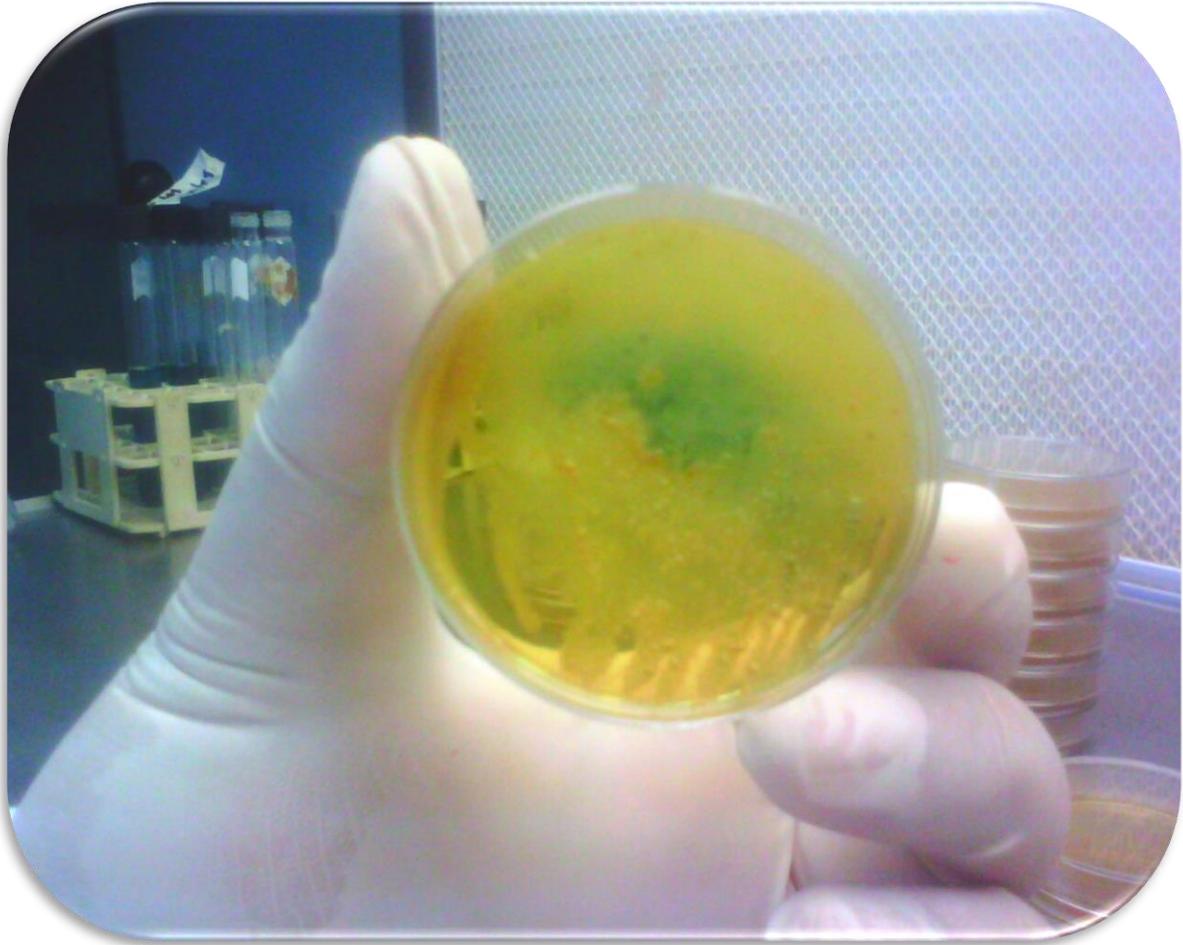
**Foto N°1. Identificación de *Escherichia coli*.**

La coloración verdosa y posteriormente la fluorescencia indica la presencia de la bacteria y para confirmar, se evidencia con la identificación del anillo violeta en la interface del tubo de ensayo.



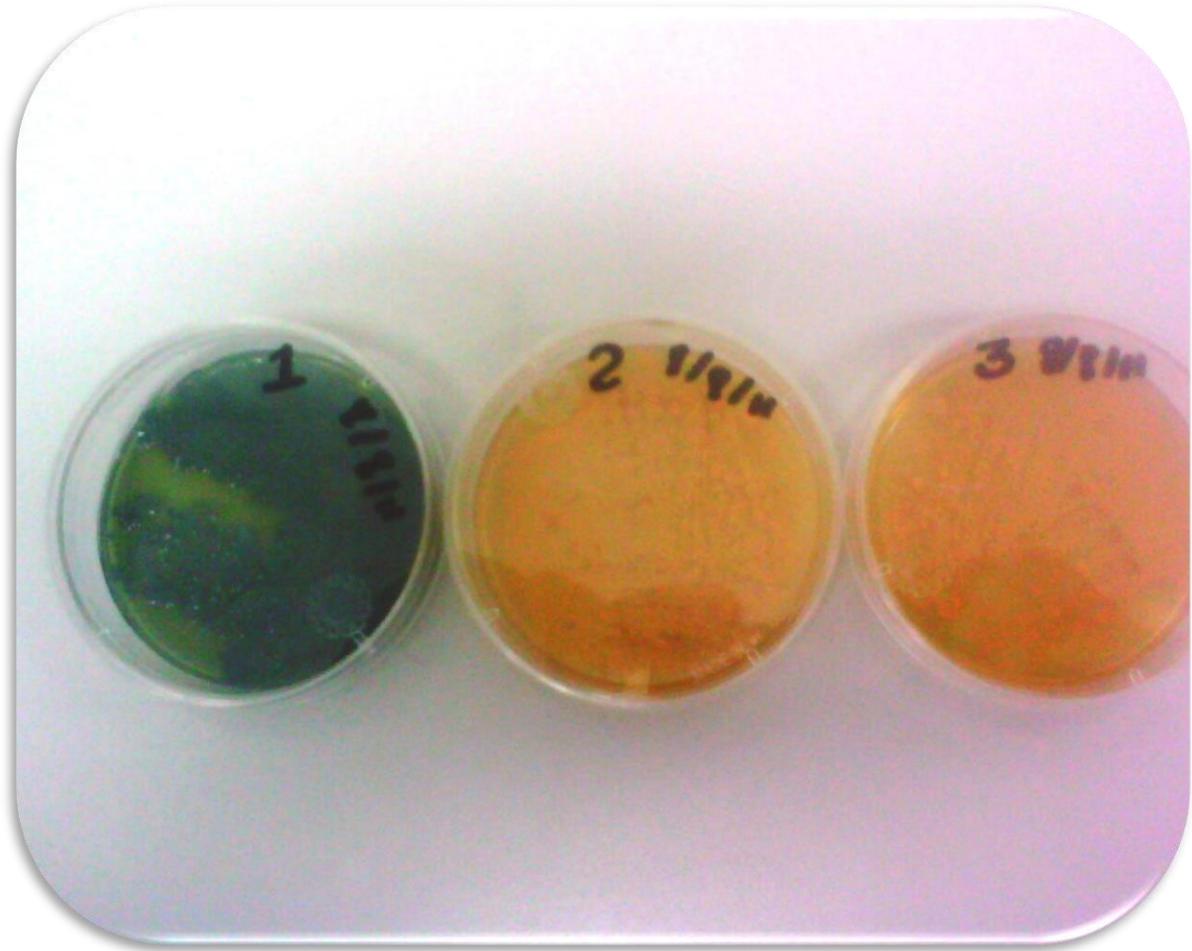
**Foto N° 2. Recuento de bacterias heterótrofas.**

La fotografía N° 2 muestra el recuento total de las bacterias heterótrofas en un contador de colonias digital de una muestra tomada y a una disolución específica.



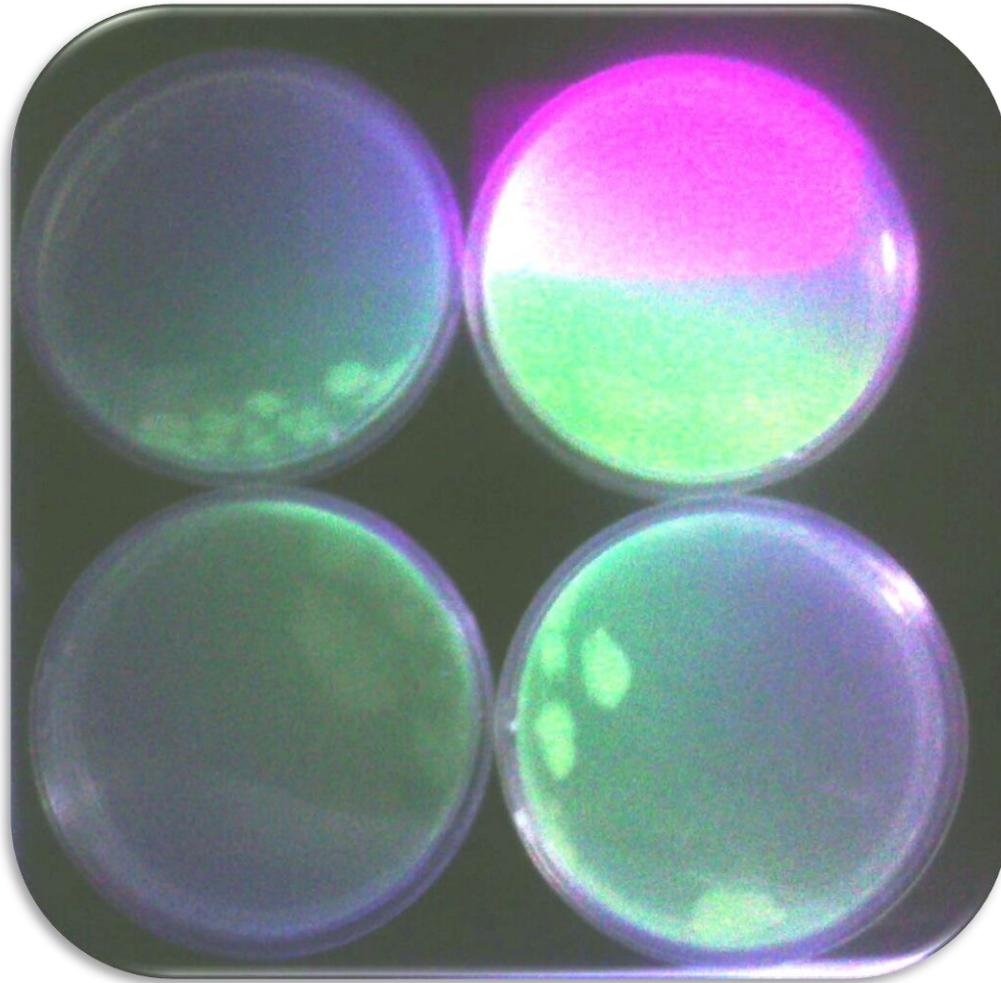
**FOTO N° 3 Cultivo aislado de *Vibrio alginolyticus*.**

La coloración amarilla y el aspecto rugoso de la placa son una de las características de esta bacteria aislada, sin embargo se realizaron pruebas bioquímicas para determinar la presencia de la misma.



**FOTO N° 4 Muestras aisladas de *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio parahaemolyticus*.**

La fotografía N° 4 muestra las diferentes colonias de las bacterias aisladas de las muestras tomadas. La coloración verdosa en la placa indica la presencia de colonias de *Vibrio parahaemolyticus* y la coloración amarilla la presencia de *Vibrio alginolyticus*.



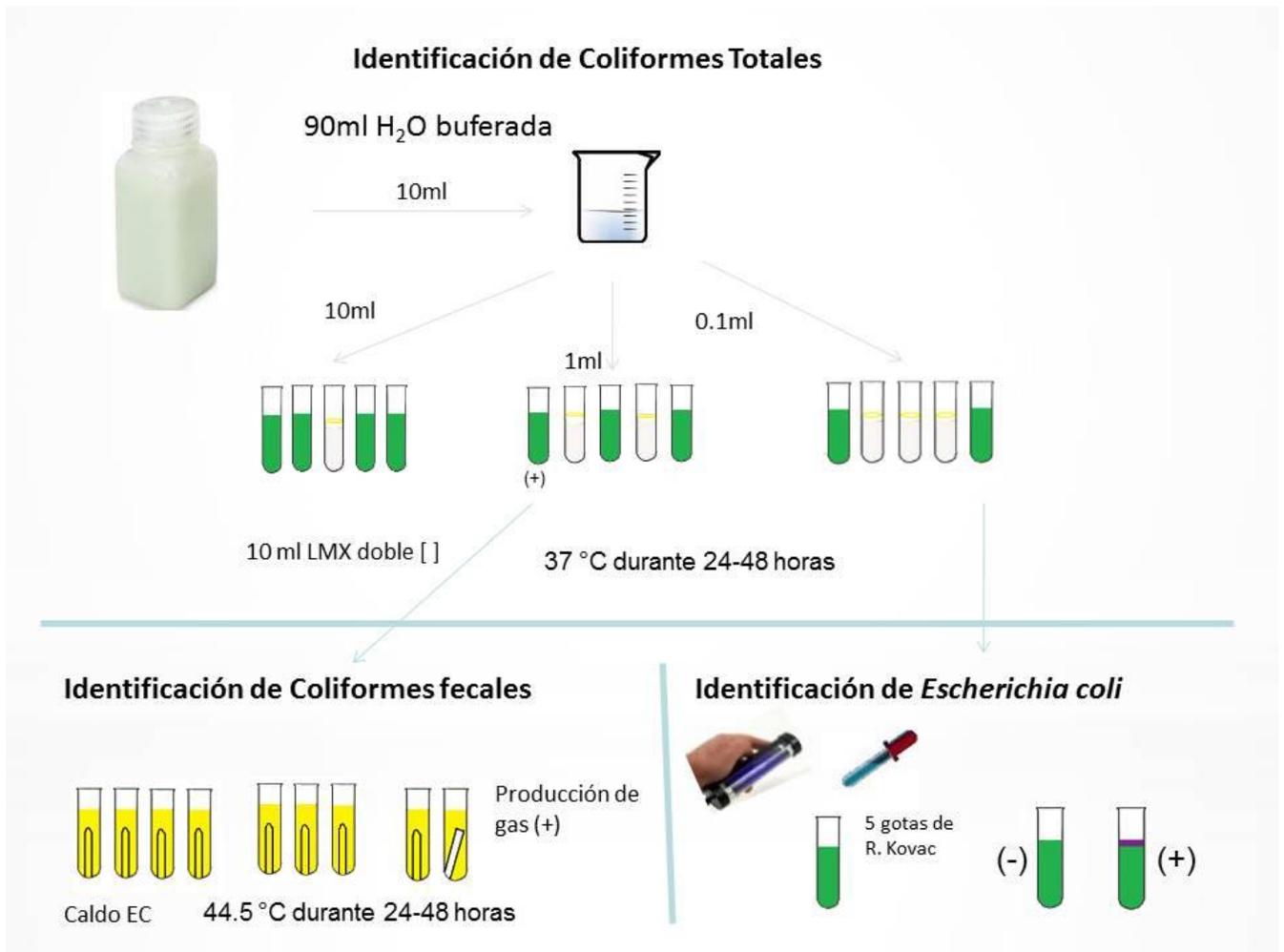
**FOTO N° 5 Cultivo aislado de *Pseudomonas aeruginosa*.**

En esta foto se observa la fluorescencia de las colonias de *Pseudomonas aeruginosa* característica que le confiere por poseer un pigmento conocido como pioverdina.

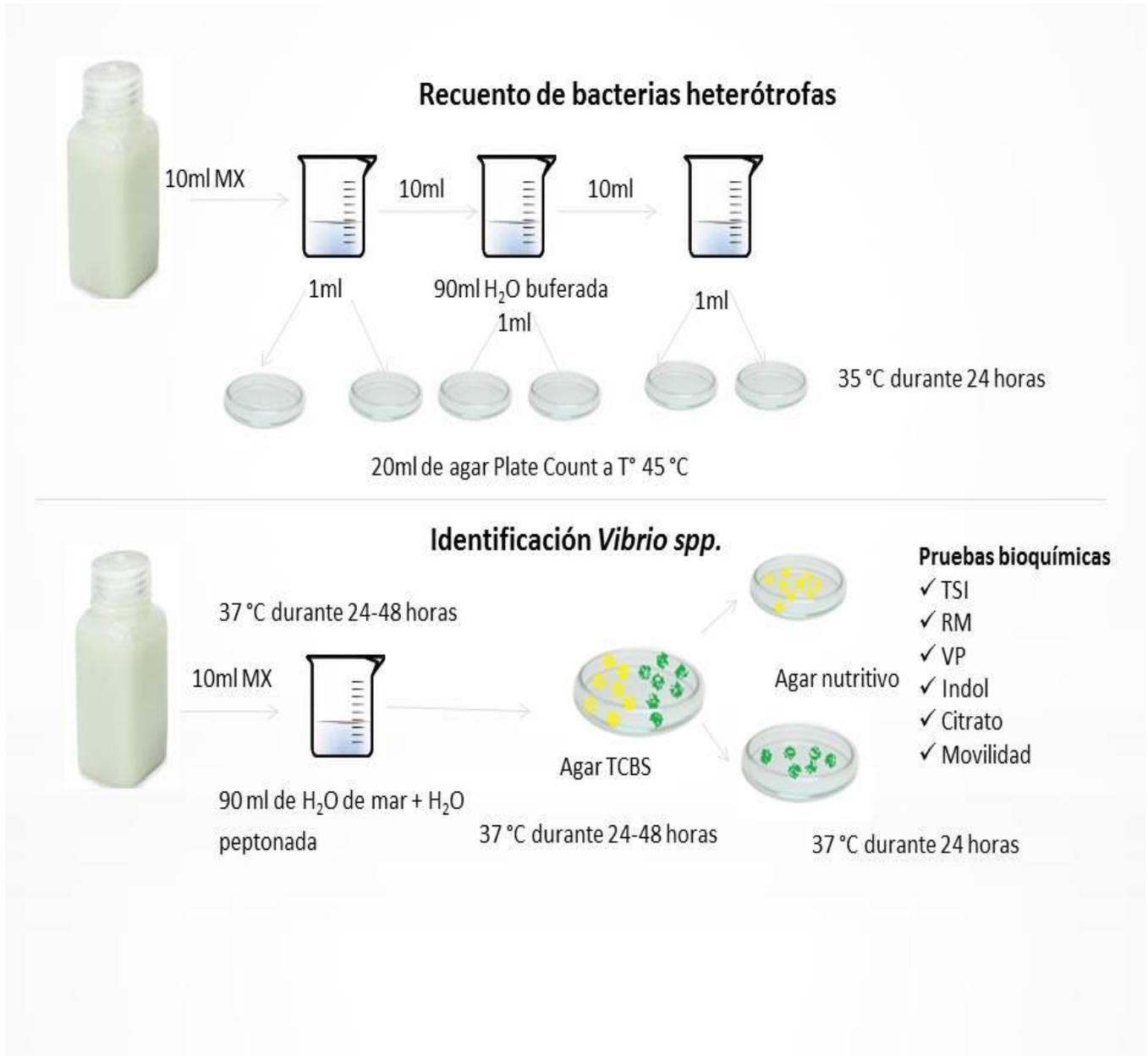
**Anexo 3.** Tabla del número más probable para tres series de cinco tubos de 0,1, 0,01 y 0,001 g, inóculos, y un 95 por ciento de intervalos de confianza (NMP/100ml)

Pos. Tubos			NMP / g	Conf. Lim.		Pos. tubos			NMP / g	Conf. lim.	
0,1	0,01	0,001		Bajo	Alto	0,1	0,01	0,001		Bajo	Alto
0	0	0	<1,8	-	6.8	4	0	2	21	6.8	40
0	0	1	1.8	0,09	6.8	4	0	3	25	9.8	70
0	1	0	1.8	0,09	6.9	4	1	0	17	6	40
0	1	1	3.6	0.7	10	4	1	1	21	6.8	42
0	2	0	3.7	0.7	10	4	1	2	26	9.8	70
0	2	1	5.5	1.8	15	4	1	3	31	10	70
0	3	0	5.6	1.8	15	4	2	0	22	6.8	50
1	0	0	2	0.1	10	4	2	1	26	9.8	70
1	0	1	4	0.7	10	4	2	2	32	10	70
1	0	2	6	1.8	15	4	2	3	38	14	100
1	1	0	4	0.7	12	4	3	0	27	9.9	70
1	1	1	6.1	1.8	15	4	3	1	33	10	70
1	1	2	8.1	3.4	22	4	3	2	39	14	100
1	2	0	6.1	1.8	15	4	4	0	34	14	100
1	2	1	8.2	3.4	22	4	4	1	40	14	100
1	3	0	8.3	3.4	22	4	4	2	47	15	120
1	3	1	10	3.5	22	4	5	0	41	14	100
1	4	0	11	3.5	22	4	5	1	48	15	120
2	0	0	4.5	0,79	15	5	0	0	23	6.8	70
2	0	1	6.8	1.8	15	5	0	1	31	10	70
2	0	2	9.1	3.4	22	5	0	2	43	14	100
2	1	0	6.8	1.8	17	5	0	3	58	22	150
2	1	1	9.2	3.4	22	5	1	0	33	10	100
2	1	2	12	4.1	26	5	1	1	46	14	120
2	2	0	9.3	3.4	22	5	1	2	63	22	150
2	2	1	12	4.1	26	5	1	3	84	34	220
2	2	2	14	5.9	36	5	2	0	49	15	150
2	3	0	12	4.1	26	5	2	1	70	22	170
2	3	1	14	5.9	36	5	2	2	94	34	230
2	4	0	15	5.9	36	5	2	3	120	36	250
3	0	0	7.8	2.1	22	5	2	4	150	58	400
3	0	1	11	3.5	23	5	3	0	79	22	220
3	0	2	13	5.6	35	5	3	1	110	34	250
3	1	0	11	3.5	26	5	3	2	140	52	400
3	1	1	14	5.6	36	5	3	3	180	70	400
3	1	2	17	6	36	5	3	4	210	70	400
3	2	0	14	5.7	36	5	4	0	130	36	400
3	2	1	17	6.8	40	5	4	1	170	58	400
3	2	2	20	6.8	40	5	4	2	220	70	440
3	3	0	17	6.8	40	5	4	3	280	100	710
3	3	1	21	6.8	40	5	4	4	350	100	710

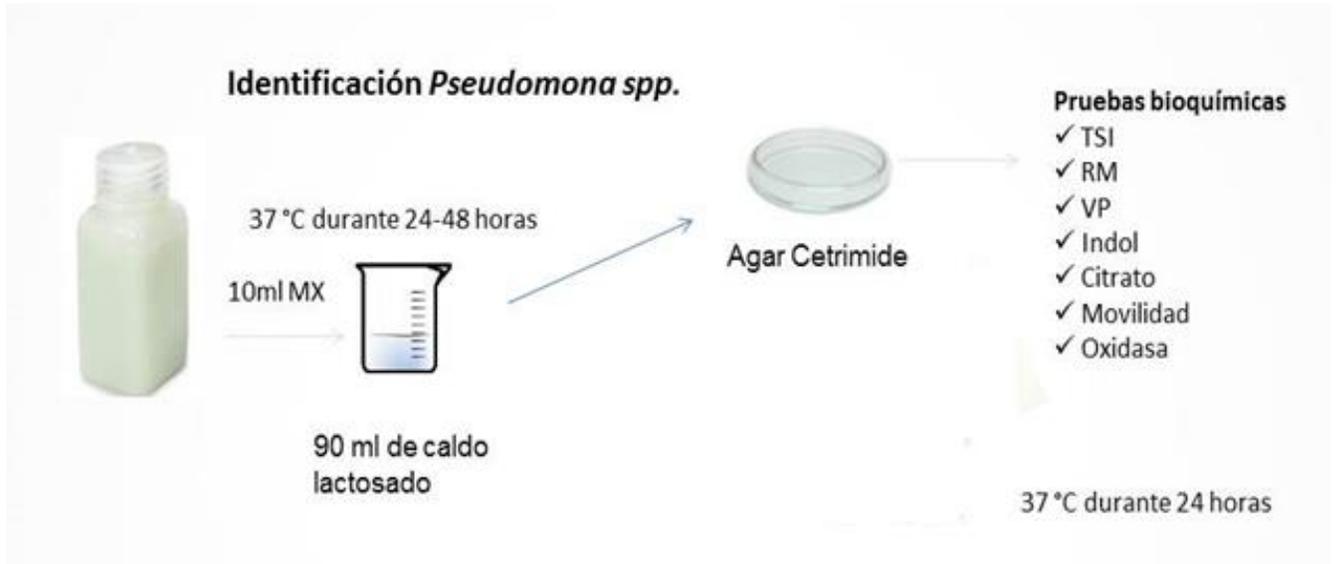
**Anexo 4.** Identificación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*.



## Anexo 5. Recuento de bacterias heterótrofas e identificación de *Vibrio spp.*



**Anexo 6.** Identificación de *Pseudomona spp.*



**Anexo 7.** Norma Mexicana para aguas de uso recreativo.

	<b>APTA PARA USO RECREATIVO</b>	<b>NO APTA PARA USO RECREATIVO</b>
<b>NMX-AA-42-1987</b>	<b>Coliformes Totales, Fecales y <i>Escherichia coli</i></b>	<b>Coliformes Totales, Fecales y <i>Escherichia coli</i></b>
	<b>0 – 500 NMP/100ml</b>	<b>&gt;500 NMP/100ml</b>