



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE

FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

Contaminación por coliformes totales y fecales en efluentes de actividad urbana e industrial vertidos vía dren 4000, y playas de la caleta Santa Rosa. Lambayeque, noviembre – diciembre 2015 y enero 2016.

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

BACH. SIPIÓN GASTULO, DAVID DANIEL

CHICLAYO, DICIEMBRE DEL 2016

**CONTAMINACION POR COLIFORMES TOTALES Y FECALES
EN EFLUENTES DE ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL
VERTIDOS VÍA DREN 4000, Y PLAYAS DE LA CALETA SANTA
ROSA. LAMBAYEQUE, NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y
ENERO 2016.**

AUTOR:

Br. SIPIÓN GASTULO, DAVID DANIEL.

APROBADO POR:

**M.SC. MBLGO. CESAR ALBERTO,
CABREJOS MONTALVO**

(Asesor)

**DR. EDUARDO JULIO,
TEJADA SANCHEZ.**

(Presidente)

**ING. MARCOS GUILLERMO,
GARCIA PAICO.**

(Secretario)

**LIC. BLGO. JOSE ELISEO,
AYASTA VARONA**

(Secretario)

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte del autor y su asesor no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaremos y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Agradecer a Dios, **nuestro Señor, nuestro Guía, nuestro Proveedor**, por estar conmigo en cada paso que he dado, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo de estudio.

Agradecimiento especial y sincero a mi asesor **MSc. César Alberto Cabrejos Montalvo** docente de la Universidad de Lambayeque - UDL, por su apoyo a lo largo del semestre; cuyas ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo realizado.

Agradecer el apoyo, confianza y ayuda recibida por el **MSc. Jorge Fupuy Chung** docente de la Universidad Particular Santo Toribio de Mogrovejo – USAT quien guío y acompañó en el análisis estadístico de este trabajo, ya que sin su dedicación y tiempo no hubiera esclarecido diversas cuestionantes.

Un agradecimiento muy especial a mi tío **Dr. Víctor Samuel Quiroz Juárez**, primo **MSc. Ing. Eder Elías Quiroz Sipión** y **Mblga. Sally Espinoza Peralta**, quienes me brindaron su apoyo incondicional en mi faceta de estudiante y en la realización de mi trabajo de tesis.

En general quiero agradecer a todas y a cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de este trabajo de investigación, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo saben que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

DEDICATORIA

A mis padres **José Bruno Sipi3n Farro** y **Brenilda Gastulo Saavedra** por el inmenso esfuerzo en darme una buena formaci3n llena de valores basada en el amor, confianza, comprensi3n, paciencia y lealtad; porque a pesar de las dificultades, hicieron grandes sacrificios para darme una buena educaci3n, por creer en m3 y estar siempre conmigo apoy3ndome y aconsej3ndome en los momentos m3s dif3ciles. Ustedes son el motivo principal que me permite continuar luchando d3a tras d3a.

A mis hermanos **Jos3 Bruno**, **Silvia Esther**, **Damaris Elizabeth** y **Jos3 Mois3s** por estar siempre presentes, acompa3ndome y apoy3ndome incondicionalmente para poderme realizar.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01	NÚMERO DE COLIFORMES TOTALES EN EFLUENTES DE LA ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL VERTIDOS VÍA DREN 4000 AL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	36
TABLA 02	NÚMERO DE COLIFORMES FECALES EN EFLUENTES DE LA ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL VERTIDOS VÍA DREN 4000 AL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	37
TABLA 03	NÚMERO DE COLIFORMES TOTALES EN LAS PLAYAS DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	39
TABLA 04	NÚMERO DE COLIFORMES FECALES EN LAS PLAYAS DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	40
TABLA 05	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS PROMEDIOS DE COLIFORMES TOTALES EN EFLUENTES DE LA ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL VERTIDOS VÍA DREN 4000 AL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	41
TABLA 06	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS PROMEDIOS DE COLIFORMES FECALES EN EFLUENTES DE LA ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL VERTIDOS VÍA DREN 4000 AL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	42
TABLA 07	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS PROMEDIOS DE COLIFORMES TOTALES	70
TABLA 08	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS PROMEDIOS DE COLIFORMES FECALES	71
TABLA 09	VALORES COMPARATIVOS SIMULTÁNEOS - TUKEY	72
TABLA 10	NÚMERO MAS PROBABLE	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01	NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES TOTALES PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO (LAGUNAS DE OXIDACIÓN, ECOMPHISA, CEPPAR Y PUNTO DE UNIÓN DEL DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	36
GRÁFICO 02	NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO (LAGUNAS DE OXIDACIÓN, ECOMPHISA, CEPPAR Y PUNTO DE UNIÓN DEL DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	37
GRÁFICO 03	NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO (LAGUNAS DE OXIDACIÓN, ECOMPHISA, CEPPAR Y PUNTO DE UNIÓN DEL DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	39
GRÁFICO 04	NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES PRESENTES EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO EN EL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016	40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01	MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE SANTA ROSA.	57
FIGURA 02	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS CONSTITUIDOS POR AGUA RESIDUAL VÍA DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA.	58
FIGURA 03	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA ZONA INTERMAREAL EN LA CALETA SANTA ROSA.	59
FIGURA 04 FIGURA 05	NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-112-SSA1-1994.	60
FIGURA 06 FIGURA 07 FIGURA 08 FIGURA 09	DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (DESCARGA LIBRE).	61
FIGURA 10 FIGURA 11 FIGURA 12 FIGURA 13	DESCARGA DEL EFLUENTE DE ECOMPHISA (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (DESCARGA LIBRE).	62
FIGURA 14 FIGURA 15 FIGURA 16 FIGURA 17	DESCARGA DEL EFLUENTE DE CEPAR (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (DESCARGA LIBRE).	63
FIGURA 18 FIGURA 19 FIGURA 20 FIGURA 21	DESCARGA DEL EFLUENTE DEL DREN 4000 (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (SEGÚN NORMA OFICIAL DE DIGESA).	64
FIGURA 22 FIGURA 23 FIGURA 24 FIGURA 25	REALIZANDO EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO UTILIZANDO LA TÉCNICA DEL NMP PARA C.T Y C.F; UTILIZANDO CALDO BRILLA, CALDO SULFATO LAURIL Y CALDO LACTOSA.	65

FIGURA 26	OBSERVANDO EL CRECIMIENTO DE LOS C.T Y C.F; UTILIZANDO CALDO BRILLA, CALDO	
FIGURA 27	SULFATO LAURIL Y CALDO LACTOSA, OBSERVANDO LA PRESENCIA DE TURBIDEZ Y	
FIGURA 28		66
FIGURA 29	REDUCCIÓN DE GAS EN LAS CAMPANAS.	
FIGURA 30	AISLAMIENTO EN LOS MEDIOS DE CULTIVO: AGAR MAC CONKEY PARA LA	
FIGURA 31	IDENTIFICACIÓN DE LOS COLIFORMES A PARTIR DE LOS TUBOS QUE	
FIGURA 32		67
FIGURA 33	REPRESENTARON TURBIDEZ Y PRODUCCIÓN DE GAS.	
FIGURA 34	FINALIZA LA SIEMBRA DE LOS TUBOS QUE REPRESENTARON TURBIDEZ Y PRODUCCIÓN	
FIGURA 35	DE GAS, SE LLEVARON LOS MEDIOS A INCUBADORA A UNA TEMPERATURA DE	
FIGURA 36		68
FIGURA 37	37°C/24 HORAS.	
FIGURA 38		
FIGURA 39	IDENTIFICACIÓN DE LOS C.F Y C.T UTILIZANDO PRUEBAS BIOQUÍMICAS: TSI, LIA,	
FIGURA 40		69
FIGURA 41	CITRATO Y SIM.	

CONTENIDO

Cap.	Ítem	Pág.
	ÍNDICE DE TABLAS	V
	ÍNDICE DE GRÁFICOS	VI
	ÍNDICE DE FIGURAS	VII
	RESUMEN	XI
	ABSTRACT	XII
I	INTRODUCCIÓN	13
II	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	15
III	MATERIALES Y MÉTODOS	25
1	ÁREA DE ESTUDIO	25
	1.1. UBICACION DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
	1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES GENERADORAS DECONTAMINACIÓN DEL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA	25
	1.2.1. DREN 4000	26
	1.2.2. RESIDUOS URBANOS E INDUSTRIALES DEL DISTRITO DE LA VICTORIA	26

	1.2.3. LAGUNA PRIMARIA DE ESTABILIZACIÓN DE AGUASRESIDUALES DEL DISTRITO DE SANTA ROSA	27
	1.2.4. TERMINAL PESQUERO Y EMPRESA COMERCIALIZADORA DE PRODUCTOS HIDROBIOLÓGICOS - S.A ECOMPHISA	28
	1.2.5. CENTRO DE PROCESAMIENTO PESQUERO ARTESANAL – CEPPAR	28
	1.3. MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DELAGUA	29
2	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	31
3	MATERIALES, MEDIOS DE CULTIVO, REACTIVOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO	31
4	TÉCNICAS DE MUESTREO Y REGISTRO DE DATOS	32
5	MÉTODO DE ANÁLISIS	33
IV	RESULTADOS	35
V	DISCUSIÓN	43
VI	CONCLUSIÓN	47
VII	RECOMENDACIONES	48
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
IX	ANEXOS	56

RESUMEN

La presente investigación fue realizada con el objetivo de Determinar los niveles de contaminación para Coliformes Totales y Fecales en efluentes de actividad urbana e industrial vertidos vía Dren 4000, y playas de la Caleta Santa Rosa durante los meses de Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016. El vertido de efluentes cloacales sin tratamiento constituye la principal causa del deterioro de la calidad de agua de las playas de la caleta Santa Rosa. Se establecieron 8 puntos críticos de muestreo quincenal. Los recuentos de coliformes totales y fecales se realizaron mediante la técnica del Numero Más Probable (NMP). Los niveles de Coliformes Totales y Fecales (Termotolerantes) que se reportaron en los puntos críticos del Dren 4000 fueron: Punto (A): Efluente de la Laguna de Estabilización CT: 9200 NMP/100 ml, CF: 18 NMP/ 100 ml; Punto (B): Efluente del Terminal Pesquero ECOMPHISA CT: 5345 NMP/ 100 ml, CF: 18 NMP/100 ml; Punto (C): Efluente del CEPPAR CT: 5610 NMP/100 ml, CF: 16000 NMP/100 ml y Punto (D): Efluente de Unión de los Efluentes que desembocan en el Mar de la Caleta Santa Rosa CT: 463 NMP/100 ml, CF: 159 NMP/100 ml. Los niveles de Coliformes Totales y Fecales (Termotolerantes) que se reportaron en los puntos críticos de Agua de Mar de la Caleta Santa Rosa fueron: Punto (E): Unión del Mar y Efluentes del Dren 4000 CT: 16000 NMP/100 ml, CF: 16000 NMP/ 100 ml; Punto (F): 100 metros a la derecha del punto de unión Dren 4000 CT: 5345 NMP/ 100 ml, CF: 18 NMP/100 ml; Punto (G): 100 metros a la izquierda del punto de unión Dren 4000 CT: 5455 NMP/100 ml, CF: 10685 NMP/100 ml y Punto (H): Zona de pesca artesanal CT: 346 NMP/100 ml, CF: 103 NMP/100 ml, superando los Límites Máximos Permisibles según la Ley General de Aguas y la EPA. Se concluye el alto grado de contaminación de los efluentes de la actividad urbana e industrial y de las playas a causa del vertimiento directo de aguas residuales y el arrojado de desechos por parte de los pescadores y embarcaciones, constituyéndose en focos infecciosos para la transmisión de enfermedades.

Palabras clave: Contaminación fecal, efluentes, coliformes totales y fecales, lagunas de oxidación, calidad del agua.

ABSTRACT

This research was performed in order to determine the levels of contamination for total coliforms and Fecales in effluents from urban and industrial activity poured drain 4000, and beaches of Caleta Santa Rosa during the months of November - December 2015 and January 2016. The discharge of untreated sewage is the main cause of the deterioration of the water quality of the beaches of the Santa Rosa Creek. Is established 8 points critical of sampling fortnightly. The counts of coliform total and fecal is performed by the technical of the number more likely (NMP). Levels of coliforms and Fecales (Thermotolerant) that were reported in the critical points of the 4000 drain were: point (A): effluent of the lagoon of stabilization CT: 9200 MPN/100 ml, CF: 18 MPN / 100 ml; Point (B): Terminal Pesquero ECOMPHISA CT effluent: 5345 MPN / 100 ml, CF: 18 MPN/100 ml; Point (C): effluent CEPPAR CT: 5610 MPN/100 ml, CF: 16000 NMP/100 and point (D): effluent of Union of effluents flowing into the sea of the Caleta Santa Rosa CT: 463 MPN/100 ml, CF: 159 MPN/100 ml. Levels of coliforms and Fecales (Thermotolerant) that were reported in the critical points of sea water of the Santa Rosa's Cove were: point (E): Union of sea and effluents from the drain 4000 CT: 16000 MPN/100 ml, CF: 16000 MPN / 100 ml; Point (F): 100 metres to the right of the point of attachment drain 4000 CT: 5345 MPN / 100 ml, CF: 18 MPN/100 ml; Point (G): 100 metres to the left of the point of attachment drain 4000 CT: 5455 MPN/100 ml, CF: 10685 MPN/100 ml and point (H): CT fishing area: 346 MPN/100 ml, CF: 103 MPN/100 ml, exceeding the limits maximum permissible according to the General Law of Waters and the EPA. It is concluded the high degree of contamination of the effluents of urban and industrial activity and the beaches because of the direct dumping of sewage and the bravery of waste by the fishermen and boats, becoming infectious foci for disease transmission.

Key words: pollution fecal, effluent, coliforms total and fecal, lagoons of oxidation, quality of the water.

I. INTRODUCCIÓN

El litoral del departamento de Lambayeque, posee un gran valor biológico por sus principales fuentes de recursos pesqueros, comunidades de plantas, organismos terrestres y acuáticos, dando lugar a flora y fauna diversa. Pero en los últimos años, la calidad de las aguas en las zonas costeras del Perú, se ha visto impactada por la contaminación marina que está relacionada con el incremento de las actividades antropogénicas causadas por la población humana que habita en estas zonas y su manejo e inadecuado control de los desechos sólidos y líquidos. **(Monteza, J., 2004).**

La Caleta Santa Rosa es un Distrito de la Región Lambayeque, con un acelerado desarrollo industrial y artesanal, que vierte sus descargas al mar a través del canal de drenaje de la cuenca Chancay – Lambayeque denominado Dren 4000, el mismo que recibe residuos líquidos urbanos e industriales del Distrito de La Victoria, efluente de la laguna de Oxidación del distrito de Santa Rosa, aguas residuales de las actividades realizadas en el Terminal Pesquero ECOMPHISA, del procesamiento artesanal del pescado seco – salado en ambientes rústicos ubicados en ambos lados del dren 4000 y del Centro de Procesamiento Pesquero Artesanal (CEPPAR), teniendo como objetivo final la zona marina litoral generando un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos como: bacterias, Virus, Parásitos, Hongos, etc. **(Díaz, L., 2003).**

Así mismo, se ha demostrado que estos efluentes llegan con una carga microbiana elevada de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, que son un grupo de bacterias, que habitan en plantas, suelos, animales, incluyendo los humanos y que son utilizadas como indicadores de contaminación fecal, constituyendo un peligro para la salud de los bañistas y para los que laboran artesanalmente en las playas.

Estos coliformes son bacilos gram negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de gas en 24 – 48 horas a 37°C y que incluyen cuatro géneros de la familia de Enterobacteriaceae: *Escherichia sp*, *Klebsiella sp*, *Citrobacter sp* y *Enterobacter sp*. (Lina et al., 2008).

Ante la problemática expuesta, se formula el siguiente **problema científico**: *¿Cuáles son los niveles de contaminación para Coliformes Totales y Fecales en efluentes de actividad urbana e industrial vertidos vía Dren 4000, y playas de la Caleta Santa Rosa durante los meses de Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016?*; para lo cual se propuso el siguiente **objetivo**: *Determinar los niveles de contaminación utilizando el método del: NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) para Coliformes Totales y Fecales en efluentes de actividad urbana e industrial vertidos vía Dren 4000, y playas de la Caleta Santa Rosa durante los meses de Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016*, planteándose la **hipótesis**: *Existe niveles elevados de contaminación utilizando el Número Más Probable para Coliformes totales y fecales en efluentes de actividad urbana e industrial vertidos vía Dren 4000, y playas de la Caleta Santa Rosa durante los meses de Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016.*

II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Un estudio efectuado por la **Autoridad Nacional del Agua (ANA)** en 129 de las 159 cuencas hídricas del país permitió conocer que todos los ríos analizados están contaminados, en diversos sectores, con coliformes termotolerantes (fecales) y metales pesados. La alteración de la calidad del agua destinada para el consumo humano y para actividades agrícolas e industriales se debe principalmente al vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos de las poblaciones asentadas cerca de los cauces.

La presencia de coliformes es constante, dijo **Paola Chinen Guima, 2017**, responsable del Área de Gestión Operativa de la Calidad de los Recursos Hídricos de la ANA. De acuerdo con el documento, los principales ríos contaminados son: el Chumbao, Chincheros y Santos Tomás (Apurímac), Ragra (Pasco), Lurín, Mala y Cañete (Lima), Santa (Áncash), Chira (Piura), Virú (La Libertad), Nanay e Itaya (Loreto), Huallaga (San Martín) y Tumbes, todos presentan altos niveles de coliformes. Respecto a los depósitos naturales de agua, el lago Titicaca (Puno) y la laguna Patarcocha (Pasco), se hallaron también coliformes.

SIAS (2010). En un estudio realizado sobre la contaminación microbiológica y parámetros fisicoquímicos de tres fuentes de abastecimiento de agua del BRUNAS concluye que las aguas de las quebradas por estar fuera de los límites máximos permisibles con respecto a los parámetros microbiológicos no son aptas para el consumo, encontrándose la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* termotolerante.

Estrada et al., (2009). Evaluó 11 puntos críticos de efluentes vertidos en el Dren 4000 Santa Rosa y playa Santa Rosa, lo cual obtuvo los siguientes resultados: Densidad de Coliformes y *Enterococcus sp* en el mar de la Caleta Santa Rosa en la desembocadura de aguas residuales del Dren 4000 y próxima a esta, muestran el alto grado de contaminación fecal con valores de 1.1×10^7 NMP/100 ml de Coliformes totales, 6.3×10^6 Coliformes termotolerantes y 3.7×10^4 NMP/100 ml de *Enterococcus faecalis* en su desembocadura, 1.5×10^5 NMP/100 ml de Coliformes totales, 8.1×10^4 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y 7.0×10^3 *Enterococcus faecalis* a 100 metros a la derecha del vertimiento y 2.5×10^4 NMP/100 ml de Coliformes totales, 9.7×10^3 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y 2.7×10^3 *Enterococcus faecalis* a la izquierda del vertimiento siendo esta agua de mar usada para el lavado de pescado y procesamiento informal del pescado salado, incumpliendo los límites bacteriológicos establecidos por aguas de mar Tipo IV y V.

Estrada et al., (2009); Detectó alta carga microbiana en el Terminal Pesquero ECOMPHISA del distrito de Santa Rosa, registrándose niveles elevados de contaminación fecal de 3.4×10^9 NMP/100 ml de Coliformes Totales y 1.2×10^9 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes.

Vergaray et al., (2007); Evaluaron el agua de 8 playas del litoral limeño, realizado en el mes de Enero (verano) del 2006, demostrando que el agua de 3 playas: Pescadores, Caballeros y Naplo, superó el límite de 1000 NMP/100 ml Coliformes Termotolerantes. En el mes de Julio (invierno) del 2005, el agua de las 8 playas no superó los 5000 NMP/100 ml Coliformes Totales, ni los 1000 NMP/100 ml Coliformes Fecales.

Los Coliformes y Enterococos como indicadores son incluidos en las directrices para determinar la calidad microbiológica del agua de mar en diferentes países, reportándose en Argentina por **Pérez Guzzi et al., (2006)**; que realizó estudios microbiológicos del agua de mar de las playas en Mar del Plata y correlacionó los valores respecto a las estaciones del año y los resultados de los muestreos, manifestando que la contaminación microbiana de origen fecal se eleva en forma significativa en verano, ello posiblemente se debe al aumento notable de los usuarios y de la población que habita en las cercanías de la playa, lo cual trae como consecuencia mayor población que defeca y mayor volumen de desagüe doméstico que va a descargar en la zona playera.

Herrera et al., (2005); Seleccionaron 2 playas arenosas de litoral caribeño, la de Tucacas y Agua Sal que son sometidos a descargas importantes de aguas servidas, mayormente por la influencia de las desembocaduras de ríos. Los valores estimados de Coliformes Totales y Fecales en la columna de agua de las localidades en estudio cumplieron con los límites establecidos para las aguas Tipo IV, excepto durante el segundo muestreo realizado en la playa de Tucacas a comienzos de Abril, cuando se obtuvieron valores de Coliformes totales de 1600 NMP/100 ml y termotolerantes de 900 NMP/100 ml en contraste a los límites fijados de 1000 NMP/100 ml de Coliformes Totales y 200 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes.

Castañeda, (2005); menciona que la producción del pescado seco – salado a nivel artesanal y como parte de las actividades del Centro de Procesamiento Pesquero Artesanal (CEPPAR), genera residuos sólidos y líquidos evacuados a las orillas de las playas de la Caleta Santa Rosa y al Dren 4000, originando olores desagradables, presencia de vectores mecánicos a causa de la descomposición de aminoácidos de vísceras de pescado y bacterias coliformes. A todo esto evaluó el procesamiento de pescado salado en el Distrito de Santa Rosa, donde pudo registrar niveles de Coliformes Totales 9.1×10^7 NMP/100 ml y 3.5×10^7 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes.

Carbajal et al (2004); como parte del diagnóstico ambiental de la zona costera de Lambayeque realizado por el Laboratorio costero de Santa Rosa. IMARPE manifestó que el continuo arrojado de desechos domésticos e industriales al Dren 4000 en Santa Rosa, tiene una influencia hasta 600 metros más al norte, percibiéndose un olor nauseabundo y una coloración rojiza del agua de mar en la orilla, área en donde se realiza actividades de pesca (Caballitos a la pinta, marisqueo) y de recreación (bañistas), convirtiéndose en un peligro latente para la transmisión de enfermedades gastrointestinales.

Días, (2004); realizó un estudio sobre el nivel de contaminación fecal de las aguas marinas costeras en la caleta Santa Rosa, relacionada con la presencia de coliformes fecales y *Enterococcus sp* como indicadores de contaminación fecal; indicando que el nivel de contaminación en las aguas marinas costeras de la caleta es elevada, siendo el Dren 4000 la causa notoria de dicha contaminación ya que recibe directamente las aguas residuales de la laguna de estabilización del distrito de Santa Rosa. La presencia de una marcada coloración rojiza, olores ácidos y sulfurosos, atribuye la presencia de bacterias que habitan con un elevado contenido de azufre. Sobre este aspecto, la **Dirección Regional de Producción del Gobierno Regional de Lambayeque (2004)**, señaló que la coloración rosácea se debe a la presencia de *Thiopedia roseae*, la que en la consideración del Toldar's Online Textbook of Microbiología (2004), los incluye en un grupo denominados bacterias fotosintéticas verdes y purpuras, que conducen a un proceso de fotosíntesis anoxigenicas, lo que no produce oxígeno sino que ocurre en condiciones anaeróbicas.

Así mismo **Wenke y Vogt., (1991);** estudiaron los patrones de crecimiento y proliferación de la bacteria purpura de azufre *Thiopedia roseae* en lagunas de oxidación donde predominaban los residuos ganaderos, donde observaron que las concentraciones de sulfuros eran mucho más altas en los meses de invierno y que la *T. roseae* podía sobrevivir solamente hasta una concentración máxima de sulfuro de 3,2 mg/l.

Monteza, (2003); Realizó estudios en efluentes de la laguna primaria de estabilización del Distrito de Santa Rosa, obteniendo valores de Coliformes Totales de 3.5×10^4 NMP/100 ml y Coliformes Termotolerantes 3.3×10^3 NMP/100 ml.

Así mismo **Díaz, (2003);** estudió el nivel de contaminación fecal de las aguas marinas costeras de la Caleta Santa Rosa, registrándose valores como 39.40 y 10.6 NMP/100 ml de Coliformes Totales y 62.0 y 71.80 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes, resultando aptas para los baños recreacional teniendo en cuenta la Ley General de aguas.

Así mismo **Zamora et al., (2002);** Reportaron estudios realizados en efluentes industriales del Distrito la Victoria, donde determinaron la presencia de Coliformes Totales en 5.89×10^7 NMP/100 ml y Coliformes Termotolerantes en 3.07×10^7 NMP/100 ml.

Paz M. (2003), menciona que las materias fecales del hombre y de los animales contienen una gran variedad de microorganismos enteropatógenos como Campylobacter, Salmonella, Shiguella, Yersinia, Aeromonas, Pasteurella, Francisella, Leptospira, Vibrio, protozoarios y varios grupos de virus. Cuando estos microorganismos son descargados en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo de transmisión de enfermedades para la población humana.

Suárez M. (2002), corrobora que la enumeración de bacterias o grupos de bacterias indicadoras de contaminación fecal es utilizada para valorar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que los especialistas deben seleccionar el apropiado para la situación específica en estudio. Dentro del rango de los indicadores se encuentran el grupo de bacterias coliformes, E. coli, colifagos, Bifidobacterium sp., Clostridium perfringens y el grupo estreptococos fecales.

Orozco, (2001); Analizó el grado de contaminación de efluentes domésticos e industria pesquera, obteniendo los máximos promedios de 1.0×10^6 NMP/100 ml y 1.0×10^7 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes en las Bahías de Paita y el Callao respectivamente. Observo que las principales fuentes contaminantes fueron las descargas de aguas residuales de los efluentes domésticos e industriales que aportan altos niveles de materia orgánica y carga bacteriana que generan problemas a la salud pública.

Jay (2001); señaló que en 1982, Schardinger fue el primero en utilizar a *Escherichia coli* como indicador de microorganismos patógenos transmitidos por el agua y que un año después, Teobaldo Smith hace constar que este microorganismo se encuentra constantemente en el tracto intestinal por lo que su presencia en otros hábitats, indica una posible contaminación fecal. Así mismo, el empleo de coliformes como indicadores de organismos patógenos en el agua, es una práctica vigente en la actualidad, ya que el hallazgo de gran número de estos indica polución fecal.

Carrasquillo, (2000). Evaluó Coliformes Termotolerantes en las aguas del Balneario Público de Isla Verde en Carolina reportando valores entre 84.6 y 169.6 UFC/100 ml sin superar el límite permisible de 200 UFC/100 ml, considerándola como apta para el baño recreacional. Las playas de la ciudad de Chancay se encuentran altamente contaminadas por las descargas de los efluentes de las fabricas procesadoras de pescado y la presencia de descargas de colectores urbanos; estas pueden considerarse como las principales fuentes que provocan la contaminación de las aguas costeras de Chancay. Por otra parte, los muestreos de agua de mar realizados por el Hospital de Chancay, durante el año 2000 reportan valores de Coliformes Totales que están en el rango de 930 NMP/100 ml a $2,4 \times 10^4$ NMP/100 ml, esto estaría creando un ambiente anóxico y carente de vida en el ecosistema marino de la bahía de Chancay. **IPEMIN, (1999)**

Para **RIGOLA (1999)**, la bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y lactosa. Otros organismos usados como indicadores de contaminación fecal son los *Streptococos* fecales y los clostridios. Los análisis bacteriológicos de aguas se realizan por el método de los tubos múltiples y se expresan en términos del número más probable (índice NMP) en 100 ml de agua.

DIGESA, (1997); Clasificó a las playas como propias e impropias de acuerdo a la densidad de Coliformes Fecales durante 5 semanas consecutivas. Las playas clasificadas como propias se sub clasifican en la categoría muy buena con un valor máximo de 250 Coliformes Fecales como NMP/100 ml; buena con 500 Coliformes Fecales, regular con 1000, mala con 4000 y muy mala con valores superiores a 4000 Coliformes Fecales.

Gómez (1995) da cuenta de estudios sobre contaminación en los cuerpos de agua en la ciudad de Tarapoto, los ríos Cumbaza, Shilcayo y la quebrada Ahuashiyacu, los cuales vierten sus aguas al río Mayo. En este estudio se concluyó que estos cuerpos de agua se encuentran contaminados por Coliformes Totales en niveles superiores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) para consumo humano y contaminación por Coliformes Termotolerantes en algunos puntos de estos ríos, además de contaminación por nitratos en el río Cumbaza y Río Mayo, y en el río Shilcayo después de recibir las aguas servidas de la ciudad. Todo esto debido a que las aguas servidas generadas, propias de las actividades humanas, no solo de la ciudad, sino de otras poblaciones establecidas a orillas de estos ríos, son vertidas a estos cuerpos de agua sin un tratamiento previo.

Li. (1995); Realizó estudios respecto a la contaminación microbiológica de la playa Cantolao en la Punta Callao, registrándose valores de 13 a 4300 NMP/100 ml de Coliformes Totales, de 4 a 230 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes que le dan la categoría de zona apta para el baño recreacional pero con niveles de 2 a 930 NMP/100 ml de *Enterococos fecales* superando los niveles establecidos por la EPA, considerando como mejores indicadores para determinar la calidad bacteriológica del agua de mar.

Davis et al (1995). Señalaron que son varios los factores que pueden provocar efectos sobre la sobrevivencia de los coliformes en el agua de mar, así por ejemplo: luz, salinidad, presencia de agentes tóxicos, predación, entre otros. A pesar de esto, las bacterias fecales han mostrado una alta sobrevivencia en el mar, hasta cierto punto una alta adaptación, pudiendo permanecer en el sedimento. Así mismo indico que los organismos coliformes totales incluyen cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae: *Escherichia sp*, *Klebsiella sp*, *Citrobacter sp* y *Enterobacter sp*. De estos organismos, solo *Escherichia coli* se encuentra exclusivamente en heces, constituyendo casi el 97% de las especies coliformes en las heces humanas; *Klebsiella sp* aporta un 1,5%, mientras que *Enterobacter sp* y *Citrobacter sp* aportan el 1,7%. Por otro lado sostuvieron que *E. coli* y los *Enterococos sp* son ubicuos y pueden persistir por largos periodos de tiempo en agua y suelos tropicales y subtropicales.

Medina et al (1995). Evaluaron la calidad microbiológica en las playas de Miraflores desde Enero hasta Diciembre de 1994, procediendo a tomar muestras semanales de agua (200 ml) de cada una de las playas: Los Delfines, Punta roquitas, La Pampilla, Redondo y la Estrella. En las muestras de aguas se determinó la presencia de Coliformes Totales y Fecales por el método del número más probable en 100 ml. Los resultados se promediaron cada mes y se compararon con los estándares vigentes, obteniéndose los siguientes contajes: CT: $2,4 \times 10^3$ NMP y CF: $2,4 \times 10^2$.

Guillermo et al (1994). Investigaron el grado de contaminación del afluente y la calidad sanitaria de las aguas tratadas (efluente) del complejo de lagunas de estabilización de Cachiche – Ica, cuyas determinaciones se han hecho a través de indicadores de contaminación como Coliformes Totales y Fecales. Los Coliformes totales mostraron un promedio de NMP de $3,8 \times 10^9/100$ ml en el afluente y de $7,3 \times 10^8/100$ ml en el efluente. Para los Coliformes fecales el NMP fue de $1,9 \times 10^7/100$ ml y $1,7 \times 10^5$ UFC/ml.

Palomino y Cillonia (1994). Con la finalidad de relacionar los niveles de Colifagos y Coliformes Fecales analizaron un total de 36 muestras de agua de las Lagunas de Estabilizacion de Cachiche, durante el periodo de Abril – Agosto de 1994 y de esta manera, poder determinar la calidad sanitaria de sus aguas. Los niveles de Colifagos y Coliformes fecales fueron: $3,6 \times 10^3$ y $1,3 \times 10^{11}$ NMP/100 ml respectivamente. No encontrándose diferencia significativa entre el afluente primario y efluente de regadío, lo cual indica que la remoción microbiana en estas lagunas es nula. Se concluye que existe regresión y correlación positiva y altamente significativa entre los niveles de Colifagos y Coliformes Fecales en las Lagunas de Estabilización, cuyos niveles determinan que la calidad sanitaria de las aguas de regadío del efluente no garantiza su rehuso en la agricultura.

Rheinheimer et al (1987), sostienen que la concentración de microorganismos presentes en las aguas litorales, dependen del suministro que llegan a ellos, tendiendo a disminuir a una velocidad que depende de las características intrínsecas del ambiente marino costero, entre estas podemos señalar la concentración de nutrientes, potencial redox, salinidad, pH, temperatura, vientos y corrientes marinas, etc. Sin embargo cuando hay un flujo constante de desagües urbanos, se incrementa el tiempo de supervivencia, entre ellas de algunos patógenos.

La **Organización Mundial de la Salud (WHO, 1977)** recomienda utilizar como indicadores de contaminación fecal para aguas costeras a *Escherichia coli* y Enterococos fecales, debido a que *E. coli* es uno de los indicadores más sensibles del grado de contaminación en las cercanías de los desagües y a los Enterococos fecales por sobrevivir las tiempo en agua de mar que los Coliformes fecales. Así mismo **Salas (1988), Tobin y Robertson (1990)**, manifestaron que tradicionalmente el grupo coliforme y en particular *E. coli* constituyen indicadores de contaminación fecal de amplia utilización en la evaluación de la calidad de las aguas marinas costeras.

Guillen et al (1971), dieron a conocer que las fuentes más importantes de contaminación, la constituyen las descargas industriales y domésticas, las cuales ocasionan un fuerte impacto en el ambiente receptor (el mar).

Así mismo **Ramírez y Vivas (2005)**, señalaron que la descarga al mar de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias, trae como consecuencia efectos desfavorables del tipo sanitario, económico y ecológico, constituyéndose en un peligro potencial para las zonas pesqueras por el vertimiento continuo de contaminantes, los cuales llegan con facilidad a las áreas costeras, hábitat de numerosas especies.

La Asociación Americana de Salud Pública (**American Public Health Association, APHA**), la Asociación Americana de Abastecimiento de Agua(American Water Works Association, AWWA) y la Federación para el control de la Polución de las Aguas (Water Pollution Control Federation, WPCF), han establecido normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWAWPCF, 1992, las cuales se encuentran incluidas en los denominados “Métodos Normales para el Examen de las Aguas Residuales “ (Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater), de común adopción por numerosos países en todo el mundo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO

1.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Caleta Santa Rosa, Distrito de Santa Rosa, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, durante los meses Noviembre, Diciembre 2015 y Enero 2016. Dicha caleta se encuentra ubicada en el extremo Oeste del Valle del Rio Chancay del Departamento de Lambayeque, limitado por el Norte con el Distrito de Pimentel, al Este con el Distrito de Monsefú y la Victoria, al Sur con el Distrito de Monsefú y al Oeste con el Océano Pacífico. (Anexo N^o 01).

1.2. Descripción de las fuentes generadoras de contaminación del mar de la Caleta Santa Rosa.

El distrito de Santa Rosa tiene como principales actividades económicas a la pesca artesanal, la comercialización de productos hidrobiológicos y el procesamiento del pescado salado. Cabe mencionar que al norte de esta caleta se encuentra la desembocadura del Dren 4000 al mar, la cual recibe en su cauce las aguas residuales urbanas e industriales provenientes de la ciudad de Chiclayo, efluente de la Laguna primaria de estabilización del distrito de Santa de Rosa, efluente de la Empresa Comercializadora de Productos Hidrobiológicos S.A (ECOMPHISA), efluente de la Planta Procesadora de Pescado Artesanal (CEPPAR), entre otros, constituyéndose en zonas generadoras de contaminación.

1.2.1. Dren 4000.

Constituye un canal del sistema de drenaje de la Cuenca Chancay del Departamento de Lambayeque, por el cual discurren aguas que normalmente eliminan por disolución la sobre concentración de agroquímicos y agua, evitando así su incremento en la napa freática. Posee una extensión de 20 km., denominándose a un primer tramo como Dren FAP 4000 con una longitud de 6 km. Y a un segundo tramo de 14 km. de recorrido Dren 4000 propiamente dicho, el mismo que se inicia en el km. 764 de la carretera Panamericana Norte – Sector Chosica del Norte, desembocando en el mar litoral de la Caleta Santa Rosa.

1.2.2. Residuos Urbanos e Industriales del Distrito de la Victoria.

Dentro de las fuentes de vertimiento de aguas residuales con disposición final en el Dren 4000 podemos mencionar a las Empresas Industriales ubicadas a la altura del km. 764 de la carretera Panamericana Norte – Sector Chosica del Norte (Distrito de la Victoria), dedicadas al proceso de elaboración de alcohol etílico rectificado, correspondiendo al, Grupo Comercial Bari S.A., Destilería Chiclayo S.A.C. y Destilería Naylamp E.I.R.L., siendo esta última la que realiza la mayor descarga al sistema de drenaje. Las aguas residuales producto del proceso de destilación de alcohol y de la planta de alcohol etílico rectificado, corresponde a efluentes líquidos constituidos por la vinaza o maleza de la caña de azúcar diluida, la cual es depositada en una cisterna para su enfriamiento, luego es bombeada hacia la cámara de digestión anaerobia, descargando en la cámara de sedimentación, donde descienden sólidos y líquidos que entran en contacto con los lodos activados, iniciándose el proceso de estabilización. Los líquidos estabilizados ascienden a una cámara de mezcla con una solución de cal, para luego ser descargados a una caja de recepción logrando así disminuir una carga orgánica y reducir la temperatura de vertimiento para finalmente ser evacuadas a 95 metros al norte de la planta destiladora en el Dren agrícola, sin embargo se puede percibir olores ofensivos propios de la descomposición de la materia orgánica a causa de levaduras y azúcares presentes.

Por otro lado en el Distrito de la Victoria operan ciertos establecimientos clandestinos, Prostíbulos y Centros de Esparcimiento cuyas descargas de aguas residuales no ingresan a la red Pública del alcantarillado del Distrito, sino directamente al Dren 4000. Así mismo los empleados de los camales de aves del Distrito arrojan desnaturalizadamente las vísceras, sangre y plumas al Dren 4000 convirtiéndose en un botadero de residuos sólidos orgánicos que sirven de alimentos a vectores mecánicos y gallinazos que circulan en la zona.

1.2.3. Laguna Primaria de Estabilización de Aguas Residuales del Distrito de Santa Rosa

Las aguas residuales urbanas del Distrito de Santa Rosa ingresan a un sistema de tratamiento primario en una Laguna de Estabilización de propiedad de EPSEL S.A., la misma que no cuenta con un sistema adecuado de autodepuración y no tiene la capacidad suficiente para el tratamiento de las aguas residuales del sistema de alcantarillado urbano por disposición de excretas, debido a las altas concentraciones de Cloruros, Sulfuros y putrefacción de la materia orgánica que condicionan el excesivo crecimiento de la bacteria *Thiopediarioseae* caracterizado por la marcada coloración rosácea y olores ofensivos, descargando al Dren 4000. La laguna descarga un volumen aproximado de 24105.6 m³/mes, convirtiéndola en inoperativa. Por otro lado, la reducción de la capacidad amortiguadora de la laguna facultativa se ve afectada directamente por el alto contenido de sales del desagüe crudo de conexiones domiciliarias a cusa del pescado salado realizado por los pobladores que no tienen acceso a los módulos del procesamiento otorgados por el CEPPAR, eliminando sus aguas a la Red Pública de Alcantarillado por ende su ingreso a la Laguna Primaria de Estabilización del Distrito Santa Rosa. **(ANEXO N°6)**

1.2.4. Terminal Pesquero y Empresa Comercializadora de Productos Hidrobiológicos S.A. – ECOMPHISA

El Distrito de Santa Rosa cuenta con la Empresa Comercializadora de Productos Hidrobiológicos S.A. – ECOMPHISA, considerada como el primer Mercado Mayorista del Norte del Perú para luego distribuir el pescado en el mercado Regional. Además dentro de sus instalaciones cuenta con el servicio de Hotelería, Restaurants, entre otros, originando residuos líquidos y sólidos, los cuales entran en un proceso de Sedimentación en Cámaras de Retención de Sólidos para luego ser evacuados al Buzón Principal y a la Red Pública, sin embargo el servicio de alcantarillado se vio interrumpido a consecuencia de la obstrucción de los buzones de la Red, por parte de los usuarios ubicados a la margen izquierda en cuyos domicilios los niveles de sus cajas de registro están por debajo de la cota de la tubería instalada.

El cierre del buzón, originó que las aguas residuales evacuadas sean derivadas al Dren 4000 que a pesar de no ser la solución al problema, fue la salida inmediata a la situación, ante el afloramiento de las aguas servidas en la plataforma y entrada del Terminal Pesquero ECOMPHISA.

1.2.5. El Centro de Procesamiento Pesquero Artesanal – CEPPAR

La constitución de 109 módulos para el procesamiento del pescado salado fue un proyecto elaborado y realizado por el fondo Nacional de Desarrollo Pesquero FONDEPES, teniendo como objetivo principal ofrecer un producto de calidad, con las mejores condiciones de higiene y saneamiento en su producción y así evitar el procesamiento en ambientes rústicos que generaban el mayor porcentaje del pescado salado con fines de comercialización en los años 90. Antes de la construcción de los módulos CEPPAR, el procesamiento se realizaba en las llamadas “Cabañas”, ambientes rústicos contruidos de esteras rodeados de basurales, sin servicios higiénicos y sin el mínimo control sanitario en la conservación de la sal, recolección y traslado del agua de lavado que procedía de la zona litoral marina en las proximidades de la desembocadura del Dren 4000. Por otro lado, la eliminación de residuos sólidos y líquidos (sangre, escamas, vísceras, entre otros) tienen como disposición final el cauce del Dren 4000 y a zona de playa,

ocasionando un impacto directo en la arena y el agua de mar, situación que se vive hasta el día de hoy, pues por falta de recursos económicos no todos los procesadores tienen acceso a los módulos del CEPPAR, continuando el procesamiento en condiciones poco salubres poniendo en riesgo la salud de los consumidores y contaminando las playas por la inadecuada disposición de sus residuos. Actualmente el proceso de producción del pescado salado en los módulos del CEPPAR trata de mantener las condiciones de saneamiento desde la recepción de la materia prima hasta su empaquetado y almacenamiento, así mismo el tratamiento de sus efluentes se basa en un proceso de Sedimentación en Cámaras de Retención de Sólidos con el objetivo de disminuir la carga orgánica y ser evacuadas en el Dren 4000, sin embargo; el CEPPAR fue notificada en el año 2002 por el incumplimiento de la Norma Sanitaria DS N°040-2001-PE en un informe de Auditoría del Sistema de Gestión de la Calidad por parte del Instituto Tecnológico Pesquero.

1.3. MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD EN EL AGUA.

- **Coliformes totales**

El grupo coliforme se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa en cultivos a temperatura de 35°C a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas. Entre ellos se encuentran la *Escherichia Coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. (Organización Panamericana de la Salud, 1987). Coliformes fecales. Los coliformes fecales (termo resistentes) o termotolerantes, se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44° - 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal, en su mayoría están representados por el microorganismo el género *Escherichia Coli* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Easton, 1998).

- **Coliformes fecales**

Integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, en que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45°C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% y un 100% son E. coli mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59%. (Gomez et al, 1999)

- **Los coliformes termoresistentes**

Distintos de E. coli pueden provenir también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición. Como los organismos coliformes termoresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales (**Organización Mundial de la Salud, 1995**). Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces están formados por Escherichia coli y ciertas especies de Klebsiella; ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.

Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad; desde hace mucho tiempo se han utilizado como indicador ideal de contaminación fecal, su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades. (Guevara 1996).

2. POBLACION Y MUESTRA EN ESTUDIO

La Población estuvo constituida por los Efluentes de la Laguna de estabilización, Terminal Pesquero ECOMPHISA y CEPPAR que se eliminan vía Dren 4000 hacia el mar de la Caleta Santa Rosa y la Muestra de estudio constituida por agua residual y marina comprendidas en 8 puntos críticos distribuidas de la siguiente manera:

2.1. Puntos Críticos constituidos por Agua Residual vía Dren 4000 de la Caleta Santa Rosa.

PUNTO A: Efluente de la laguna de estabilización de Santa Rosa.

PUNTO B: Efluente del Terminal Pesquero ECOMPHISA.

PUNTO C: Efluente del CEPPAR.

PUNTO D: Unión de todos los efluentes que desembocan en el Mar de la Caleta Santa Rosa.

2.2. Puntos Críticos constituidos por Agua de Mar en la Caleta Santa Rosa.

PUNTO E: Unión del Mar y efluentes del Dren 4000

PUNTO F: 100 metros a la derecha del punto de unión Dren 4000.

PUNTO G: 100 metros a la izquierda del punto de unión Dren 4000.

PUNTO H: Zona de pesca artesanal.

3. MATERIALES, MEDIOS DE CULTIVO, REACTIVOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

3.1. MATERIALES:

3.1.1. Material Biológico:

- Aguas del Dren 4000 y Aguas de Mar de la Caleta Santa Rosa.

3.1.2. Equipos, materiales, medios de cultivo y colorantes

Equipos:

- Horno esterilizador.
- Estufa
- Refrigeradora
- Balanza digital.
- Cámara Digital.

Materiales de Vidrio:

- Placas de Petri.
- Pipetas graduadas de 1 ml y 5 ml.
- Tubos de dilución.
- Campanas de Durham.
- Frascos de boca ancha tapa de rosca.

Otros Materiales:

- Asa microbiológica.
- Gradilla metálica y pinzas.
- Algodón, pabilo y guantes.
- Mascarillas.
- Guardapolvos.
- Gorros descartables
- Cintas de pH.
- Mechero de Bunsen.

Medios de Cultivo:

- Caldo Verde Brillante Bilis (BRILA) (MERCK)
- Caldo Lauril Sulfato de Sodio. (MERCK)
- Caldo EC. (MERCK)
- Agar Mac Conkey (MERCK)

Reactivos Químicos:

- Fosfato Monopotásico (KH_2PO_4): 34 gramos.
- Hidróxido de Sodio: NaOH 1N
- Cloruro de Magnesio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$)

4. TECNICAS DE MUESTREO Y REGISTRO DE DATOS

Para la toma de muestra de agua de mar y agua residual se tendrá en cuenta las recomendaciones propuestas por la **DIGESA** en el 2006:

4.1. TOMA DE MUESTRA

4.1.1. Codificación, Recolección y Traslado de Muestras:

Para la toma de muestra de agua de mar y agua residual se procederá primero a rotular los envases con sus etiquetas respectivas, indicando número de muestra, código de punto de muestreo, fecha, hora, T°, pH y lugar de ubicación del muestreo.

Las muestras serán recolectadas de forma manual en frascos de boca ancha tapa rosca estériles; transportadas en cajas térmicas (cooler) a una temperatura de 4°C disponiendo para ello Ice pack e inmediatamente trasladarlas al Laboratorio Multifuncional de la Universidad de Lambayeque.

4.1.2. Muestreo en la zona Intermareal (Mar de La Caleta Santa Rosa)

El frasco muestreador será de 450 ml de capacidad, se sumergirá el frasco de muestreo en sentido contrario a la corriente, a unos 20 cm debajo de la superficie y lo más distante a la orilla, en intervalos de 15 días entre los meses de Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016.

4.1.3.- Muestreo en caso de canales (Dren 4000)

El frasco muestreador será de 250 ml de capacidad, se colocará en dirección opuesta al flujo de la corriente y se tomará la muestra de agua residual del Dren 4000.

5. METODOS DE ANALISIS

Los análisis microbiológicos serán realizados en el Laboratorio Multifuncional de La Universidad de Lambayeque en la ciudad de Chiclayo, determinando los siguientes parámetros:

5.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

5.1.1.- Numeración de Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

Para la numeración de Coliformes Totales y Fecales se siguió el método del Numero Más Probable (NMP). Serie 5 como lo señala el Standard Métodos for the Examination of Water And Waste Water (APHA 1995), el cual se desarrolló en 2 etapas.

Una prueba presuntiva para la determinación de Coliformes Totales utilizando Caldo Lauril Triptosa y una Prueba confirmativa en Caldo Verde Brillante Bilis (BRILA) incubados a una temperatura de 35°C. Para Coliformes fecales se empleó tubos con Caldo EC y la temperatura de incubación fue de 45°C. Se consideraron resultados positivos los tubos que mostraron producción de gas y turbidez del medio y los resultados fueron comparados con los valores señalados en las tablas del Numero Más Probable (NMP).

Calcular el valor del NMP de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{NMP} / 100 \text{ mL} = \frac{\text{VALOR DE LA TABLA} \times 10}{\text{VOLUMEN DE MUESTRA}}$$

5.2.- PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos se utilizará modelos de distribución de frecuencias representadas en tablas y figuras, así como, modelos de sumarización de datos a través de la estadística de centralización (promedio). Se determinará los coeficientes de Correlación para observar la interrelación entre los parámetros estudiados y zonas de muestreo. Se aplicará el análisis de varianza (ANAVA) y el método de comparaciones múltiples de Tukey, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre las zonas de muestreo.

IV.- RESULTADOS

4.1. Coliformes Totales y Fecales de los efluentes de la actividad urbana e industrial vertidos vía Dren 4000 al mar de la Caleta Santa Rosa.

Los promedios de Coliformes totales y Termotolerantes de los efluentes de la actividad urbana e industrial vertidos vía Dren 4000 en el mar de la Caleta Santa Rosa, se presenta en la Tabla 1, Fig. 1 y Tabla 2, Fig. 2, en la cual se aprecia la alta carga microbiana que oscila en los puntos críticos (A) 9200 y (C) 5610 NMP/100 ml en coliformes totales y (C) 16000 y (D) 159 NMP/100 ml en coliformes fecales respectivamente. Para ambos indicadores, los niveles de contaminación fecal del efluente CEPPAR (Punto C) aumentó considerablemente en relación a los 3 puntos críticos restantes, aportando en su efluente 5610 NMP/100 ml de Coliformes Totales y 16000 NMP/100 ml de Coliformes fecales o termotolerantes, convirtiéndose en uno de los mayores contaminantes en el mar de la Caleta Santa Rosa. Por otro lado el Punto de unión Dren 4000 (Punto A) reportó menor promedio de coliformes totales, correspondiendo a 463 NMP/100 ml y coliformes fecales 159 NMP/100 ml.

PUNTOS CRITICOS	MESES DE MUESTREO (NMP/100ml)			
	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	PROMEDIO
A	9200	9200	9200	9200
B	18	18	16000	5345
C	8290	8290	250	5610
D	405	405	580	463

TABLA N° 01.- NÚMERO DE COLIFORMES TOTALES EN EFLUENTES DE LA ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL VERTIDOS VÍA DREN 4000 AL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

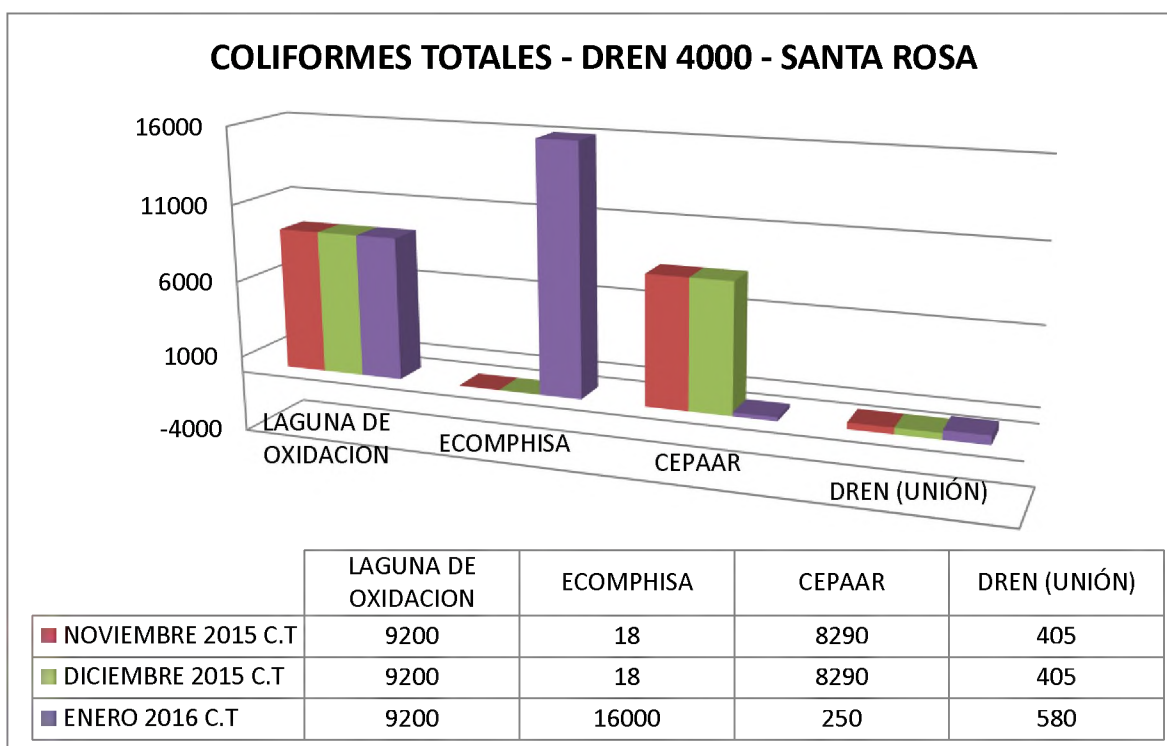


GRÁFICO N° 01.- NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES TOTALES PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO (LAGUNAS DE OXIDACIÓN, ECOMPHISA, CEPPAR Y PUNTO DE UNIÓN DEL DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

PUNTOS CRITICOS	MESES DE MUESTREO (NMP/100ml)			
	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	PROMEDIO
A	18	18	18	18
B	18	18	18	18
C	16000	16000	16000	16000
D	230	230	18	159

TABLA N° 02.- NÚMERO DE COLIFORMES FECALES EN EFLUENTES DE LA ACTIVIDAD URBANA E INDUSTRIAL VERTIDOS VÍA DREN 4000 AL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

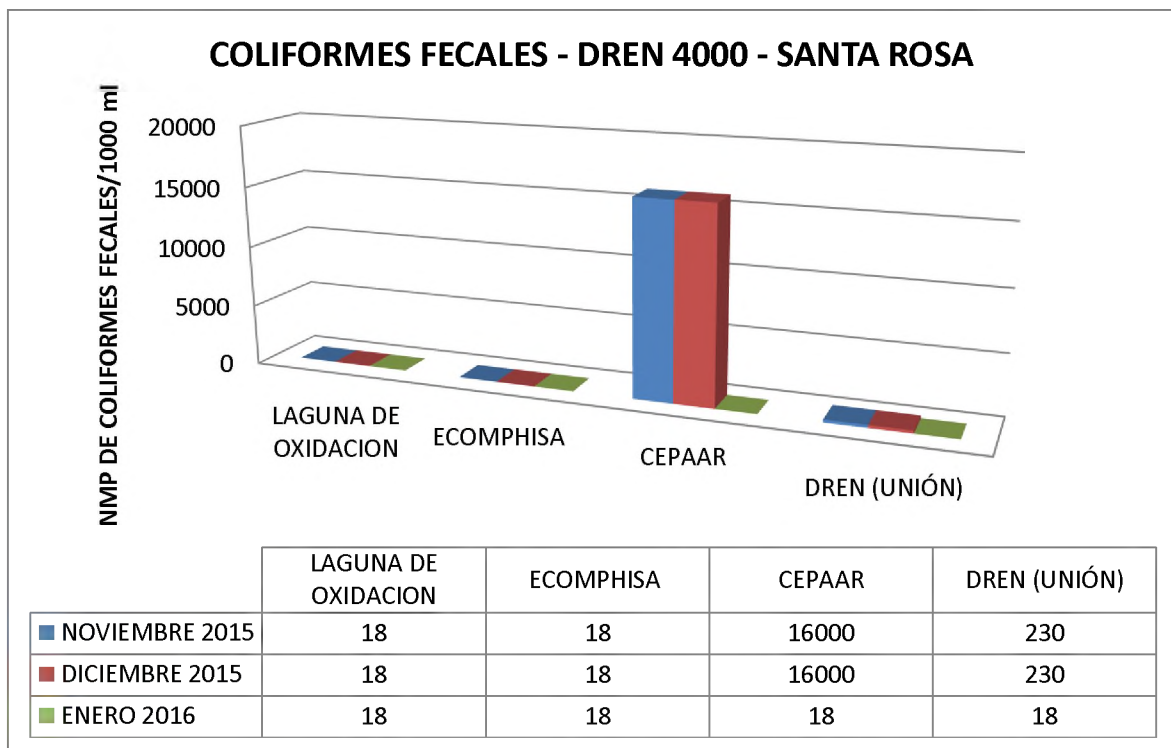


GRÁFICO N° 02.- NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO (LAGUNAS DE OXIDACIÓN, ECOMPHISA, CEPPAR Y PUNTO DE UNIÓN DEL DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE – DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

4.2. Coliformes Totales y Fecales de las playas de la Caleta Santa Rosa.

Los promedios de Coliformes Totales y Fecales o termotolerantes de las playas de la Caleta Santa Rosa, se presenta en la Tabla 3, Fig. 3 y Tabla 4, Fig. 4, oscilando entre 346 NMP/100 ml a 16000 NMP/100 ml y 18 NMP/100 ml a 16000 NMP/100 ml respectivamente. Para ambos indicadores, los niveles de contaminación fecal más altos alcanzados corresponde a 16000 NMP/100 ml de Coliformes Totales y Coliformes fecales o termotolerantes en el agua de mar donde desembocan las aguas residuales del Dren 4000 (Punto E), convirtiéndolo en un foco de infección con la posibilidad de transmisión de patógenos.

Por otro lado el fuerte oleaje frecuentemente a la derecha y en algunos casos a pocos metros a la izquierda facilitan la diseminación de las aguas residuales del Dren 4000 que desembocan en el mar de la Caleta Santa Rosa alcanzando valores de 5345 NMP/100 ml de Coliformes Totales y 18 NMP/100 ml de Coliformes Fecales o Termotolerantes en el agua de mar a cien metros a la derecha del vertimiento (Punto F), del mismo modo a la izquierda del Dren 4000, el agua de mar es usada para el procesamiento del pescado artesanal (Punto G), donde los valores de Coliformes Totales y Fecales o Termotolerantes alcanzan promedios de 5455 NMP/100 ml y 10685 NMP/100 ml respectivamente.

PUNTOS CRITICOS	MESES DE MUESTREO (NMP/100ml)			
	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	PROMEDIO
E	16000	16000	16000	16000
F	18	18	16000	5345
G	8115	8115	135	5455
H	405	405	230	346

TABLA N° 03.- NÚMERO DE COLIFORMES TOTALES EN LAS PLAYAS DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

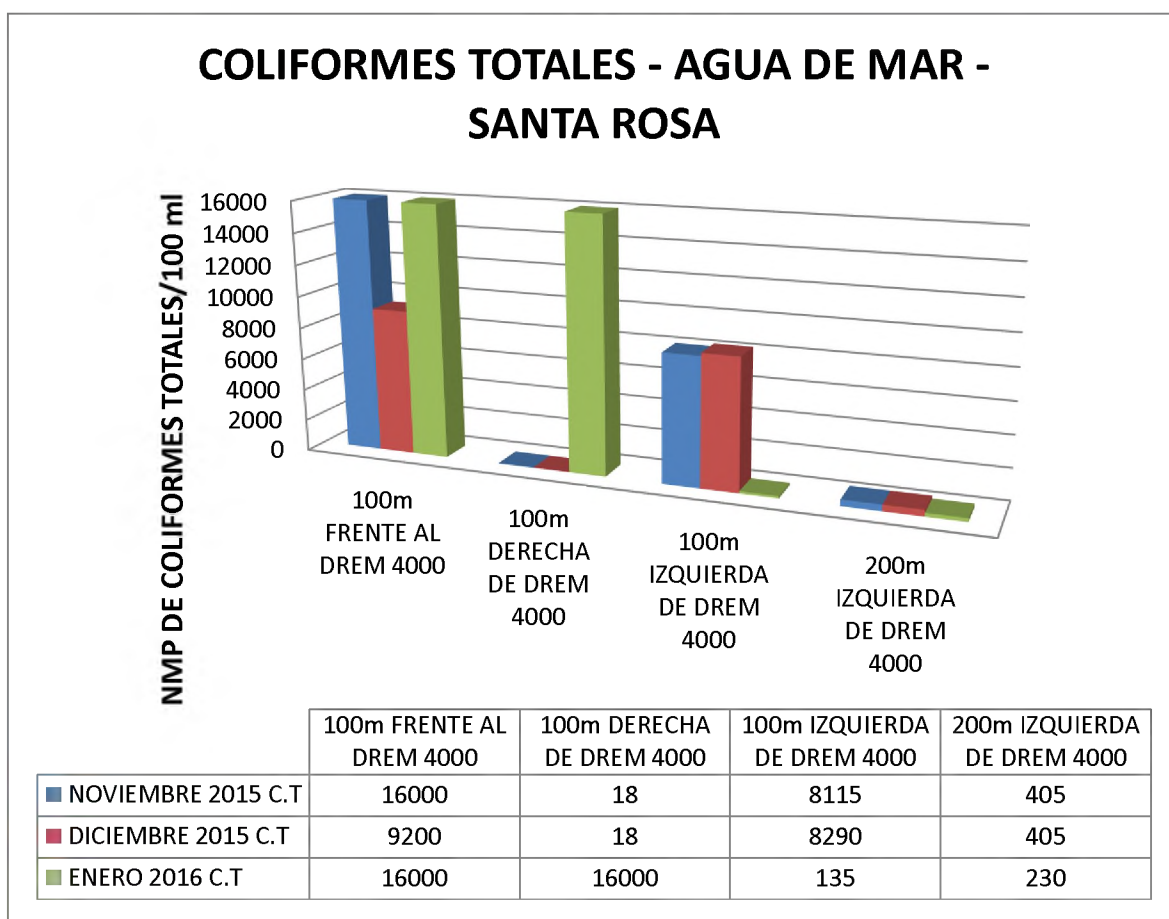


GRÁFICO N° 03.- NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES TOTALES PRESENTES EN LOS EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO EN EL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016

PUNTOS CRITICOS	MESES DE MUESTREO (NMP/100ml)			
	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	PROMEDIO
E	16000	16000	16000	16000
F	18	18	18	18
G	16000	16000	56	10685
H	169	124	18	103

TABLA N° 04.- NÚMERO DE COLIFORMES FECALES EN LAS PLAYAS DE LA CALETA SANTA ROSA. NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

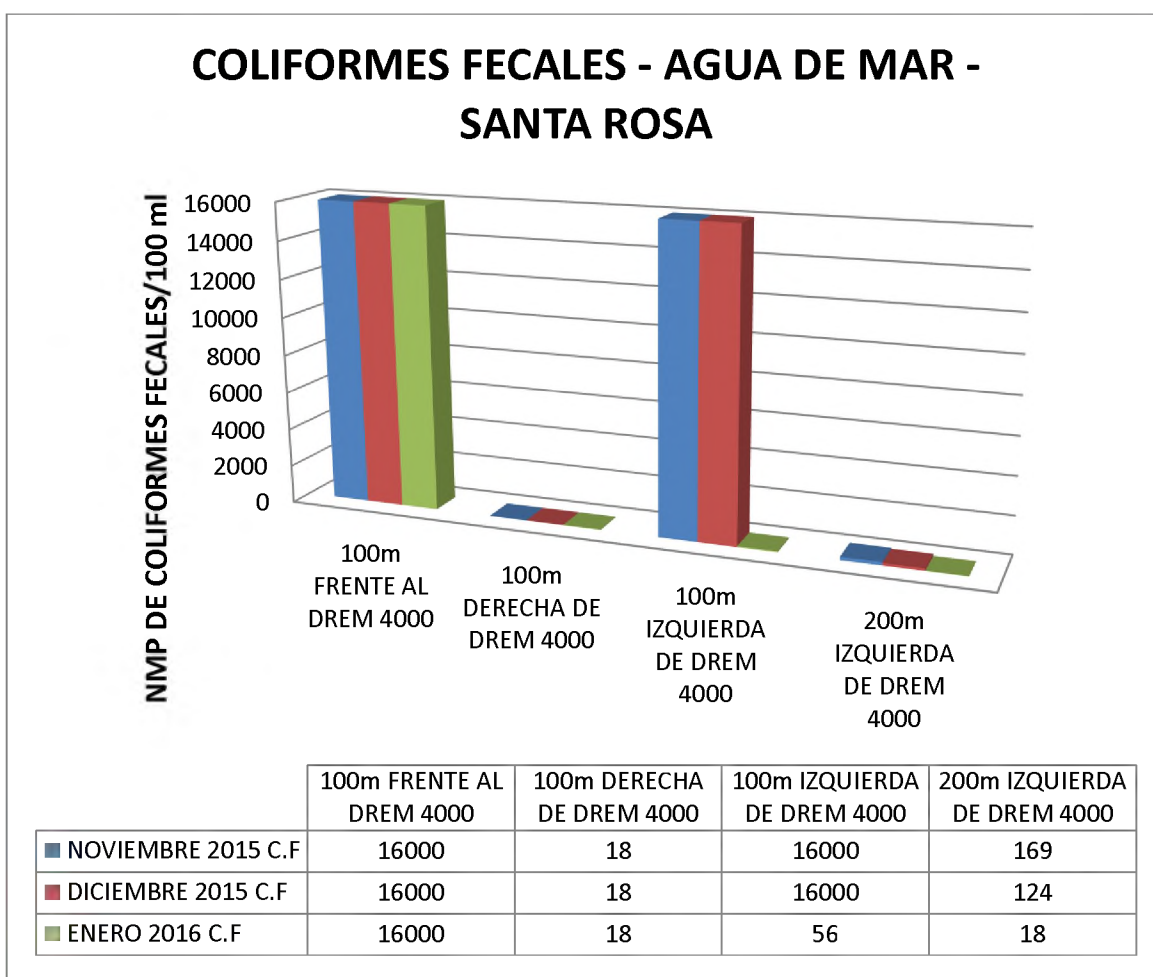


GRÁFICO N° 04.- NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES PRESENTES EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO EN EL MAR DE LA CALETA SANTA ROSA, DURANTE LOS MESES NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2015 Y ENERO 2016.

En las tablas 5 y 6, se registra el análisis de varianza del número de Coliformes Totales y Fecales o termotolerantes, con relación a los Treatments y Blocks. Por ser los promedios de los indicadores de contaminación fecal significativo (**F > p-value**), demostraron que sus valores fueron diferentes respecto a cada punto crítico, y valores no significativos (**F < p-value**) solo en Blocks de Coliformes Totales por tanto, que el comportamiento de la población bacteriana si tuvo variación en las zonas de muestreo. Entonces $1,60 > 0,21$ la decisión: **RECHAZAR H₀**, $0,27 < 0,76$ la decisión **ACEPTAR H₀** (Coliformes Totales), y $4,98 > 0,00$ la decisión: **RECHAZAR H₀**, $4,56 > 0,02$ la decisión **RECHAZAR H₀** (Coliformes Fecales)

H₀: Los valores promedios de Coliformes Totales son iguales en los 8 puntos críticos.

H_A: Los valores promedios de Coliformes Totales no son iguales en los 8 puntos críticos.

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	61,8736	7	8,83908	1,60	,2155
Blocks	2,9628	2	1,48140	0,27	,7689
Error	77,4342	14	5,53101		
Total	142,2706	23			

TABLA N° 05.- Análisis de Varianza (ANOVA) de los promedios de Coliformes Totales en efluentes de la actividad urbana e industrial vertidos vía dren 4000 al mar de la Caleta Santa Rosa. Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016.

H₀: Los valores promedios de Coliformes Fecales son iguales en los 8 puntos críticos.

H_A: Los valores promedios de Coliformes Fecales no son iguales en los 8 puntos críticos.

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	89,4772	7	12,78245	4,98	,0052
Blocks	23,4131	2	11,70654	4,55	,0298
Error	35,9101	14	2,56501		
Total	148,8004	23			

TABLA N° 06.- Análisis de Varianza (ANOVA) de los promedios de Coliformes Fecales en efluentes de la actividad urbana e industrial vertidos vía dren 4000 al mar de la Caleta Santa Rosa. Noviembre – Diciembre 2015 y Enero 2016.

V. DISCUSIÓN

Uno de los problemas sanitarios y ecológicos de las zonas costeras con fines recreativos próximas a las áreas urbanas, es la descarga incontrolada de agua residuales domésticas e industriales sin tratamiento previo, que superan su capacidad de reciclaje en sistemas naturales ocasionando el continuo deterioro de las playas.

Los resultados obtenidos en el Efluente de la Laguna Primaria de Estabilización del Distrito de Santa Rosa respecto a sus niveles de contaminación fecal fueron de CT: 9200 NMP/100 ml, CF: 18 NMP/ 100 ml, discordante a los obtenidos por **Monteza (2003)**, en el mismo efluente con valores de 3.5×10^4 NMP/100 ml de Coliformes Totales y 3.3×10^3 NMP/100 ml de Coliformes Fecales para los mismos meses de muestreo. Probablemente estas diferencias con los resultados reportados en el presente estudio se debe a la metodología utilizada por el investigador, las descargas en los meses de muestreo y que los valores corresponden a un periodo en que la Laguna Primaria de Estabilización operaba en mejores condiciones a su actual situación de inoperatividad.

La insuficiente capacidad con la que opera Laguna Primaria de Estabilización del Distrito de Santa Rosa, origina condiciones de anaerobiosis y un pH alcalino de 8.5 que favorecen la proliferación de la bacteria *Thiopedia roseae* tal como lo señala el **Gobierno Regional de Lambayeque (2004)** y el **Todar online textbook of microbiology (2004)** que la incluye en un grupo denominado Bacterias Verdes y Purpuras que conducen a un proceso de fotosíntesis anoxigenica originando olores sulfurosos apreciables durante todo el recorrido hasta más de 100 mt. Al norte de su desembocadura en el mar, siendo estas características determinantes para que no se produzca una adecuada remoción de los indicadores de contaminación fecal.

Los resultados encontrados con relación a la densidad de Coliformes en el mar de la Caleta Santa Rosa en la desembocadura de aguas residuales del Dren 4000 y próxima a esta, muestran el alto grado de Contaminación fecal con valores de Unión del Mar y Efluentes del Dren 4000 CT: 16000 NMP/100 ml, CF: 16000 NMP/ 100 ml; Punto (F): 100 metros a la derecha del punto de unión Dren 4000 CT: 5345 NMP/ 100 ml, CF: 18 NMP/100 ml; Punto (G): 100 metros a la izquierda del punto de unión Dren 4000 CT: 5455 NMP/100 ml, CF: 10685 NMP/100 ml, siendo esta agua de mar usada para el lavado del pescado y procesamiento informal de pescado salado. Sin embargo los valores reportados difieren a los encontrados por **Orozco (2000)**, que analizo el grado de contaminación de efluentes domésticos e industria pesquera obteniendo los máximos promedios de 1.0×10^6 NMP/100 ml y 1.0×10^7 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes en las Bahías de Paita y el Callao respectivamente, y con **Castañeda (2005)**, que reporto Coliformes Totales 9.1×10^7 NMP/100 ml y 3.5×10^7 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes, estos valores obtenidos se podría deber al sistema hidrodinámico de las playas de la Caleta Santa Rosa que permiten la constante remoción y dispersión de contaminantes, principalmente a la suave pendiente y arena fina, definiendo a las playas como disipativas y expuestas, además el fuerte oleaje favorece los cambios de lugar del Dren 4000 en su tramo final próximo a su evacuación en el mar.

Las aguas residuales evacuadas en el mar ante la descarga del Dren 4000 tienden a diluirse a causa de las corrientes marinas permitiendo la mezcla y reducción de la contaminación orgánica y microbiológica, sin embargo no hay un consenso a nivel científico que el agua de mar a través del estrés osmótico elimine toda la carga bacteriana representando un peligro para la salud humana, ya que estas descargas pueden causar graves enfermedades en la población.

Al pasar del agua residual al mar, que está a menor temperatura, las condiciones hacen que los microorganismos no crezcan, pero no los mata, solo detiene su crecimiento. Si por el contrario, las aguas son de mayor temperatura, puede activarse su metabolismo y por consiguiente, crecen más rápido.

Así mismo el pH del mar es alcalino y no es óptimo para el crecimiento de microorganismos, pero pueden sobrevivir en crecimiento suspendido. Ante esta posibilidad se determinaron dichos parámetros obteniendo valores en la desembocadura del Dren 4000 un promedio de temperatura superficial de 19.7 °C, mientras que en las otras zonas los valores oscilaron entre 17.5 y 18.3. Los valores de pH se mantuvieron entre 8.4 y 8.5 en los puntos críticos marinos muestreados hacia la derecha e izquierda.

En el punto de muestreo que corresponde a ECOMPHISA, los valores de coliformes totales obtenidos fueron de 18 NMP/100 ml durante los meses de Noviembre y Diciembre del 2015 y de 16000 NMP/100 ml en Enero del 2016; coincidiendo con **Estrada (2009)**, que obtuvo niveles elevados de coliformes totales de 3.4×10^9 NMP/100 ml. Esto se fundamenta en la diferencia de producción que hay a lo largo del año, teniendo en cuenta que la actividad pesquera es mayor durante los meses de verano y menor en otras estaciones, lo cual originaria, en los meses de mayor actividad, una mayor cantidad de residuos vertidos al Dren, como vísceras, escamas, restos de pescados, sanguaza, etc, que ofrece un medio propicio para el desarrollo de bacterias coliformes, motivo por el cual se encuentran elevados índices de coliformes; además se debe tener en cuenta de que las lluvias y la temperatura, que actúan como un agente dispersante y multiplicador de contaminación, fueron muy superiores en el mes de Enero 2016; a comparación de los meses anteriores. Además los valores obtenidos de coliformes fecales permanecieron constantes a lo largo de los meses de investigación, se registraron valores de 18 NMP/100 ml.

En el punto de recolección C que corresponde al Centro de Procesamiento Pesquero Artesanal (CEPPAR), se obtuvieron valores de Coliformes Totales 16000 NMP/100 ml y 8290 de Coliformes Fecales durante los meses de Noviembre y Diciembre, coincidiendo con **Castañeda (2005)**, que registro niveles elevados de CT: 9.1×10^7 NMP/100 ml, teniendo en cuenta de que la actividad de producción de pescado seco – salado es un actividad permanente a los largo del año; por lo que se genera residuos sólidos y líquidos con una elevada carga de agentes contaminantes que incluyen pescados y sus restos en descomposición, lo que atrae la presencia de vectores mecánicos que diseminan la contaminación. Durante el mes de Enero 2016 las cantidades de CT y CF descendieron a 250 y 18 NMP/100 ml efecto debido primordialmente a la baja actividad de agua encontrada en el ambiente; ya que este hábitat acuático donde se desarrollan los coliformes se encuentran saturados de sal, condición que implica un complejo proceso de adaptación por parte de las bacterias coliformes, lo que origina la desaparición de una importante cantidad de ellas en comparación a meses anteriores.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la investigación se concluye lo siguiente:

1.- Los niveles de Coliformes Totales y Fecales (Termotolerantes) que se reportaron en los puntos críticos del Dren 4000 fueron: Punto (A): Efluente de la Laguna de Estabilización CT: 9200 NMP/100 ml, CF: 18 NMP/ 100 ml; Punto (B): Efluente del Terminal Pesquero ECOMPHISA CT: 5345 NMP/ 100 ml, CF: 18 NMP/100 ml; Punto (C): Efluente del CEPPAR CT: 5610 NMP/100 ml, CF: 16000 NMP/100 ml y Punto (D): Efluente de Unión de los Efluentes que desembocan en el Mar de la Caleta Santa Rosa CT: 463 NMP/100 ml, CF: 159 NMP/100 ml.

2.- Los niveles de Coliformes Totales y Fecales (Termotolerantes) que se reportaron en los puntos críticos de Agua de Mar de la Caleta Santa Rosa fueron: Punto (E): Unión del Mar y Efluentes del Dren 4000 CT: 16000 NMP/100 ml, CF: 16000 NMP/ 100 ml; Punto (F): 100 metros a la derecha del punto de unión Dren 4000 CT: 5345 NMP/ 100 ml, CF: 18 NMP/100 ml; Punto (G): 100 metros a la izquierda del punto de unión Dren 4000 CT: 5455 NMP/100 ml, CF: 10685 NMP/100 ml y Punto (H): Zona de pesca artesanal CT: 346 NMP/100 ml, CF: 103 NMP/100 ml.

3.- Los puntos críticos de mayor riesgo de contaminación en los puntos críticos de aguas residuales del Dren 4000 fueron: Efluente de la Laguna de Estabilización, Efluente del Terminal Pesquero ECOMPHISA y Efluente del CEPPAR, según los estándares de la calidad ambiental.

4.- Los puntos críticos de mayor riesgo de contaminación en los puntos críticos de aguas de Mar de la Caleta Santa Rosa fueron: Unión del Mar y Efluentes del Dren 4000, 100 metros a la derecha e izquierda del punto de unión Dren 4000, según los estándares de la calidad ambiental en el Mar.

VII. RECOMENDACIONES

Deseando que el presente trabajo, no solo sirva de aporte a la investigación, sino que debe continuar para asegurar la calidad microbiológica de los efluentes de la actividad urbana e industrial y de las playas de la Caleta Santa Rosa, se recomienda lo siguiente:

1. Realizar estudios microbiológicos utilizando otras bacterias tales como *Pseudomonas sp* y Clostridium Sulfito Reductores como indicadores de contaminación fecal.
2. Evaluar la Calidad microbiológica de los recursos hidrobiológicos capturados en las zonas expuestas al vertido de aguas residuales en el mar de la Caleta Santa Rosa y otras zonas litorales del Departamento de Lambayeque.
3. Realizar investigaciones permanentes en cuerpos receptores de aguas residuales, evaluando parámetros físicos, químicos y biológicos de los efluentes domiciliarios, industriales y pesqueros que se descargan a los sistemas de drenaje que tiene como disposición final las aguas marinas litorales del Departamento de Lambayeque, siendo una de ellas la Caleta Santa Rosa por considerarse potencialmente peligrosa la Desembocadura del Dren 4000.
4. Implementar políticas de Educación Sanitaria orientada a pescadores artesanales del procesamiento del pescado salado y evitar así el arrojado de residuos sólidos y líquidos en el Dren 4000 y las playas de la Caleta Santa Rosa, resaltando los riesgos para la Salud Pública por exposición al agua de mar.

5. Recomendar a las autoridades pertinentes, la elaboración de un Plan Investigación Ambiental con la finalidad de que los efluentes domiciliarios, industriales y pesqueros sean eficientemente depurados en el sistema de tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALVITRES, V. 1984. Limnología Sanitaria, Estudio de la Polución de aguas continentales. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington. D.C. 118.pp.

ALVAREZ, A.; VENTURINI, V.; HUERTAS, T. Y L. DE ABRAMOVICH. 2002. Niveles de contaminación bacteriana en la laguna Setubal. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas – Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.

APHA, AWWA and WDPF. 1995. Standard Methods for Examination of water and waterwater. 19 Edition Washington. D. C.

BORREGO, J; MORINIGO, M; DE VICENTE, A; CORNAX, R AND ROMERO, P. 1987. Coliphages as an indicador of fecal pollution in wáter. Its relationship with indicador and pathogenic microorganisms. Wat. Res., 21, 1473 – 1480.

CASTAÑEDA, J. 2005. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales producidos por la Industria Artesanal de pescado seco salado en el Distrito de Santa Rosa. Tesis para optar el Grado de Maestro de Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental. Lambayeque – Perú. 70 pp.

CAMACHO, K. 2007. Nivel de Contaminación Fecal en el Agua de la Desembocadura del Dren “La Bocana” y en su área de influencia en el Litoral de la Caleta San José – Lambayeque. Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental. Lambayeque – Perú. 79 pp.

CAMPOS, C. 2002. Impacto Microbiológico del riego con Agua Residual. Jornadas sobre Presente y futuro del agua subterránea en España y la Directiva Marco Europea. Zaragoza. Departamento de Microbiología. Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

CORTES, M. 2003. Importancia de los Coliformes fecales como indicadores de Contaminación Fecal en la Franca Litoral de Bahía Banderas, Jalisco. México, Universidad de Guadalajara. Rev. Biomed. 14: 121 – 123 pp.

CHIROLES, M.; GONZALES, T.; TORRES, M.; VALDES, I Y D. MARTINEZ. 2007. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del rio Almendras. Hig. Sanid. Ambient. 7: 222 – 227. La Habana. Cuba.

DÍAZ, L. 2003. Niveles de Contaminación fecal de las aguas marinas costeras de la Caleta Santa Rosa. Tesis de Maestría en Ciencias, Ecología y Conservación Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.

DIGESA, 1997. Dirección Regional de Salud. Boletín informativo. De la oficina de RRPP Lambayeque – Perú.

DIGESA. 2003. Registro Oficial de los Vertimientos de Residuos a las Aguas Marítimas o Terrestres del País. Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del Medio Ambiente.

DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL – DIGESA. Informes de Monitoreo de Aguas del Rio Yauli de los años 2008 al 2012

DIMAS N., L. 2009. Calidad del agua del río Huallaga – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Aguas, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

ESTRADA, E. 2009. Niveles de contaminación fecal de los efluentes de la actividad urbana e industrial y de las playas de la Caleta Santa Rosa. Tesis de Licenciatura en Biología, Microbiología y Parasitología Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.

GARAY, J., PANIZZO, L., LESMES, L., RAMIREZ, G., SANCHEZ, J. 1993. Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físicoquímicos y Contaminantes Marinos. Tercera edición. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Cartagena. Colombia. 65pp.

GONZALES, M. TORRES, T. Y T, NOLASCO. 1986. Bacterias Enteropatógenas e Indicadoras de Contaminación en Aguas Recreativas para Campismo. En: Serie Salud Ambiental N°4. Cuba: ECIMED.

GÓMEZ, R. 1995. Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la amazonía peruana. Iquitos, PE, IIAP

GUFANTI PARRA G. 1988. Factores de carga contaminante de los residuos líquidos de la Industria de Harina de Pescado. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Univ. Nac. Federico Villareal.

GUILLERMO, J. GUERRERO, V. PALOMINO, M. Y L, CARTAGENA. 1994. Supervivencia de Bacterias Entéricas y Enteroparasitos en los Efluentes de las Lagunas de Estabilización de Cachiche – Ica. Libro de Resúmenes. IX Congreso Peruano de Microbiología y Parasitología. Lima – Perú.

HERRERA, A y P. SUAREZ. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. INCI, mar. Vol. 30, N°3. pp. 171 – 176. ISSN 0378 – 1844.

IMARPE, 2003. Instituto del Mar del Perú. Calidad del Ambiente Marino en Puerto Malabrigo (La Libertad). 57 pp.

IMARPE, 2004. Instituto del Mar del Perú. Diagnóstico Ambiental de la zona costera de Lambayeque. 57 pp

IPEMIN (INSTITUTO PARA EL DESARROLLO DE LA PESCA Y LA MINERIA), 1999. Análisis de muestras de agua de mar de Chancay, realizadas dentro del proyecto “Programa básico de control ambiental en la Pesquería industrial” Folleto, 13 pag.

LI. G. 1995. Algunos Aspectos Sobre Contaminación Microbiológicas en las Playas Cantalo, La Punta – Callao. Tesis (Bach) de la Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Nac. Mayor de San Marcos. Lima – Perú. 105 pp.

LINA, MARIA R.; LUIS A. VIDAL, SANDRA VILARDY Q, LINA SAAVEDRA – DIAZ. 2008. Análisis de la Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta biol. Colomb., Vol. 13. N°3. 87 – 98 pp.

MADIGAN, M.; MARTINKU, J. Y PARKER, J. (1997). “Biología de los microorganismos”. Prentice Hall. Madrid. Octava edición. 986 págs.

MEDINA, M. LOZADA, CH Y M, SALAS. 1995. Evaluación Permanente de la Calidad Microbiológica de las Playas de Miraflores. Libro de Resúmenes. IX Congreso Peruano de Microbiología y Parasitología. Lima – Perú.

MINISTERIO DE LA PRODUCCION DEL GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE. 2007. Diagnóstico de los agentes de la Actividad Pesquera en la Región Lambayeque. 48 pp.

MONTEZA, J. 2004. Valoración de los Impactos Ambientales significativos en la Caleta Santa Rosa, Distrito de Chiclayo, Mayo 2003 a Marzo del 2004. Tesis (Bach) de la Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú. 75 pp.

MORA, D. 1998. Calidad sanitaria de las aguas de playas en Costa Rica. Revista Costarricense de Salud Pública, 7 (13): 1 – 12.

NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-112-SSA1-1994. “Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes, técnica del número más probable.” Diario Oficial de la Federación, 10 de mayo de 1995.

NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-001-ECOL-1996. “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.” Diario Oficial de la Federación, 1 de abril de 1997.

OCASINO, N. Y LOPEZ, M. 2004. El Uso Del Cloro En La Desinfección Del Agua.

OROZCO, R. 2000. Evaluación Microbiológica en la Bahía de Carquín (20 noviembre del 2000). Informe DGIO – IMARPE.

PAZ M.; BARZOLA, C.; LAZCANO, C.; PONCE, M.; LEON, J.; 2003. Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua. Rev. Perú. biol. 10(2): 133 – 144.

PALOMINO, S y C, CILLONIA. 1994. Relación de Colifagos y Coliformes Fecales en la Determinación de la Calidad Sanitaria de las Aguas de las Lagunas de Estabilización de Cachiche – Ica. Libro de Resúmenes. IX CONGRESO PERUANO DE MICROBIOLOGIA Y PARASITOLOGIA. Lima – Perú.

REQUE, M. 2003. Efecto de la descarga del Dren 400° sobre la estructura del macrozoobentos intermareal arenosos de Santa Rosa. Tesis (Bach) de la Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú. 75 pp.

RHEINHEIMER, G. 1987. Microbiología de las Aguas. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza – España. 299 pp.

RIGOLA, M. 1999. Tratamiento de Aguas Residuales. ALFA OMEGA. Grupo editor, S.A, de C.V. México. 38 pp.

RODIER, J. 1981. Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Editorial Omega. Barcelona. España.

ORDENANZA REGIONAL N° 026 – 2003 – G – R.LAMB/CR. 2003. Sistema Regional de Gestión Ambiental – Gobierno Regional de Lambayeque.

SALAS, H. 1989. Calidad del agua en el medio marino. Historia y Aplicación de Normas microbiológicas. Bol. Of. Sanit. Panam. 107 (3): 226 – 237.

SÍAS R., R. 2010. La contaminación microbiológica y parámetros fisicoquímicos de tres fuentes de abastecimiento de agua del BRUNAS Tingo María, Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

SUÁREZ M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. Rev. Cubana. Hig. Epidemiol; 40(1): 38 -43.

TOMASINI ORTIZ, A. 1996. Muestreo y Preservación para Coliformes Fecales y Huevos de Helminto. Instituto Mexicano de Tecnología del Aguas.

VERGARAY, G.; MONTEZA, R.; MAYTA, E.; DIAZ, D. Y E. LIMAS. 2002. Impacto Microbiano de la aguas Residuales Urbanas en el Litoral de Lima. Resúmenes XI. Reunión Científica ICBAR. Univ. Nac. Mayor de San Marcos. Lima – Perú. 139 pp.

VILLACORTA T., S. 2009. Contaminación de las aguas del balneario “La Alcantarilla” Tingo María, Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Aguas, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

ZAMORA, A Y M, MANOSALVA. 2002. Evaluación de las aguas residuales vertidas por la Destilería Naylamp S.A. en la ciudad de Chiclayo. Tesis (Bach) de la Facultad de Ingeniería Química. Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú. 96 pp.

IX.- ANEXOS

ANEXO 01



FIG. N° 01.- MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE SANTA ROSA.

ANEXO N° 02



FIG. N° 02.- MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS CONSTITUIDOS POR AGUA RESIDUAL VÍA DREN 4000 DE LA CALETA SANTA ROSA.

PUNTO A	EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DE SANTA ROSA.
PUNTO B	EFLUENTE DEL TERMINAL PESQUERO ECOMPHISA.
PUNTO C	EFLUENTE DEL CEPPAR.
PUNTO D	UNIÓN DE TODOS LOS EFLUENTES.

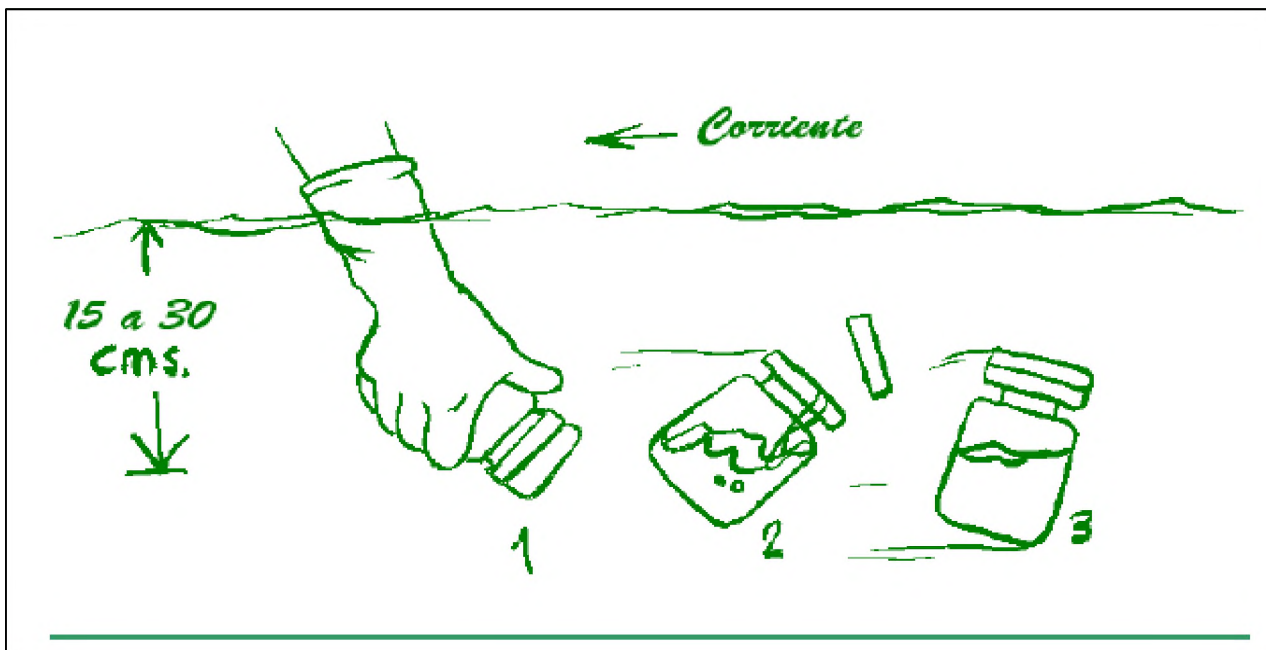


FIG. N° 03.- MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA ZONA INTERMAREAL EN LA CALETA SANTA ROSA.

- | | |
|----------------|---|
| PUNTO E | UNIÓN DEL MAR Y EFLUENTES DEL DREN 4000. |
| PUNTO F | 100 METROS A LA DERECHA DEL PUNTO DE UNIÓN DREN 4000. |
| PUNTO G | 100 METROS A LA IZQUIERDA DEL PUNTO DE UNIÓN DREN 4000. |
| PUNTO H | ZONA DE PESCA ARTESANAL. |

ANEXO N°4

MUESTREO DE COLIFORMES EN CANALES Y PLAYAS



MUESTREO DE COLIFORMES EN DESCARGA LIBRE



FIG. N° 04, 05.- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-112-SSA1-1994.

ANEXO N° 05
TOMA DE MUESTRA EN LAGUNA DE OXIDACIÓN – SANTA ROSA



FIGURA 06, 07, 08 Y 09.- DESCARGA DEL EFLUENTE DE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (DESCARGA LIBRE).

ANEXO N° 06
TOMA DE MUESTRA - TERMINAL PESQUERO ARTESANAL "ECOMPHISA"



FIGURA 10, 11, 12 Y 13.- DESCARGA DEL EFLUENTE DE ECOMPHISA (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (DESCARGA LIBRE).

ANEXO N° 07
TOMA DE MUESTRA - CEPPAR



FIGURA 14, 15, 16 Y 17.- DESCARGA DEL EFLUENTE DE CEPPAR (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (DESCARGA LIBRE).

ANEXO N° 08
TOMA DE MUESTRA - DREN 4000



FIGURA 18, 19, 20 Y 21.- DESCARGA DEL EFLUENTE DEL DREN 4000 (PUNTO CRÍTICO) Y SU TOMA DE MUESTRA (SEGÚN NORMA OFICIAL DE DIGESA).

ANEXO N° 09
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS (NMP)

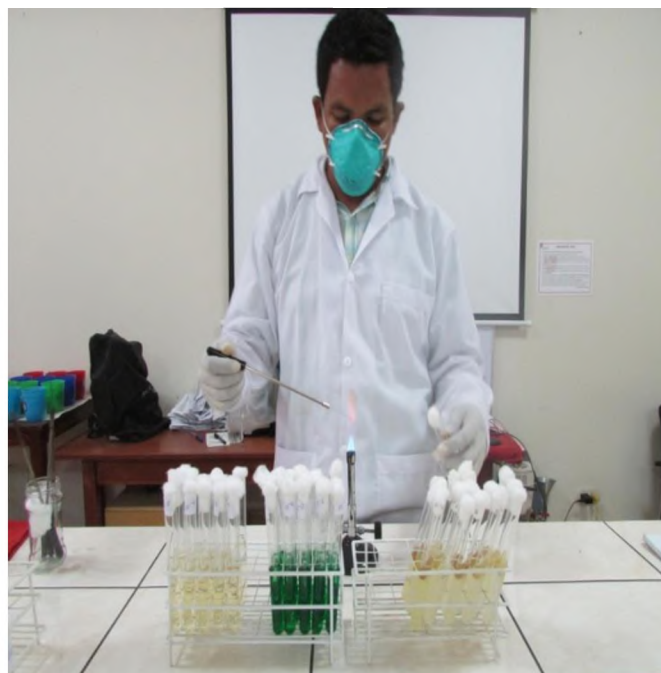


FIGURA 22, 23, 24 Y 25.- REALIZANDO EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO UTILIZANDO LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES; UTILIZANDO CALDO BRILA, CALDO SULFATO LAURYL Y CALDO LACTOSA.

ANEXO N° 10
TÉCNICA DE LOS TUBOS MÁS PROBABLES (NMP)



FIGURA 26, 27, 28 Y 29.- OBSERVANDO EL CRECIMIENTO DE LOS COLIFORMES TOTALES Y FECALIS; UTILIZANDO CALDO BRILA, CALDO SULFATO LAURYL Y CALDO LACTOSA, OBSERVANDO LA PRESENCIA DE TURBIDEZ Y REDUCCIÓN DE GAS EN LAS CAMPANAS.

ANEXO N° 11
AISLAMIENTO EH IDENTIFICACIÓN DE COLIFORMES

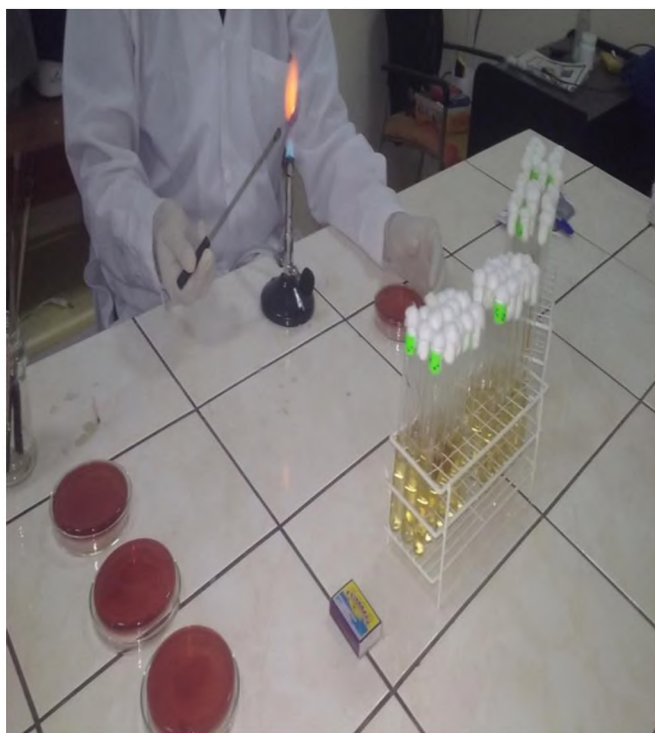


FIGURA 30, 31, 32 Y 33.- AISLAMIENTO EN LOS MEDIOS DE CULTIVO AGAR MAC CONKEY PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS COLIFORMES, A PARTIR DE LOS TUBOS QUE PRESENTARON TURBIDEZ Y PRODUCCIÓN DE GAS.

ANEXO N° 12
SIEMBRA EN MEDIO AGAR MAC CONKEY (AISLAMIENTO)



FIGURA 34, 35, 36 Y 37.- FINALIZADA LA SIEMBRA DE LOS TUBOS QUE PRESENTARON TURBIDEZ Y PRODUCCIÓN DE GAS, SE LLEVARON LOS MEDIOS A UNA INCUBADORA A UN TEMPERATURA DE 37°C /24 HORAS.

ANEXO N° 13
IDENTIFICACIÓN DE COLIFORMES
COLIFORME ENCONTRADO: *ESCHERICHIA COLI*



FIGURA 38, 39, 40 Y 41.- IDENTIFICACIÓN DE LOS COLIFORMES FECALES Y TOTALES UTILIZANDO PRUEBAS BIOQUÍMICAS: TSI, LIA, CITRATO Y SIM.

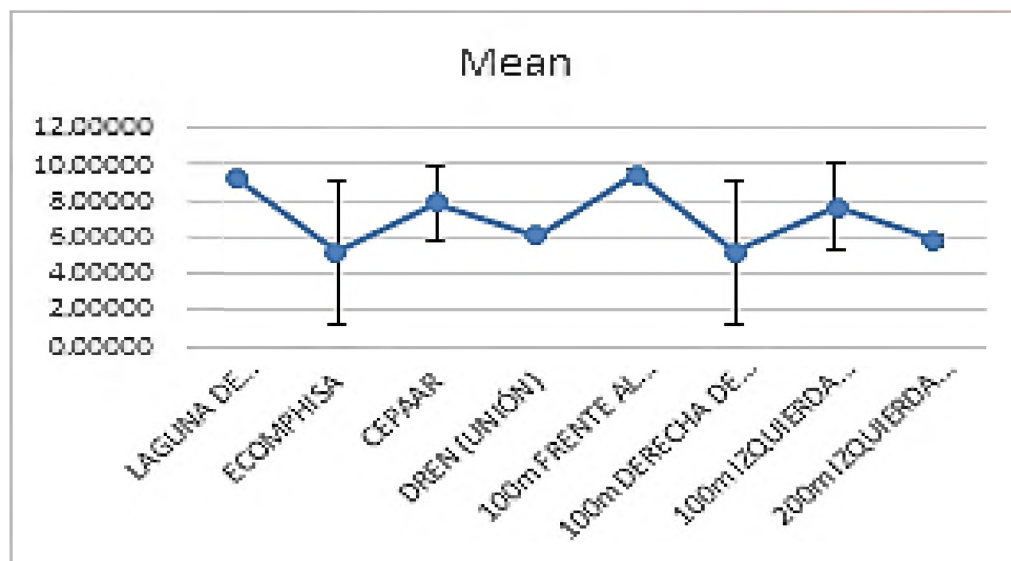
COLIFORMES TOTALES

ANOVA

	Mean	n	Std. Dev	
LAGUNA DE OXIDACION	9,13000	3	0,00000	LAGUNA DE OXIDACION
ECOMPHISA	5,18667	3	3,89134	ECOMPHISA
CEPAAR	7,85667	3	2,01495	CEPAAR
DREN (UNION)	6,12667	3	0,20207	DREN (UNION)
100m FRENTEAL DREM 4000	9,49667	3	0,31754	100m FRENTEAL DREM 4000
100m DERECHA DE DREM 4000	5,18667	3	3,89134	100m DERECHA DE DREM 4000
100m IZQUIERDA DE DREM 4000	7,64333	3	2,36716	100m IZQUIERDA DE DREM 4000
200m IZQUIERDA DE DREM 4000	5,82000	3	0,32909	200m IZQUIERDA DE DREM 4000
	6,84125	8	2,79094	NOVIEMBRE 2015
	6,77500	8	2,71916	DICIEMBRE 2015
	7,55125	8	2,17207	ENERO 2016
	7,05583	24	2,48710	Total

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	61,8736	7	8,83908	1,60	,2155
Blocks	2,9628	2	1,48140	0,27	,7689
Error	77,4342	14	5,53101		
Total	142,2706	23			

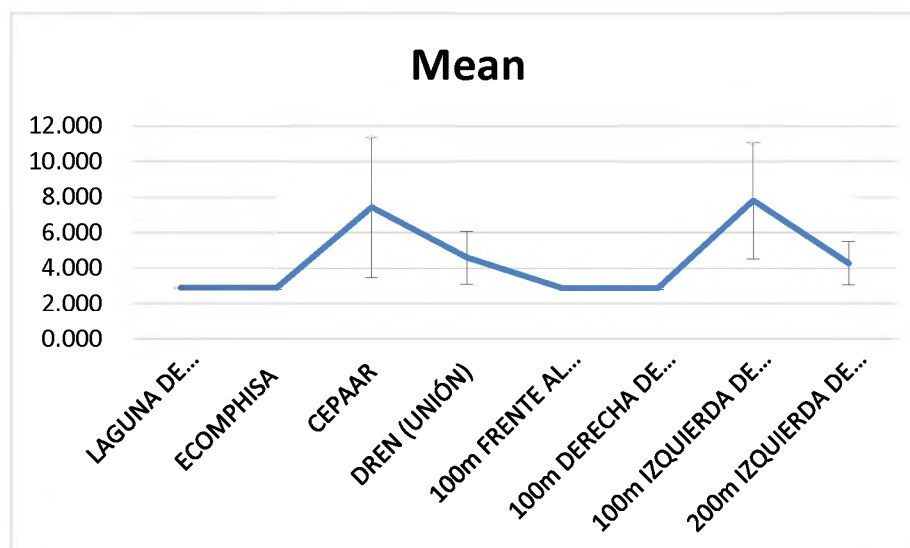


COLIFORMES FECALES

Mean	n	Std. Dev	
2,88667	3	0,05508	LAGUNA DE OXIDACION
2,88667	3	0,05508	ECOMPHISA
7,41667	3	3,92021	CEPAAR
4,59000	3	1,47224	DREN (UNION) 100m FRENTE AL
2,88667	3	0,05508	DREM 4000 100m DERECHA
2,88667	3	0,05508	DE DREM 4000 100m IZQUIERDA
7,79667	3	3,26203	DE DREM 4000 200m IZQUIERDA
4,28000	3	1,21371	DE DREM 4000
5,18625	8	2,96518	NOVIEMBRE 2015
5,11750	8	2,99418	DICIEMBRE 2015
3,05750	8	0,39373	ENERO 2016
4,45375	24	2,54354	Total

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	89,4772	7	12,78245	4,98	,0052
Blocks	23,4131	2	11,70654	4,55	,0298
Error	35,9101	14	2,55501		
Total	148,8004	23			



Post hoc analysis

p-values for pairwise t-tests

		LAGUNA DE OXIDACION	ECOMPHISA	100m FRENTE AL DREM 4000	100m DERECHA DE DREM 4000	200m IZQUIERDA DE DREM 4000	DREN (UNION)	CEPAAR	100m IZQUIERDA DE DREM 4000
		2,88667	2,88667	2,88667	2,88667	4,28000	4,59000	7,41667	7,79667
LAGUNA DE OXIDACION	2,88667								
ECOMPHISA	2,88667	1,0000							
100m FRENTE AL DREM 4000	2,88667	1,0000	1,0000						
100m DERECHA DE DREM 4000	2,88667	1,0000	1,0000	1,0000					
200m IZQUIERDA DE DREM 4000	4,28000	,3047	,3047	,3047	,3047				
DREN (UNION)	4,59000	,2137	,2137	,2137	,2137	,8160			
CEPAAR	7,41667	,0038	,0038	,0038	,0038	,0309	,0485		
100m IZQUIERDA DE DREM 4000	7,79667	,0021	,0021	,0021	,0021	,0176	,0279	,7756	

Tukey simultaneous comparison t-values (d.f. = 14)

		LAGUNA DE OXIDACION	ECOMPHISA	100m FRENTE AL DREM 4000	100m DERECHA DE DREM 4000	200m IZQUIERDA DE DREM 4000	DREN (UNION)	CEPAAR	100m IZQUIERDA DE DREM 4000
		2,88667	2,88667	2,88667	2,88667	4,28000	4,59000	7,41667	7,79667
LAGUNA DE OXIDACION	2,88667								
ECOMPHISA	2,88667	0,00							
100m FRENTE AL DREM 4000	2,88667	0,00	0,00						
100m DERECHA DE DREM 4000	2,88667	0,00	0,00	0,00					
200m IZQUIERDA DE DREM 4000	4,28000	1,07	1,07	1,07	1,07				
DREN (UNION)	4,59000	1,30	1,30	1,30	1,30	0,24			
CEPAAR	7,41667	3,46	3,46	3,46	3,46	2,40	2,16		
100m IZQUIERDA DE DREM 4000	7,79667	3,75	3,75	3,75	3,75	2,69	2,45	0,29	

critical values for experimentwise error rate:

0,05	3,53
0,01	4,43

ANEXO 15: NÚMERO MÁS PROBABLE

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA	PROCEDIMIENTO ENSAYO COLIFORMES TOTALES FECALES Y E. COLI	CÓDIGO: AM-PE-02 REVISIÓN: 00 FECHA: 22/03/2010 PÁGINA: 10 DE 12
---	--	---

Anexo iii: índice de nmp al 95% de confianza para varias combinaciones de resultados positivos cuando se usan 6 tubos para dilución (10 mL, 0,1 mL).

Combinación de positivos	NMP/ 100 mL	Límites de Confiabilidad	
		Bajo	Alto
000	<1.8		6.8
001	1.8	0.09	6.8
010	1.8	0.09	6.9
011	3.6	0.7	10
020	3.7	0.7	10
021	5.5	1.8	15
030	5.6	1.8	15
100	2	0.1	10
101	4	0.7	10
102	6	1.8	15
110	4	0.71	12
111	6.1	1.8	15
112	8.1	3.4	22
120	6.1	1.8	15
121	8.2	3.4	22
130	8.3	3.4	22
131	10	3.5	22
140	10	3.5	22
200	4.5	0.79	15
201	6.8	1.8	15
202	9.1	3.4	22
210	6.8	1.8	17
211	9.2	3.4	22
212	12	4.1	26
220	9.3	3.4	22
221	12	4.1	26
222	14	5.9	36
230	12	4.1	26
231	14	5.9	36
240	15	5.9	36
300	7.8	2.1	22
301	11	3.5	23
302	13	5.6	35
310	11	3.5	26
311	14	5.6	36
312	17	6	36
320	14	5.7	36
321	17	6.8	40
322	20	6.8	40
330	17	6.8	40
331	21	6.8	40
332	24	9.8	70
340	21	6.8	40
341	24	9.8	70
350	25	9.8	70
400	13	4.1	35
401	17	5.9	36
402	21	6.8	40

Combinación de positivos	NMP/ 100 mL	Límites de Confiabilidad	
		Bajo	Alto
403	25	9.8	70
410	17	6	40
411	21	6.8	42
412	26	9.8	70
413	31	10	70
420	22	6.8	50
421	26	9.8	70
422	32	10	70
423	38	14	100
430	27	9.9	70
431	33	10	70
432	39	14	100
440	34	14	100
441	40	14	100
442	47	15	120
450	41	14	100
451	48	15	120
500	23	6.8	70
501	31	10	70
502	43	14	100
503	58	22	150
510	33	10	100
511	46	14	120
512	63	22	150
513	84	34	220
520	49	15	150
521	70	22	170
522	94	34	230
523	120	36	250
524	150	58	400
530	79	22	220
531	110	34	250
532	140	52	400
533	170	70	400
534	210	70	400
540	130	36	400
541	170	58	400
542	220	70	440
543	280	100	710
544	350	100	710
545	430	150	1100
550	240	70	710
551	350	100	1100
552	540	150	1700
553	920	220	2600
554	1600	400	4600
555	>1600	700	