UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA AMBIENTAL

IMPACTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS DE LA ZONA MARINO COSTERA DE ILO - MOQUEGUA

TESIS

PRESENTADA POR:

BACHILLER POL EDUARDO NEYRA LÓPEZ
BACHILLER LUZ MARINA YUCRA TORRES

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACION.

El Jurado suscribiente ha calificado el trabajo de Tesis,

TITULADO: Impacto del Vertimiento de Aguas Residuales en las comunidades fitoplanctónicas de la Zona Marino Costera de Ilo - Moquegua

PRESIDENTE: M.Sc. Juan Luis Ccamapaza Aguilar

MIEMBROS: Ing. Rodolfo Rafael Sanchez Valencia

Dgo. Isabel del Carmen Espinoza Reynoso

ASESOR: Dr. Milko Raul Rivera Campano

PRESENTADO POR EL BACHILLER: Pol Eduardo Neyra López y Bachiller Luz Marina Yucra Torres DE LA PROMOCIÓN: 2012

CUYOS RESULTADOS HAN SIDO LOS SIGUIENTES:

CALIFICATIVO DEL TRABAJO: 16 (Dieciseis)

CALIFICATIVO DE LA SUSTENTACIÓN: 15 (Quince)

CALIFICATIVO FINAL: 16 (Dieciseis)

POR LO EXPUESTO, EL BACHILLER Pol E. Neyra López y Luz M. Yucra Torres

HA SIDO DECLARADO EXPEDITO PARA QUE SE LE CONFIERA EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

EN FE DE ELLO QUEDA ASENTADA LA PRESENTE ACTA

Ilo, a los 27 dias de Abril de 2017

e

M. Sc. Juan Ccamapaza Aguilar

1er Miembro

Ing. Rodolfo Sanchez Valencia

Miembro

Olga Isabel del Carmen Espinoza Reynoso

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de la vida existen puntos de quiebre, aquellos momentos en los que las decisiones que tomamos nos llevaron a uno u otro puerto. En los años de estudios en la Universidad Nacional de Moquegua, durante algunos de estos puntos de quiebre, recibimos el apoyo y la ayuda de profesores y amigos, sin los cuales el esfuerzo no habría bastado y que ahora tenemos que reconocer. Así dadas las cosas, hay muchas gracias que dar:

A todos los docentes que se esforzaron en transmitirnos conocimientos y experiencias en sus respectivos campos, en especial a la Licenciada Juana Rojas Benítez, a los Ingenieros Euler Tito Chura y Freddy Rodríguez Ordoñez.

A nuestros amigos, que se portaron como tales y fueron siempre fuente de ánimo y aliento durante incontables noches de desvelo.

Al Biólogo Martin Zambrano, quien desinteresadamente nos ofreció su tiempo, conocimientos y experiencia, y al Dr. Milko Rivera Campano por ofrecernos su apoyo como asesor.

A la Licenciada Judith Meléndez Mier quien nos proporcionó los recursos, materiales, equipos e instalaciones necesarias para llevar a cabo todo el proyecto.

A todos ustedes infinitas Gracias.

A mis familiares, quienes fueron el soporte fundamental en la realización de este proyecto: mi madre Vicky, mi padre Cirilo, mi hermana Mónica y mi hermano Cesar.

Luz Marina Yucra Torres.

Al Director de Servicios Ambientales, Biólogo Rodolfo Vicetti Valverde, sin cuyo apoyo y palabra nada de esto hubiera sido posible.

A mi madre, y a mis hijos, Lucila y Gabriel, por todo el tiempo que cedieron y por las noches que se desvelaron esperándome para jugar conmigo.

Pol E. Neyra López

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló desde Julio hasta Diciembre del 2015, en la zona litoral costera de la playa Media Luna en la Provincia de Ilo, donde se descarga el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna”, en la cual existen dos puntos de vertimiento permanentes: El punto P2, constituido por el efluente tratado en las lagunas primaria y secundaria, y el punto P1, constituido por las descargas de aguas residuales domésticas de la Ciudad de Ilo que no ingresan a la planta, siendo descargadas directamente al mar para evitar sobrecargas.

El objetivo del proyecto es determinar el impacto de estas descargas en la comunidad fitoplanctónica presente en la zona, y a través de la caracterización de la descarga determinar los parámetros fisicoquímicos que tienen una ponderación mayor en este impacto. Con este fin, se trazaron tres transectos perpendiculares a la línea costera, cada transecto está formado por dos puntos de muestreo formando una grilla que inicia a 500m del punto de descarga y se extiende 1000m hacia el norte y 1000m hacia el sur de la descarga, sumando en total 6 puntos de muestreo en el cuerpo receptor que se compararon con dos puntos considerados de

referencia en la playa “Pozo de Lizas”. Se realizaron 3 monitoreos que cubren las estaciones de invierno y primavera del año 2015. De la evaluación y la interrelación estadística de los parámetros fisicoquímicos, se determinó que las concentraciones de Nitrógeno Amoniacal y Fósforo Soluble son las que determinan las alteraciones observadas en las especies fitoplanctónicas. Se determinaron dos plumas de dispersión de 450m de longitud en dirección sur – oeste, de 100m a 130m de espesor y 1m de profundidad y cuya interacción y sinergias ocasionan la baja dispersión de contaminantes y su acumulación en el cuerpo receptor.

ABSTRACT

This research work was carried out from July to December 2015, in the coastal littoral zone of Media Luna beach in the Province of Ilo, where the effluent from the "Media Luna" Wastewater Treatment Plant is discharged. There are two permanent dumping points: P2, constituted by the treated effluent in the primary and secondary lagoons, and P1, constituted by the domestic wastewater discharges of the city of Ilo that do not enter the plant, being discharged directly to the sea to avoid overloading.

The objective of the project is to determine the impact of these discharges on the phytoplankton community present in the zone, and through the characterization of the discharge determine the physicochemical parameters that have a greater weight in this impact. In order to goal this, three transects were drawn perpendicular to the coastline, each transect is formed by two sampling points forming a grid that starts at 500m from the point of discharge and extends 1000m to the north and 1000m to the south of the discharge, totaling 6 sampling points in the receiving body, which were compared with two reference points in the beach "Pozo de Lizas". Three monitoring stations covering the winter

and spring seasons of the year 2015 were carried out. From the evaluation and statistical interrelations of the physicochemical parameters, it was determined that the concentrations of Ammoniacal Nitrogen and Soluble Phosphorus are those that determine the alterations observed in the phytoplankton species. Two dispersion plumes of 450m length were determined in a south - west direction, from 100m to 130m in thickness and 1m in depth and whose interaction and synergies caused the low dispersion of contaminants and their accumulation in the receiving body.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....3
RESUMEN.....5
ABSTRACT.....7
ÍNDICE GENERAL.....9
ÍNDICE DE FIGURAS.....12
ÍNDICE DE CUADROS.....13
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....16
INTRODUCCIÓN.....31
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 36
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA..... 36
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 39
1.2.1 Interrogante General 39
1.2.2 Interrogantes Secundarias 39
1.3 JUSTIFICACIÓN..... 40
1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS..... 42
1.4.1 Objetivo General..... 42
1.4.2 Objetivos Específicos 42
1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 43
1.5.1 Hipótesis General..... 43
1.5.2 Hipótesis Específicas 43
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 45
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 45
2.2 BASES TEÓRICAS..... 50
2.2.1 Caracterización de las Aguas Residuales - PTAR “Media Luna” 50
2.2.2 Caracterización del Cuerpo Receptor..... 54
2.2.3 Nutrientes como Factor Limitante de Fitoplancton 57
2.2.4 Zona de Mezcla..... 61
2.2.5 Estadística para los Contrastes de Significación..... 64
2.2.6 Cálculos para la Validación de Datos..... 68
2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS 69
2.4 ABREVIATURAS 76

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 78
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 78
3.1.1 Tipo de Investigación 78
3.1.2 Diseño de Investigación 79
3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN 87
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 88
3.3.1 Variables Independientes 88
3.3.2 Variables Dependientes 89
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA 89
3.4.1 Población 89
3.4.2 Muestra 90
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 91
3.5.1 Recolección de Datos de Campo 91
3.5.2 Determinación de Parámetros Fisicoquímicos 92
3.5.3 Análisis Subcontratados 93
3.6 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS 93
3.6.1 pHmetro Thermo Scientific – Orion 4 STAR 93
3.6.2 Conductímetro YSI Professional Plus 96
3.6.3 Turbidímetro Hach 2100Q 99
3.6.4 Sólidos Suspendidos Totales 102
3.6.5 Aceites y Grasas 104
3.6.6 Métodos Espectrofotométricos ($N\text{-}NO_2$ / $N\text{-}NO_3$ / $P\text{-}PO_4$) y Método del Sulfato Turbidimétrico: 106
3.6.7 Balance Iónico 106
3.7 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 107
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 108
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 108
4.1.1 Generalidades 108
4.1.2 Parámetros de Campo 109
4.1.3 Parámetros Fisicoquímicos 120
4.1.4 Nutrientes 125
4.1.5 Microorganismos Patógenos 130
4.1.6 Fitoplancton 132
4.1.7 Indicadores Biológicos 140

4.1.8 Análisis de Componentes Principales 141
4.1.9 Zona de Mezcla 142
4.2 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 144
4.2.1 HIPÓTESIS General 144
4.2.2 HIPÓTESIS Específicas 144
CONCLUSIONES..... 152
RECOMENDACIONES..... 154
BIBLIOGRAFÍA..... 156
ANEXOS..... 159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1: Esquema General de Alcantarillado de Ilo 160

Figura Nº 2: Ubicación de Puntos de Muestreo – Playa Pozo de Lizas..... 161

Figura Nº 3: Ubicación de Puntos de Muestreo – PTAR Media Luna..... 162

Figura Nº 4: Límite Exterior de la Zona de Mezcla entre el Vertimiento y el Cuerpo Receptor..... 163

Figura Nº 5: Zona de Estudio – Fuente: Elaboración Propia 164

Figura Nº 6: Diagrama de Desarrollo del Proyecto – Fuente: Elaboración Propia 165

Figura Nº 7: ***Pseudo – nitzschia***..... 166

Figura Nº 8: ***Dinophysis caudata*** 166

Figura Nº 9: ***Dinophysis rotundata*** 167

Figura Nº 10: ***Gonyaulax sp***..... 167

Figura Nº 11: ***Chaetoceros lorenzianus***..... 168

Figura Nº 12: ***Chaetoceros decipiens***..... 168

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Nº 1: Zonas de Drenaje de la Red de Alcantarillado*** – Provincia de Ilo 169

Cuadro Nº 2: Cronograma de Actividades 170

Cuadro Nº 3: Clasificación de Cuerpos de Agua Marino Costeros 171

Cuadro Nº 4: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas 172

Cuadro Nº 5: Requisitos para la Toma de Muestras de Agua y Preservación 173

Cuadro Nº 6: Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 175

Cuadro Nº 7: Métodos de Ensayo 176

Cuadro Nº 8: Table 4500-H^+: I. Preparation of pH Standard Solutions 179

Cuadro Nº 9: Validación de Datos de pH 180

Cuadro Nº 10: Table 2510: I. Equivalent Conductivity A and Conductivity k of Potassium Chloride at 25.0ºC 181

Cuadro Nº 11: Validación de Datos de Conductividad Eléctrica 182

Cuadro Nº 12: Validación de Datos de Turbidez 183

Cuadro Nº 13: Validación de Datos de Sólidos Suspendidos Totales 184

Cuadro Nº 14: Validación de Datos de Aceites y Grasas 185

Cuadro Nº 15: Validación de Datos de Nitritos 186

Cuadro Nº 16: Validación de Datos de Nitratos 187

Cuadro Nº 17: Validación de Datos de Fosfatos 188

Cuadro Nº 18: Validación de Datos de Sulfatos 189

Cuadro Nº 19: Balance Aniónico 190

Cuadro Nº 20: Análisis Estadístico de los Resultados de pH 191

Cuadro Nº 21: Análisis Estadístico de los Resultados de Temperatura 192

Cuadro Nº 22: Análisis Estadístico de los Resultados de Conductividad Eléctrica 193

Cuadro Nº 23: Análisis Estadístico de los Resultados de Salinidad 194

Cuadro Nº 24: Análisis Estadístico de los Resultados de Sólidos Disueltos Totales 195

Cuadro Nº 25: Análisis Estadístico de los Resultados de Turbidez 196

Cuadro Nº 26: Análisis Estadístico de los Resultados de Visibilidad 197

Cuadro Nº 27: Análisis Estadístico de los Resultados de Oxígeno Disuelto ... 198

Cuadro Nº 28: Análisis Estadístico de los Resultados de TSS 199

Cuadro Nº 29: Análisis Estadístico de los Resultados de Alcalinidad 200

Cuadro Nº 30: Análisis Estadístico de los Resultados de Aceites y Grasas ... 201

Cuadro Nº 31: Resultados de Análisis de DBO_5 202

Cuadro Nº 32: Resultados de Análisis de DQO 202

Cuadro Nº 33: Análisis Estadístico de los Resultados de Nitritos ($N\text{-}NO_2^-$) 203

Cuadro Nº 34: Análisis Estadístico de los Resultados de Nitratos ($N\text{-}NO_3^-$) ... 204

Cuadro Nº 35: Resultados de Análisis de Nitrógeno Amoniacal ($N\text{-}NH_3^+$) 205

Cuadro Nº 36: Análisis Estadístico de los Resultados de Fosfatos ($P\text{-}PO_4^{3-}$) .. 206

Cuadro Nº 37: Resultados de Análisis de Coliformes Totales 207

Cuadro Nº 38: Resultados de Análisis de Coliformes Termotolerantes 207

Cuadro Nº 39: Análisis Estadístico de los Resultados de Diatomeas 208

Cuadro Nº 40: Análisis Estadístico de los Resultados de Dinoflagelados 209

Cuadro Nº 41: Análisis Estadístico de los Resultados de Silicoflagelados 210

Cuadro Nº 42: Análisis Estadístico de los Resultados de Fitoflagelados 211

Cuadro Nº 43: Análisis Estadístico de los Resultados de Fitoplancton 212

Cuadro Nº 44: Parámetros Regulados por el Decreto Supremo D.S. Nº 003-2010-MINAM 213

Cuadro Nº 45: Indicadores de Riqueza de Especies 214

Cuadro Nº 46: Indicadores de Dominancia y Diversidad por Punto de Muestreo 215

Cuadro Nº 47: Análisis de Componentes Principales – Primer Muestreo 216

Cuadro Nº 48: Análisis de Componentes Principales – Segundo Muestreo ... 217

Cuadro Nº 49: Análisis de Componentes Principales – Tercer Muestreo 218

Cuadro Nº 50: Ingreso de Datos Software *"Visual Plumes"* 219

Cuadro Nº 51: Resultados Software *"Visual Plumes"* 220

Cuadro Nº 52: Concentraciones calculadas a partir de la dilución determinada en *"Visual Plumes"* 221

Cuadro Nº 53: Límites de Cuantificación determinados para los Métodos de Ensayo desarrollados en los Laboratorios de PROMASA 222

Cuadro Nº 54: Prueba de Mann Whitney 223

Cuadro Nº 55: Matriz de Consistencia 224

Cuadro Nº 56: Matriz de resultados 225

Cuadro Nº 57: Caudal de ingreso de aguas residuales a la Planta de Tratamiento Media Luna 226

Cuadro Nº 58: Variables Independientes y Dependientes 228

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nº 1: Caudal Promedio Horario (Enero – Diciembre 2015) ... 226

Gráfico Nº 2: Caudal Promedio Mensual (Enero – Diciembre 2015) . 229

Gráfico Nº 3: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 230

Gráfico Nº 4: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 230

Gráfico Nº 5: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 231

Gráfico Nº 6: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 231

Gráfico Nº 7: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 232

Gráfico Nº 8: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 232

Gráfico Nº 9: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 233

Gráfico Nº 10: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 233

Gráfico Nº 11: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 234

Gráfico Nº 12: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 234

Gráfico Nº 13: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC)– Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 235

Gráfico Nº 14: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 235

Gráfico Nº 15: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 236

Gráfico Nº 16: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 236

Gráfico Nº 17: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 237

Gráfico Nº 18: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 237

Gráfico Nº 19: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 238

Gráfico Nº 20: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 238

Gráfico Nº 21: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 239

Gráfico Nº 22: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 239

Gráfico Nº 23: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 240

Gráfico Nº 24: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 240

Gráfico Nº 25: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 241

Gráfico Nº 26: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 241

Gráfico Nº 27: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 242

Gráfico Nº 28: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 242

Gráfico Nº 29: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 243

Gráfico Nº 30: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 243

Gráfico Nº 31: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 244

Gráfico Nº 32: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 244

Gráfico Nº 33: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 245

Gráfico Nº 34: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 245

Gráfico Nº 35: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 246

Gráfico Nº 36: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 246

Gráfico Nº 37: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 247

Gráfico Nº 38: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 247

Gráfico Nº 39: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 248

Gráfico Nº 40: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 248

Gráfico Nº 41: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 249

Gráfico Nº 42: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 249

Gráfico Nº 43: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 250

Gráfico Nº 44: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 250

Gráfico Nº 45: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 251

Gráfico Nº 46: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 251

Gráfico Nº 47: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 252

Gráfico Nº 48: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 252

Gráfico Nº 49: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 253

Gráfico Nº 50: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 253

Gráfico Nº 51: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 254

Gráfico Nº 52: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 254

Gráfico Nº 53: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 255

Gráfico Nº 54: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 255

Gráfico Nº 55: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 256

Gráfico Nº 56: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 256

Gráfico Nº 57: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 257

Gráfico Nº 58: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 257

Gráfico Nº 59: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 258

Gráfico Nº 60: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 258

Gráfico Nº 61: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 259

Gráfico Nº 62: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 259

Gráfico Nº 63: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 260

Gráfico Nº 64: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 260

Gráfico Nº 65: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 261

Gráfico Nº 66: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 261

Gráfico Nº 67: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 262

Gráfico Nº 68: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 262

Gráfico Nº 69: Dispersión Espacial Superficial de DBO_5 (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 263

Gráfico Nº 70: Dispersión Espacial Superficial de DBO_5 (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 263

Gráfico Nº 71: Dispersión Espacial Superficial de DBO_5 (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 264

Gráfico Nº 72: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 265

Gráfico Nº 73: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 265

Gráfico Nº 74: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 266

Gráfico Nº 75: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 266

Gráfico Nº 76: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 267

Gráfico Nº 77: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 267

Gráfico Nº 78: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 268

Gráfico Nº 79: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 268

Gráfico Nº 80: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 269

Gráfico Nº 81: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 269

Gráfico Nº 82: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 270

Gráfico Nº 83: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 270

Gráfico Nº 84: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 271

Gráfico Nº 85: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 271

Gráfico Nº 86: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 272

Gráfico Nº 87: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 272

Gráfico Nº 88: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 273

Gráfico Nº 89: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 273

Gráfico Nº 90: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Totales (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 274

Gráfico Nº 91: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Totales (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 274

Gráfico Nº 92: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Totales (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 275

Gráfico Nº 93: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia..... 275

Gráfico Nº 94: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia..... 276

Gráfico Nº 95: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia..... 276

Gráfico Nº 96: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 277

Gráfico Nº 97: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 277

Gráfico Nº 98: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 278

Gráfico Nº 99: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 278

Gráfico Nº 100: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 279

Gráfico Nº 101: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 279

Gráfico Nº 102: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 280

Gráfico Nº 103: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 280

Gráfico Nº 104: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 281

Gráfico Nº 105: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 281

Gráfico Nº 106: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 282

Gráfico Nº 107: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 282

Gráfico Nº 108: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 283

Gráfico Nº 109: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 283

Gráfico Nº 110: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 284

Gráfico Nº 111: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 284

Gráfico Nº 112: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 285

Gráfico Nº 113: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 285

Gráfico Nº 114: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 286

Gráfico Nº 115: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 286

Gráfico Nº 116: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 287

Gráfico Nº 117: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 287

Gráfico Nº 118: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 288

Gráfico Nº 119: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 288

Gráfico Nº 120: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia 289

Gráfico Nº 121: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia 289

Gráfico Nº 122: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia 290

Gráfico Nº 123: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia 290

Gráfico Nº 124: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia 291

Gráfico Nº 125: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia 291

Gráfico Nº 126: Análisis de Similaridad de Jaccard – Promedios Primer Monitoreo (2015-07-10) – Elaboración Propia .. 292

Gráfico Nº 127: Análisis de Similaridad de Jaccard – Sumatorias Primer Monitoreo (2015-07-10) – Elaboración Propia .. 292

Gráfico Nº 128: Análisis de Similaridad de Jaccard – Promedios Segundo Monitoreo (2015-09-29) – Elaboración Propia 293

Gráfico Nº 129: Análisis de Similaridad de Jaccard – Sumatorias Segundo Monitoreo (2015-09-29) – Elaboración Propia 293

Gráfico Nº 130: Análisis de Similaridad de Jaccard – Promedios Tercer Monitoreo (2015-12-05) – Elaboración Propia .. 294

Gráfico Nº 131: Análisis de Similaridad de Jaccard – Sumatorias Tercer Monitoreo (2015-12-05) – Elaboración Propia .. 294

Gráfico Nº 132: Composición Fitoplanctónica Promedio por Estaciones de Muestreo – Elaboración Propia 295

Gráfico Nº 133: Composición Fitoplanctónica – Primer Monitoreo 295

Gráfico Nº 134: Composición Fitoplanctónica – Segundo Monitoreo..... 296

Gráfico Nº 135: Composición Fitoplanctónica – Tercer Monitoreo..... 296

Gráfico Nº 136: Distribución de Fitoplancton por Especies – Primer Monitoreo – Elaboración Propia 297

Gráfico Nº 137: Distribución de Fitoplancton por Especies – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia 298

Gráfico Nº 138: Distribución de Fitoplancton por Especies – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia 298

Gráfico Nº 139: Número de Especies Estimadas por Monitoreo – Elaboración Propia 299

Gráfico Nº 140: Índice de Simpson – Primer Monitoreo – Elaboración Propia 300

Gráfico Nº 141: Índice de Shannon – Primer Monitoreo – Elaboración Propia 300

Gráfico Nº 142: Índice de Simpson – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia 301

Gráfico Nº 143: Índice de Shannon – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia 301

Gráfico Nº 144: Índice de Simpson – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia 302

Gráfico Nº 145: Índice de Shannon – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia 302

Gráfico Nº 146: Gráfico de Sedimentación – Primer Monitoreo – Elaboración Propia 303

Gráfico Nº 147: Gráfico de Componentes en Espacio Rotado – Primer Monitoreo – Elaboración Propia 303

Gráfico Nº 148: Gráfico de Sedimentación – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia 304

Gráfico Nº 149: Gráfico de Componentes en Espacio Rotado – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia 304

Gráfico Nº 150: Gráfico de Sedimentación – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia 305

Gráfico Nº 151: Gráfico de Componentes en Espacio Rotado – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia 305

Gráfico Nº 152: Dilución del Efluente – Primer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 306

Gráfico Nº 153: Espesor de la Pluma – Primer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 306

Gráfico Nº 154: Profundidad de la Pluma – Primer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 306

Gráfico Nº 155: Dilución del Efluente – Primer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 306

Gráfico Nº 156: Espesor de la Pluma – Primer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 306

Gráfico Nº 157: Profundidad de la Pluma – Primer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 306

Gráfico Nº 158: Dilución del Efluente – Segundo Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 307

Gráfico Nº 159: Espesor de la Pluma – Segundo Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 307

Gráfico Nº 160: Profundidad de la Pluma – Segundo Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 307

Gráfico Nº 161: Dilución del Efluente – Segundo Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 307

Gráfico Nº 162: Espesor de la Pluma – Segundo Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 307

Gráfico Nº 163: Profundidad de la Pluma – Segundo Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 307

Gráfico Nº 164: Dilución del Efluente – Tercer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 308

Gráfico Nº 165: Espesor de la Pluma – Tercer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 308

Gráfico Nº 166: Profundidad de la Pluma – Tercer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia 308

Gráfico Nº 167: Dilución del Efluente – Tercer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 308

Gráfico Nº 168: Espesor de la Pluma – Tercer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 308

Gráfico Nº 169: Profundidad de la Pluma – Tercer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia 308

Gráfico Nº 170: Aceites y Grasas – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 309

Gráfico Nº 171: Coliformes Termotolerantes – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 309

Gráfico Nº 172: Demanda Bioquímica de Oxígeno – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 310

Gráfico Nº 173: Demanda Química de Oxígeno – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 310

Gráfico Nº 174: pH – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 311

Gráfico Nº 175: Sólidos Suspendidos Totales – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 311

Gráfico Nº 176: Temperatura – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia 312

INTRODUCCIÓN

La bahía de Ilo desarrolla una intensa actividad pesquera industrial y artesanal, además posee un elevado valor como atractivo turístico y económico que puede ser utilizado.

En la bahía de Ilo pueden enumerarse variadas fuentes de contaminación, tanto puntuales, como continuas. Recibe no solo las descargas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “Media Luna” de manera continua, sino también las descargas de salmuera y sanguaza de las diversas industrias pesqueras que se desarrollan en su litoral y las descargas provenientes del varadero artesanal, las cuales contienen una elevada carga orgánica. Además recibe las descargas puntuales de embarcaciones pesqueras artesanales e industriales que depositan no solo sus residuos líquidos, sino también sus residuos sólidos en el mar.

En la provincia de Ilo operan ocho (08) plantas industriales de producción de harina y aceite de pescado, las cuales descargan un volumen anual total de 1 097 556,5 m^3 de agua residual industrial

tratada[1]. Estas plantas industriales pertenecen a las siguientes empresas o consorcios comerciales:

- Procesadora de Productos Marinos S.A. (PROMASA).
- Pesquera Hayduk S.A.
- Pesquera Rubí S.A.
- Austral Group S.A.A.
- Tecnológica de Alimentos S.A. (TASA).
- Consorcio Terminales.
- Congelados Peruana del Pacífico S.A.
- Corporación Pesquera Inca S.A.C. (COPEINCA).

Estas ocho (08) plantas descargan hasta cuatro (04) tipos de efluentes, que varían en cuanto al contenido de materia orgánica presente: sanguaza, agua de cola, agua de bombeo y agua de lavado. Estos efluentes se descargan al mar con mayor o menor tratamiento dependiendo del tipo y características del efluente y del proceso y planta de la que procedan. Todas estas descargas cuentan con autorizaciones

1 *Autoridad Nacional del Agua. (2016). Registro Administrativo de Vertimientos y Reusos de Aguas Residuales Tratadas. Autoridad Nacional del Agua. Moquegua.*

de vertimiento vigentes otorgadas por la Autoridad Local del Agua Moquegua.[2]

Por otro lado, opera en la provincia de Ilo, la empresa minero metalúrgica Southern Perú Cooper Corporation, la cual cuenta con autorizaciones de vertimiento para tres puntos ubicados en la Fundición de Ilo y uno ubicado en la Refinería de Cobre. Vierte un volumen anual de 1 100 000 m^3 de agua residual industrial tratada y 805 000m^3 de agua residual doméstica tratada.[3]

Además la industria energética está representada por la empresa Energía del Sur (ENERSUR SUEZ), la cual opera dos centrales termoeléctricas, la central termoeléctrica Ilo 1, ubicada en la Fundición de Ilo, y la central termoeléctrica Ilo 21, ubicada a 25Km al sureste de la ciudad de Ilo. Ambas plantas descargan salmuera en sus operaciones, subproducto de la producción de agua desalinizada, y agua de mar de retorno que ha sido bombeada al proceso para ser utilizada como agua de enfriamiento. ENERSUR SUEZ vierte en total un volumen anual de 4 078 080 m^3 de agua residual industrial tratada.

2 *Autoridad Nacional del Agua. (2016). Registro Administrativo de Vertimientos y Reusos de Aguas Residuales Tratadas. Autoridad Nacional del Agua. Moquegua.*

3 *Zambrano Pinto, M.; Castillo Mamani, K. & Ríos Morales, M. (2013). Diagnóstico Ambiental de la Provincia de Ilo.*

La bahía está expuesta además a los derrames de hidrocarburos esporádicos provenientes de embarcaciones o de la industria que se desarrolla en la ciudad. Filtraciones de hidrocarburos han sido descubiertas en el malecón costero frente a la Municipalidad de Ilo, una zona netamente urbana y de gran potencial turístico.

Existen además, en la Ciudad de Ilo, varias descargas clandestinas a lo largo del litoral, las cuales provienen de antiguas redes de alcantarillado que no se han acoplado a las nuevas redes y descargan directamente al mar. Una de estas descargas puede observarse al costado del grifo “La Estación” y a un lado del buzón de carga de Ciudad Nueva.

La carga orgánica, bacteriana y el contenido de nutrientes en estos desechos, favorecen la eutrofización de las zonas costeras, lo cual puede originar mareas rojas, enfermedades de la piel y gastrointestinales entre otras.[4]

No se han identificado plenamente los efectos que estos contaminantes y sus sinergias puedan tener en los ecosistemas marinos y por extensión y uso en la salud humana, un adecuado tratamiento de las aguas residuales podría permitir no solo una disminución de los niveles de contaminación actuales, sino también mejoras en el uso del recurso,

4 *Sánchez, G. & Orozco, R. (1999). Estado del Ambiente Marino Costero Peruano según Fuentes de Contaminación. IMARPE.*

destinando estas aguas al riego de parques y / o jardines, o a terrenos agrícolas, reservando el agua potabilizada exclusivamente para el consumo humano.

La evaluación y el diagnóstico, permitirán la recuperación paisajística y turística de las zonas impactadas del litoral lleño, que a la larga, redundará en mejoras en la calidad de vida de la población en general.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A pesar de que se han implementado en las ciudades de todo el mundo múltiples sistemas de tratamiento de aguas residuales con éxito, en el Perú las plantas de tratamiento son escasas y, por lo general, las aguas servidas son vertidas directamente al mar, ríos o lagos, originando una severa contaminación de los cuerpos de agua por saturación con materia orgánica y patógenos (bacterias, virus, parásitos, etc.).

La contaminación ocasionada por el vertimiento de aguas residuales, sin tratamiento o tan solo con tratamiento primario, tiene impactos negativos sobre el ambiente y la salud generando pérdidas económicas, recreativas y paisajísticas.

Ante esta situación, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), realizó el año 2008 el inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTAR), identificando que en las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) los

principales problemas en la gestión de las aguas residuales son el déficit en la cobertura de tratamiento y la ineficiencia operativa de las PTAR.[5]

La Empresa Prestadora de Servicios Saneamiento, EPS Ilo, colecta en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna”, aproximadamente el 75% del volumen de las aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado. El promedio de los últimos 3 años de agua residual generada en la Ciudad de Ilo es de 3,5Mm^3, mientras que en la PTAR “Media Luna” se tratan solo aproximadamente 2,6Mm^3 de aguas residuales con un caudal promedio de 82.6L/s. Actualmente la Planta Tratamiento de Aguas Residuales funciona solo con tratamiento primario, realizando la separación del material grueso por medio de una cámara de rejas y un desarenador, mientras que la materia suspendida es retenida por sedimentación, obteniendo una purificación del 30% al 50%. Los tratamientos secundario y terciario no están en operación.[6]

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) al evaluar la calidad del agua de la zona marino costera adyacente a la playa “Media Luna” en la bahía de Ilo en diciembre del 2008, reportó una baja Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), una alta Demanda Química de Oxígeno (DQO) y bajas

5 *Méndez Vega, J. P. & Marchán Peña, J. (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS. Lima. R y F Publicaciones y Servicios S.A.C.*

6 *EPS Ilo S.A. (2015). Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. Informe Diario de Caudales. Ilo.*

concentraciones de bacterias Coliformes Totales y Termotolerantes en el agua de mar. En el Informe de Marzo del 2009 IMARPE atribuyó estos resultados a la dilución inicial en el mar debido a las corrientes, al choque osmótico por el cambio en la salinidad y al efecto antibacteriano de diversos factores que actúan simultáneamente.[7] Sin embargo, la alta Demanda Química de Oxígeno reportada por IMARPE es cuando menos cuestionable, debido a que no se dispone en el Perú de una técnica adecuada para su cuantificación en agua de mar, siendo las muestras analizadas por dilución.

Los contaminantes vertidos desde una PTAR son diversos y abarcan una amplia gama de concentraciones, sin embargo, entre ellos, los más importantes por la actividad que desarrollan, pertenecen al grupo considerado como nutrientes. La descarga de estos nutrientes vertidos desde la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “Media Luna” podría superar la capacidad del sistema para asimilar el aumento en su producción. En casos extremos se podría producir la eutrofización del medio marino costero originando un incremento de la turbidez con la consiguiente pérdida de vegetación acuática sumergida, disminución de la eficiencia fotosintética, deficiencia de oxígeno, cambios en las cadenas tróficas, pérdida de hábitats y pérdida de biodiversidad.

7 *IMARPE. (Marzo del 2009). Evaluación de la Calidad del Agua frente a Media Luna en la Bahía de Ilo. IMARPE, Moquegua. Ilo - Perú.*

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 INTERROGANTE GENERAL

¿Cuál será el impacto en la zona marino costera ocasionado por el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR “Media Luna” del distrito de Ilo sobre las comunidades fitoplanctónicas durante el periodo comprendido entre julio y diciembre del 2015?

1.2.2 INTERROGANTES SECUNDARIAS

¿Los parámetros físicos, químicos y biológicos de la descarga de aguas residuales como DBO_5, DQO, Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Fosfatos (PO_4^{3-}), pH, Coliformes Totales, etc. presentan diferencias significativas con respecto a los valores expresados en los Límites Máximos permisibles?

¿Cuál será la zona de impacto directo sobre la población fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento del agua residual de la PTAR “Media luna”?

¿Qué especies y poblaciones fitoplanctónicas se desarrollan en la zona de estudio?

¿Qué parámetros de la composición fisicoquímica y biológica impactan en la comunidad fitoplanctónica por el vertimiento de las aguas residuales en la zona de mezcla?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los recursos hídricos son esenciales para la existencia de los seres vivos y para el bienestar del medio ambiente en general. En este sentido, considerando el impacto negativo de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) sobre los cuerpos de agua receptores, que en muchos casos saturan su capacidad de autodepuración, resulta importante la medición de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a estos vertimientos.

En la actualidad, el recurso hídrico está bajo presiones crecientes como consecuencia del crecimiento de la población e incremento de las actividades antropogénicas, aumentando la cantidad de aguas servidas a tratar, las mismas que afrontan deficiencias en los sistemas de tratamiento, falta de tecnología y /o tratamientos inadecuados antes de ser vertidas al mar, consiguientemente, se produce un flujo de contaminación constante, que ocasiona el deterioro de la calidad del agua, amenaza a la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos. Es necesario identificar, medir y evaluar estos contaminantes como primer paso a la determinación de los impactos que se generan en las comunidades fitoplanctónicas y la calidad del agua de mar, considerando que el fitoplancton marino es responsable de más del 45%

de la producción primaria neta del planeta [8] [9] y que, en adición a lo anterior podrían enumerarse las contribuciones de las microalgas y protistas fitoplanctónicos en la calidad del agua, biodiversidad y cambio climático (incremento de especies invasoras y productoras de toxinas y acidificación de los océanos) [10] [11]

Actualmente se estudian nuevas alternativas de tratamiento, las cuales incluyen la construcción de dos nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de lodos activados, considerando el incremento de la demanda proyectado para los próximos 20 años de 184,10 L/s a 337.28 L/s.[12]

---

8 *Falkowski, P. G.; Katz, M. E.; Knoll, A. H.; Quigg, A.; Raven, J. A. & Schofield, O. (2004). The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton. Science Vol. 305. Páginas 354 - 360.*

9 *Simon, A.; Daniels, R.; Romero - Calderón, R.; Grygoruk, A.; Chang, H. & Najibi, R. (2009). Drosophila vesicular monoamine transporter mutants can adapt to reduced or eliminated vesicular stores of dopamine and serotonin. Genetics Vol. 181 (2).*

10 *Hallegraeff, G. M. (2010). Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. Journal of Phycology Vol. 46. Páginas 220 - 235.*

11 *Fiorini, S.; Middelburg, J. & Gattuso, J. (2011). Testing the effects of elevated CO_2 on Coccolithopores (Prymesiophyceae): Comparison between haploid and diploid life stages. Joumal of Phicology (Vol. 47).*

12 *Aqualogy Perú S.A.C. (2016). Ilo.*

1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Identificar los impactos generados por el vertimiento de la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Media Luna” sobre la masa fitoplanctónica de la zona marina costera adyacente a la descarga del efluente.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la descarga de aguas residuales domésticas en el punto de vertimiento identificando sus principales características fisicoquímicas y biológicas durante el periodo comprendido entre Julio y Diciembre del 2015.
- Identificar en la zona de mezcla, la influencia que ejerce el grado de contaminación del agua residual que se vierte al mar sobre la masa fitoplanctónica.
- Identificar y cuantificar poblaciones y especies fitoplanctónicas localizadas en la zona de estudio.
- Precisar que parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual muestran mayores impactos sobre la masa fitoplanctónica.

1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

No existen diferencias significativas en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas de las zonas marino costeras ubicadas frente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna” y la playa “Pozo de Lizas” debidas a la descarga.

1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_{01}: Los Parámetros de Calidad de Agua de Mar determinados en los puntos de vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “Media Luna” cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo D.S. Nº 003-2010-MINAM (Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Sólidos Totales en Suspensión (TSS) y Temperatura).

H_{02}: El límite exterior de la zona de mezcla entre el vertimiento y el cuerpo receptor marino determina una pluma de dispersión, que no alcanza áreas recreativas, turísticas o de aprovechamiento primario aledañas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna”.

H_{03}: La composición, abundancia y variabilidad espacial de las especies y comunidades fitoplanctónicas en el cuerpo receptor marino costero adyacente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna” son estadísticamente iguales a las encontradas en la zona marino costera adyacente a la playa Pozo de Lizas.

H_{04}: Las diferencias en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas encontradas en las zonas marinas costeras adyacentes a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna” y a la playa “Pozo de Lizas” se deben a uno o más de los contaminantes descargados en el vertimiento de la Planta de Tratamiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Tarazona, y otros, 1983[13]: Durante el periodo anterior al evento de El Niño de 1982, a finales del invierno y principios de la primavera, el fitoplancton mostró una alta proliferación, mientras que en 1982 la mayor proliferación se produjo en Julio, con una dominancia excepcionalmente alta de poblaciones de ***Skeletonema costatum***, ***Thalassionema bacillaris*** *y* ***Chaetoceros debilis***. Recién en el verano de 1983 se observó una considerable disminución del fitoplancton.

Jordan, 1985[14]: El fenómeno de El Niño (EN) en el Océano Pacífico, determinado por una cadena de circunstancias anormales frente a la costa sudamericana provoca: calentamiento de la superficie del mar de 3°C o más en promedio, aumento del nivel del mar, profundización de la termoclina, atenuación del proceso de afloramiento, falta de renovación

---

13 Tarazona, J.; Paredes, C.; Romero, L.; Blaskovich, V.; Guzmán, S. & Sánchez, S. (1983). Características de la Vida Planctónica y Colonización de los Organismos Bentónicos Epilíticos durante el Fenómeno El Niño. Boletín Informativo IMARPE ISSN Q378-7699.

14 Jordan, R. (1985). Los Efectos de El Niño 1982 - 1983 y los Mecanismos Internacionales para la Investigación. Boletín Informativo IMARPE ISSN Q 378-7699.

de nutrientes, disminución de la productividad primaria, cambio en la composición y distribución de flora y fauna y mortandad de organismos marinos.

Ochoa & Gómez, 1988[15], entre enero y noviembre de 1986 colectaron 216 muestras de fitoplancton en siete estaciones frente al Callao. Las mayores concentraciones de fitoplancton se encontraron cerca a la costa entre los 0m y 25m de profundidad. Las diatomeas fueron el grupo más importante. Las mayores abundancias de fitoplancton se encontraron en la primavera y otoño. Los dinoflagelados fueron muy abundantes desde el mes de mayo hasta agosto.

Ochoa & Gómez, 1988[16] y Ochoa & Tarazona, 2003[17] estudiaron la variación temporal a pequeña escala de la comunidad fitoplanctónica costera peruana. La temperatura superficial del agua de mar fluctuó entre 15,4ºC a 17,2°C. Las diatomeas fueron el principal componente de la comunidad fitoplanctónica. Se encontró escasa variabilidad en composición de especies, pero muy alta en densidad en períodos de sólo

15 *Ochoa, N. & Gómez, O. (1988). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Variación espacio temporal del fitoplancton frente al Callao - Perú. Boletín IMARPE Volumen Extraordinario. Páginas 51 - 57.*

16 *Ochoa, N. & Gómez, O. (1988). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Variación espacio temporal del fitoplancton frente al Callao - Perú. Boletín IMARPE Volumen Extraordinario. Páginas 51 - 57.*

17 *Ochoa, J. & Tarazona, N. (2003). Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de bahía Independencia. Pisco - Perú. UNMSM.*

algunas horas. Los cambios en la estructura fitoplanctónica estuvieron relacionados con pequeños cambios en la temperatura.

Cabello, Jacinto, Morón A. & Villanueva, 1997[18], realizaron un estudio en las áreas de Ilo e Ite en noviembre de 1997, dentro del programa de monitoreo en áreas costeras realizado por IMARPE, donde evaluaron la calidad acuática del ambiente marino costero. En la bahía de Ilo, la temperatura presentó rangos de 18,5°C a 20,4°C. Los valores de pH variaron en superficie entre 7,96 y 8,14. El oxígeno disuelto en la superficie estuvo entre 1,44mL/L y 6,22mL/L, con un promedio de 4,80mL/L, el 75% de valores superó los 2,1mL/L. En la zona de playa las concentraciones de oxígeno disuelto fueron elevadas (2,99mL/L a 5,90mL/L) con 90% de valores mayores a 3,0mL/L debido a una mayor interacción entre la capa superficial acuosa y el aire del medio a través del fuerte oleaje.

Sánchez, Enríquez, Morón, Solis & Chang, 1998[19], reportan que los resultados bacteriológicos sobre la estructura de la comunidad bentónica de fondo blando en la zona comprendida entre la bahía de Ilo hasta los Olivares, presentan índices de diversidad bajos, como un indicativo de la

18 *Cabello, R.; Jacinto, M. E.; Morón A. O.; & Villanueva, P. (1997). Calidad del ambiente marino costero en las áreas de Ilo e Ite. Noviembre de 1997. IMARPE..*

19 *Sánchez, G.; Enríquez, E.; Morón, O.; Solis, J. & Chang, F. (1998). Caracteristicas del Medio Marino, Fuentes y Evaluación de la Contaminación Marina en la Bahia de Ilo, Costa de Ite a Río Sama. Callao - Perú. IMARPE.*

perturbación de la comunidad por la presencia de elementos contaminantes de la actividad minero metalúrgica. La costa de la bahía de Ilo no presentó valores indicativos de contaminación fecal, por lo que se infiere que las aguas servidas tratadas mediante lagunas de estabilización y lodos activados tienen un resultado exitoso.

Sánchez, Enríquez, Morón, Solis & Chang, 1998[20], mencionan que los volúmenes de fitoplancton superficial en la costa peruana para octubre de 1995 fueron en general altos. Las mayores concentraciones se localizaron en Paita, Callao e Ilo, con valores promedios que oscilaron entre 2,7mL/m^3 y 6mL/m^3. ***Thalassiosira subtilis*** *y* ***Detonula pumila****,* estuvieron presentes en forma abundante y frecuente desde Chimbote hasta Ilo.

Cabello, Tam, & Jacinto, 2002[21], encontraron que, el aporte de materia orgánica proveniente de efluentes pesqueros, junto con el aporte proveniente de la floración algal nociva, ejerció un efecto sinérgico negativo sobre la calidad de la columna de agua y los sedimentos, lo que

---

20 Sánchez, G.; Enríquez, E.; Morón, O.; Solis, J. & Chang, F. (1998). Caracteristicas del Medio Marino, Fuentes y Evaluación de la Contaminación Marina en la Bahia de Ilo, Costa de Ite a Río Sama. Callao - Perú. IMARPE.

21 Cabello, R.; Tam, J. & Jacinto, M. (2002). Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas en junio del 2000. UNMSM - Facutad de Ciencias Biológicas.

provocó la mortalidad de especies bentónicas, entre ellas, la concha de abanico, en la bahía de Paracas en Junio del 2000.

Hernández, Vergara, Pérez, García, & Montero, Diciembre del 2004[22], mencionan que la materia orgánica, nitratos, fosfatos, grasas y aceites, aceleran el crecimiento de organismos, pueden producir eutrofización, degradación de la materia orgánica y consumo del suministro de oxígeno disuelto vital en el agua (DBO_5, DQO).

López, 2007[23], al evaluar la composición y abundancia del fitoplancton en relación con el ciclo estacional, en base a muestreos superficiales y de fondo, encontró que la comunidad fitoplanctónica del departamento de Ica estuvo asociada a cambios estacionales naturales, los mismos que fueron interrumpidos por floraciones algales producto de la actividad antropogénica que estimuló un aumento en la frecuencia de estos, lo que ya fue observado desde el otoño de 1999.

IMARPE, Marzo del 2009[24], diagnóstico la estructura comunitaria del fitoplancton determinando el dominio de diatomeas como: ***Detonula***

22 *Hernández, I.; Vergara, J.; Pérez, J.; García, C. & Montero, S. (Diciembre del 2004). Estudio de la Calidad Ambiental del Campo de Gibraltar. Eutrofización: Estructura y Dinámica de Ecosistemas Acuáticos. Universidad de Cádiz. Cádiz - España.*

23 *López, H. (2007). Área de fitoplancton y producción primaria. Callao - Perú. IMARPE.*

24 *IMARPE. (Marzo del 2009). Evaluación de la Calidad del Agua frente a Media Luna en la Bahía de Ilo. Moquegua. Ilo - Perú. IMARPE.*

pumila, ***Thalassiosira subtilis***, ***Chaetoceros decipiens***, ***Protoperidinium obtusum***, ***Planktonella sol*** y ***Rhizosolenia robusta***. Los análisis indicaron 24mL/m^3 en la zona marino costera frente a la playa Pozo de Lizas y 1,1mL/m^3 frente a la PTAR Media Luna.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES - PTAR "MEDIA LUNA"

El agua residual municipal, es el agua residual doméstica que puede incluir aguas residuales de origen industrial siempre que estas cumplan con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para ser admitidos en los sistemas de alcantarillado[25].

La provincia de Ilo está conformada por dos grandes zonas de drenaje, de las cuales la Zona de Drenaje N°01 abarca todo el Puerto de Ilo y más del 75% de la Pampa Inalámbrica, siendo conducidos los desagües por gravedad hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Media Luna. La Zona de Drenaje N°2 abarca a los sectores comprendidos en el distrito El algarrobal y a las zonas pobladas ubicadas en la Pampa Inalámbrica listadas en el **Cuadro Nº 1: "Zonas de Drenaje de la Red de Alcantarillado – Provincia de Ilo"**. Ante la carencia de un

25 *Autoridad Nacional del Agua. (2009). Resolución Jefatural Nº 0291-2009-ANA.*

emisor, los desagües son desviados mediante una estación de bombeo hacia la Zona de Drenaje N°01.

El Sistema de Alcantarillado de la Provincia de Ilo está conformado por cinco (05) Estaciones de Bombeo de las cuales una (01) está ubicada en la Pampa Inalámbrica, dos (02) están ubicadas en el Puerto de Ilo y dos (02) están ubicadas en el Distrito de Pacocha:

- **Estación de Bombeo de Desagüe N°1 – Varadero Artesanal:** Ubicado en el Varadero Artesanal, recibe las descargas de aguas residuales de las calles Abtao, Zepita y Moquegua y los conduce a un buzón de carga ubicado en el malecón costero a un costado del anfiteatro.
- **Estación de Bombeo de Desagüe N°2 – Villa del Mar:** Ubicado frente a la Urbanización Villa del Mar, recibe los desagües del Colector Costanero y los conduce hasta un buzón de carga ubicado frente al Cuartel Tarapacá.
- **Estación de Bombeo de Desagüe N°3 - Patillos:** Ubicado en la Concha Acústica de la Municipalidad Distrital de Pacocha, recibe los desagües de Valle Hermoso y la Urbanización Cesar Vallejo y los conduce hasta empalmar con el Emisor Caduceo.
- **Estación de Bombeo de Desagüe N°4 – Pueblo Nuevo:** Ubicado a un costado del Grifo la Estación en el Distrito de Pacocha, recibe los

desagües de Pueblo Nuevo y los conduce hasta empalmar con el Emisor Caduceo.

- **Estación de Bombeo de Desagüe N°5 – Nueva Victoria:** Ubicado en Nueva Victoria, recibe los desagües de la Zona de Drenaje N°02 y los conduce hasta empalmar con hasta el Emisor Caduceo.

El diagrama completo del sistema de colección de las aguas residuales de la Provincia de Ilo se observa en la **Figura Nº 1: "Esquema General de Alcantarillado de la Provincia de Ilo"**.

El Tratamiento de las Aguas Residuales de la Provincia de Ilo se realiza a través de cinco (05) lagunas de estabilización: una (01) laguna aireada, dos (02) lagunas secundarias facultativas y dos (02) lagunas terciarias facultativas, ubicadas en la Playa Media Luna en el Distrito de Pacocha.

Las Lagunas de Estabilización fueron construidas el año 1994 con un caudal máximo de tratamiento de 200L/s, 280mg/L como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y 80% de remoción de la carga total a la salida de planta. Sin embargo, actualmente los valores de DBO_5 de las aguas residuales que ingresan a la Planta de Tratamiento superan los 480mg/L y el sistema de aireación de la laguna primaria no está en funcionamiento. A pesar de estos hechos se logra una remoción de la materia orgánica superior al 65% en el punto de descarga P2.

Los principales componentes de la Planta de Tratamiento son:

- **Buzón de Ingreso, Cámara de Rejas y Desarenadores**

Las aguas residuales de la Ciudad de Ilo se reúnen en el Emisor Caduceo de 24 pulgadas de diámetro, el cual entrega las aguas residuales a un Buzón de Ingreso en Planta, después del cual empieza un canal cerrado de 10 metros de longitud aproximadamente, para luego continuar con un canal abierto de 5 metros de longitud, en donde se encuentra una cámara de rejas, cuyo objetivo es retener los sólidos gruesos y material flotante que podrían producir natas no degradables y de difícil manejo. La cámara de rejas se limpia manualmente cada media hora. Después de la cámara de rejas, el agua continúa su curso por gravedad y se distribuye a dos desarenadores longitudinales a una velocidad que permita separar la materia inorgánica (arena con granos superiores a 0.2mm de diámetro) de la materia orgánica, antes de la entrada a la laguna Primaria Aeróbica [26]

- **Laguna Primaria Aireada**

De 150m x 80m, con una profundidad máxima de 3m, cuyo fondo y taludes están constituidos por material de arcilla - cemento. Actualmente, los seis aireadores electromecánicos que inyectaban oxígeno para acelerar el proceso biológico se encuentran inoperativos.

---

26 EPS Ilo S.A. (2011). Infraestructura de la EPS Ilo S.A. en Alcantarillado.

- **Lagunas Secundarias Facultativas**

La Planta de Tratamiento cuenta con dos Lagunas Secundarias Facultativas de 200m x 65m y una profundidad máxima de 1,80m cada una, ambas lagunas cuentan con impermeabilización de HDPE de 1mm de espesor.

- **Lagunas Terciarias Facultativas**

La Planta de Tratamiento cuenta con dos Lagunas Terciarias Facultativas de 200m x 65m y con una profundidad máxima de 1,80m cada una, ambas lagunas cuentan con impermeabilización de HDPE de 1mm de espesor, el porcentaje de remoción de estas lagunas era del 75%, actualmente no están en funcionamiento.

2.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL CUERPO RECEPTOR

El cuerpo receptor es el Océano Pacífico y el punto de vertimiento del agua residual es la orilla de la playa “Media Luna”.

Es en la zona eufótica donde una proporción importante de los nutrientes son reutilizados con gran rapidez por el fitoplancton (Infante, 1988).[27]

27 *Infante, A. G. (1988). El Plancton de las Aguas Continentales.*

Guillén, 1984[28] y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1993[29], mencionan que las bahías de Ilo e Ite, han sido catalogadas como áreas críticas, por haber sido afectadas por relaves mineros hasta el año 1996.

Sánchez, Delgado, & Chang, Octubre - 1995[30], reportaron concentraciones mayores de contaminación fecal frente al área de descarga discontinua de las Lagunas de Estabilización de la Ciudad de Ilo, donde alcanzó el valor de 15 000 NMP/100mL. Los fosfatos y nitratos se presentaron con valores menores a 4,0µg-at/L y 2,17µg-at/L a nivel superficial al norte de la Fundición de Ilo respectivamente. Las muestras de fitoplancton superficial presentaron volúmenes que oscilaron entre 0,29mL/m^3 y 3,88mL/m^3 al norte de la bahía de Ilo, estos valores fueron asociados a temperaturas que fluctuaron entre 16,1°C y 19,4°C. Los resultados dan un amplio dominio de las diatomeas.

---

28 *Guillén, O. (1984). Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en el Perú. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).*

29 *PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1993). Efectos de los cambios climaticos en los ecosistemas costeros y marinos del pacífico sudestre Peru. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).*

30 *Sánchez, S.; Delgado, E. & Chang, F. (Octubre - 1995). Características del fitoplancton superficial en Paita, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo. Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas Seleccionadas (MOPAS 9510). Informe Progresivo Nº 33, IMARPE.*

Sánchez, Enríquez, Morón, Solis & Chang, 1998[31], caracterizaron el medio marino en las bahías de Ilo, encontrando alteraciones por contaminación con silicatos asociados a descargas de la actividad minera. El grupo dominante fueron las diatomeas con especies de afloramiento costero como ***Protoperidinium obtusum***, ***Detonula pumila***, ***Lithodesnium undulatum*** y ***Eucampia zoodiacus***. La estructura de la comunidad fitoplanctónica en el área estudiada indica condiciones normales de aguas costeras frías. Además reportan bajas densidades y alteraciones en los patrones de abundancia y biomasa en las comunidades macrobentónicas. No registraron niveles de contaminación por Coliformes Termotolerantes superiores a los Límites Máximos Permisibles.

Morón, Delgado, Girón, Gómez & Carrasco, 1999[32], reportaron que la comunidad fitoplanctónica de la costa peruana estuvo representada por muchas especies, destacando por su mayor frecuencia la diatomea ***Coscinodiscus perforatus***, y entre los dinoflagelados ***Ceratium dens***, ***C. trichoceros***, ***C. vultur*** y ***Dissodium asymmetricum***. El área de mayor volumen de plancton se localizó entre Hierba Buena e Ilo, zona donde el

---

31 Sánchez, G.; Enríquez, E.; Morón, O.; Solis, J. & Chang, F. (1998). Caracteristicas del Medio Marino, Fuentes y Evaluación de la Contaminación Marina en la Bahia de Ilo, Costa de Ite a Río Sama. Callao - Perú: IMARPE.

32 Morón, O.; Delgado, E.; Girón, M.; Gómez, E. & Carrasco, N. (1999). Monitoreo Oceanográfico Pesquero Paita, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo. IMARPE.

predominio fue del zooplancton, especialmente copépodos, nauplios y huevos, el fitoplancton fue muy escaso con presencia de algunas especies de aguas cálidas. El ***Protoperidinium Obtusum***, como indicador biológico de Aguas Costeras Frías (ACF), fue localizado en Ilo en áreas costeras y fuera de las 25mn entre Ilo y Morro Sama.

Los resultados de las investigaciones de IMARPE, señalan las áreas costeras del Callao y Chimbote como gravemente contaminadas, las áreas de Pisco, San Juan y Paita como moderadamente contaminadas, y el área costera de los Puertos de Matarani e Ilo como levemente contaminadas. También identifican las aguas residuales de origen doméstico e industrial como la principal fuente contaminante. Además, la carga orgánica, bacteriana y el contenido de nutrientes en estos desechos, favorecen la eutrofización de las zonas costeras, lo cual puede originar mareas rojas, enfermedades de la piel y gastrointestinales entre otras (Sánchez & Orozco, 1999)[33].

2.2.3 NUTRIENTES COMO FACTOR LIMITANTE DE FITOPLANCTON

El fitoplancton es una parte sustancial de la producción primaria en los ecosistemas marinos, el proceso empieza con sustancias inorgánicas disueltas (Nutrientes y CO_2 que se encuentran presentes en el agua). Los organismos autótrofos, las plantas y algunas bacterias, son los

33 *Sánchez, G. & Orozco, R. (1999). Estado del Ambiente Marino Costero Peruano según Fuentes de Contaminación. IMARPE.*

productores primarios que sintetizan la materia orgánica. Todo este proceso requiere de reacciones químicas inorgánicas (Chester, 1971)[34]. Esta ganancia neta de materia orgánica está regulada por la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo, la sílice y el hierro disuelto.

En los últimos años ha existido un creciente interés por la determinación de la influencia de los diferentes factores, principalmente nutrientes, que condicionan la composición y estructura de las comunidades fitoplanctónicas y que podrían ocasionar proliferaciones masivas o la aparición de especies tóxicas y además tener efectos negativos sobre el ecosistema y las actividades humanas vinculadas al mar (Peréz, 2009)[35].

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), (Andersen, 1996)[36], indica que las poblaciones fitoplanctónicas han presentado fuertes fluctuaciones espacio - temporales, asociadas a cambios en los parámetros ambientales. Los

34 *Chester, J. R. (1971). Introduction to marine chemistry. London: Academic Press.*

35 *Peréz, I. G. (2009). Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes. España.*

36 *Andersen, P. (1996). Design and implementation of some harmful algal monitoring systems (Vol. 44). Series IOC Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO.*

géneros que fueron registrados son ***Pseudo - nitzschia, Dinophysis*** y en forma ocasional ***Alexandrium***.

La temperatura, la luz, la disponibilidad de nutrientes y el consumo herbívoro son los cuatro factores más importantes que regulan la producción y la biomasa del fitoplancton (Shiah, Kao, & Liu, 1996)[37]. Las sales nutritivas en forma de compuestos de nitrógeno, fosforo y silicio, son los elementos que condicionan la producción primaria del fitoplancton.

La concentración de todos los nutrientes se relaciona de forma inversa con la conductividad y la salinidad (Peréz, 2009)[38].

Según Justic, Rabalais, Turner & Dortch, 1995[39] si la relación N : P es mayor a 22 el factor limitante es el fósforo mientras que si esta relación es menor a 10 el factor limitante es el nitrógeno. El fósforo es el limitante excepto en la superficie.

Las concentraciones de los diferentes compuestos de nitrógeno varían estacionalmente en la capa superficial del mar debido a factores

---

37 *Shiah, F.; Kao, S. & Liu, K. (1996). Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the Lanyang hsi. Taiwán.*

38 *Peréz, I. G. (2009). Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes. España.*

39 *Justic, D.; Rabalais, N.; Turner, R. & Dortch, Q. (1995). Changes in nutrient structure of river - dominated coastal waters: Stoichiometric nutrient balance and its consequences. México.*

atribuibles a las variaciones estacionales del clima, la circulación de las aguas y la actividad biológica.

En primavera los contenidos de nutrientes son relativamente elevados en la columna de agua, al estar ésta sin estratificar, el aumento de la intensidad lumínica, da lugar a la mayor de las proliferaciones estacionales del plancton. El crecimiento del plancton, y su consiguiente absorción de nutrientes, da lugar a una disminución creciente del nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en la capa eufótica, que en los mares con limitación en nitrógeno puede llegar al agotamiento a principios del verano cuando se inicia la estratificación térmica. Durante la mayor parte de la primavera el consumo del fitoplancton por peces y zooplancton permite el retorno del nitrógeno a la columna de agua con sus excreciones, tanto en forma asimilable proveniente del proceso de excreción, como amonio y urea, o en heces fecales que serán descompuestas bacterianamente. Al mismo tiempo la mezcla vertical contribuye a la renovación por conducir agua rica en nitrato desde la parte inferior de la zona eufótica (Riley & Chester, 1971)[40].

En verano, el calentamiento solar causa el desarrollo de una termoclina que inhibe la mezcla vertical (Riley & Chester, 1971). Como consecuencia, el crecimiento del fitoplancton elimina a gran velocidad el

40 *Riley, J. P. & Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry. London: Academic Press.*

nitrógeno inorgánico disponible por encima de la termoclina ya que no recibe aportes externos como sucede en primavera. En esta época, la forma predominante es el amonio, que es excretado por el zooplancton después de alimentarse del fitoplancton. Pero este amonio es rápidamente reasimilado. Como indican Riley & Chester, 1971, la excreción de nitrógeno por el zooplancton parece ser máxima cuando el fitoplancton es escaso, y viceversa. Al final del verano suele producirse una floración algal que interrumpe la constante regeneración de nitrato (Riley & Chester, 1971).

Durante el principio de esa regeneración la concentración de nutrientes se incrementa progresivamente a un máximo durante el otoño, cayendo luego a valores más bajos (Riley & Chester, 1971).

La nitrificación normalmente se completa en invierno, cuando la superficie se enfría y las tormentas rompen la termoclina, permitiendo al nitrato volver a distribuirse homogéneamente bajo la columna de agua (Riley & Chester, 1971)[41].

2.2.4 ZONA DE MEZCLA

La zona de mezcla está constituida por un volumen definido de agua alrededor del punto de descarga, en el cual aún pueden identificarse

41 *Riley, J. P. & Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry. London: Academic Press.*

características propias del efluente, por lo que no puede considerarse como parte del cuerpo receptor y no puede aplicársele los Estándares de Calidad de Agua definidos para el cuerpo receptor (Ministerio del Ambiente, 2015).[42]

La zona de mezcla circunda un espacio tridimensional alrededor del punto de vertimiento o difusor que se extiende en función de las diferencias de densidad y temperatura entre el efluente y el cuerpo receptor, la profundidad, caudal, ángulo y dimensiones de la descarga y la dirección y velocidad de la corriente marina.

Existen en el mercado diversos programas para la determinación de la zona de mezcla en cuerpos de agua marino costeros, a partir de una descarga de aguas residuales. Estos programas están basados en modelos matemáticos que consideran la infraestructura de descarga, las características de las aguas residuales y las condiciones existentes en el cuerpo receptor, y calculan las diluciones sucesivas de un contaminante utilizado como indicador.

El Software utilizado en este trabajo es el ***"Visual Plumes"*** de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Este Software calcula las diluciones de la descarga que se logran en el cuerpo

42 Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N°015-2015-MINAM.

receptor, basándose en el caudal de descarga, velocidad y dirección de la corriente marina y diseño del emisor.

El Software ***"Visual Plumes"*** modela la descarga del efluente considerando:

- La dilución inicial de la descarga en el punto de vertimiento.
- La difusión de la pluma en el cuerpo receptor.
- La dilución progresiva del contaminante, presente en la descarga, a través del cuerpo receptor.

La dilución inicial (D_i) ocurre en el punto de descarga del efluente al cuerpo receptor, puede tomar unos minutos dependiendo del ángulo de descarga de la tubería con respecto a la dirección de la corriente marina y del caudal de descarga, además de factores como la densidad y temperatura del efluente y del cuerpo receptor.

En el caso de la PTAR "Media Luna" la descarga se efectúa en superficie y aproximadamente a la misma temperatura del agua de mar, debido a este hecho, la diferencia en densidades determina que la dispersión de la pluma sea superficial. La densidad del efluente es significativamente menor a la densidad del agua de mar, originando una dispersión lateral en el sentido de la corriente.

2.2.5 ESTADÍSTICA PARA LOS CONTRASTES DE SIGNIFICACIÓN

Para definir la igualdad de dos conjuntos de datos que se distribuyen normalmente, tanto el promedio como la desviación estándar de los datos deben ser estadísticamente iguales. (En el caso de distribuciones No – Normales, la mediana y la desviación estándar asociada a la mediana deben ser estadísticamente iguales).

Para calcular los estadísticos de prueba de los contrastes de significación, es decir para determinar si dos conjuntos de datos son estadísticamente iguales, debe probarse primero el tipo de distribución de los datos (Normal – No Normal).

Si la distribución es Normal se aplican los estadísticos de prueba definidos para la Estadística Paramétrica (Prueba de la F y Prueba t de Student). Si la distribución es No Normal se aplican los estadísticos de prueba definidos para la Estadística No Paramétrica (Levene y Mann Whitney).

Si se cumple el supuesto de Normalidad, para probar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las Varianzas Muestrales de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de Pozo de Lizas y Media Luna, es decir, para probar la Hipótesis Nula:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

Se calcula el estadístico F, donde los factores se disponen de modo que F siempre sea mayor que 1.

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$$

El resultado se compara con el F obtenido de tablas para una distribución de dos colas. El número de Grados de Libertad del numerador y el denominador será $n_1 - 1$ y $n_2 - 1$ respectivamente. Si el $F_{Calculado}$ es menor al F obtenido de tablas las varianzas son estadísticamente iguales.

Si la Hipótesis Nula es verdadera, es decir, si las Varianzas Muestrales son estadísticamente iguales se comparan los resultados fisicoquímicos con el Estadístico de Prueba ***t***:

$$t = \frac{(X_1 - X_2)}{S\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

t: Estadístico de Prueba Calculado.

X_1: Promedio del Parámetro Fisicoquímico Playa Pozo de Lizas.

X_2: Promedio del Parámetro Fisicoquímico Playa Media Luna.

S: Desviación Estándar Combinada.

s_1^2 Varianza del Parámetro Fisicoquímico Playa Pozo de Lizas.

s_2^2: Varianza del Parámetro Fisicoquímico Playa Media Luna.

n_1: Número de Datos del Parámetro Fisicoquímico Playa Pozo de Lizas.

n_2: Número de Datos del Parámetro Fisicoquímico Playa Media Luna.

Este valor calculado de ***t*** se compara con el $t_{Crítico}$ obtenido de tablas a un nivel de confianza del 95% con $(n_1 + n_2 - 2)$ grados de libertad.

Si el valor calculado de ***t*** no excede el valor de $t_{Crítico}$ entonces puede concluirse que no existen diferencias significativas entre las concentraciones de los Parámetros Fisicoquímicos de ambas playas a un nivel de confianza del 95%.

Por otro lado, si la Hipótesis Nula es falsa, es decir, si las Varianzas Muestrales son estadísticamente diferentes se comparan los resultados fisicoquímicos con el Estadístico de Prueba ***t***:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} - \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

El número de Grados de Libertad se determina mediante la siguiente ecuación y se redondea al valor entero más cercano:

$$Grados\ de\ Libertad = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} - \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\left(\frac{S_1^4}{n_1^2(n_1 - 1)} + \frac{S_2^4}{n_2^2(n_2 - 1)}\right)}$$

Donde:

$\boldsymbol{t}$: Estadístico de Prueba Calculado.

$\boldsymbol{X_1}$: Promedio del Parámetro Fisicoquímico Playa Pozo de Lizas.

$\boldsymbol{X_2}$: Promedio del Parámetro Fisicoquímico Playa Media Luna.

$\boldsymbol{s_1^2}$: Varianza del Parámetro Fisicoquímico Playa Pozo de Lizas.

$\boldsymbol{s_2^2}$: Varianza del Parámetro Fisicoquímico Playa Media Luna.

$\boldsymbol{n_1}$: Número de datos del Parámetro Fisicoquímico Playa Pozo de Lizas.

$\boldsymbol{n_2}$: Número de datos del Parámetro Fisicoquímico Playa Media Luna.

Este valor calculado de $\boldsymbol{t}$ se compara con el $\boldsymbol{t_{Crítico}}$ obtenido de tablas a un nivel de confianza del 95%.

Si el valor calculado de $\boldsymbol{t}$ no excede el valor de $\boldsymbol{t_{Crítico}}$ entonces puede concluirse que no existen diferencias significativas entre las concentraciones de los Parámetros Fisicoquímicos de ambas playas a un nivel de confianza del 95%.

En los casos en los que no se cumplan los supuestos de Normalidad, se utiliza el Software **"Minitab"** para aplicar la Prueba Estadística No – Paramétrica de Mann Whitney para comparar dos Poblaciones con Distribuciones No – Normales, basando los cálculos en la mediana y la desviación estándar asociada a la mediana.

La comparación estadística de las Poblaciones Fitoplanctónicas de ambas playas se realizó mediante Gráficos de Similaridad e Índices de

Riqueza Especifica (Chao 2, Jacknife de Primer y Segundo Orden y Bootstrap), Índices de Dominancia (Índice de Simpson) y Equidad (Índice de Shannon) utilizando el Software **"PAST"**.

La biomasa total presente dentro del alcance establecido puede evaluarse en términos de cantidad de organismos presentes (células / L) siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

2.2.6 CÁLCULOS PARA LA VALIDACIÓN DE DATOS

Para la Validación de los Datos durante el desarrollo del Proyecto, se siguen los pasos descritos a continuación:

- **Especificar el mesurando:** El parámetro físico, químico o biológico que se evaluará.
- **Identificar Fuentes de Incertidumbre:** Partiendo de la fórmula de cálculo del parámetro físico, químico o biológico.
- **Cuantificar los Componentes de la Incertidumbre:** Para la cuantificación de los componentes de la Incertidumbre de las medidas pueden utilizarse certificados de pureza de reactivos, certificados de equipos (Balanzas) o de calibración del material volumétrico o gravimétrico.
- **Calcular la Incertidumbre Combinada:** La Incertidumbre Combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de todos los Componentes de la Incertidumbre.

2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS

- **Aguas Servidas:** Aguas residuales de origen doméstico.
- **Autótrofos:** Organismos capaces de sintetizar todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas, de manera que para su nutrición no necesitan de otros seres vivos.
- **Bentos:** Comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos.
- **Biodiversidad:** Variedad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte.[43]
- **Contaminación:** Es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas de nuestro aire, tierra y agua que puede afectar o afectará nocivamente la vida humana y la de especies beneficiosas.[44]
- **Copépodos:** Subclase de crustáceos diminutos, sin caparazón ni extremidades abdominales, que nadan con un par de antenas de gran tamaño, algunas veces adheridos a especies mayores. Forman parte del zooplancton en casi todo tipo de ambientes acuáticos.

---

43 United Nations - Convention on Biological Diversity. 1992.

44 Odum, E. Ecología. 1986.

- **Desarrollo Sostenible:** Desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.[45]
- **Diatomeas:** Clase de algas unicelulares de caparazón silíceo formado por dos valvas de tamaño desigual, de modo que la valva más pequeña encaja en la mayor; pueden vivir en el mar, en agua dulce o en tierra húmeda.
- **Dinoflagelados:** Extenso grupo de protistas flagelados, con unas 2400 especies conocidas. Estos microorganismos son unicelulares y forman parte del fitoplancton de agua dulce y marino. Aproximadamente la mitad son fotosintéticos y poseen pigmentos con clorofila. Al ser su nutrición principalmente autótrofa son productores primarios por lo que, junto a las diatomeas, constituyen el nivel trófico primario en la cadena alimenticia acuática.
- **Ecosistema:** Unidad integrada por organismos y su ambiente físico, los cuales interactúan entre si generando flujos de materia y energía en un espacio y tiempo determinado.[46]
- **EPA:** Environmental Protection Agency. Agencia del gobierno federal de Estados Unidos encargada de proteger la salud humana y proteger el medio ambiente: aire, agua y suelo.

---

45 Naciones Unidas (1987). Informe Nuestro Futuro Común.

46 Tansley, A. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms.

- **Estudio de Línea Base:** Diagnóstico del estado actual de actuación, previa a la ejecución de un proyecto. Comprende la descripción detallada de los atributos o características socio - ambientales del área de emplazamiento de un proyecto, incluyendo los peligros naturales que pudieran afectar su viabilidad.[47]
- **Estudios de Impacto Ambiental (EIA):** Son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos.[48]
- **Eutrofización:** Enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema marino o lacustre que origina la proliferación de algas produciendo un aumento de la biomasa y una disminución de la biodiversidad.
- **Fitoflagelados:** Grupo heterogéneo de protozoos caracterizados por la presencia de uno o más flagelos largos en una o en todas las fases de su ciclo vital. Los flagelos sirven para la locomoción y para la captura del alimento y pueden ser receptores sensoriales. Junto con las diatomeas, constituyen gran parte del alimento de algunos pequeños animales acuáticos.

---

47 *Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Anexo Nº 1. Diciembre – 2011.*

48 *Ley N° 28611: Ley General del Ambiente. Capítulo 3. Artículo 25. Octubre – 2005.*

- **Fitoplancton:** Conjunto de organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua.
- **IMARPE:** Instituto del Mar del Perú. Organismo técnico especializado del Ministerio de la Producción, orientado a la investigación científica, así como al estudio y conocimiento del mar peruano y sus recursos, para asesorar al Estado en la toma de decisiones respecto al uso racional de los recursos pesqueros y la conservación del ambiente marino.[49]
- **Impacto Ambiental:** Alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente provocada por la acción del proyecto.[50]
- **Índice de Bootstrap:** Estimador del número total de especies presentes en un ecosistema determinado.
- **Índice de Chao 2:** Estimador del número total de especies presentes en un ecosistema determinado.
- **Índice de Diversidad de Simpson:** Parámetro que nos permite medir la riqueza de organismos o la biodiversidad de un hábitat. El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

---

49 IMARPE. www.imarpe.gob.pe.

50 Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo D.S. Nº 019-2009-MINAM.

- **Índice de Jacknife de Primer Orden:** Estimador del número total de especies presentes en un ecosistema determinado.
- **Índice de Jacknife de Segundo Orden:** Estimador del número total de especies presentes en un ecosistema determinado.
- **Índice de Shannon:** Se utiliza en ecología para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas.
- **Límites Máximos Permisibles (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.[51]
- **Marea Roja:** Fenómeno natural caracterizado por un aumento en la concentración de ciertos organismos componentes del plancton. Bajo ciertas condiciones ambientales se produce un aumento exagerado de organismos fitoplanctónicos (Especialmente dinoflagelados), lo que se conoce como florecimiento, floración algal

51 *Ley N° 28611: Ley General del Ambiente. Artículo 32. Octubre – 2005.*

o "bloom", causando grandes cambios de coloración del agua debido a la presencia de pigmentos. Estos pigmentos pueden ser de color rojo, amarillo, verde, café o sus combinaciones, siendo la más frecuente la coloración rojiza, de ahí que se ha generalizado mundialmente el término "Marea Roja".[52]

- **Medio Ambiente:** Conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivientes y las actividades humanas[53]
- **Mitigación:** Medidas o actividades orientadas a atenuar o minimizar los impactos negativos que un proyecto puede generar sobre el ambiente.[54]
- **Monitoreo:** Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental.[55]
- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales domesticas o municipales.[56]

---

52 *IMARPE. www.imarpe.gob.pe.*

53 *Naciones Unidas (1975). Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano.*

54 *Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Anexo Nº 1. Diciembre – 2011.*

55 *Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Anexo Nº 1. Diciembre – 2011.*

- **Pluma de Dispersión:** Área o volumen de expansión o difusión del contaminante en el medio, a un nivel en el cual las características físicas, químicas o biológicas de la descarga son todavía detectables.
- **Programa de Monitoreo Ambiental:** Se entiende por Programa de Monitoreo Ambiental las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de datos técnicos y ambientales, que se realizan para definir las características del medio o entorno, identificar los impactos ambientales de las actividades del sector, y conocer su variación o cambio durante el tiempo.[57]).
- **Salmuera:** Efluente de la Industria Pesquera con una concentración de sales superior al 6%.
- **Silicoflagelados:** Grupo de protistas unicelulares caracterizados por presentar una estructura exterior de sílice constituida por una red de elementos tubulares en forma de enrejado. Miden entre 50 y 80 micras.
- **Termoclina:** Capa dentro de un cuerpo de agua donde la temperatura cambia rápidamente con la profundidad.
- **Zona Eufótica:** Es la zona superficial de la columna de agua limitada por la profundidad en la que la intensidad de la luz queda

---

56 *Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo D.S. Nº 003-2010-MINAM.*

57 *Ministerio de Pesquería. D. S. N° 012-*2001-PE. *Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Receptor Marino – MINPE 2001.*

reducida a un 1% de la que ha penetrado la superficie, es el límite por debajo del cual ya no es posible realizar la fotosíntesis.

- **Zona de Mezcla:** Es aquel volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.[58]

2.4 ABREVIATURAS

ACF: Aguas Costeras Frías.

ATSM: Anomalía de Temperatura Superficial del Mar.

DBO_5: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

CERPER: Certificaciones del Perú.

CPPS: Comisión Permanente del Pacífico Sur (PNUMA).

EN: Fenómeno del Niño.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

EPS: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento.

IMARPE: Instituto del Mar del Perú.

IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO).

LMP: Límite Máximo Permisible.

MOPAS: Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas Seleccionadas (IMARPE).

---

58 Autoridad Nacional del Agua. R.J. Nº 541-2013-ANA.

NH_3: Nitrógeno Amoniacal.

NID: Nitrógeno Inorgánico Disuelto.

NO_2^-: Nitritos.

NO_3^-: Nitratos.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PO_4^{3-}: Fosfato Disuelto.

PROMASA: Procesadora de Productos Marinos S.A.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

TDS: Sólidos Disueltos Totales.

TSS: Sólidos Suspendidos Totales.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UNMSM: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

VMA: Valores Máximos Admisibles.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación, "**Impacto del Vertimiento de Aguas Residuales en las Comunidades Fitoplanctónicas de la Zona Marino Costera de Ilo – Moquegua",** se enmarca dentro la siguiente clasificación científica:

a) **Investigación Descriptiva:** El objetivo principal en este tipo de investigaciones es explicar cómo se produce el fenómeno que se está investigando. Dado que existe un conocimiento previo acerca del tema, puede estar acompañada o no por la presencia de una hipótesis, en este caso se han planteado además hipótesis estadísticas de prueba.

b) **Investigación Temporal:** Porque se delimita dentro de un tiempo predeterminado durante el cual se realiza la investigación, es decir, en un período de tiempo que cuenta con fecha de inicio y de término establecidos. La presente investigación abarca desde abril del 2015 hasta mayo del 2016.

3.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El Diseño de la Investigación abarcó las siguientes etapas, las cuales se desarrollaron de manera secuencial en cada una de las 3 evaluaciones realizadas:

- Monitoreo.
- Análisis de Muestras en el Laboratorio.
- Análisis de Datos.

Adicionalmente se desarrolló una etapa previa de planificación.

3.1.2.1 PLANIFICACIÓN

La etapa de planificación inició con la selección de una playa no impactada, la cual fue utilizada para evaluar los indicadores de biomasa presente por comparación estadística con las poblaciones en el área de estudio tal como se muestra en los Anexos en la **Figura Nº 2: "Ubicación de Puntos de Muestreo: Playa Pozo de Lizas"**.

El siguiente paso fue la determinación de la grilla utilizada para la evaluación del área de estudio. Se determinaron tres transectos perpendiculares a la línea costera ubicándose el inicio del primer transecto (Punto P2) en el punto de descarga. Los transectos número 2 y número 3 se ubicaron paralelos al primer transecto al norte y al sur del punto de descarga (P2) y a 1Km de distancia. Sobre cada transecto se

consideraron dos (2) puntos de muestreo distantes 500m y 1000m de la línea costera. Determinándose de esta manera una grilla de 6 puntos de muestreo tal como se muestra en los Anexos en la **Figura Nº 3: "Ubicación de Puntos de Muestreo: Playa Media Luna"**.

3.1.2.2 MONITOREO

Se desarrollaron tres (3) monitoreos en las fechas indicadas en el cronograma del proyecto tal como se muestra en los Anexos en el **Cuadro Nº 2: "Cronograma de Actividades"**.

Se emplearon como referencias para los muestreos el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial aprobado por la Resolución Jefatural R.J. N° 182-2011-ANA, el Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Receptor Marino aprobado por Resolución Ministerial R.M. Nº 003-2002-PE del Ministerio de Pesquería, el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento aprobado por la R.M. Nº 273-2013-VIVIENDA, el Protocolo de Muestreo de Campo para Ecosistemas Acuáticos (Aquatic Ecosystems Field Sampling Protocols) preparada por Alberta Environment en marzo del año 2006 y la clasificación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que establece la zona como Categoría 4 Clase Especial, aprobada por la Resolución Jefatural R.J. Nº 030-2016-ANA Anexo Nº 1. Ver en los

Anexos el **Cuadro Nº 3: "Clasificación de Cuerpos de Agua Marino Costeros"** y el **Cuadro Nº 4: "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas"**.

En todos los puntos de la grilla se tomaron muestras para análisis de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Aceites y Grasas, Nutrientes (Nitrógeno Amoniacal (NH_3), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-) y Fosfatos (PO_4^{3-})) y Coliformes Totales y Termotolerantes. Además se midieron "in situ" los siguientes parámetros de campo: pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Salinidad, Sólidos Disueltos Totales (TDS), Turbidez, Oxígeno Disuelto y Visibilidad. La separación de las muestras por análisis, los tipos de frasco y el modo de preservación se especifican en el **Cuadro Nº 5: "Anexo Nº 1 Requisitos para la Toma de Muestras de Agua y Preservación"** del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua.

En el punto de ingreso (Punto Nº 1) y descarga de la PTAR (Punto Nº 2) se realizó la caracterización de las descargas tomándose como referencia el Anexo del **D.S. Nº 003-2010-MINAM "Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales"** (Ver en los Anexos el **Cuadro Nº 6**). En los puntos de ingreso y descarga se tomaron muestras para análisis de Sólidos Suspendidos Totales (TSS), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO),

Aceites y Grasas, Nutrientes (Nitrógeno Amoniacal (NH_3), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-) y Fosfatos (PO_4^{3-})) y Coliformes Totales y Termotolerantes. Además se midieron "in situ" los siguientes parámetros de campo: pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Salinidad, Sólidos Disueltos Totales (TDS), Turbidez y Oxígeno Disuelto. La separación de las muestras por análisis, los tipos de frasco y el modo de preservación se especifican en el **Cuadro Nº 5:** "**Anexo Nº 1 Requisitos para la Toma de Muestras de Agua y Preservación"** del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial.

Los datos de circulación marina (Velocidad y Dirección de Corriente Marina) se obtuvieron de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

Las muestras en los puntos de muestreo determinados en los transectos (Puntos Nº 3 – Nº 8) se tomaron desde un bote con motor fuera de borda.

En los puntos de muestreo determinados en los transectos (Puntos Nº 3 – Nº 8) se tomaron muestras de fitoplancton. El muestreo se realizó utilizando una Red y Botella Muestreadora "Niskin" siguiendo el procedimiento descrito en la **Sección 10200 B "Plancton - Sample Collection"** del **"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" 22nd Edition**.

3.1.2.3 ANÁLISIS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Las muestras para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales y Termotolerantes y Fitoplancton se enviaron a **CERPER (Laboratorio Acreditado Certificaciones del Perú – CERPER)**. Las muestras para Sólidos Suspendidos Totales (TSS), Aceites y Grasas y Nutrientes (Nitrógeno Amoniacal (NH_3), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-) y Fosfatos (PO_4^{3-})) se analizaron en los laboratorios de PROMASA (Procesadora de Productos Marinos S.A.). En ambos casos se aseguró la integridad de las muestras conservando las Cadenas de Custodia respectivas. Los métodos de ensayo utilizados y sus respectivas referencias se muestran en los Anexos en el **Cuadro Nº 7: "Métodos de Ensayo"**.

3.1.2.4 ANÁLISIS DE DATOS

El primer paso es determinar la pluma de dispersión del efluente mediante el uso del Software ***"Visual Plumes"*** 2005 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos con los datos de caracterización del efluente y circulación marina.

Seguidamente se caracteriza el efluente y el cuerpo receptor identificando las interrelaciones que pudieran darse entre los distintos parámetros evaluados.

Finalmente, se procede a calcular los contrastes de significación para los parámetros físicos, químicos y biológicos, tal como se describe en la **Sección 2.2.5 Estadística para los Contrastes de Significación**.

3.1.2.5 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.1.2.5.1 EQUIPOS

- Bote con motor fuera de borda.
- GPS Garmin E Trex Legend H.
- Red Muestreadora de Fitoplancton (80µm).
- Botella Niskin de 1L de capacidad.
- Equipo para filtración de muestras (Filtrador y bomba de vacío).
- Equipo Multiparámetro YSI Professional Plus (pH, ºT, CE, Salinidad, TDS, Oxígeno Disuelto).
- Turbidímetro Hach 2100Q.
- Disco Secchi (20cm de diámetro).
- Refrigeradora Ilumi Modelo BC – 3700F.
- Balanza Analítica A&D GR – 200 (0,0001g).
- Estufa Memmert UM500 (103ºC – 130ºC).
- pHmetro Thermo Scientific – Orion 4 STAR.
- Espectrofotómetro UV – Visible Varian Modelo Cary 50.
- Extractor de Grasa Soxhlet B-811.

3.1.2.5.2 MATERIALES

- Baldes y jarras.
- Frascos de muestra para análisis de Calidad de Agua (Sólidos Suspendidos Totales (TSS), Sólidos Disueltos Totales (TDS), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Fosfatos (PO_4^{3-}), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas, Coliformes Totales y Termotolerantes) y Fitoplancton.
- Etiquetas (Según el análisis requerido).
- Filtros 0,45µm.
- Cajas térmicas para preservación de las muestras (*"Coolers"*).
- Bloques de hielo empacado (*"Ice packs"*).
- Guantes descartables.
- Papel Tissue.
- Papel Toalla.
- Chalecos salvavidas.

3.1.2.5.3 REACTIVOS

- Agua Tipo 1 (0.054µS/cm).
- Ácido Ascórbico A.C.S.
- Ácido Clorhídrico Concentrado 37,5% (HCl).
- Ácido Etilendiaminotetracético EDTA A.C.S.
- Ácido Fosfórico 85% A.C.S. (H_3PO_4).

- Ácido Sulfúrico Concentrado 98% (H_2SO_4).
- Amoniaco 25% A.C.S. (NH_3).
- Azul de Bromofenol A.C.S.
- Buffer pH 4,00.
- Buffer pH 7,00.
- Buffer pH 10,00.
- Cadmio Metálico Q.P.
- Carbonato de Sodio A.C.S (Na_2CO_3).
- Cloruro de Amonio Q.P. (NH_4Cl).
- Cloruro de Bario Dihidratado A.C.S. ($BaCl_2.2H_2O$).
- Cloruro de Potasio A.C.S (KCl).
- Cloruro de Sodio A.C.S. (NaCl).
- Difenilcarbazona A.C.S.
- Estándares Primarios de Formazina 0.1NTU, 20NTU, 100NTU, 800NTU.
- Fosfato Ácido de Sodio Heptahidratado A.C.S. ($Na_2HPO_4.7H_2O$).
- Fosfato Diácido de Potasio A.C.S. (KH_2PO_4).
- Glicerol A.C.S.
- Hexametilentetramina A.C.S.
- Hexano Q.P.
- Hidróxido de Sodio Q.P. (NaOH).
- Molibdato de Amonio Tetrahidratado A.C.S.
- N – (1 – Naftil) Etilendiamina NED A.C.S.

- Nitrato de Mercurio (II) ($Hg(NO_3)_2$).
- Nitrato de Potasio A.C.S. (KNO_3).
- Nitrito de Potasio A.C.S. (KNO_2).
- Propanol A.C.S.
- Rojo de Metilo A.C.S.
- Sulfanilamida Q.P.
- Sulfato de Cobre Comercial.
- Sulfato de Hidrazina A.C.S.
- Tartrato de Potasio y Antimonio A.C.S.
- Tierra Silicea Calcinada y Purificada.
- Verde de Bromocresol A.C.S.

3.1.2.5.4 PROGRAMAS

- Visual Plumes 2005.
- Surfer 9.0.
- PAST 3.
- Minitab 16.
- SPSS 22.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El Nivel de Investigación del presente estudio es Descriptivo, por cuanto nos ocupamos de distribuciones poblacionales de fitoplancton en un espacio geográfico y tiempo definido, lo que nos permitirá comparar las

poblaciones, sus distribuciones y características y el medio en el cual se desarrollan con un Nivel de Confianza dado.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables se muestran en el Cuadro Nº 58.

3.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

3.3.1.1 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD DE AGUA

- Coliformes Totales (NMP/100mL).
- Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL).

3.3.1.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUA

- Aceites y Grasas (mg/L).
- Conductividad Eléctrica (mS/cm).
- Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L).
- Demanda Química de Oxigeno (mg/L).
- Fosfatos (mg/L).
- Nitratos (mg/L).
- Nitritos (mg/L).
- Nitrógeno Amoniacal (mg/L).
- Oxígeno Disuelto (mg/L).
- pH (unidades de pH).

- Salinidad (º/₀₀)
- Sólidos Suspendidos Totales (mg/L).
- Temperatura (ºC).
- Turbidez (NTU).
- Visibilidad (m).

3.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES

3.3.2.1 BIOMASA FITOPLANCTÓNICA

- Biomasa de Especies Fitoplanctónicas (Células / L).
- Índice de Simpson.
- Índice de Shannon.
- Jacknife de Primer Orden.
- Jacknife de Segundo Orden.
- Chao 2.
- Bootstrap.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

La población en estudio está compuesta por el Mesoplancton y el Microplancton de las zonas marino costeras adyacentes a la PTAR “Media Luna” y a la playa “Pozo de Lizas”. El tamaño de abertura de la

red utilizada para los muestreos (80µm de porosidad) determina el tamaño mínimo de los organismos considerados en la población.

Se utilizaron como referencias para los muestreos el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial aprobado por la Resolución Jefatural R.J. N° 182-2011-ANA, el Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Receptor Marino aprobado por Resolución Ministerial R.M. Nº 003-2002-PE del Ministerio de Pesquería, el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento aprobado por la R.M. Nº 273-2013-VIVIENDA, el Protocolo de Muestreo de Campo para Ecosistemas Acuáticos (Aquatic Ecosystems Field Sampling Protocols) preparada por Alberta Environment en marzo del año 2006 y la clasificación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que establece la zona como Categoría 4 Clase Especial, aprobada por la Resolución Jefatural R.J. Nº 202-2010-ANA.

3.4.2 MUESTRA

Las muestras de fitoplancton fueron tomadas por arrastre desde un bote con motor fuera de borda, utilizando una malla de 12cm de diámetro para el ingreso de muestra y un tamaño de poro de 80µm para la retención del fitoplancton, a una velocidad de 3 nudos (≈1.543m/s) durante 5 minutos.

El volumen total de muestra filtrado para cada punto de monitoreo se calcula de la siguiente manera:

$$Volumen\ Total_{Filtrado} = A\ x\ V\ x\ T = \pi\ x\ r^2 x\ V\ x\ T$$

Donde:

***A*:** Área de Ingreso de Muestra.

V: Velocidad de Ingreso de Muestra.

T: Tiempo de Muestreo.

***r*:** Radio de la Malla de Muestreo de Fitoplancton.

$$Volumen\ Total_{Filtrado} = \pi\ x\ (0.06m)^2 x\ 1.543\ {}^{m}/_{S}\ x\ 300s$$

$$Volumen\ Total_{Filtrado} = 5.24m^3$$

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

La recolección de datos de campo (pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Salinidad, Turbidez, Oxígeno Disuelto y Visibilidad), se realizó "in situ" utilizando para ello equipos apropiadamente calibrados y verificados de acuerdo a métodos de ensayo ampliamente utilizados a nivel nacional e internacional. Las metodologías se listan en los Anexos en el **Cuadro Nº 7: "Métodos de Ensayo"**.

3.5.1.1 EQUIPOS

- Equipo Multiparámetro YSI Professional Plus (pH, ºT, CE, Salinidad, TDS, Oxígeno Disuelto).
- Turbidímetro Hach 2100Q.
- Disco Secchi (20cm de diámetro).

3.5.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los análisis fisicoquímicos no subcontratados (Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Amonio, Nitritos, Nitratos y Fosfatos) se realizaron en los laboratorios de Procesadora de Productos Marinos S.A. PROMASA. Se verificaron los estados de operación y calibración de los equipos utilizados y se siguieron las metodologías descritas en los Anexos en el **Cuadro Nº 7: "Métodos de Ensayo"**.

3.5.2.1 EQUIPOS

- Refrigeradora Ilumi Modelo BC – 3700F.
- Balanza Analítica A&D GR – 200 (0,0001g).
- Estufa Memmert UM500 (103ºC – 130ºC).
- pHmetro Thermo Scientific – Orion 4 STAR.
- Espectrofotómetro UV – Visible Varian Modelo Cary 50.
- Extractor de Grasa Soxhlet B-811.

3.5.3 ANÁLISIS SUBCONTRATADOS

Los análisis subcontratados (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y Fitoplancton), fueron enviados debidamente identificados y acompañados por la Cadena de Custodia respectiva a Certificaciones del Perú – CERPER. Las metodologías reportadas se listan en los **Anexos en el Cuadro Nº 7: "Métodos de Ensayo"**.

3.6 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Para la Validación de Datos y Confiabilidad de los Instrumentos se utilizó como referencia la **Guía EURACHEM / CITAC Guide CG 4 Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement**. Los pasos básicos se enlistan en la **Sección 2.2.6 Cálculos para la Validación de Datos**.

3.6.1 PHMETRO THERMO SCIENTIFIC – ORION 4 STAR

La exactitud del método se estimó a partir de los datos de Verificación del Equipo con una Solución de Referencia de pH conocido (pH = 7,415), tal como se describe en el **Cuadro Nº 8 "Table 4500-H^+: I. Preparation of pH Standard Solutions"** del método American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 H+: pH Value, 22nd Edition, 2012.

La preparación de esta Solución de Referencia involucra 2 etapas:

- **Pesado de las sales:** Se pesan en la Balanza Analítica las cantidades exactas descritas en el Método de Ensayo (1.179g de Fosfato Diácido de Potasio y 8.12g de Fosfato Ácido de Sodio Heptahidratado).
- **Disolución de las sales:** Se trasvasan cuantitativamente las sales pesadas a una fiola de 1000mL.

Los factores que intervienen en la incertidumbre para la Solución de Referencia serán:

$$Incertidumbre\ pH = Incertidumbre\ (-Log[H^+]) = -Log\left(\frac{m\ .P}{PM\ .V}\right)$$

Donde:

m: Peso de la sal (mg).

P: Pureza de la sal (%).

PM: Peso Molecular de la sal.

V: Volumen de la fiola (L).

3.6.1.1 INCERTIDUMBRE DEL PESO DE LAS SALES

La Incertidumbre del Peso de las Sales puede calcularse a partir de la Ecuación dada en el Certificado de Calibración de la Balanza para corrección de los pesos:

$$Lectura\ Corregida\ (g) = R + 1{,}3\ x\ 10^{-7} R$$

Donde:

R: Lectura de la Balanza (g)

3.6.1.2 INCERTIDUMBRE DE LA PUREZA DE LAS SALES

La Incertidumbre de la Pureza de las Sales puede obtenerse directamente de los Certificados de Análisis de los Reactivos o sus etiquetas.

3.6.1.3 INCERTIDUMBRE DEL VOLUMEN

La incertidumbre del volumen está dada por 3 fuentes principales:

- La incertidumbre propia del certificado de la fiola.
- Las variaciones debidas a errores humanos en el enrase de la fiola.
- Las diferencias de temperatura entre la calibración de la fiola y la preparación de las soluciones.

Las siguientes consideraciones se tomaron en cuenta para el cálculo de la incertidumbre de las medidas:

La pureza del reactivo y la temperatura siguen distribuciones rectangulares, mientras que el volumen obedece a una distribución triangular.

La Incertidumbre Estándar Combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de todos los factores que intervienen en la medida.

La Incertidumbre Expandida Combinada se calcula como el doble de la Incertidumbre Estándar Combinada.

Las Incertidumbre Expandida Combinada calculada de las medidas de pH es ±0.025u pH. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 9**.

3.6.2 CONDUCTÍMETRO YSI PROFESSIONAL PLUS

La exactitud del método se estimó a partir de los datos de Verificación del Equipo con dos Soluciones de Referencia de concentración conocida (CE = 12,89mS/cm y CE = 58,67mS/cm), tal como se describe en el **Cuadro Nº 10 "Table 2510: I. Equivalent Conductivity A and Conductivity k of Potassium Chloride at 25.0ºC"** del método American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the

Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2510 Conductivity Electrometric Method, 22nd Edition, 2012.

La preparación de estas Soluciones de Referencia involucra 2 etapas:

- **Pesado de las sales:** Se pesan en la Balanza Analítica las cantidades exactas descritas en el Método de Ensayo (7.456g y 37,28g de Cloruro de Potasio respectivamente).
- **Disolución de las sales:** Se trasvasan cuantitativamente las sales pesadas por separado a sendas fiolas de 1000mL.

Los factores que intervienen en la incertidumbre para las Soluciones de Referencia serán:

$$Incertidumbre\ CE = Incertidumbre\ \left(\frac{m\ .P}{V}\right)$$

Donde:

m: Peso de la sal (mg).

P: Pureza de la sal (%).

V: Volumen de la fiola (L).

3.6.2.1 INCERTIDUMBRE DEL PESO DE LAS SALES

La Incertidumbre del Peso de las Sales puede calcularse a partir de la Ecuación dada en el Certificado de Calibración de la Balanza para corrección de los pesos:

$$Lectura\ Corregida\ (g) = R + 1{,}3\ x\ 10^{-7} R$$

Donde:

R: Lectura de la Balanza (g)

3.6.2.2 INCERTIDUMBRE DE LA PUREZA DE LAS SALES

La Incertidumbre de la Pureza de las Sales puede obtenerse directamente de los Certificados de Análisis de los Reactivos o sus etiquetas.

3.6.2.3 INCERTIDUMBRE DEL VOLUMEN

La incertidumbre del volumen está dada por 3 fuentes principales:

- La incertidumbre propia del certificado de la fiola.
- Las variaciones debidas a errores humanos en el enrase de la fiola.
- Las diferencias de temperatura entre la calibración de la fiola y la preparación de las soluciones.

Las siguientes consideraciones se tomaron en cuenta para el cálculo de la incertidumbre de las medidas:

La pureza del reactivo y la temperatura siguen distribuciones rectangulares, mientras que el volumen obedece a una distribución triangular.

La Incertidumbre Estándar Combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de todos los factores que intervienen en la medida.

La Incertidumbre Expandida Combinada se calcula como el doble de la Incertidumbre Estándar Combinada.

La Incertidumbre Expandida Combinada de las medidas de Conductividad Eléctrica es 0.01mS/cm. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 11**.

3.6.3 TURBIDÍMETRO HACH 2100Q

La exactitud del método se estimó a partir de los datos de Verificación del Equipo con una Solución de Referencia de concentración conocida (Turbidez = 4000NTU), tal como se describe en el método American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination

of Water and Wastewater, Part 2000, 2130 B Turbidity, 22nd Edition, 2012.

La preparación de esta Solución de Referencia involucra 2 etapas:

- **Pesado de las sales:** Se pesan en la Balanza Analítica las cantidades exactas descritas en el Método de Ensayo (1,25g de Sulfato de Hidrazina en 100mL de Agua Grado Reactivo y 12,50g de Hexametilentetramina en 50mL de Agua Grado Reactivo).
- **Disolución de las sales:** Se trasvasan cuantitativamente las sales pesadas y disueltas a una fiola de 250mL.

Los factores que intervienen en la incertidumbre para las Soluciones de Referencia serán:

$$Incertidumbre\ Turbidez = Incertidumbre\ \left(\frac{m\ .P}{V}\right)$$

Donde:

m: Peso de la sal (mg).

P: Pureza de la sal (%).

V: Volumen de la fiola (L).

3.6.3.1 INCERTIDUMBRE DEL PESO DE LAS SALES

La Incertidumbre del Peso de las Sales puede calcularse a partir de la Ecuación dada en el Certificado de Calibración de la Balanza para corrección de los pesos:

$$Lectura\ Corregida\ (g) = R + 1{,}3\ x\ 10^{-7} R$$

Donde:

R: Lectura de la Balanza (g)

3.6.3.2 INCERTIDUMBRE DE LA PUREZA DE LAS SALES

La Incertidumbre de la Pureza de las Sales puede obtenerse directamente de los Certificados de Análisis de los Reactivos o sus etiquetas.

3.6.3.3 INCERTIDUMBRE DEL VOLUMEN

La incertidumbre en el volumen está dada por 3 fuentes principales:

- La incertidumbre propia de los certificados de la fiolas.
- Las variaciones debidas a errores humanos en el enrase de las fiolas.
- Las diferencias de temperatura entre la calibración de las fiolas y la preparación de las soluciones.

Las siguientes consideraciones se tomaron en cuenta para el cálculo de la incertidumbre de las medidas:

La pureza del reactivo y la temperatura siguen distribuciones rectangulares, mientras que el volumen obedece a una distribución triangular.

La Incertidumbre Estándar Combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de todos los factores que intervienen en la medida.

La Incertidumbre Expandida Combinada se calcula como el doble de la Incertidumbre Estándar Combinada.

La Incertidumbre Expandida Combinada de las medidas de Turbidez es 0.02NTU. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 12**.

3.6.4 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

La exactitud del método se estimó a partir de los datos de los Certificados de Calibración de la Balanza y la Probeta (1000mL) utilizados en la realización del Método de Ensayo American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2540 D Total Suspended Solids dried at 103ºC - 105ºC, 22nd Edition, 2012.

3.6.4.1 INCERTIDUMBRE DEL PESO DE LOS FILTROS

La Incertidumbre del Peso de los Filtros puede calcularse a partir de la Ecuación dada en el Certificado de Calibración de la Balanza para corrección de los pesos:

$$Lectura\ Corregida\ (g) = R + 1{,}3\ x\ 10^{-7} R$$

Donde:

R: Lectura de la Balanza (g)

3.6.4.2 INCERTIDUMBRE DEL VOLUMEN

La incertidumbre en el volumen está dada por 3 fuentes principales:

- La incertidumbre propia del Certificado de la Probeta (1000mL).
- Las variaciones debidas a errores humanos en el enrase de las Probeta (1000mL).
- Las diferencias entre la temperatura de calibración de la probeta y la temperatura a la cual se realizaron las medidas.

Las siguientes consideraciones se tomaron en cuenta para el cálculo de la incertidumbre de las medidas:

La temperatura sigue una distribución rectangular, mientras que el volumen obedece a una distribución triangular.

La Incertidumbre Estándar Combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de todos los factores que intervienen en la medida.

La Incertidumbre Expandida Combinada se calcula como el doble de la Incertidumbre Estándar Combinada.

La Incertidumbre Expandida Combinada de las medidas de Sólidos Suspendidos Totales es 0.01mg/L. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 13**.

3.6.5 ACEITES Y GRASAS

La exactitud del método se estimó a partir de los datos de los Certificados de Calibración de la Balanza y la Probeta (1000mL) utilizados en la realización del Método de Ensayo United States Environmental Protection Agency Method 1664: n - Hexane Extractable Material (HEM: Oil and Grease) and Silica Gel Treated n - Hexane Extractable Material (SGT - HEM: Non - polar Material) by Extraction and Gravimetry, February 2010.

3.6.5.1 INCERTIDUMBRE DEL PESO DE LOS VASOS

La Incertidumbre del Peso de los Vasos puede calcularse a partir de la Ecuación dada en el Certificado de Calibración de la Balanza para corrección de los pesos:

$$Lectura\ Corregida\ (g) = R + 1{,}3\ x\ 10^{-7}R$$

Donde:

R: Lectura de la Balanza (g).

3.6.5.2 INCERTIDUMBRE DEL VOLUMEN

La incertidumbre en el volumen está dada por 3 fuentes principales:

- La incertidumbre propia del Certificado de la Probeta (1000mL).
- Las variaciones debidas a errores humanos en el enrase de las Probeta (1000mL).
- Las diferencias entre la temperatura de calibración de la probeta y la temperatura a la cual se realizaron las medidas.

Las siguientes consideraciones se tomaron en cuenta para el cálculo de la incertidumbre de las medidas:

La temperatura sigue una distribución rectangular, mientras que el volumen obedece a una distribución triangular.

La Incertidumbre Estándar Combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de todos los factores que intervienen en la medida.

La Incertidumbre Expandida Combinada se calcula como el doble de la Incertidumbre Estándar Combinada.

La Incertidumbre Expandida Combinada calculada de las medidas de Aceites y Grasas es 0.01mg/L. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 14**.

3.6.6 MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS ($N\text{-}NO_2$ / $N\text{-}NO_3$ / $P\text{-}PO_4$) Y MÉTODO DEL SULFATO TURBIDIMÉTRICO:

La exactitud de los Métodos Espectrofotométricos y del Sulfato Turbidimétrico se estimó a partir de los datos de las Curvas de Calibración utilizadas en la realización de los Métodos de Ensayos.

Las Incertidumbres de las Curvas de Calibración engloban de manera implícita las incertidumbres debidas a otros factores como el pesado y dilución cuantitativa de las sales utilizadas en la preparación de los Estándares de Calibración, así como las variaciones debidas a la Temperatura y a la variabilidad introducida por el analista.

La variabilidad máxima de las medidas puede calcularse a partir de los límites máximo y mínimo de las pendientes e interceptos de las Curvas de Calibración respectivas. Los resultados se muestran en los **Cuadros Nº 15**, **16**, **17** y **18**.

3.6.7 BALANCE IÓNICO

Para la Validación de los Resultados de Análisis se determinaron además la Alcalinidad Total y los Cloruros presentes en la muestra, de tal

modo que fue posible realizar un Balance Aniónico de los Puntos de Entrada (P1) y Salida (P2) de la PTAR. Los Balances Aniónicos para los dos puntos de monitoreo en las tres fechas de muestreo oscilan entre 0,94 y 1,07. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 19**.

3.7 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

El cálculo de la Zona de Mezcla se realizó con el Software **"Visual Plumes"**.

Para el análisis estadístico de los datos recopilados durante los muestreos y los posteriores análisis de Laboratorio se utilizaron los Softwares Estadísticos Minitab 16, SPSS Statistics 22 y hojas de cálculo Excel 2010.

Para el tratamiento de los Indicadores Biológicos y las Gráficas de Similaridad se utilizó el Software **"PAST 3"**, mientras que la presentación gráfica de las variables fisicoquímicas se realizó con el Software Golden Surfer 9.0.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 GENERALIDADES

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ilo PTAR Media Luna, capta las aguas residuales provenientes de toda la provincia a través de cinco (05) Colectores, un (01) Interceptor Central y un (01) Emisor Caduceo. El volumen de aguas residuales tratado por la PTAR Media Luna ascendió a más de 2,8Mm^3 en el año 2015, volúmenes similares fueron tratados en los años 2013 (2,8Mm^3) y 2014 (2,6Mm^3). Los caudales promedios mensuales variaron desde aproximadamente 200m^3/h hasta 400m^3/h, presentándose las mayores descargas durante las estaciones de verano y primavera, donde se alcanzan máximos de 382m^3/h en febrero y 390m^3/h en octubre, las descargas menores ocurren en estaciones frías, alcanzándose valores de 207m^3/h en junio. Ver los **Gráficos Nº 1 Caudal Promedio Horario** y **Nº 2 Caudal Promedio Mensual**.

Este trabajo propuso la evaluación de las principales características fisicoquímicas de las aguas residuales que pudieran estar impactando

negativamente el medio marino costero, impacto que se da a través del deterioro de la calidad del agua y / o a través del cambio en la cantidad y distribución de especies de fitoplancton presentes en la zona de descarga. A continuación se analizan cada uno de estas características y los resultados obtenidos.

4.1.2 PARÁMETROS DE CAMPO

4.1.2.1 Potencial de Iones Hidronio pH

Los valores de pH medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 7,79 a 7,88. El pH 7,79 fue medido en el punto de muestreo P5 (Frente al punto de descarga de la PTAR: P2) y el pH de 7,88 fue medido en el punto de muestreo P4.

Por otra parte, los valores de pH encontrados en el efluente (P2) varían desde 7,37 a 7,94, valores que se encuentran dentro del rango de pH (6,5 – 8,5) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

El agua de mar actúa como una solución tampón neutralizando cualquier adición que pudiera alterar el pH del agua, variaciones pequeñas debidas al metabolismo de las especies que habitan en este medio y / o a la absorción / liberación de nutrientes u otros compuestos químicos no son capaces de alterar el pH de manera significativa, tal y como ocurre en otros cuerpos de agua como embalses, lagos y ríos.

Estas mediciones de pH corresponden a valores normales para el agua de mar del litoral peruano y no existen diferencias estadísticamente significativas con las mediciones de pH tomadas en la playa Pozo de Lizas. Estos valores de pH se encuentran dentro del rango de pH (6,5 – 8,5) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 20**. En los **Gráficos Nº 3** y **Nº 4**, durante el primer muestreo, puede apreciarse la correspondencia de los valores de pH en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas). En los **Gráficos Nº 5** y **Nº 6**, durante el segundo muestreo, se aprecia la misma congruencia en ambos sitios de muestreo. En los **Gráficos Nº 7** y **Nº 8**, durante el tercer muestreo, se observa un ligero aumento del pH en "Pozo de Lizas" con respecto a los valores medidos en "Media Luna" (0,1u pH), esto puede deberse a variaciones normales debidas a las diferencias horarias en la toma de muestra[59] y / o a la incertidumbre de la medida.

4.1.2.2 TEMPERATURA

Los valores de Temperatura medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 17,0ºC a 18,3ºC. La Temperatura

59 *Boyd, Claude E. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. 2000.*

mínima fue medida en el punto de muestreo P5 (Frente al punto de descarga de la PTAR: P2) y las Temperaturas máximas fueron medidas en los puntos de muestreo P3 y P4 1000m al norte del Punto de Descarga. Ver **Gráfico N° 11**.

Las mediciones de Temperatura se vieron afectadas por el Fenómeno de Niño incrementando los valores promedio encontrados en ambas zonas de muestreo. En julio la anomalía superficial de temperatura del agua de mar (ASTM) fue de +0,5ºC, para septiembre la ASTM fue de +1,0ºC y para diciembre la ASTM fue de -0.2ºC. Esto ocasiono que a lo largo de los seis (6) meses que tomó el estudio, las temperaturas se uniformizaran y no presentaran variaciones mayores a 1ºC. Por este motivo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con las mediciones de Temperatura tomadas en la playa Pozo de Lizas. Estos valores de Temperatura exceden en el primer y segundo muestreos la máxima diferencia entre el cuerpo receptor y el efluente (±3ºC) dada para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de Temperatura encontrados en el efluente (P2) varían desde 20,4ºC a 20,9, valores que concuerdan con el valor (<35ºC) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

No existen diferencias estadísticamente significativas según se observa en el **Cuadro Nº 21**. En los **Gráficos Nº 9** y **Nº 10**, durante el primer muestreo, se aprecia una temperatura que fluctúa alrededor de 17.9ºC en julio, está temperatura desciende en septiembre hasta alrededor de 17,3ºC tal como se aprecia en los **Gráficos Nº 11** y **Nº 12**, durante el segundo muestreo, para volver a aumentar hasta 17.8ºC como se observa en los **Gráficos Nº 13** y **Nº 14**, durante el tercer muestreo. Estas variaciones son menores a las normalmente esperadas para las variaciones estacionales, pero son congruentes con las ASTM reportadas por IMARPE en su página web para las fechas evaluadas.

4.1.2.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Los valores de Conductividad Eléctrica medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 53,122mS/cm a 54,249mS/cm. Las desviaciones estándares de estas series de datos indican una baja dispersión y una alta concentración de los valores medidos.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas con las mediciones de Conductividad Eléctrica tomadas en la playa Pozo de Lizas.

Por otro parte, los valores de Conductividad Eléctrica encontrados en el efluente (P2) varían desde 8,635mS/cm a 10,614mS/cm, debido

principalmente a la cantidad de cloruros y sulfatos presentes en el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Ilo.

Los resultados encontrados durante el segundo muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas (**Cuadro Nº54).**

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 22**. Las dispersiones de Conductividad Eléctrica en ambas zonas de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) son congruentes con los valores esperados para nuestro litoral. En los **Gráficos Nº 15**, **Nº 16**, **Nº 17**, **Nº 18**, **Nº 19** y **Nº 20** apreciamos básicamente los mismos resultados, datos que resaltan en el Análisis de Componentes Principales (ACP) donde la influencia de la Conductividad Eléctrica es prácticamente nula.

4.1.2.4 SALINIDAD

Los valores de Salinidad medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 34,87‰ a 35,95‰. Las desviaciones estándares de estas series de datos indican una baja dispersión y una alta concentración de los valores medidos.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas con las mediciones de Salinidad tomadas en la playa Pozo de Lizas.

Por otro parte, los valores de Salinidad encontrados en el efluente (P2) varían desde 4,84‰ a 5,91‰, debido principalmente a la cantidad de cloruros y sulfatos presentes en el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Ilo.

Los resultados encontrados durante el segundo muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas (**Cuadro Nº54).**

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 23**. Las dispersiones de Salinidad en ambas zonas de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) se observan en los **Gráficos Nº 21**, **Nº 22**, **Nº 23**, **Nº 24**, **Nº 25** y **Nº 26**, la Salinidad y la Conductividad Eléctrica son dos parámetros que indican el contenido de sales disueltas, por lo que las consideraciones descritas para la Conductividad Eléctrica aplican también para la Salinidad.

4.1.2.5 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Los valores de Sólidos Disueltos Totales medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 34523,2mg/L a 35275,5mg/L. Las desviaciones estándares de las estas series de datos indican una baja dispersión y una alta concentración de los valores medidos.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas con las mediciones de Sólidos Disueltos Totales tomadas en los tres muestreos en la playa Pozo de Lizas. Esto puede explicarse por el hecho de que las series de datos en ambos sitios de muestreo no poseen datos comunes, esto a pesar, de que numéricamente los valores de datos son muy cercanos, por lo que en este caso, el resultado estadístico no puede atribuirse a diferencias reales en las muestras de ambos sitios para este parámetro.

Por otro parte, los valores de Sólidos Disueltos Totales encontrados en el efluente (P2) varían desde 5609,5mg/L a 6934,2mg/L, debido principalmente a la cantidad de cloruros y sulfatos presentes en el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Ilo.

Los resultados encontrados durante el segundo muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas (**Cuadro Nº54).**

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 24**. Las dispersiones de Sólidos Disueltos Totales en ambas zonas de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) se observan en los **Gráficos Nº 27**, **Nº 28**, **Nº 29**, **Nº 30**, **Nº 31** y **Nº 32**, los Sólidos Disueltos Totales y la Conductividad Eléctrica son dos parámetros que indican el contenido de sales disueltas, por lo que las

consideraciones descritas para la Conductividad Eléctrica aplican también para los Sólidos Disueltos Totales.

4.1.2.6 TURBIDEZ

Los valores de Turbidez medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 0,30NTU a 1,59NTU, valores próximos al Límite de Cuantificación determinado para este parámetro. Las desviaciones estándares de las estas series de datos indican una baja dispersión y una alta concentración de los valores medidos.

Las mediciones de Turbidez están influenciadas por el tipo de sustrato predominante en la zona de muestreo. En Pozo de Lizas el sustrato arenoso determina cantidades variables de material orgánico sobrenadante, componente del macroplancton, como gusanos marinos (planarias, nemertinos, nematodos y poliquetos) u otros organismos que se desarrollan libremente (huevos o larvas de especies mayores), mientras que en Media Luna la ausencia de organismos de este tipo es notable. Los valores de Turbidez encontrados en el primer y tercer monitoreo en ambos sitios de muestreo oscilan alrededor del Límite de Cuantificación del Método. Durante el segundo muestreo los valores de Turbidez encontrados en Pozo de Lizas se elevaron hasta 3.64NTU, por lo que la diferencia entre ambos sitios para este muestreo resulto estadísticamente significativa al 95% de confianza.

Por otro parte, los valores de Turbidez encontrados en el efluente (P2) varían desde 104NTU a 175NTU, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR varía desde 447NTU a 515NTU.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 25**. En los **Gráficos Nº 35** y **Nº 36**, durante el segundo muestreo, se aprecia una notable diferencia en las mediciones de turbidez y se alcanzan diferencias estadísticas medibles, en los **Gráficos Nº 33**, **Nº 34**, **Nº 37** y **Nº 38**, durante el primer y tercer muestreos, los valores medidos cercanos al Límite de Cuantificación no presentan diferencias significativas.

Los resultados encontrados durante el primer y el tercer muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para estos grupos de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas. Los resultados se muestran en **Cuadro Nº54**. La prueba de Mann - Whitney evidencia diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza también para el tercer muestreo.

4.1.2.7 VISIBILIDAD

Los valores de Visibilidad medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron desde 5,5m a 11,0m. La Visibilidad mínima fue medida en el punto de muestreo P4 y la Visibilidad máxima

fue medida en el punto de muestreo P8. Ambos puntos de muestreo son los más alejados del Punto de Descarga en la Grilla de Muestreo.

Las mediciones de Visibilidad en Pozo de Lizas se concentraron entre los 3,0m y los 3,5m. Las mediciones de Visibilidad, como se explicó en el caso de la Turbidez, están influenciadas por el tipo de sustrato. Sin embargo, a diferencia de la Turbidez que cuantifica una característica de manera puntual, la Visibilidad es un indicador del espesor de la zona fótica y del grado de penetración de la luz, indispensable para el desarrollo de la fotosíntesis por los organismos fitoplanctónicos. Las diferencias, entre ambos sitios de muestreo, son estadísticamente significativas.

Los resultados encontrados durante el segundo muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas. Los resultados se muestran en **Cuadro Nº54**. La prueba de Mann – Whitney también muestra diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 26**. Los Gráficos de dispersión de Visibilidad permiten apreciar las diferencias en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas). En los **Gráficos Nº 39** y **Nº 40**, durante el primer muestreo, los valores de visibilidad prácticamente duplican en Media Luna

los encontrados en Pozo de Lizas, mientras que durante en los **Gráficos Nº 41** y **Nº 42**, durante el segundo muestreo, los valores se triplican.

4.1.2.8 OXÍGENO DISUELTO

Los valores de Oxígeno Disuelto medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 7,43mg/L a 8,80mg/L, mientras que en Pozo de Lizas variaron de 7,44mg/L a 8,25mg/L.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos sitios de muestreo. Estos valores de Oxígeno Disuelto se encuentran por encima del requerimiento (≥4,0mg/L) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de Oxígeno Disuelto encontrados en el efluente (P2) y en la descarga directa del Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varían desde 9,95mg/L a 13,61mg/L, sobreoxigenación que se explica por la turbulencia creada en el canal y en la tubería de descarga al cuerpo receptor.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 27** y las dispersiones del Oxígeno Disuelto en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) en los **Gráficos Nº 45**, **Nº 46**, **Nº 47**, **Nº 48**, **Nº 49** y **Nº 50**. Todos los Gráficos

presentan valores normales para el Oxígeno Disuelto en el cuerpo receptor marino y a nivel superficial.

4.1.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

4.1.3.1 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Los valores de Sólidos Suspendidos Totales medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 0,8mg/L a 5,2mg/L, valores próximos al Límite de Cuantificación determinado para este parámetro. Estos valores no presentan diferencias estadísticamente significativas con las determinaciones de Solidos Suspendidos Totales realizadas en Pozo de Lizas, donde los valores oscilan entre 1,2mg/L a 4,0mg/L.

Estos valores de Sólidos Suspendidos Totales son menores que el Límite Máximo (≤30,0mg/L) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de Sólidos Suspendidos Totales encontrados en el efluente (P2) varían desde 52,0mg/L a 208,0mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 364,0mg/L a 612,0mg/L. El máximo valor de Sólidos Suspendidos Totales para el efluente (208,0mg/L) fue registrado en la muestra del tercer monitoreo, este valor y todos los

correspondientes a la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) exceden el valor máximo (≤150mg/L) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 28**. Las dispersiones de Sólidos Suspendidos Totales en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas), apreciados en los **Gráficos Nº 51**, **Nº 52**, **Nº 53**, **Nº 54**, **Nº 55**y **Nº 56**, muestran congruencia y concordancia en el tiempo, no hay datos anómalos o discordantes en ninguno de los Gráficos.

4.1.3.2 ALCALINIDAD

Los valores de Alcalinidad medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 114,8mg/L a 116,8mg/L, valores esperados en agua de mar. Estos valores no presentan diferencias estadísticamente significativas con las determinaciones de Alcalinidad realizadas en Pozo de Lizas, donde los valores oscilan entre 115,2mg/L a 116,3mg/L.

Por otro parte, los valores de Alcalinidad encontrados en el efluente (P2) varían desde 591,9mg/L a 623,8mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 895,0mg/L a 918,0mg/L.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 29** y las dispersiones de Alcalinidad en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) en los **Gráficos Nº 57**, **Nº 58**, **Nº 59**, **Nº 60**, **Nº 61** y **Nº 62**.

4.1.3.3 ACEITES Y GRASAS

Los valores de Aceites y Grasas medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 0,8mg/L a 6,8mg/L, valores próximos al Límite de Cuantificación determinado para este parámetro. Estos valores presentan diferencias estadísticamente significativas en dos de los muestreos realizados (Segundo y tercer muestreos), con las determinaciones de Aceites y Grasas realizadas en Pozo de Lizas, donde los valores oscilan entre -0,1mg/L a 1,1mg/L.

Estos valores de Aceites y Grasas son mayores que el Límite Máximo (≤1,0mg/L) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de Aceites y Grasas encontrados en el efluente (P2) varían desde 2,8mg/L a 61,6mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 17,9mg/L a 80,8mg/L. El máximo valor de Aceites y Grasas para el efluente (80,8mg/L) fue registrado en la muestra del primer muestreo.

Este valor y los correspondientes al tercer muestreo exceden el valor máximo (≤20mg/L) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

Los resultados encontrados durante el segundo muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas. Ver los resultados en **Cuadro Nº54**.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 30**. Las dispersiones de Aceites y Grasas en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) en los **Gráficos Nº 63** y **Nº 64**, durante el primer muestreo, no muestran diferencias significativas. En los **Gráficos Nº 65**, **Nº 66**, **Nº 67** y **Nº 68**, durante el segundo y tercer muestreos, se alcanzan diferencias significativas debido a la elevación del contenido de Aceites y Grasas en las muestras de "Media Luna".

4.1.3.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5)

La DBO_5 medida en los puntos de muestreo frente a la playas Media Luna y Pozo de Lizas fueron reportadas por CERPER como <2,00mg/L. Estos valores de DBO_5 son menores que el Límite Máximo (≤10,0mg/L) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático –

Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de DBO_5 encontrados en el efluente (P2) varían desde 70,0mg/L a 106,0mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 261,0mg/L a 450,0mg/L. El máximo valor de DBO_5 para el efluente (450,0mg/L) fue registrado durante el tercer muestreo, este valor y todos los correspondientes a la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) exceden el valor máximo (≤100mg/L) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

Ver los resultados en el **Cuadro Nº 31** y las dispersiones de DBO_5 en la playa Media Luna en los **Gráficos Nº 69**, **Nº 70** y **Nº 71**. Estos Gráficos muestran las posibles distribuciones de concentración de la DBO_5 considerando las condiciones de dilución en el cuerpo receptor.

4.1.3.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Este parámetro no fue analizado en el cuerpo receptor debido a que los métodos de ensayo utilizados en las determinaciones de DQO no ofrecen resultados satisfactorios a concentraciones de cloruro cercanas o mayores a 2000mg/L. El agua de mar contiene aproximadamente 20000mg/L de cloruros, lo que obliga a diluir la muestra entre 10 y 20

veces para obtener resultados satisfactorios, esto causa el aumento del Límite de Detección en igual proporción, lo cual, obliga a reportar los resultados obtenidos como <LD, originando resultados no significativos, adicionalmente debemos señalar que los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM), no especifican límites para este parámetro en la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros.

Por otro parte, los valores de DQO encontrados en el efluente (P2) varían desde 228,5mg/L a 281,4mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 628,5mg/L a 956.9mg/L. El máximo valor de DQO para el efluente (956,9mg/L) fue registrado durante el primer muestreo, este valor y todos los correspondientes a la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) exceden el valor máximo (≤200mg/L) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

Ver los resultados de DQO en el **Cuadro Nº 32**.

4.1.4 NUTRIENTES

4.1.4.1 NITRITOS ($N\text{-}NO_2^-$)

Los valores de Nitritos medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 0,0071mg/L a 0,0155mg/L. Estos valores

no presentan diferencias estadísticamente significativas con las determinaciones de Nitritos realizadas en Pozo de Lizas, donde los valores oscilan entre 0,0070mg/L a 0,0130mg/L.

Por otro parte, los valores de Nitritos encontrados en el efluente (P2) varían desde 0,0097mg/L a 0,0385mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 0,0078mg/L a 0,0604mg/L. El máximo valor de Nitritos para el efluente (0,0604mg/L) fue registrado en la muestra del tercer monitoreo.

Los resultados encontrados durante el primer muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas. Los resultados se muestran en **Cuadro Nº54**.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 33**. Durante el primer monitoreo, **Gráficos Nº 72** y **Nº 73**, las concentraciones de Nitrito estuvieron alrededor de 0.008mg/L, mientras que durante el segundo muestreo, **Gráficos Nº 74** y **Nº 75**, las concentraciones de Nitrito estuvieron alrededor de 0.013mg/L y durante el tercer muestreo, **Gráficos Nº 76** y **Nº 77**, estuvieron alrededor de 0.019mg/L. Sin embargo, las concentraciones de Nitrito se elevaron proporcionalmente en ambos sitios de muestreo, de tal forma que no se detectaron diferencias significativas en ningún momento del estudio. Este aumento de la concentración de Nitrito puede atribuirse a variaciones

estacionales, tal y como describen Espinosa Carreón, Gaxiola Castro, Robles Pacheco & Nájera Nartinez.[60]

4.1.4.2 NITRATOS ($N\text{-}NO_3^-$)

Los valores de Nitratos medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 0,1918mg/L a 0,3932mg/L. Los valores de Nitratos medidos frente a la playa Pozo de Lizas oscilaron entre 0,1360mg/L y 0,1580mg/L. Los valores encontrados frente a la playa Media Luna fueron consistentemente más elevados durante todo el estudio, alcanzándose las mayores diferencias durante el tercer muestreo, de hecho, es durante el tercer muestreo que las diferencias estadísticas entre ambos conjuntos de datos alcanzan significatividad.

Los valores de Nitratos durante el tercer muestreo excedieron el Límite Máximo (0,07mg/L – 0.28mg/L) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de Nitratos encontrados en el efluente (P2) varían desde 0,4156mg/L a 0,4282mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía

60 *Espinosa Carreón, T. Leticia; Gaxiola Castro, Gilberto; Robles Pacheco, José María y Nájera Martínez. (2001). Temperatura, Salinidad, Nutrientes y Clorofila en aguas costeras de la ensenada del sur de California.*

desde 0,3986mg/L a 0,4078mg/L. El máximo valor de Nitratos para el efluente (0,4282mg/L) fue registrado en la muestra del primer monitoreo.

Los resultados encontrados durante el tercer muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas. Ver los resultados en **Cuadro Nº54**.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 34**. Las dispersiones de Nitratos en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas), muestran diferencias apreciables de concentración durante las tres (03) fechas de análisis. En los **Gráficos Nº 78**, **Nº 79**, **Nº 80**, **Nº 81**, **Nº 82** y **Nº 83** se aprecian estos resultados y la congruencia de los datos, sin embargo, no se aprecian tendencias estacionales debido al aporte constante de Nitrógeno como Nitrógeno Amoniacal desde las descargas al cuerpo receptor.

4.1.4.3 AMONIO ($N\text{-}NH_3$)

El Amonio medido en los puntos de muestreo frente a las playas Media Luna y Pozo de Lizas no fue detectable.

Por otro parte, los valores de Amonio encontrados en el efluente (P2) varían desde 43,9mg/L a 48,3mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 56,3mg/L a 76,4mg/L. El máximo valor de Amonio para el efluente

(76,4mg/L) fue registrado durante el tercer muestreo. El Amonio se oxida rápidamente a Nitrato al ser descargado en el cuerpo receptor, razón por la cual no es detectable, pero si contribuye a aumentar las concentraciones de Nitrato.

Ver los resultados de Amonio en el **Cuadro Nº 35**.

4.1.4.4 FOSFATOS ($P\text{-}PO_4^{3-}$)

Los valores de Fosfatos medidos en los puntos de muestreo frente a la playa Media Luna variaron de 0,0474mg/L a 0,0625mg/L. Estos valores no presentan diferencias estadísticamente significativas con las determinaciones de Fosfatos realizadas en Pozo de Lizas, donde los valores oscilan entre 0,0400mg/L y 0,0587mg/L.

Por otro parte, los valores de Fosfatos encontrados en el efluente (P2) varían desde 2,0256mg/L a 6,5845mg/L, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 3,0239mg/L a 9,5094mg/L. El máximo valor de Fosfatos para el efluente (9,5094mg/L) fue registrado en la muestra del primer monitoreo.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 36**. Las dispersiones de Fosfatos en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) se muestran en los **Gráficos Nº 84**, **Nº 85**, **Nº 86**, **Nº 87**, **Nº 88** y **Nº 89**. No se aprecian tendencias estacionales conforme a lo reportado por Espinosa Carreón,

Gaxiola Castro, Robles Pacheco & Nájera Nartinez, 2001[61], quienes solo reportaron tendencias estacionales en compuestos de nitrógeno. Durante el tercer muestreo **Gráficos Nº 88** y **Nº 89** se encontraron las mayores diferencias, sin embargo esto no se debió a un aumento en la concentración de Fosfatos en Media Luna, sino más bien a una disminución de la concentración de Fosfatos en “Pozo de Lizas”.

4.1.5 MICROORGANISMOS PATÓGENOS

4.1.5.1 COLIFORMES TOTALES

Las concentraciones de Coliformes Totales medidas en los puntos de muestreo frente a la playas Media Luna y Pozo de Lizas fueron reportadas por CERPER como <1,8NMP/100mL, excepto el punto de muestreo P7 donde se reportó 3300NMP/100mL, el cual se encuentra frente a la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1). Estos valores de Coliformes Totales son mayores que el Límite Máximo (≤30,0NMP/100mL) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

---

61 Espinosa Carreón, T. Leticia; Gaxiola Castro, Gilberto; Robles Pacheco, José María y Nájera Martínez. (2001). Temperatura, Salinidad, Nutrientes y Clorofila en aguas costeras de la ensenada del sur de California.

Por otro parte, los valores de Coliformes Totales encontrados en el efluente (P2) varían desde 28 000NMP/100mL a 23 000 000NMP/100mL, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 130 000 000NMP/100mL a 240 000 000NMP/100mL. El máximo valor de Coliformes Totales para el efluente (240 000 000NMP/100mL) fue registrado durante el segundo muestreo. Infortunadamente no existen LMP para este parámetro en Plantas de Tratamiento de Agua Residual.

Ver los resultados en el **Cuadro Nº 37** y las dispersiones de Coliformes Totales (Media Luna) en los **Gráficos Nº 90**, **Nº 91** y **Nº 92**. Estos Gráficos muestran las mayores concentraciones de Coliformes Totales al sur de la descarga directa al cuerpo receptor (P1), estos Gráficos son congruentes con los resultados obtenidos en el Software Visual Plumes y el cálculo de las plumas de dispersión.

4.1.5.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Las concentraciones de Coliformes Termotolerantes medidas en los puntos de muestreo frente a la playas Media Luna y Pozo de Lizas fueron reportadas por CERPER como <1,8NMP/100mL. Estos valores de Coliformes Termotolerantes son menores que el Límite Máximo (≤30,0NMP/100mL) dado para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ecosistemas Marino Costeros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. Nº 002-2008-MINAM).

Por otro parte, los valores de Coliformes Termotolerantes encontrados en el efluente (P2) varían desde 28 000NMP/100mL a 23 000 000NMP/100mL, mientras que la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) varía desde 49 000 000NMP/100mL a 130 000 000NMP/100mL. El máximo valor de Coliformes Termotolerantes para el efluente (130 000 000NMP/100mL) fue registrado durante el tercer muestreo, este valor y todos los correspondientes a la descarga directa al cuerpo receptor desde el Punto de Ingreso a la PTAR (P1) exceden el valor máximo (≤10 000NMP/100mL) dado para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (D.S. Nº 003-2010-MINAM).

Ver los resultados en el **Cuadro Nº 38** y las dispersiones de Coliformes Termotolerantes (Media Luna) en los **Gráficos Nº 93**, **Nº 94** y **Nº 95**. Estos Gráficos son semejantes a los obtenidos para los Coliformes Totales y su interpretación es similar, altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes alcanzan zonas de playa alejadas hasta 450m del punto de descarga directa.

4.1.6 FITOPLANCTON

4.1.6.1 DIATOMEAS

Las mayores poblaciones de diatomeas se encontraron durante el primer monitoreo en Media Luna (544,26 Organismos/mL) representadas

por las especies ***Chaetoceros lorenzianus*** (263,408 Organismos/mL) y ***Thalassionema nitzschioides*** (187,449 Organismos/mL) en el punto P6. La especie potencialmente tóxica ***Pseudo nitzschia*** (18,080 Organismos/mL) fue identificada en el punto P4.

Mientras que en Pozo de Lizas se encontraron las mayores concentraciones de diatomeas en el segundo monitoreo (2,163 Organismos/mL) representadas por ***Grammatophora angulosa*** (473,377 Organismos/mL) en el punto P10.

Durante el tercer monitoreo –finales de primavera e inicios del verano- las poblaciones de diatomeas disminuyeron en ambos sitios de muestreo hasta 4,22 Organismos/mL en Media Luna y 7,12 Organismos/mL en Pozo de Lizas.

En los dos primeros monitoreos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las poblaciones de ambos sitios de muestreo. Durante el tercer monitoreo cuando las poblaciones de diatomeas disminuyeron está diferencia no fue significativa.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 39.** La dispersión espacial superficial de las especies de Diatomeas en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) se muestran en los **Gráficos Nº 96**, **Nº 97**, **Nº 98**, **Nº 99**, **Nº 100** y **Nº 101**. En los **Gráficos Nº 96** y **Nº 97**, durante el primer muestreo, se

observan pequeñas diferencias en la densidad de Diatomeas, mientras que en los **Gráficos Nº 98** y **Nº 99**, durante el segundo muestreo, esta diferencia se acentúa, para después volverse no significativa a inicios del verano en los **Gráficos Nº 100** y **Nº 101**, durante el tercer muestreo. Estos datos coinciden con las variaciones estacionales reportadas por Álvarez Gongora, Liceaga Correa & Herrera Silveira, 2011.[62]

4.1.6.2 DINOFLAGELADOS

Las mayores poblaciones de dinoflagelados se encontraron durante el tercer monitoreo en Media Luna (103,27 Organismos/mL), representadas por ***Prorocentrum triestinum*** (52,532 Organismos/mL) en el punto P6. Se identificaron dos especies potencialmente toxicas: ***Dinophysis caudata*** (0,008 Organismos/mL) en los puntos P5 y P8 y ***Pseudo Nitzschia*** (18.08 Organismos/mL) en el punto P4.

Mientras que en Pozo de Lizas se encontraron las mayores poblaciones de dinoflagelados en el primer monitoreo (24,77 Organismos/mL).

Las menores poblaciones de dinoflagelados se encontraron durante el segundo monitoreo en Media Luna (1,36 Organismos/mL) y en Pozo de Lizas (0,34 Organismos/mL).

---

62 *Álvarez Góngora, Cynthia Catalina; Liceaga Correa, María de los Ángeles; Herrera Silveira, Jorge Alfredo. (2011). Variaciones estacionales de la estructura comunitaria del fitoplancton en zonas de descarga de aguas subterráneas en la costa norte de la península de Yucatán.*

En todos los monitoreos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las poblaciones de ambos sitios de muestreo.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 40**. Las diferencias en las dispersiones espaciales de Dinoflagelados, en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas), se acentúan en los **Gráficos Nº 106** y **Nº 107**, durante el tercer muestreo, donde se tienen 10 veces más Dinoflagelados en Media Luna, situación inversa a la ocurrida durante el primer muestreo, **Gráficos Nº 102** y **Nº 103**, donde se tienen mayores concentraciones en Pozo de Lizas. Variaciones estacionales que no se corresponden con lo reportado por Álvarez Gongora, Liceaga Correa & Herrera Silveira, 2011[63] y están influenciadas por otros factores puntuales, como podría ser la descarga de nutrientes en las aguas residuales en la Media Luna.

4.1.6.3 SILICOFLAGELADOS

Las mayores poblaciones de silicoflagelados se encontraron durante el primer monitoreo en Media Luna (7,12 Organismos/mL), y en Pozo de Lizas (2,30 Organismos/mL).

Las menores poblaciones de silicoflagelados se encontraron durante el segundo monitoreo en Media Luna (0,10 Organismos/mL) y en Pozo de

63 *Álvarez Góngora, Cynthia Catalina; Liceaga Correa, María de los Ángeles; Herrera Silveira, Jorge Alfredo. (2011). Variaciones estacionales de la estructura comunitaria del fitoplancton en zonas de descarga de aguas subterráneas en la costa norte de la península de Yucatán.*

Lizas, donde no se registró ningún organismo en el punto de muestreo P10 (0,00 Organismos/mL).

En todos los monitoreos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las poblaciones de ambos sitios de muestreo.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 41**. Las dispersiones espaciales superficiales de Silicoflagelados en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) alcanzan valores menores a 7 Organismos/mL en los **Gráficos Nº 108** y **Nº 109** durante el primer muestreo, mientras que en los **Gráficos Nº 110**, **Nº 111**, **Nº 112** y **Nº 113**, durante el segundo y tercer muestreo, los valores de Silicoflagelados se aproximan a cero, razón por la cual no se encuentran diferencias significativas en ninguno de los tres (03) muestreos.

4.1.6.4 FITOFLAGELADOS

Las mayores poblaciones de Fitoflagelados se encontraron durante el tercer monitoreo en Media Luna (320,33 Organismos/mL) y en Pozo de Lizas (418,51 Organismos/mL).

Durante el primer y tercer monitoreos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las poblaciones de ambos sitios de muestreo.

Los resultados encontrados durante el segundo muestreo, no cumplen el supuesto de Normalidad de las medidas. Para este grupo de datos se aplicó la prueba de Mann – Whitney para medidas no paramétricas. Los resultados se muestran en **Cuadro Nº54**.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 42** y las dispersiones de Fitoflagelados en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) en los **Gráficos Nº 114**, **Nº 115**, **Nº 116**, **Nº 117**, **Nº 118** y **Nº 119**.

4.1.6.5 FITOPLANCTON

Las mayores poblaciones de Fitoplancton se encontraron durante el primer monitoreo en Media Luna (740,31 Organismos/mL), mientras que en Pozo de Lizas se encontraron durante el segundo monitoreo (2355,37 Organismos/mL).

Las menores poblaciones de Fitoplancton se encontraron durante el segundo monitoreo en Media Luna (48,14 Organismos/mL) y durante el tercer monitoreo en Pozo de Lizas (237,61 Organismos/mL).

En todos los monitoreos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las poblaciones de ambos sitios de muestreo.

Los cálculos estadísticos para la determinación de la significancia se encuentran en el **Cuadro Nº 43**. En los **Gráficos Nº 122** y **Nº 123**, durante

el segundo muestreo, las dispersiones espaciales superficiales de Fitoplancton en ambos sitios de muestreo (Media Luna y Pozo de Lizas) alcanzaron diferencias notables, se registraron 10 veces más Organismos/mL en Pozo de Lizas que en Media Luna. En los **Gráficos Nº 120**, **Nº 121**, **Nº 124** y **Nº 125**, durante el primer y tercer muestreo, las diferencias no son tan grandes, sin embargo, los resultados muestran una mayor densidad de individuos en Media Luna, aunque en una proporción menor, aproximadamente 2:1.

En los **Gráficos Nº 126**, **Nº 128** y **Nº 130** se muestran los análisis de Similaridad (Similaridad de Jaccard) para los promedios de las muestras duplicadas de las estaciones de monitoreo. Estos Gráficos muestran a los puntos de muestreo de Pozo de Lizas (P9 – P10) ubicados en conglomerados separados de los puntos de muestreo de Media Luna (P3 – P8). Esto significa que las poblaciones fitoplanctónicas muestreadas en Pozo de Lizas difieren en composición y especies con respecto a las encontradas en Media Luna al situarse ambas poblaciones en Clusters separados durante todo el estudio.

De manera similar, en los **Gráficos Nº 127**, **Nº 129** y **Nº 131** se muestran los análisis de Similaridad (Similaridad de Jaccard) para las sumatorias de las muestras duplicadas de las estaciones de monitoreo.

4.1.6.6 DENSIDAD DE FITOPLANCTON

La densidad de fitoplancton muestra las diferencias en la composición de las comunidades en ambos sitios de muestreo.

Durante el primer monitoreo predominaron en Media Luna las diatomeas, mientras que en Pozo de Lizas predominaron los fitoflagelados. Esta condición se invirtió durante el segundo monitoreo debido al ingreso de aguas oceánicas, las cuales, tienen una composición especiológica diferente de acuerdo a las condiciones de corrientes reportadas por IMARPE para el segundo y tercer monitoreos.

Durante el tercer monitoreo predominaron en ambos sitios de muestreo los fitoflagelados, sin embargo los otros grupos fitoplanctónicos disminuyeron, llegando a descender el Índice de Simpson a 0.100 y 0.067 en los puntos P9 y P10 respectivamente. Los resultados se muestran en las **Gráficas Nº 132**, **Nº 133**, **Nº 134** y **Nº 135**.

Las diferencias en composición por especies son también notables, durante el primer monitoreo predominaron en Pozo de Lizas los microflagelados y la diatomea ***Chaetoceros decipiens***.

Durante el segundo monitoreo predominaron en Pozo de Lizas, además de los microflagelados, las diatomeas ***Chaetoceros decipiens***, ***Grammatophora angulosa*** y ***Navicula sp.***, especies que no sobresalieron por su densidad en Media Luna, debido a que a partir del

segundo monitoreo se acentuaron las diferencias en composición fisicoquímica del agua y a la intrusión de aguas oceánicas.

Durante el tercer muestreo predominaron en ambos sitios de monitoreo los microflagelados. En Media Luna es notoria la presencia de ***Prorocentrum triestinium***. Los resultados se muestran en las **Gráficas Nº 136**, **Nº 137** y **Nº 138**.

Durante el segundo y tercer muestreos se identificaron en Media Luna especies de fitoplancton consideradas tóxica (***Pseudo – nitzschia, Dinophysis caudata*** y ***Dinophysis rotundata*****)**, las cuales producen tóxinas causantes de envenenamiento amnésico a traves de bioacumulación en organismos acuáticos (mariscos), pudiendo llegar al ser humano por ingestión de estos organismos.

4.1.7 INDICADORES BIOLÓGICOS

Se utilizaron cuatro (04) Indicadores de Riqueza de Especies: Chao 2, Jacknife 1, Jacknife 2 y Bootstrap para estimar el número de especies en ambos sitios de muestreo. En todos los casos se observa consistentemente un número menor de especies en los muestreos realizados en la playa Pozo de Lizas.

Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 45** y en el **Gráfico Nº 139**.

Durante los dos primeros monitoreos no existieron diferencias apreciables en los Índices de Dominancia y Diversidad, a excepción del punto P8 donde el cálculo del Índice de Simpson fue de 0.095.

Durante el tercer muestreo el Índice de Simpson en los puntos P9 y P10 ubicados en la playa Pozo de Lizas descendieron hasta 0.100 y 0.067 respectivamente, efecto probablemente debido a otros factores, como la ATSM (Anomalía de Temperatura Superficial del Mar) de la zona marino costera debida al Fenómeno del Niño. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 46** y en los **Gráficos Nº 140**, **Nº 141**, **Nº 142**, **Nº 143**, **Nº 144** y **Nº 145**.

4.1.8 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre los resultados de ensayo obtenidos en los tres (03) monitoreos. En todos los muestreos, los parámetros que determinan la mayor varianza son los Nitratos y los Fosfatos. Es decir, la presencia de Nitratos y Fosfatos determinan la composición especiológica de las comunidades de fitoplancton en la zona adyacente a la PTAR de Media Luna.

Los Nitratos y Fosfatos representan, en todos los monitoreos, más del 50% y 40% respectivamente de la variación especiológica de las comunidades de Fitoplancton en ambos sitios de muestreo.

Los resultados se muestran en los **Gráficos Nº 146**, **Nº 147**, **Nº 148**, **Nº 149**, **Nº 150** y **Nº 151**. En estos Gráficos se observa que el primer componente N-NO_3^-, representa el parámetro que más influye en las diferencias entre las poblaciones de ambos sitios de muestreo. En los **Cuadros Nº47**, **Nº 48** y **Nº 49** se lista el orden de los componentes considerando su importancia relativa. Los Nitratos y Fosfatos encabezan la lista en todos los muestreos.

4.1.9 ZONA DE MEZCLA

4.1.9.1 INGRESO DE DATOS SOFTWARE *"VISUAL PLUMES"*

Los resultados obtenidos de las descargas de la PTAR Media Luna (Puntos P1 y P2) en las tres (03) fechas de muestreo fueron ingresados al Software ***"Visual Plumes"***. Los datos se muestran en el **Cuadro Nº 50**.

Los resultados obtenidos del cuerpo receptor adyacente a la PTAR Media Luna en las tres (03) fechas de muestreo fueron ingresados al Software ***"Visual Plumes"***. Los resultados se muestran en el **Cuadro Nº 51**.

4.1.9.2 DETERMINACIÓN DE LA PLUMA SOFTWARE *"VISUAL PLUMES"*

El Software proporciona automáticamente el cálculo de la dilución alcanzada por el efluente en el cuerpo receptor en tiempos y espacios

determinados, además de la dirección, longitud, ancho y profundidad de la pluma formada.

Se obtuvo en todos los monitoreos una pluma consistente con las observaciones y las pruebas en campo y laboratorio. La pluma determinada oscila entre los 450m – 460m de largo, por 107m – 127m de espesor y alrededor de 1m de profundidad. Se alcanzan diluciones entre 107 – 134 en tiempos que oscilan entre los 5680s – 5970s. (94.6h – 99.5h - Aproximadamente 4 días).

La dilución, dispersión horizontal y profundidad de las plumas se muestran en los **Gráficos Nº 152** al **Nº 169**. En estos Gráficos se muestran la dilución, forma y profundidad de la pluma para las dos descargas durante los tres muestreos. Una aproximación de la zona de mezcla determinada se muestra en la **Figura Nº 04**, las dos plumas se superponen en un área definida entre ambos puntos de muestreo. No se ha estudiado la sinergia de esta situación, pero esta superposición aunada a las condiciones de corriente existentes en la zona de estudio podría ocasionar una baja o nula dispersión de contaminantes ocasionando su acumulación.

En el **Cuadro Nº 52** se pueden observar las concentraciones calculadas, a partir de la dilución determinada en ***"Visual Plumes"***, al final de la zona de mezcla, los datos son concordantes con los resultados obtenidos en laboratorio, los parámetros fisicoquímicos (Demanda

Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos Totales) se diluyen más allá de los Límites de Cuantificación de los Métodos de Ensayo, mientras que las bacterias Coliformes Totales no alcanzan la dilución total al final de la pluma de 450m en la descarga directa de la PTAR “Media Luna”. Esto sucede en el segundo y tercer monitoreo, lo que explica la presencia de Coliformes Totales reportada por CERPER en estos monitoreos y en el punto P7.

4.2 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL

De acuerdo a los resultados obtenidos de los Análisis de Laboratorio, del Análisis Estadístico, de los Gráficos de Distribución Espacial y Similaridad y del Análisis de Componentes Principales (ACP) existen diferencias sustanciales en composición, abundancia y distribución espacial entre las comunidades fitoplanctónicas de Media Luna y Pozo de Lizas.

4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

4.2.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

Los Parámetros de Calidad de Agua determinados en el punto de vertimiento de la PTAR “Media Luna” no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo D.S. Nº

003-2010-MINAM. El punto de vertimiento declarado de la PTAR “Media Luna es el punto P2, sin embargo existe un vertimiento no declarado, el cual se deriva del buzón de ingreso a la PTAR (P1), que descarga directamente al cuerpo receptor a través de un canal cubierto. Ambos puntos cumplen con los LMP para pH y Temperatura, sin embargo el punto P1 excede los LMP para Coliformes Termotolerantes, DBO_5, DQO y Sólidos Suspendidos Totales, llegando a alcanzar valores de 130 x 10^6 NMP/100mL de bacterias Coliformes Termotolerantes en el tercer muestreo. Así mismo el punto P1 excede el LMP de aceites y grasas hasta en un 400% durante el primer muestreo, cumpliendo con este parámetro solo durante el segundo muestreo. Por su parte el punto P2 excede el LMP de Coliformes Termotolerantes alcanzando los 23 000 000NMP/100mL de bacterias Coliformes Termotolerantes en el tercer muestreo. Así mismo el punto P2 excede el LPM de Aceites y Grasas hasta en un 300% durante el primer muestreo y excede los LMP de Sólidos Suspendidos Totales y DBO_5 en al menos uno de los monitoreos, además excede permanentemente los valores de DQO.

4.2.2.1.1 ACEITES Y GRASAS

El Límite Máximo Permisible para Aceites y Grasas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (20mg/L) se excedió en dos de los tres monitoreos realizados. Durante el segundo monitoreo este límite no fue excedido, sin embargo la concentración de este parámetro en las aguas

de ingreso a la PTAR fue de tan solo 17,9mg/L, valor de por sí, inferior al LMP establecido en el D.S. Nº 003-2010-MINAM. La Planta de Tratamiento reduce el contenido de Aceites y Grasas en aproximadamente 20mg/L, reducción insuficiente cuando se tienen altas concentraciones de aceites y grasas en las aguas de ingreso. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 170**.

4.2.2.1.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

El Límite Máximo Permisible para Coliformes Termotolerantes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (10 000mg/L) se excedió en los tres monitoreos realizados. A pesar de que la Planta de Tratamiento reduce el contenido de Coliformes Termotolerantes en más del 99% en los dos primeros monitoreos y en 82% en el tercer monitoreo, esta reducción es insuficiente para cumplir con el LMP establecido en el D.S. Nº 003-2010-MINAM. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 171**.

4.2.2.1.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5)

El Límite Máximo Permisible para DBO de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (100mg/L) se excedió solamente en el segundo monitoreo realizado en el punto (P2), donde se alcanzaron los 106mg/L. Sin embargo, ya que aproximadamente el 25% del caudal de ingreso a la PTAR (P1) se descarga directamente al cuerpo receptor, se alcanzan

concentraciones de descarga de hasta 450mg/L, excediéndose de esta manera el LMP establecido en el D.S. Nº 003-2010-MINAM. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 172**.

4.2.2.1.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

El Límite Máximo Permisible para DQO de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (200mg/L) se excedió en los tres monitoreos realizados. Alcanzándose concentraciones de descarga de más de 950mg/L en el punto P1 y 280mg/L en el punto P2, excediéndose de esta manera el LMP establecido en el D.S. Nº 003-2010-MINAM. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 173**.

4.2.2.1.5 pH

Los Límites Máximos Permisibles para pH de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales [(6,5 – 8,5)u pH] no se excedieron en ninguno de los tres monitoreos realizados. Los valores de pH oscilan en valores normales esperados para aguas naturales y / o de consumo humano. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 174**.

4.2.2.1.6 SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (TSS)

El Límite Máximo Permisible para TSS de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (150mg/L) se excedió solamente en el tercer monitoreo realizado en el punto (P2), donde se alcanzaron los 208mg/L. Sin

embargo, ya que aproximadamente el 25% del caudal de ingreso a la PTAR (P1) se descarga directamente al cuerpo receptor, se alcanzan concentraciones de descarga de hasta 600mg/L, excediéndose de esta manera el LMP establecido en el D.S. Nº 003-2010-MINAM. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 175**.

4.2.2.1.7 TEMPERATURA

Los Límites Máximos Permisibles para Temperatura de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (35ºC) no se excedieron en ninguno de los tres monitoreos realizados. Los valores de Temperatura oscilan en valores normales. Ver los resultados en el **Cuadro Nº 44** y en el **Gráfico Nº 176**.

4.2.2.2 ZONA DE MEZCLA

El límite exterior de la zona de mezcla entre el vertimiento y el cuerpo receptor marino determina una pluma de dispersión mayor a los 450m medidos desde ambos puntos de vertimiento. Cada punto de descarga (P1 – P2) genera su propia pluma contaminante que se extiende en dirección sur – oeste debido a las corrientes envolventes que se desarrollan en la zona. El ancho de la pluma modelado varía desde 107m hasta 127m, siendo su desarrollo en todo momento superficial debido a las diferencias en densidad entre el efluente y el cuerpo receptor. Se ha podido determinar la presencia de Coliformes en el punto P7, el cual se

encuentra aproximadamente a 1100m desde el punto de descarga (P2) y a más de 500m desde la descarga directa al cuerpo receptor (P1). Esto se debe a que cada punto de descarga (P1 – P2) genera su propia pluma dentro del cuerpo receptor, lo que no favorece la dispersión de los contaminantes debido a las corrientes envolventes y remolinos que se generan en las zonas costeras a causa de la topografía de la zona de estudio.

4.2.2.3 COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS ESPECIES Y COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS

La composición, abundancia y variabilidad espacial de las especies y comunidades fitoplanctónicas en el cuerpo receptor marino costero adyacente a la PTAR “Media Luna” son diferentes a las encontradas en la zona marino costera adyacente a la playa Pozo de Lizas. Esto puede concluirse del análisis de los Gráficos de Similaridad, los Gráficos de Densidad de Especies y Comunidades Fitoplanctónicas y de la Estadística Aplicada. Los Gráficos de Similaridad de los tres (03) monitoreos muestran a los puntos P9 y P10 formando un ***“cluster”*** totalmente independiente de las muestras colectadas en Media Luna. Los Gráficos de Densidad de Fitoplancton muestran las diferencias en la composición espacial y de especies de ambos sitios de muestreo y la Estadística comprueba estos datos al encontrar diferencias estadísticamente significativas entre ambos sitios de muestreo.

Según se observa en los **Cuadros Nº 39** al **Nº 43**, solo las poblaciones de Silicoflagelados son estadísticamente comparables, mientras que las poblaciones de Dinoflagelados y Fitoflagelados difieren a un nivel de significancia superior al 95%. En el caso de las Diatomeas estas diferencias no fueron significativas durante el tercer monitoreo, probablemente debido a que en esta fecha se experimentó una disminución de este grupo fitoplanctónico en ambos sitios de muestreo.

4.2.2.4 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Las diferencias en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas encontradas en las zonas marinas costeras adyacentes a la PTAR “Media Luna” y a la playa “Pozo de Lizas” se deben a las altas concentraciones de Nutrientes (Nitrógeno Amoniacal y Fosforo Soluble) y a la elevada carga orgánica presente en las descargas hacia el cuerpo receptor. Debido a que el Nitrógeno Amoniacal presente en la descarga se oxida rápidamente a Nitrato, las concentraciones de este nutriente en todos los puntos de muestreo de la zona marino costera adyacente a la PTAR Media Luna duplican las concentraciones encontradas en la zona marino costera de Pozo de Lizas. Así mismo debido a la alta carga orgánica se encuentran concentraciones de Coliformes Totales y Termotolerantes más allá de los 500m del punto de descarga y fuera del alcance de la pluma de dispersión prevista (Punto P7). Estos datos son concordantes con los reportados por

Álvarez Gongora, Liceaga Correa & Herrera Silveira, 2011[64], quienes afirman que las descargas adicionales de nutrientes inorgánicos disueltos al medio costero pueden acelerar el proceso de eutrofización con lo cual se podrían favorecer cambios en la estructura de las comunidades de fitoplancton.

64 *Álvarez Góngora, Cynthia Catalina; Liceaga Correa, María de los Ángeles; Herrera Silveira, Jorge Alfredo. (2011). Variaciones estacionales de la estructura comunitaria del fitoplancton en zonas de descarga de aguas subterráneas en la costa norte de la península de Yucatán.*

CONCLUSIONES

- Existen diferencias significativas en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas de Media Luna y Pozo de Lizas debidas a la descarga de aguas residuales.

- Las descargas desde la Planta de tratamiento de Aguas Residuales “Media Luna” no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. Nº 003-2010-MINAM, incrementando las concentraciones de Nutrientes, principalmente Nitratos, en la zona de estudio originando variaciones en densidad y distribución espacial de Fitoplancton.
- Las plumas contaminantes de los puntos de vertimiento, alcanzan los 450m de longitud, 127m de amplitud y aproximadamente 1m de profundidad, con diluciones de aproximadamente 130 veces en tiempos aproximados de 94h a 96h, pudiendo alcanzarse concentraciones detectables de Coliformes Totales y Termotolerantes fuera de la zona de mezcla como se registra en el Punto Nº 7.

- El número de especies encontradas en Media Luna es considerable y consistentemente superior a las especies encontradas en Pozo de Lizas. Solo las poblaciones de Silicoflagelados son estadísticamente comparables, mientras que las poblaciones de Dinoflagelados y Fitoflagelados difieren a un nivel de significancia superior al 95%. En el caso de las Diatomeas estas diferencias no fueron significativas durante el tercer monitoreo, probablemente debido a que en esta fecha se experimentó una disminución de este grupo fitoplanctónico en ambos sitios de muestreo.
- Las diferencias en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas encontradas en las zonas marinas costeras adyacentes a la PTAR “Media Luna” y a la playa “Pozo de Lizas” se deben a las altas concentraciones de Nutrientes (Nitrógeno Amoniacal y Fosforo Soluble).

RECOMENDACIONES

- La PTAR “Media Luna” se encuentra actualmente imposibilitada de tratar el caudal de agua residual doméstica entregado por la Ciudad de Ilo. La planta debe ser repotenciada para acabar con las descargas directas de aguas residuales en la playa Media Luna. Al momento la Municipalidad Provincial de Ilo y la empresa Aqualogy Perú SAC se encuentran evaluando la construcción de dos (02) nuevas PTAR de lodos activados para solucionar este problema, las cuales incluyen la disposición adecuada del efluente, tratamiento de los lodos y producción de biogás.
- Debería de considerarse la recuperación del agua tratada para el uso en actividades de reforestación y regadío de áreas verdes del puerto de Ilo, tal como sugiere la Comisión Ambiental Municipal de Ilo.
- Debería establecerse un programa de mantenimiento continuo que asegure el funcionamiento y operatividad de la PTAR.

- Debería establecerse un programa de monitoreo continuo del ingreso y descarga de la PTAR para evaluar su eficiencia y evitar el deterioro ecológico, paisajístico y recreativo de la zona.
- Debería establecerse una red de monitoreo y evaluación que permita identificar a los usuarios industriales que descargan al alcantarillado contaminantes por encima de los Valores Máximos Admisibles establecidos en el Decreto Supremo D.S. Nº 021-2009-VIVIENDA.
- Deberían ampliarse y profundizarse los estudios en la zona para determinar la posibilidad de que se produzcan floraciones algales nocivas en el área debido al aumento de nutrientes.
- Deberían realizarse estudios que incluyan los análisis de metales pesados, analizados en situaciones adecuadas y en laboratorios acreditados.
- Deberían evaluarse los impactos generados en la zona afótica y de fondo marino frente a la PTAR, estableciendo indicadores apropiados de contaminación biológica que posibiliten el monitoreo y control a lo largo del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

Tansley, A. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. Oxford - Inglaterra: Universidad de Oxford.

Chester, J. R. (1971). Introduction to marine chemistry. London. Academic Press.

Riley, J. P. & Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry. London: Academic Press.

Naciones Unidas - Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano. (1972). Estocolmo.

Tarazona, J.; Paredes, C.; Romero, L.; Blaskovich, V.; Guzmán, S. & Sánchez, S. (1983). Características de la Vida Planctónica y Colonización de los Organismos Bentónicos Epilíticos durante el Fenómeno El Niño. Boletín Informativo Imarpe ISSN Q378-7699.

Guillén, O. (1984). Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en el Perú. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

Jordan, R. (1985). Los Efectos de El Niño 1982 - 1983 y los Mecanismos Internacionales para la Investigación. Boletín Informativo IMARPE ISSN Q 378-7699.

N. Buras, L. N. (1985). Reactions of fish to microorganisms in wastewater. (Vol. 50 N°4). Applied and Environmental Microbiology.

Odum, E. (1986). Ecología. México. CECSA.

Naciones Unidas - Informe Nuestro Futuro Común. (1987). Informe Brundtland.

Infante, A. G. (1988). El Plancton de las Aguas Continentales.

Ochoa, N. & Gómez, O. (1988). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Variación espacio temporal del fitoplancton frente al Callao - Perú. Boletín IMARPE Volumen Extraordinario Páginas 51 - 57.

United Nations. (1992). Convention on Biological Diversity.

PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1993). Efectos de los cambios climaticos en los ecosistemas costeros y marinos del pacífico sudestre Peru. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

Justic, D.; Rabalais, N.; Turner, R. & Dortch, Q. (1995). Changes in nutrient structure of river - dominated coastal waters: Stoichiometric nutrient balance and its consequences. México.

Sánchez, S.; Delgado, E. & Chang, F. (Octubre - 1995). Características del fitoplancton superficial en Paita, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo. Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas Seleccionadas (MOPAS 9510). Informe Progresivo Nº 33, IMARPE.

Andersen, P. (1996). Design and implementation of some harmful algal monitoring systems (Vol. 44). Series IOC Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO.

Shiah, F.; Kao, S. & Liu, K. (1996). Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the Lanyang hsi. Taiwán.

Cabello, R.; Jacinto, M. E.; Morón A. O.; & Villanueva, P. (1997). Calidad del ambiente marino costero en las áreas de Ilo e Ite. IMARPE.

Sánchez, G.; Enríquez, E.; Morón, O.; Solis, J. & Chang, F. (1998). Caracteristicas del Medio Marino, Fuentes y Evaluación de la Contaminación Marina en la Bahia de Ilo, Costa de Ite a Río Sama. Callao - Perú. IMARPE.

Sánchez, G. & Orozco, R. (1999). Estado del Ambiente Marino Costero Peruano según Fuentes de Contaminación. IMARPE.

Morón, O.; Delgado, E.; Girón, M.; Gómez, E. & Carrasco, N. (1999). Monitoreo Oceanográfico Pesquero Paita, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo. IMARPE.

Boyd, C. (2000). Consideraciones sobre la Calidad del Agua y del Suelo en Cultivos de Camarón. Alabama - USA. Auburn University.

R. Caballero, J. T. (2000). Procesos naturales y antropogénicas asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas Junio 2000. UNMSM.

Espinosa Carreón, T.; Gaxiola Castro, G.; Robles Pacheco, J. M. & Nájera Nartinez, S. (2001). Temperatura, Salinidad, Nutrientes y Clorofila a en Aguas Costeras de la Ensenada del Sur de California. Baja California - México. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Cabello, R.; Tam, J. & Jacinto, M. (2002). Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas en junio del 2000. UNMSM - Facutad de Ciencias Biológicas.

Ochoa, J. & Tarazona, N. (2003). Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de bahía Independencia. Pisco - Perú. UNMSM.

Falkowski, P. G.; Katz, M. E.; Knoll, A. H.; Quigg, A.; Raven, J. A. & Schofield, O. (2004). The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton. Science Vol. 305. Páginas 354 - 360.

Hernández, I.; Vergara, J.; Pérez, J.; García, C. & Montero, S. (Diciembre del 2004). Estudio de la Calidad Ambiental del Campo de Gibraltar. Eutrofización: Estructura y Dinámica de Ecosistemas Acuáticos. Universidad de Cádiz - España.

López, H. (2007). Área de fitoplancton y producción primaria. Callao - Perú. IMARPE.

Méndez Vega, J. P. & Marchán Peña, J. (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS. Lima: R y F Publicaciones y Servicios S.A.C.

Simon, A.; Daniels, R.; Romero - Calderón, R.; Grygoruk, A.; Chang, H. & Najibi, R. (2009). Drosophila vesicular monoamine transporter mutants can adapt to reduced or eliminated vesicular stores of dopamine and serotonin. Genetics Vol. 181 (2).

IMARPE. (Marzo del 2009). Evaluación de la Calidad del Agua frente a Media Luna en la Bahía de Ilo - Moquegua. IMARPE.

Peréz, I. G. (2009). Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes. España.

Autoridad Nacional del Agua. (2009). Resolución Jefatural Nº 0291-2009-ANA.
Hallegraeff, G. M. (2010). Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. Journal of Phycology Vol. 46. Páginas 220 - 235.
Álvarez Gongora, C.; Liceaga Correa, M. & Herrera Silveira, J. (2011). Variaciones estacionales de la estructura comunitaria del fitoplancton en zonas de descarga de agua subterránea en la costa norte de la Península de Yucatán. México: Laboratorio de Producción Primaria. Departamento de Recursos del Mar del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados.
EPS Ilo S.A. (2011). Infraestructura de la EPS Ilo S.A. en Alcantarillado.
Fiorini, S.; Middelburg, J. & Gattuso, J. (2011). Testing the effects of elevated CO_2 on Coccolithopores (Prymesiophyceae): Comparison between haploid and diploid life stages. Joumal of Phicology (Vol. 47).
EPS Ilo S.A. (2012). Infraestructura de la EPS Ilo S.A. en Alcantarillado. Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento S.A. Ilo.
Carvacho, C. (2012). Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limarí en Chile. Barcelona - España.
Zambrano Pinto, M.; Castillo Mamani, K. & Ríos Morales, M. (2013). Diagnóstico Ambiental de la Provincia de Ilo.
Autoridad Nacional del Agua. (2 - 9 de Noviembre de 2013). R. J. Nº 541-2013-ANA. Lineamientos para la Determinación de la Zona de Mezcla y la Evaluación del Impacto de Aguas Residuales a un Cuerpo Natural de Agua. Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua.
Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N°015-2015-MINAM.
EPS Ilo S.A. (2015). Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. Informe Diario de Caudales. Ilo.
Aqualogy Perú S.A.C. (2016). Ilo.
Autoridad Nacional del Agua. (2016). Registro Administrativo de Vertimientos y Reusos de Aguas Residuales Tratadas. Autoridad Nacional del Agua. Moquegua.

ANEXOS

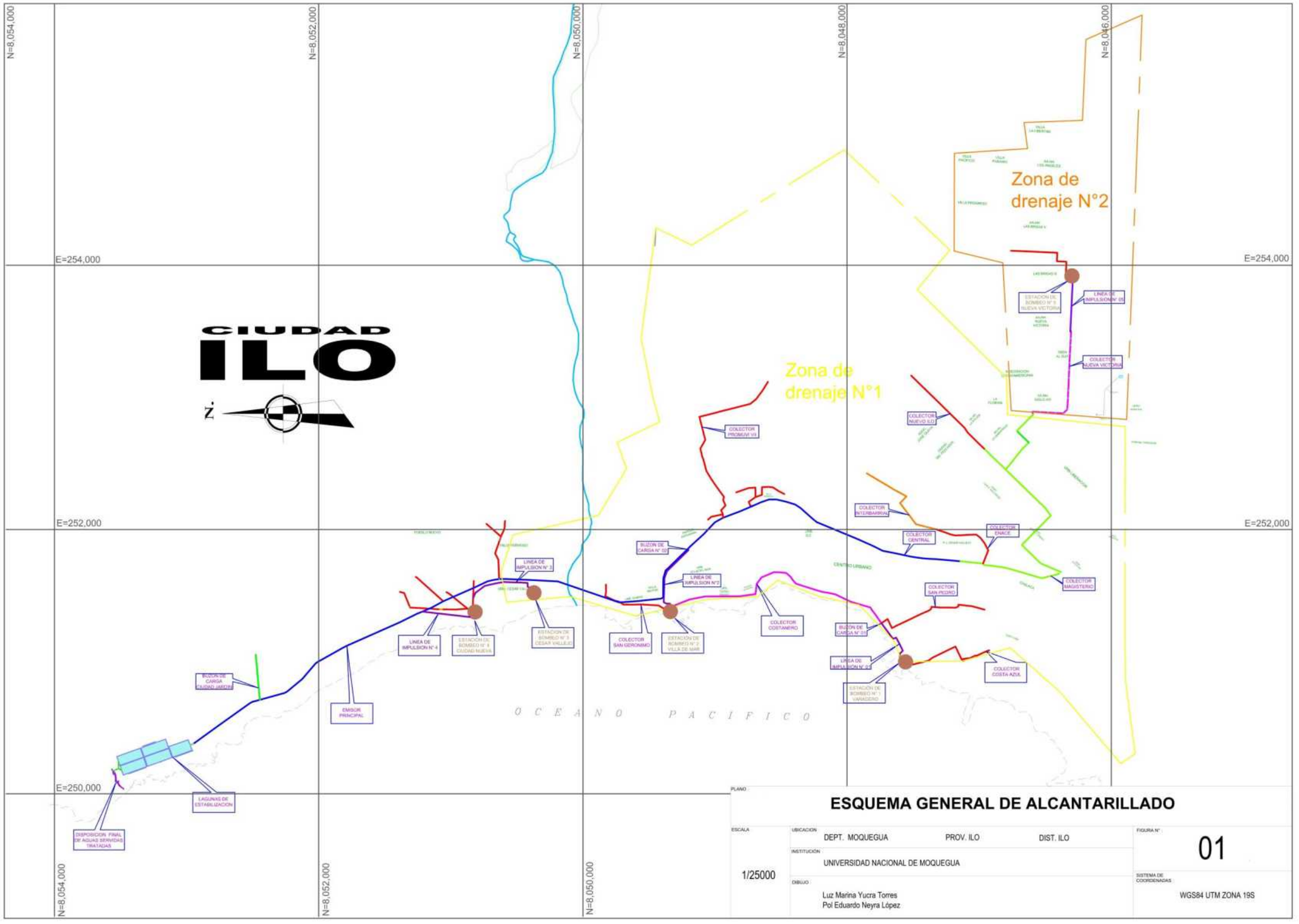
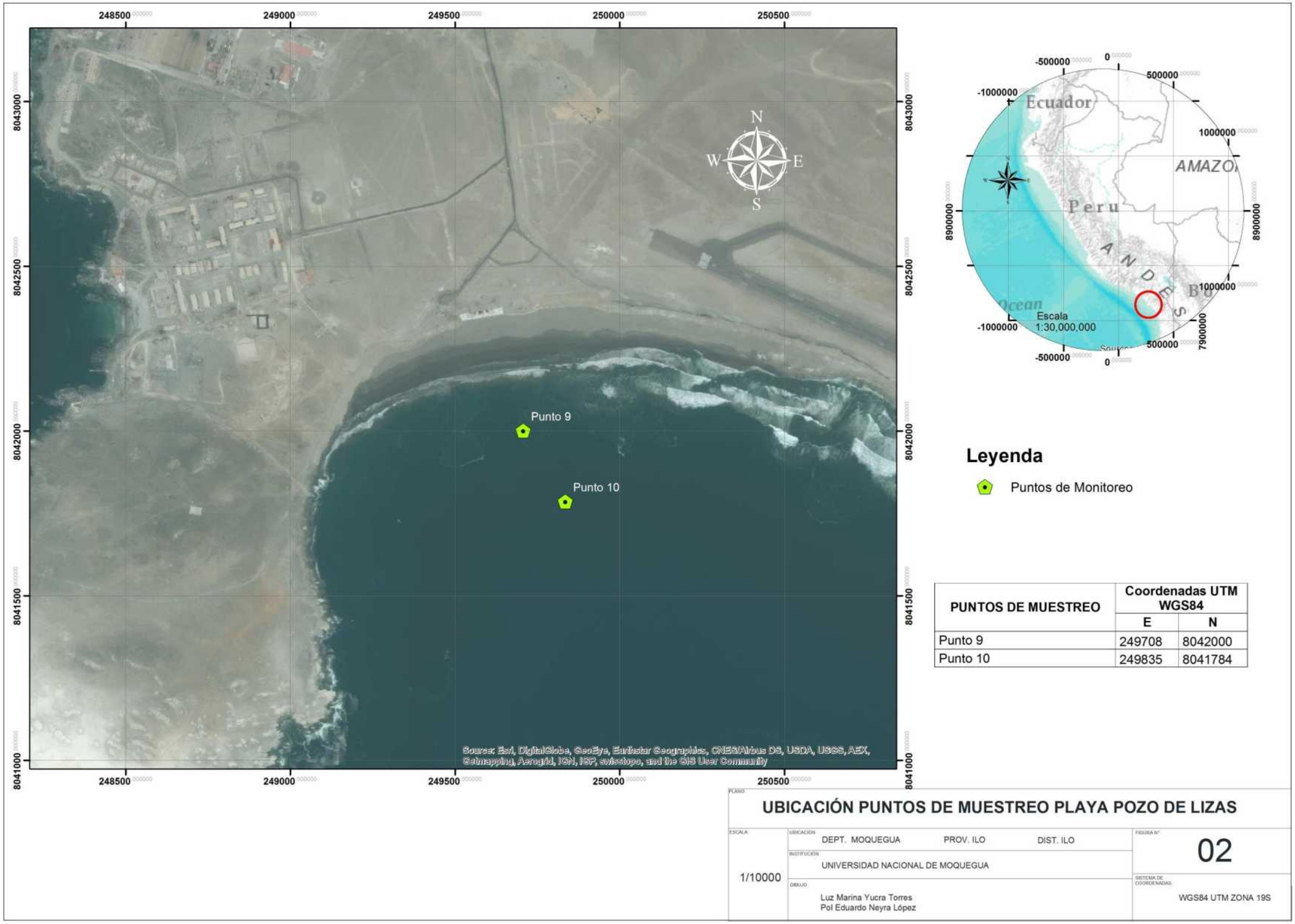


Figura Nº 1: Esquema General de Alcantarillado de Ilo



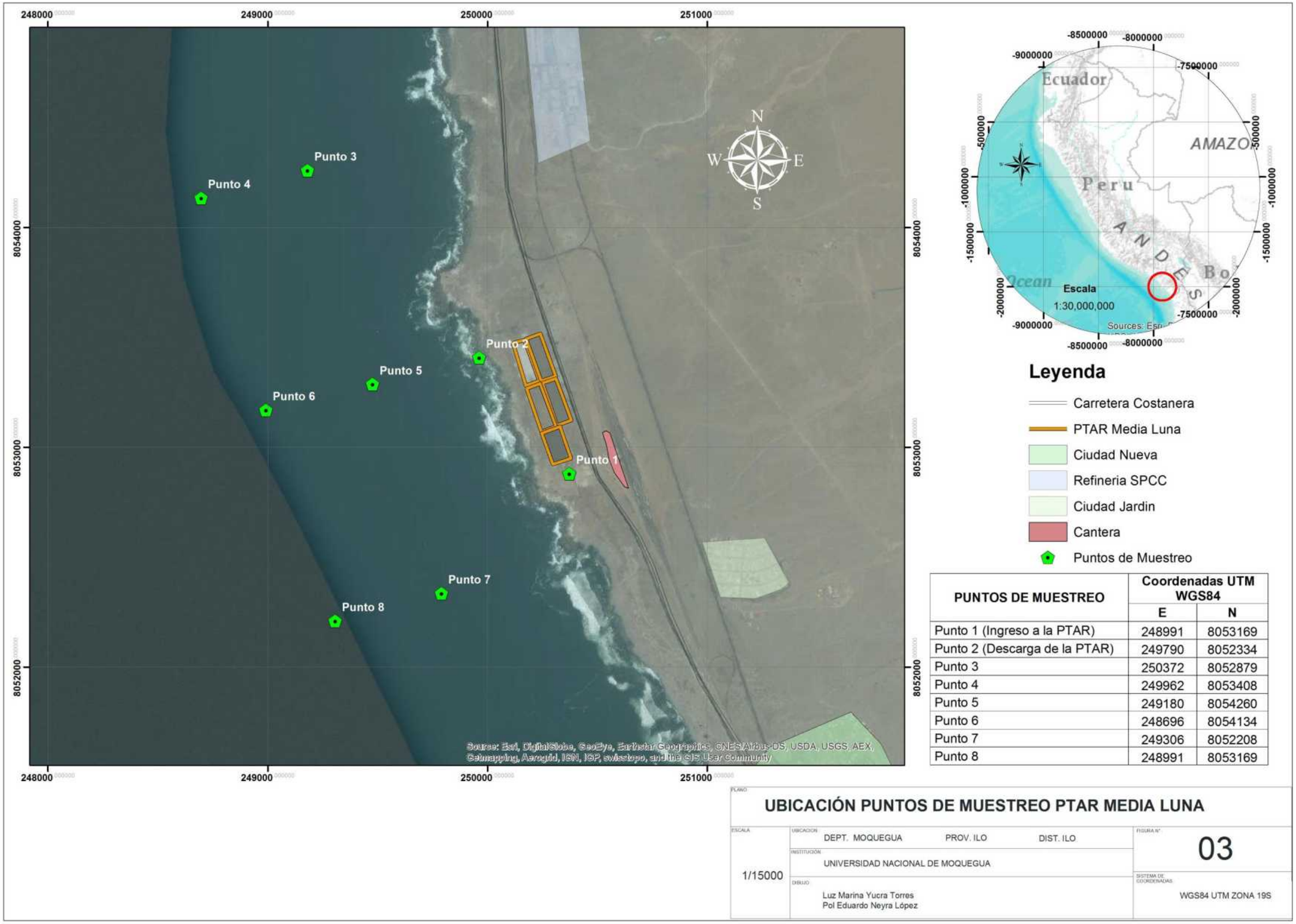
PUNTOS DE MUESTREO	Coordenadas UTM WGS84	
	E	N
Punto 9	249708	8042000
Punto 10	249835	8041784

PLANO

UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO PLAYA POZO DE LIZAS

ESCALA	UBICACIÓN	FIGURA N°
1/10000	DEPT. MOQUEGUA PROV. ILO DIST. ILO	02
	INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	
	DIBUJO: Luz Marina Yucra Torres, Pol Eduardo Neyra López	SISTEMA DE COORDENADAS: WGS84 UTM ZONA 19S

Figura Nº 2: Ubicación de Puntos de Muestreo – Playa Pozo de Lizas

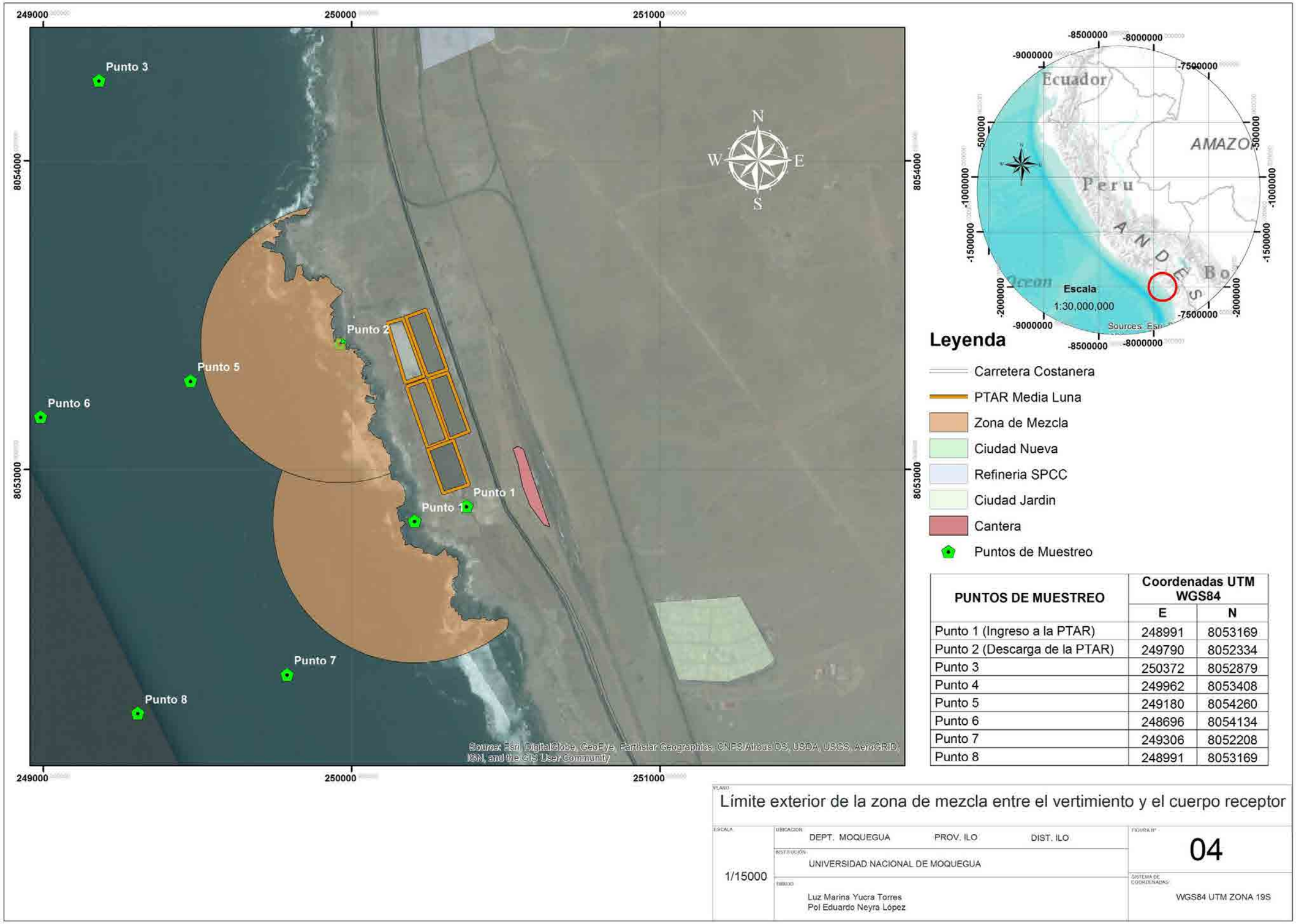


PUNTOS DE MUESTREO	Coordenadas UTM WGS84	
	E	N
Punto 1 (Ingreso a la PTAR)	248991	8053169
Punto 2 (Descarga de la PTAR)	249790	8052334
Punto 3	250372	8052879
Punto 4	249962	8053408
Punto 5	249180	8054260
Punto 6	248696	8054134
Punto 7	249306	8052208
Punto 8	248991	8053169

UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO PTAR MEDIA LUNA

ESCALA	UBICACIÓN	FIGURA N°
1/15000	DEPT. MOQUEGUA PROV. ILO DIST. ILO	03
	INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	
	DIBUJO: Luz Marina Yucra Torres, Pol Eduardo Neyra López	SISTEMA DE COORDENADAS: WGS84 UTM ZONA 19S

Figura Nº 3: Ubicación de Puntos de Muestreo – PTAR Media Luna



PUNTOS DE MUESTREO	Coordenadas UTM WGS84	
	E	N
Punto 1 (Ingreso a la PTAR)	248991	8053169
Punto 2 (Descarga de la PTAR)	249790	8052334
Punto 3	250372	8052879
Punto 4	249962	8053408
Punto 5	249180	8054260
Punto 6	248696	8054134
Punto 7	249306	8052208
Punto 8	248991	8053169

PLANO: Límite exterior de la zona de mezcla entre el vertimiento y el cuerpo receptor

ESCALA: 1/15000

UBICACION: DEPT. MOQUEGUA PROV. ILO DIST. ILO

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

TESISTA: Luz Marina Yucra Torres, Pol Eduardo Neyra López

FIGURA N°: 04

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS84 UTM ZONA 19S

Figura Nº 4: Límite Exterior de la Zona de Mezcla entre el Vertimiento y el Cuerpo Receptor

Figura Nº 5: Ubicación de la Zona de Estudio – Fuente: Elaboración Propia

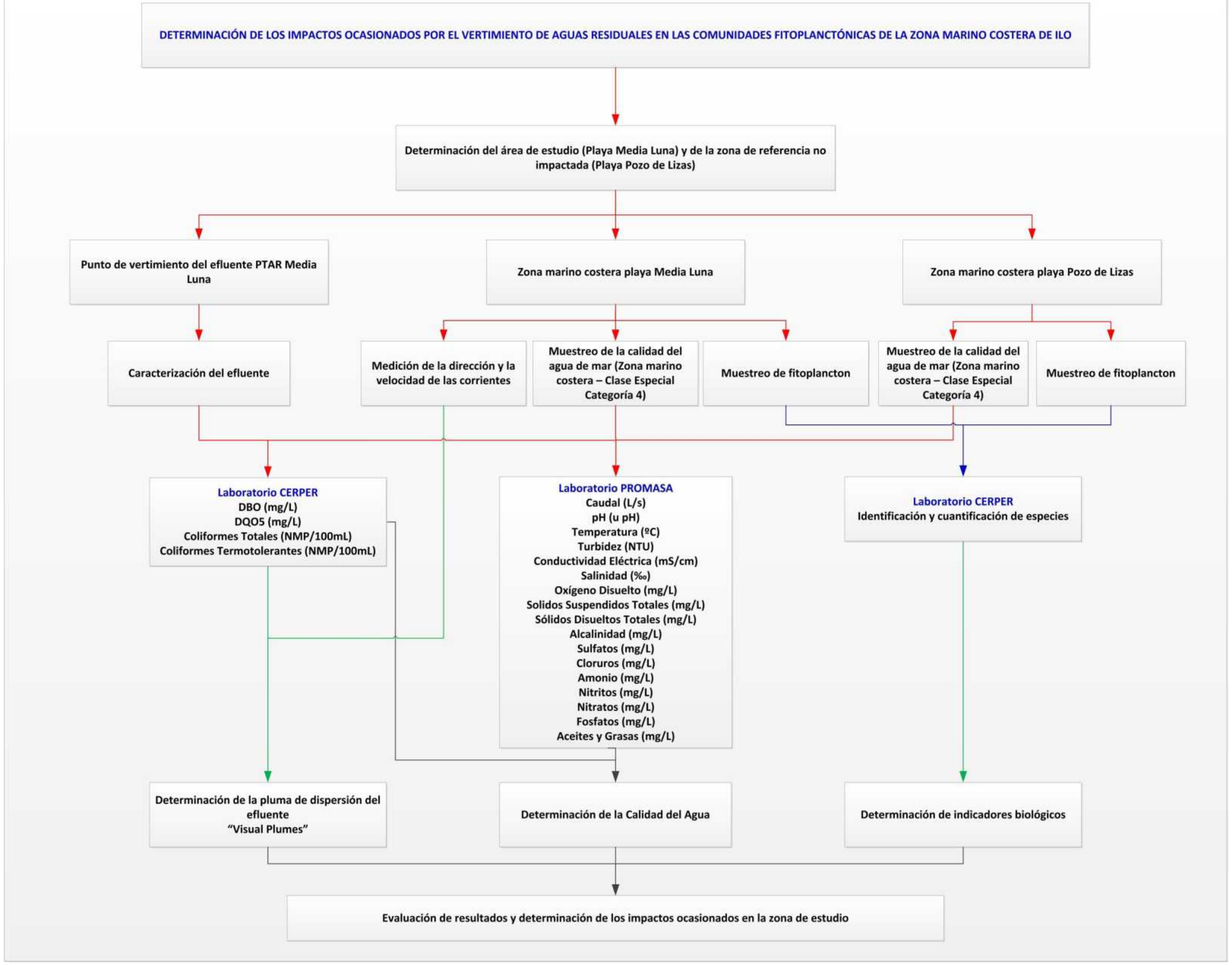
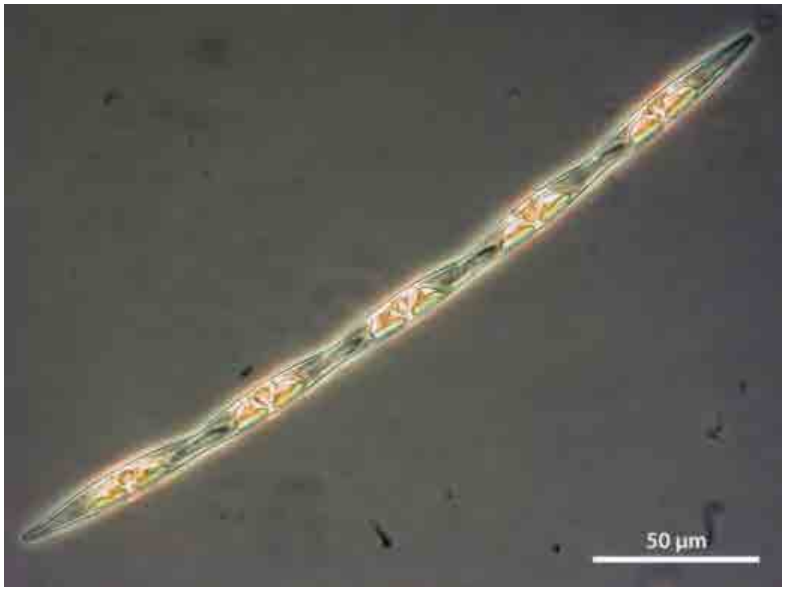


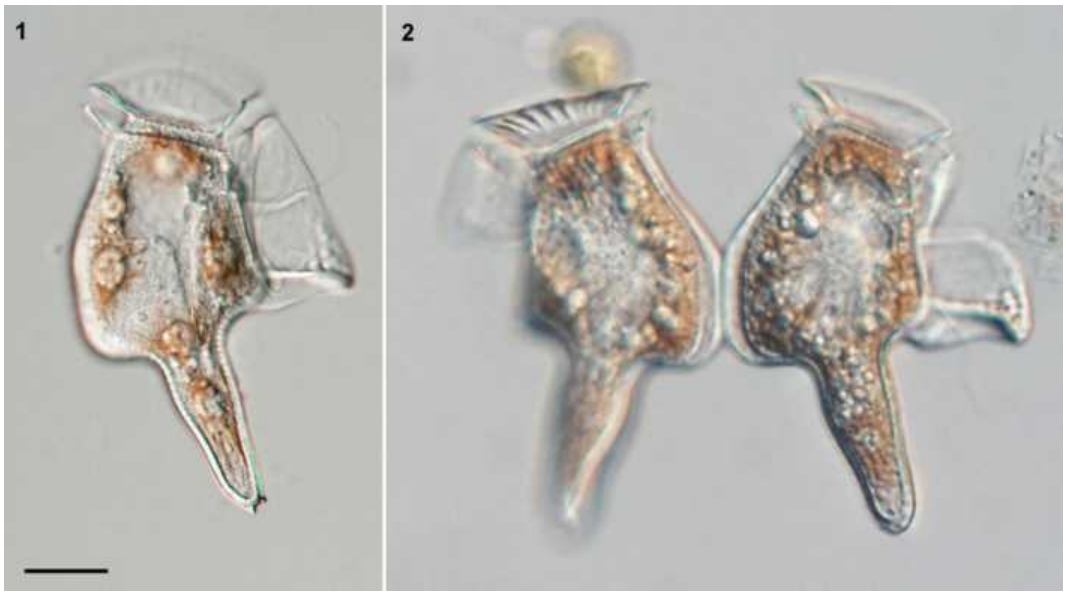
Figura Nº 6: Diagrama de Desarrollo del Proyecto – Fuente: Elaboración Propia

Figura Nº 7: *Pseudo – nitzschia*



Fuente: Environment

Figura Nº 8: *Dinophysis caudata*



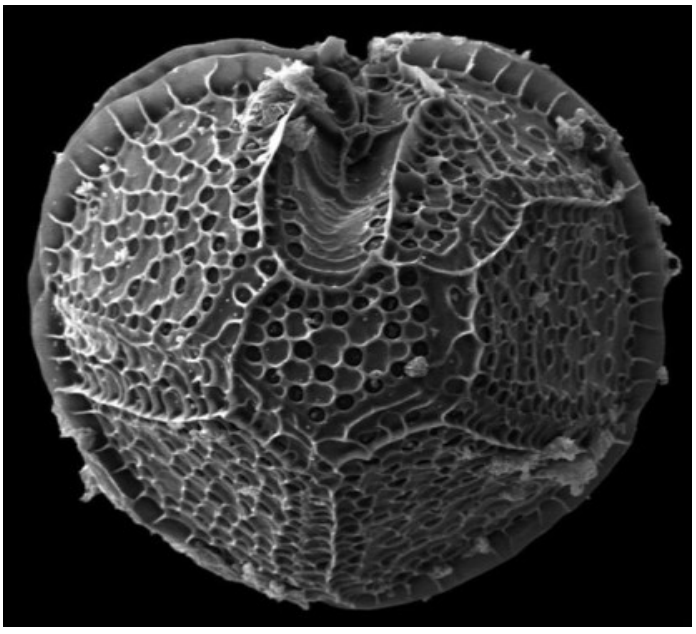
Fuente: Environment

Figura Nº 9: *Dinophysis rotundata*



Fuente: Environment

Figura Nº 10: *Gonyaulax sp*.



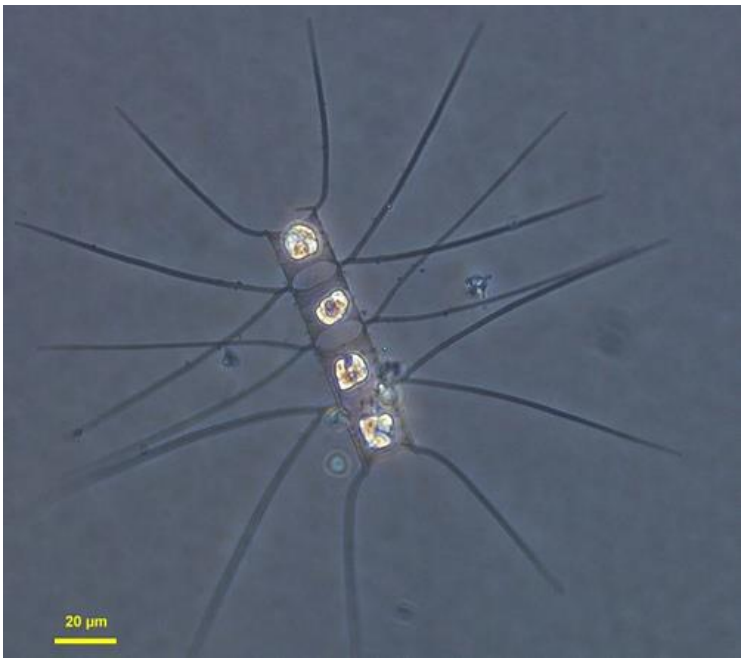
Fuente: Environment

Figura Nº 11: *Chaetoceros lorenzianus*



Fuente: Environment

Figura Nº 12: *Chaetoceros decipiens*



Fuente: Environment

Cuadro Nº 1: Zonas de Drenaje de la Red de Alcantarillado*** – Provincia de Ilo

Zona de Drenaje Nº 01			
Sector	**Número de Lotes**	**Sector**	**Número de Lotes**
Amauta	238	Luis Eduardo Valcárcel	1199
Ampliación Señor de los Milagros	28	Magisterio	345
Ciudad El Pescador	258	Nuevo Ilo	1170
Cobresur	120	Pacocha	120
Daniel Alcides Carrión	165	PROMUVI VII	2492
Hábitat	520	PROMUVI X*	1099
Integración Latinoamericana	112	Puerto de Ilo	9207
José Carlos Mariátegui	285	Siglo XXI	351
José Olaya	95	Veinticuatro de Octubre	904
La Florida	30	Villa El Porteño	117
La Picuda	18	Villa Marina	190
Las Gardenias	104	Villa Metalúrgica*	128
Liberación	397	Villa Señor de los Milagros	72
Los Olivares	100	---	---
Total			**19864**
Zona de Drenaje Nº 02			
Sector	**Número de Lotes**	**Sector**	**Número de Lotes**
Biohuerto Villa Miraflores**	1327	Primero de Mayo	60
Las Brisas III	216	Villa Pacífico	70
Las Brisas V	216	Villa Paraíso	423
Los Ángeles	694	Villa Progreso	336
Nueva Victoria	409	Zonas a poblarse**	224
Total			**3975**

* Solo Servicio de Agua Potable.
** Sin Servicios.
*** **Fuente: Infraestructura de la EPS Ilo S.A. en Alcantarillado – 2012.**

Cuadro Nº 2: Cronograma de Actividades

Actividad	Meses	Abril 2015				Mayo 2015			Junio 2015	Julio 2015		Septiembre 2015	Octubre 2015	Diciembre 2015		Enero - Octubre 2016	Abril 2017
	Duración (Semanas)	1ra S	2da S	3ra S	4ta S	1ra S	3ra S	4ta S	1ra S	2da S	3ra S	4ta S	1ra S	1ra S	2da S		1ra S
Selección del tema	1																
Revisión Bibliográfica	3																
Elaboración y Presentación del Proyecto	2																
Identificación de Requerimiento (Materiales y Equipos)	1																
Elaboración del Presupuesto General del Proyecto	2																
Presentación del Proyecto de Tesis	1																
Levantamiento de Observaciones del Proyecto	1																
Resolución de Aprobación del Proyecto	1																
Monitoreo de Caracterización del Efluente y el Cuerpo Receptor	1																
Determinación de la Zona de Mezcla	1																
Primer Monitoreo Estacional	1																
Evaluación de Resultados del Primer Monitoreo	1																
Segundo Monitoreo Estacional	1																
Evaluación de Resultados del Segundo Monitoreo	1																
Tercer Monitoreo Estacional	1																
Evaluación de Resultados del Tercer Monitoreo	1																
Evaluación y Diagnóstico	30																
Presentación del Informe Final de Tesis	1																

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 3: Clasificación de Cuerpos de Agua Marino Costeros

Clasificación de Cuerpos de Agua Marino Costeros			
ID Cuerpo de Agua	**Cuerpo de Agua**	**Categoría**	**Clase**
4003700	Mar de Talara	Categoría 4	Clase Especial
4004700	Mar de Paita	Categoría 4	Clase Especial
4004701	Mar Tierra Colorada	Categoría 4	Clase Especial
1005700	Mar de Sechura	Categoría 4	Clase Especial
1009700	Mar Santa Rosa	Categoría 4	Clase Especial
1013700	Mar de Chicama	Categoría 4	Clase Especial
1014700	Mar de Salaverry	Categoría 4	Clase Especial
1017700	Mar de Coishco	Categoría 4	Clase Especial
1018700	Mar de Chimbote (El Ferrol)	Categoría 4	Clase Especial
1019701	Mar de Samanco	Categoría 4	Clase Especial
1020700	Mar de Casma	Categoría 4	Clase Especial
1021700	Mar de Culebras	Categoría 4	Clase Especial
1022700	Mar de Huarmey	Categoría 4	Clase Especial
1024700	Mar de Supe	Categoría 4	Clase Especial
4024700	Mar de Huacho	Categoría 4	Clase Especial
1026701	Mar de Carquin	Categoría 4	Clase Especial
4023700	Mar de Vegueta	Categoría 4	Clase Especial
1027700	Mar de Chancay	Categoría 4	Clase Especial
1029700	Mar del Callao	Categoría 4	Clase Especial
1029701	Mar de Miraflores	Categoría 4	Clase Especial
1031700	Mar de Pucusana	Categoría 4	Clase Especial
1036700	Mar Tambo de Mora	Categoría 4	Clase Especial
1073700	Mar de Paracas	Categoría 4	Clase Especial
1044700	Mar Atico	Categoría 4	Clase Especial
1045700	Mar de Caravelí	Categoría 4	Clase Especial
1046700	Mar frente a Ocoña	Categoría 4	Clase Especial
1047700	Mar de Camaná	Categoría 4	Clase Especial
4041700	Mar de Mollendo	Categoría 4	Clase Especial
4044701	Mar de Ilo	Categoría 4	Clase Especial
4042700	Mar de Pacocha	Categoría 4	Clase Especial
4043700	Mar de Ite	Categoría 4	Clase Especial

* **Fuente: Resolución Jefatural R.J. Nº 030-2016-ANA Anexo Nº 1.**

Cuadro Nº 4: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas

Parámetros	Categoría 4	
	Subcategoría Ecosistemas Marino Costeros	
	Unidad	Valor
Físicos y Químicos		
DBO_5	mg/L	10
Fósforo Total	mg/L P	0.031 - 0.093
Nitratos	mg/L N	0.07 - 0.28
Nitrógeno Amoniacal	mg/L N	0,08
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 4,0
pH	unidad de pH	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	30
Silicatos ($Si\text{-}SiO_3$)	mg/L	0.14 - 0.7
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	0,06
Temperatura	ºC	Delta 3ºC
Inorgánicos		
Arsénico	mg/L	0,05
Cadmio	mg/L	0,005
Cobre	mg/L	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001
Níquel	mg/L	0,0082
Plomo	mg/L	0,0081
Zinc	mg/L	0,081
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1,0
Microbiológicos		
Coliformes Termotolerantes (44,5ºC)	NMP/100mL	≤30
Coliformes Totales (35-37ºC)	NMP/100mL	≤30

* **Fuente: Decreto Supremo D.S. Nº 002-2008-MINAM Anexo Nº 1.**

Cuadro Nº 5: Requisitos para la Toma de Muestras de Agua y Preservación

Determinación / Parámetro	Recipiente[1]	Volumen Mínimo Requerido (mL)	Tipo de Muestra[2]	Preservación y Conservación	Tiempo Máximo de Duración
Fisicoquímicos					
Oxígeno Disuelto	Análisis Inmediato en Campo				
Temperatura	Análisis Inmediato en Campo				
pH	Análisis Inmediato en Campo				
Conductividad	P, V	500	AS, AR	Refrigerar	28 días
Alcalinidad / HCO_3 / CO_3	P, V	200	AS	Refrigerar	14 días
Turbidez	P, V	100	AS, AR	Analizar el mismo día; para más de 24h guardad en obscuridad y refrigerar	48 horas
DBO_5	P, V	1000	AS	Refrigerar	48 horas
Fosfato	P, V	100	AS	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente y refrigerar	48 horas
Aceites y Grasas	V	1000	AS, AR	Agregar HCl hasta pH < 2	28 días

Determinación / Parámetro	Recipiente[1]	Volumen Mínimo Requerido (mL)	Tipo de Muestra[2]	Preservación y Conservación	Tiempo Máximo de Duración
Fisicoquímicos					
Nitrato	P, V	100	AS, AR	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas
Nitrito	P, V	100	AS, AR	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas
Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	P, V	500	AS	Refrigerar	7 días
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	P, V	500	AS	Refrigerar	7 días
Microbiológico					
Coliformes Termotolerantes (NMP)	P, V	250	AS, AR	Refrigerar a 4ºC	24 horas
Coliformes Totales (NMP)	P, V	250	AS, AR	Refrigerar a 4ºC	24 horas
Biológico					
Fitoplancton Cuantitativo	P, V	250	AS	Lugol Ácido / Formalina 5%	15 días

1 P: Plástico / V: Vidrio.
2 AS: Agua Superficial / AR: Agua Residual.
* **Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Anexo Nº 1 Basado en los métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales, APHA, AWWA, WPCF, 17ª Edición 1987 (Extracto).**

Cuadro Nº 6: Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Parámetro	Unidad	Límites Máximos Permisibles para Vertidos a Cuerpos de Agua
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes (CF)	NMP/100mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mg/L	150
Temperatura	ºC	<35

* **Fuente: Decreto Supremo D.S. Nº 003-2010-MINAM – Anexo.**

Cuadro Nº 7: Métodos de Ensayo

Parámetro	Método de Referencia
Turbidez	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2130 B Turbidity, 22nd Edition, 2012.
Alcalinidad	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2320 Alkalinity, 22nd Edition, 2012.M 2320 Alkalinity
Conductividad	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2510 Conductivity Electrometric Method, 22nd Edition, 2012.
Salinidad	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2520 Salinity, 22nd Edition, 2012.
Sólidos Disueltos Totales	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2540 C Total Dissolved Solids dried at 180ºC, 22nd Edition, 2012.
Sólidos Suspendidos Totales	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2540 D Total Suspended Solids dried at 103ºC - 105ºC, 22nd Edition, 2012.
Temperatura	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2550 Temperature, 22nd Edition, 2012.

Parámetro	Método de Referencia
Cloruros	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 Cl- C Mercuric Nitrate Method, 22nd Edition, 2012.
Nitrógeno Amoniacal	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 - N-NH_3 - D- Ammonia Selective Electrode Method, 22nd Edition, 2012
Nitritos	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 - NO_2- Nitrogen (Nitrite), 22nd Edition, 2012.
Nitratos	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 - NO_3- Nitrogen (Nitrate), 22nd Edition, 2012.
Oxígeno Disuelto	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 - O G Membrane Electrode Method, 22nd Edition, 2012.
Fosfato Soluble	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 - P - E Phosphorus Ascorbic Acid Method, 22nd Edition, 2012.
Sulfatos	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500 - SO_4^{2-} - E Turbidimetric Method, 22nd Edition, 2012.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 5000, 5210 Biochemical Oxygen Demand (BOD), 22nd Edition, 2012.

Parámetro	Método de Referencia
Demanda Química de Oxígeno	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 5000, 5220 Chemical Oxygen Demand (COD), 22nd Edition, 2012.
Coliformes Totales y Termotolerantes	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 9000, 9221 Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, 22nd Edition, 2012.
Muestreo y Cuantificación de Fitoplancton	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 10000, 10200 Plankton, 22nd Edition, 2012.
pH	American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500-H^+ pH, 22nd Edition, 2012.
Aceites y Grasas	United States Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, Method 1664: n - Hexane Extractable Material (HEM: Oil and Grease) and Silica Gel Treated n - Hexane Extractable Material (SGT - HEM: Non - polar Material) by Extraction and Gravimetry, February 2010.
Visibilidad	Disco Secchi

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 8: Table 4500-H^+: I. Preparation of pH Standard Solutions

Standard Solution (Molality)	pH at 25ºC	Weight of Chemicals Needed/1000mL Pure Water at 25ºC
Primary Standards:		
Potassium hydrogen tartrate (saturated at 25ºC)	3,557	>7g $KHC_4H_4O_6$*
0,05 potassium hydrogen citrate	3,776	11,41g $KH_2C_6H_5O_7$
0,05 potassium hydrogen phthalate	4,004	10,12g $KHC_8H_4O_4$
0,025 potassium dihydrogen phosphate + 0,025 disodium hydrogen phosphate	6,863	3,387g KH_2PO_4 + 3,533g Na_2HPO_4 +
0,008 695 potassium dihydrogen phosphate + 0,030 43 disodium hydrogen phosphate	7,415	1,179g KH_2PO_4 + 4,303g Na_2HPO_4+
0,01 sodium borate decahydrate (borax)	9,183	3,80g $Na_2B_4O_7.10H_2O$+
0,025 sodium bicarbonate + 0,025 sodium carbonate	10,014	2,092g $NaHCO_3$ + 2,640g Na_2CO_3
Secondary standards:		
0,05 potassium tetroxalate dehydrate	1,679	12,061g $KH_3C_4O_8.2H_20$
Calcium hydroxide (saturated at 25ºC)	12,454	>2g $Ca(OH)_2$*

* Approximately solubility.
\+ Prepared with freshly boiled and cooled distilled water (carbon dioxide free).
** **Fuente: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 4000, 4500-H^+ pH, 22nd Edition, 2012.**

Cuadro Nº 9: Validación de Datos de pH

Fuentes de Incertidumbre	Tipos de Incertidumbre				Incertidumbre Expandida	Incertidumbre Combinada
Incertidumbre Pureza del Reactivo	Pureza del Fosfato Diácido de Potasio (%)			99.5 ± 0.5	0.00289	**0.00290**
	Pureza del Fosfato Diácido de Potasio (Fracción en Peso)			0.995 ± 0.005		
	Pureza del Fosfato Ácido de Sodio Heptahidratado (%)			98.0 ± 2.0	0.01155	**0.01178**
	Pureza del Fosfato Ácido de Sodio Heptahidratado (Fracción en Peso)			0.980 ± 0.020		
Incertidumbre Peso del Reactivo	Peso del Fosfato Diácido de Potasio (g)			1.179	0.00015327mg	**0.00000007**
	Peso del Fosfato Ácido de Sodio Heptahidratado (g)			8.120	0.00105560mg	**0.00000007**
	Lectura de la Balanza			R	---	**---**
	Lectura Corregida de la Balanza			$R \pm 1{,}3 \times 10^{-7}$ R		
	Factor de Cobertura			1,96		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Fiola (mL)			1000	0,16330mL	**0.00016**
	Tolerancia de la Fiola (mL)			0,4		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	1000,1mL	998,7mL	998,2mL	1.44663mL	**0.00145**
		1001,2mL	1001,5mL	1001,6mL		
		998,5mL	999,7mL	999,4mL		
		1002,1mL	1002,4mL	1000,2mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0.72746mL	**0.00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura (mL)			1,26		
Incertidumbre Sesgo del Método	Valor de la Solución de Referencia			7.415u pH	0,01398u pH	**0.00189**
	Errores de Medida Ensayos de Reproducibilidad	7,45u pH	7,43u pH	7,42u pH		
		7,44u pH	7,44u pH	7,42u pH		
		7,45u pH	7,41u pH	---		
		7,44u pH	7,42u pH			
Incertidumbre Estándar Combinada						**0,012u pH**
Incertidumbre Expandida Combinada						**0,025u pH**

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 10: Table 2510: I. Equivalent Conductivity A and Conductivity k of Potassium Chloride at 25.0ºC

KCl Concentration (M or Equivalent/L)	Conductivity K (µmho/cm)
0,0001	14,9
0,0005	73,9
0,001	146,9
0,005	717,5
0,01	1,412
0,02	2,765
0,05	6,667
0,1	12,890
0,2	24,800
0,5	58,670
1	111,900

* Based on the absolute ohm, the 1988 temperature standard, and the dm^3 volume standard. Values are accurate to ±0,1% or 0,1µmho/cm, whichever is greater.

** **Fuente: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 2000, 2510 Conductivity Electrometric Method, 22nd Edition, 2012.**

Cuadro Nº 11: Validación de Datos de Conductividad Eléctrica

Fuentes de Incertidumbre	Tipos de Incertidumbre				Incertidumbre Expandida	Incertidumbre Combinada
Incertidumbre Pureza del Reactivo	Pureza del Cloruro de Potasio (%)			99.5 ± 0.5	0.00289	**0,00290**
	Pureza del Cloruro de Potasio (Fracción en Peso)			0.995 ± 0.005		
Incertidumbre Peso del Reactivo	Peso del Cloruro de Potasio 0,1M (g)			7,456	0.00096928mg	**0,00000007**
	Peso del Cloruro de Potasio 0,5M (g)			37,280	0,00484640mg	**0,00000007**
	Lectura de la Balanza			R	---	**---**
	Lectura Corregida de la Balanza			$R \pm 1,3 \times 10^{-7}$ R		
	Factor de Cobertura			1,96		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Fiola (mL)			1000	0,16330mL	**0.00016**
	Tolerancia de la Fiola (mL)			0,4		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	1000,1mL	998,7mL	998,2mL	1.44663mL	**0.00145**
		1001,2mL	1001,5mL	1001,6mL		
		998,5mL	999,7mL	999,4mL		
		1002,1mL	1002,4mL	1000,2mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0.72746mL	**0.00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura (mL)			1,26		
Incertidumbre Sesgo del Método	Valor de la Solución de Referencia			12,890mS/cm	0.02137mS/cm	**0.00166**
	Errores de Medida Ensayos de Reproducibilidad	12,92mS/cm	12,92mS/cm	---		
		12,91mS/cm	12,88mS/cm			
		12,89mS/cm	12,87mS/cm			
	Valor de la Solución de Referencia			58,670mS/cm	0,19224mS/cm	**0.00328**
	Errores de Medida Ensayos de Reproducibilidad	58.805mS/cm	58.603mS/cm	---		
		58.903mS/cm	58.403mS/cm			
		58.508mS/cm	58.517mS/cm			
Incertidumbre Estándar Combinada 0,1M KCl						**0,004mS/cm**
Incertidumbre Expandida Combinada 0,1M KCl						**0,007mS/cm**
Incertidumbre Estándar Combinada 0,5M KCl						**0,005mS/cm**
Incertidumbre Expandida Combinada 0,5M KCl						**0,009mS/cm**

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 12: Validación de Datos de Turbidez

Fuentes de Incertidumbre	Tipos de Incertidumbre				Incertidumbre Expandida	Incertidumbre Combinada
Incertidumbre Pureza del Reactivo	Pureza del Sulfato de Hidracina (%)			99.5 ± 0.5	0.00289	**0.00290**
	Pureza del Sulfato de Hidracina (Fracción en Peso)			0.995 ±		
	Pureza de Hexametilentetramina (%)			99.5 ± 0.5	0.00289	**0.00290**
	Pureza de Hexametilentetramina (Fracción en Peso)			0.995 ±		
Incertidumbre Peso del Reactivo	Peso del Sulfato de Hidracina (g)			1,25	0.00016250mg	**0.00000007**
	Peso de Hexametilentetramina (g)			12,50	0.00162500mg	**0.00000007**
	Lectura de la Balanza			R	---	**---**
	Lectura Corregida de la Balanza			R ± 1,3 x 10^{-}		
	Factor de Cobertura			1,96		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Fiola (mL)			50	0,02041mL	**0.00041**
	Tolerancia de la Fiola (mL)			0,05		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	50,0095mL	50,0035mL	49,9512mL	0,14973mL	**0.00299**
		50,0150mL	50,1025mL	49,5420mL		
		49,8501mL	50,0028mL	49,8952mL		
		50,1003mL	50,0200mL	49,8952mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0.03637mL	**0.00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura			0,063		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Fiola (mL)			100	0,04082mL	**0,00041**
	Tolerancia de la Fiola (mL)			0,10		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	100,015mL	99,998mL	99,896mL	0,06130mL	**0,00061**
		100,056mL	100,012mL	99,963mL		
		100,098mL	100,035mL	100,056mL		
		100,102mL	100,068mL	99,955mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0,07275mL	**0,00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura			0,126		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Fiola (mL)			250	0,06124mL	**0,00024**
	Tolerancia de la Fiola (mL)			0,15mL		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	250,1mL	250,2mL	250,0mL	0,12309mL	**0.00049**
		249,9mL	250,0mL	249,9mL		
		250,0mL	249,9mL	250,1mL		
		250,3mL	250,0mL	250,0mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0,18187mL	**0,00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura			0,315		
Incertidumbre Sesgo del Método	Valor de la Solución de Referencia			10,0NTU	0,09765NTU	**0,00977**
	Errores de Medida Ensayos de Reproducibilidad	9,85NTU	9,93NTU	9,75NTU		
		9,95NTU	9,99NTU	9,85NTU		
		9,95NTU	9,82NTU	9,84NTU		
		9,83NTU	10,12NTU	9,91NTU		
Incertidumbre Estándar Combinada						**0,011NTU**
Incertidumbre Expandida Combinada						**0,022NTU**

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 13: Validación de Datos de Sólidos Suspendidos Totales

Fuentes de Incertidumbre	Tipos de Incertidumbre				Incertidumbre Expandida	Incertidumbre Combinada
Incertidumbre Peso de los Filtros	Peso Inicial del Filtro (g)			0,1100	0,00001430mg	**0.00000007**
	Peso Final del Filtro (g)			0,1100	0,00001430mg	**0.00000007**
	Lectura de la Balanza			R	---	**---**
	Lectura Corregida de la Balanza			$R \pm 1,3 \times 10^{-7}$ R		
	Factor de Cobertura			1,96		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Probeta (mL)			1000	4,08248mL	**0,00408**
	Tolerancia de la Probeta (mL)			10		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	1000,5mL	999,4mL	999,0mL	2,46540mL	**0.00247**
		998,6mL	1000,6mL	1001,1mL		
		1004,6mL	1003,1mL	998,4mL		
		998,1mL	1002,1mL	1000,3mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0.72746mL	**0.00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura (mL)			1,26		
Incertidumbre Estándar Combinada						**0,005mg/L**
Incertidumbre Expandida Combinada						**0,010mg/L**

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 14: Validación de Datos de Aceites y Grasas

Fuentes de Incertidumbre	Tipos de Incertidumbre				Incertidumbre Expandida	Incertidumbre Combinada
Incertidumbre Peso de los Vasos	Peso Inicial del Vaso (g)			85,0000	0,01105mg	**0.00000007**
	Peso Final del Vaso (g)			85,0000	0,01105mg	**0.00000007**
	Lectura de la Balanza			R	---	**---**
	Lectura Corregida de la Balanza			$R \pm 1,3 \times 10^{-7} R$		
	Factor de Cobertura			1,96		
Incertidumbre Volumen	Volumen de la Probeta (mL)			1000	4,08248mL	**0,00408**
	Tolerancia de la Probeta (mL)			10		
	Errores humanos en el enrase: Ensayos de Repetibilidad	1000,5mL	999,4mL	999,0mL	2,46540mL	**0.00247**
		998,6mL	1000,6mL	1001,1mL		
		1004,6mL	1003,1mL	998,4mL		
		998,1mL	1002,1mL	1000,3mL		
Incertidumbre Temperatura	Temperatura de Calibración (ºC)			20	0.72746mL	**0.00073**
	Temperatura Máxima en el Laboratorio (ºC)			26		
	Temperatura Mínima en el Laboratorio (ºC)			20		
	Coeficiente de Expansión Térmica del Agua ($ºC^{-1}$)			0,00021		
	Máxima Variación del Volumen debido a la Temperatura (mL)			1,26		
Incertidumbre Estándar Combinada						**0,005mg/L**
Incertidumbre Expandida Combinada						**0,010mg/L**

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 15: Validación de Datos de Nitritos

Curva de Calibración	X_i (mg/L)	Y_1 (u A)	Y_1 (u A)	Y_1 (u A)
Blanco de Calibración	0,0000	0,0016	0,0012	0,0010
Estándar 1	0,0200	0,0629	0,0623	0,0626
Estándar 2	0,0400	0,1221	0,1232	0,1217
Estándar 3	0,0600	0,1836	0,1877	0,1852
Estándar 4	0,0800	0,2439	0,2500	0,2479
Estándar 5	0,1000	0,3048	0,3115	0,3099
Coeficiente de Correlación	r^2	0,999992	0,999968	0,999953
Pendiente	m	3,029286	3,113000	3,091286
Intercepto	b	0,001686	0,000333	0,000152
Número de Datos	n	6	6	6
Grados de Libertad	n - 2	4	4	4
Desviación Estándar de X e Y	$S_{X/Y}$	0,000512696	0,001039872	0,001254667
Límites de la Pendiente	S_m	0,006127889	0,012428845	0,014996145
Límites del Intercepto	S_b	0,000371062	0,000752604	0,000908062
Ecuaciones	---	Y = 3,0293 X + 0,001686	Y = 3,1130 X + 0,000333	Y = 3,0913 X + 0,000152
$t_{(0,025\ ;\ 4)}$	---	2,78	2,78	2,78
Fecha	---	12/07/2015	01/10/2015	07/12/2015

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 16: Validación de Datos de Nitratos

Curva de Calibración	X_i (mg/L)	Y_1 (u A)	Y_1 (u A)	Y_1 (u A)
Blanco de Calibración	0,0000	-0,0016	-0,0018	-0,0120
Estándar 1	0,0500	0,0492	0,0485	0,0393
Estándar 2	0,3000	0,2091	0,2078	0,2188
Estándar 3	0,5000	0,3712	0,3699	0,3539
Estándar 4	0,7500	0,5195	0,5201	0,5265
Estándar 5	1,0000	0,6966	0,7003	0,7075
Coeficiente de Correlación	r^2	0,999275	0,999354	0,999730
Pendiente	m	0,691154	0,694660	0,709460
Intercepto	b	0,007833	0,006448	-0,001766
Número de Datos	n	6	6	6
Grados de Libertad	n - 2	4	4	4
Desviación Estándar de X e Y	$S_{X/Y}$	0,011612025	0,011019696	0,007268311
Límites de la Pendiente	S_m	0,013162099	0,012490700	0,008238548
Límites del Intercepto	S_b	0,007416466	0,007038152	0,004642186
Ecuaciones	---	Y = 0,6912 X + 0,007833	Y = 0,6947 X + 0,006448	Y = 0,7095 X + -0,001766
$t_{(0,025\ ;\ 4)}$	---	2,78	2,78	2,78
Fecha	---	2015-07-12	2015-10-01	2015-12-07

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 17: Validación de Datos de Fosfatos

Curva de Calibración	X_i (mg/L)	Y_1 (u A)	Y_1 (u A)	Y_1 (u A)
Blanco de Calibración	0,0000	-0,0002	0,0000	-0,0003
Estándar 1	0,2000	0,1354	0,1295	0,1294
Estándar 2	0,4000	0,2735	0,2564	0,2663
Estándar 3	0,6000	0,4078	0,3841	0,3993
Estándar 4	0,8000	0,5679	0,5103	0,5448
Estándar 5	1,0000	0,6938	0,6356	0,6751
Coeficiente de Correlación	r^2	0,999659	0,999987	0,999894
Pendiente	m	0,700257	0,635443	0,679457
Intercepto	b	-0,003762	0,001595	-0,003962
Número de Datos	n	6	6	6
Grados de Libertad	n - 2	4	4	4
Desviación Estándar de X e Y	$S_{X/Y}$	0,007646683	0,001353795	0,004145692
Límites de la Pendiente	S_m	0,009139534	0,001618095	0,004955050
Límites del Intercepto	S_b	0,005534263	0,000979805	0,003000432
Ecuaciones	---	Y = 0,7003 X + -0,003762	Y = 0,6354 X + 0,001595	Y = 0,6795 X + -0,003962
$t_{(0,025\ ;\ 4)}$	---	2,78	2,78	2,78
Fecha	---	2015-07-12	2015-10-01	2015-12-07

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 18: Validación de Datos de Sulfatos

Curva de Calibración	X_i (mg/L)	Y_1 (NTU)	Y_1 (NTU)	Y_1 (NTU)
Blanco de Calibración	0,0	-0,8	-0,2	-0,4
Estándar 1	5,0	19,9	19,8	19,9
Estándar 2	10,0	39,8	39,9	40,0
Estándar 3	20,0	81,0	80,5	80,8
Estándar 4	40,0	158,0	156,0	157,0
Coeficiente de Correlación	r^2	0,999878	0,999847	0,999863
Pendiente	m	3,969	3,908	3,936
Intercepto	b	0,045	0,580	0,420
Número de Datos	n	5	5	5
Grados de Libertad	n - 2	3	3	3
Desviación Estándar de X e Y	$S_{X/Y}$	1,132401578	1,248465725	1,191077943
Límites de la Pendiente	S_m	0,035809682	0,039479953	0,037665192
Límites del Intercepto	S_b	0,738235509	0,813900076	0,776487819
Ecuaciones	---	Y = 3,9690 X + 0,045000	Y = 3,9080 X + 0,580000	Y = 3,9360 X + 0,420000
$t_{(0,025\ ;\ 4)}$	---	3,18	3,18	3,18
Fecha	---	2015-07-12	2015-10-01	2015-12-07

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 19: Balance Aniónico

Punto de Muestreo	Fecha	Alcalinidad Total (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Cl^- (mg/L)	$N\text{-}NO_2^-$ (mg/L)	Nitritos (mg/L)	$N\text{-}NO_3^-$ (mg/L)	Nitratos (mg/)	Suma de Aniones (mg/L)	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	CE/∑Aniones	Rango TDS Calculado (mg/L)		TDS Medido (mg/L)
P1	2015-07-23	918,0	146,1	1367,7	0,0078	0,03	0,3986	1,77	60,00	6,386	0,94	3512,3	4470,2	4160,0
P2	2015-07-23	623,8	730,4	2083,6	0,0101	0,03	0,4282	1,90	86,47	8,635	1,00	4749,3	6044,5	5609,5
P1	2015-10-25	895,0	840,7	1715,1	0,0078	0,03	0,4029	1,78	83,80	7,985	1,05	4391,8	5589,5	5193,5
P2	2015-10-25	591,9	943,1	2522,7	0,0097	0,03	0,4171	1,85	102,65	9,765	1,05	5370,8	6835,5	6344,0
P1	2015-12-07	895,7	899,3	1820,4	0,0604	0,20	0,4078	1,81	88,00	8,260	1,07	4543,0	5782,0	5398,7
P2	2015-12-07	600,4	988,2	2515,0	0,0385	0,13	0,4156	1,84	103,54	10,614	0,98	5837,7	7429,8	6934,2

* **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 20: Análisis Estadístico de los Resultados de pH

Punto de Muestreo	pH (u pH)	pH (u pH)	pH (u pH)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	7,84	7,81	7,85
P4	7,86	7,84	7,88
P5	7,79	7,85	7,87
P6	7,83	7,79	7,86
P7	7,82	7,81	7,87
P8	7,85	7,84	7,87
Promedio	7,832	7,823	7,867
D.E.	0,0248	0,0234	0,0103
D.E.R.:	0,3171	0,2989	0,1313
P9	7,84	7,80	7,97
P10	7,82	7,83	7,97
Promedio	7,830	7,815	7,970
D.E.	0,0141	0,0212	0,0000
D.E.R.:	0,1806	0,2714	0,0000
$F_{Calculado}$	3,08	1,21	N.A.
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	N.A.
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,1518	0,1517	0,0928
$t_{Calculado}$	0,01	0,07	-1,36
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	-2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de pH tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 21: Análisis Estadístico de los Resultados de Temperatura

Punto de Muestreo	T (ºC)	T (ºC)	T (ºC)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	18,2	17,3	18,2
P4	18,3	17,4	17,8
P5	17,6	17,0	17,9
P6	18,1	17,1	17,7
P7	17,9	17,1	17,8
P8	17,9	17,2	17,4
Promedio	18,00	17,18	17,80
D.E.	0,2530	0,1472	0,2608
D.E.R.:	1,4055	0,8566	1,4650
P9	18,0	17,0	18,7
P10	18,0	16,9	18,8
Promedio	18,00	16,95	18,75
D.E.	0,0000	0,0707	0,0707
D.E.R.:	0,0000	0,4172	0,3771
$F_{Calculado}$	N.A.	4,33	13,60
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	N.A.	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,4591	0,3667	0,4786
$t_{Calculado}$	0,00	0,78	-2,43
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	-2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Temperatura tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 22: Análisis Estadístico de los Resultados de Conductividad Eléctrica

Punto de Muestreo	CE (mS/cm) 2015-07-10	CE (mS/cm) 2015-09-29	CE (mS/cm) 2015-12-05
P3	53,712	53,607	54,128
P4	53,708	53,692	54,222
P5	53,572	53,596	54,169
P6	53,670	53,667	54,249
P7	53,626	53,598	54,193
P8	53,632	53,122	54,221
Promedio	53,6533	53,5470	54,1970
D.E.	0,0539	0,2120	0,0435
D.E.R.:	0,1005	0,3959	0,0803
P9	53,547	53,492	54,193
P10	53,502	53,499	53,207
Promedio	53,5245	53,4955	53,7000
D.E.	0,0318	0,0049	0,6972
D.E.R.:	0,0594	0,0093	1,2983
$F_{Calculado}$	2,87	1833,89	256,76
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	≠***	=*
S	0,2241	---	0,3905
$t_{Calculado}$	0,70	---	1,56
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	---	2,45
Conclusión	=**	---	=**
$GL_{Calculado}$	---	5,02	---
$t_{Calculado}$	---	0,59	---
$t_{GL\ Calculado}$ Tablas (P=0,05)	---	2,57	---
Conclusión	---	=**	---

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Conductividad Eléctrica tomadas en ambos sitios de muestreo.

*** Hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

- Durante el segundo muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 23: Análisis Estadístico de los Resultados de Salinidad

Punto de Muestreo	Salinidad (‰)	Salinidad (‰)	Salinidad (‰)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	35,55	35,24	35,87
P4	35,55	35,30	35,92
P5	35,47	35,22	35,89
P6	35,52	35,29	35,95
P7	35,47	35,28	35,91
P8	35,41	34,87	35,91
Promedio	35,495	35,200	35,908
D.E.	0,0550	0,1646	0,0271
D.E.R.:	0,1551	0,4675	0,0756
P9	35,41	35,21	35,88
P10	35,02	35,17	35,89
Promedio	35,215	35,190	35,885
D.E.	0,2758	0,0283	0,0071
D.E.R.:	0,7831	0,0804	0,0197
$F_{Calculado}$	25,10	33,85	14,73
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,3030	0,3766	0,1543
$t_{Calculado}$	1,13	0,03	0,19
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Salinidad tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el segundo muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 24: Análisis Estadístico de los Resultados de Sólidos Disueltos Totales

Punto de Muestreo	TDS (mg/L)	TDS (mg/L)	TDS (mg/L)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	34924.0	34601.8	35191.0
P4	34911.5	34627.3	35249.5
P5	34866.0	34601.8	35210.5
P6	34885.5	34633.7	35275.5
P7	34846.5	34620.5	35230.0
P8	34866.0	34523.2	35132.5
Promedio	34883.3	34601.4	35214.8
D.E.	29.6964	40.4806	49.9556
D.E.R.:	0.0851	0.1170	0.1419
P9	34801.5	34512.7	35150.5
P10	34801.5	34525.4	35196.8
Promedio	34801.5	34519.0	35173.7
D.E.	0.0000	9.0085	32.7390
D.E.R.:	0.0000	0.0261	0.0931
$F_{Calculado}$	N.A.	20.19	2.33
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	N.A.	921.80	921.80
Conclusión	=*	=*	=*
S	4.9746	5.9359	6.8619
$t_{Calculado}$	20.13	16.99	7.35
t_6 Tablas (P = 0,05)	2.45	2.45	2.45
Conclusión	≠****	≠****	≠****

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Sólidos Disueltos Totales tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el segundo muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 25: Análisis Estadístico de los Resultados de Turbidez

Punto de Muestreo	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	0,71	0,63	0,63
P4	0,56	0,30	0,58
P5	0,59	0,72	0,60
P6	0,55	0,57	0,56
P7	0,84	0,75	1,08
P8	1,59	0,69	0,68
Promedio	0,807	0,610	0,688
D.E.	0,3994	0,1650	0,1964
D.E.R.:	49,5165	27,0566	28,5341
P9	1,00	3,64	1,36
P10	1,05	3,54	1,69
Promedio	1,025	3,590	1,525
D.E.	0,0354	0,0707	0,2333
D.E.R.:	3,4493	1,9697	15,3013
$F_{Calculado}$	127,64	5,45	1,41
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,5820	0,3864	0,4501
$t_{Calculado}$	-0,46	-9,44	-2,28
t_6 Tablas (P = 0,05)	-2,45	-2,45	-2,45
Conclusión	=**	≠****	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Turbidez tomadas en ambos sitios de muestreo.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Turbidez tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el primer y el tercer muestreo no se cumplieron los supuestos de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº 54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 26: Análisis Estadístico de los Resultados de Visibilidad

Punto de Muestreo	Visibilidad (m)	Visibilidad (m)	Visibilidad (m)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	6,00	6,00	5,50
P4	5,50	10,00	6,50
P5	7,25	6,75	6,50
P6	5,50	10,00	7,50
P7	5,75	9,00	7,50
P8	5,75	11,00	7,50
Promedio	5,958	8,792	6,833
D.E.	0,6599	1,9901	0,8165
D.E.R.:	11,0746	22,6360	11,9487
P9	3,50	3,00	3,50
P10	3,50	3,50	3,50
Promedio	3,500	3,250	3,500
D.E.	0,0000	0,3536	0,0000
D.E.R.:	0,0000	10,8786	0,0000
$F_{Calculado}$	N.A.	31,68	N.A.
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	N.A.	921,80	N.A.
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,7415	1,3105	0,8249
$t_{Calculado}$	4,06	5,18	4,95
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	≠****	≠****	≠****

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Visibilidad tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el segundo muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 27: Análisis Estadístico de los Resultados de Oxígeno Disuelto

Punto de Muestreo	OD (mg/L)	OD (mg/L)	OD (mg/L)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	7,48	8,14	8,30
P4	7,43	7,96	8,43
P5	8,02	8,21	8,56
P6	7,43	8,05	8,80
P7	7,65	8,17	8,27
P8	7,58	8,16	8,22
Promedio	7,598	8,115	8,430
D.E.	0,2243	0,0927	0,2193
D.E.R.:	2,9516	1,1421	2,6011
P9	7,49	7,80	7,81
P10	7,44	7,86	8,25
Promedio	7,465	7,830	8,030
D.E.	0,0354	0,0424	0,3111
D.E.R.:	0,4736	0,5418	3,8746
$F_{Calculado}$	40,24	4,77	2,01
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,4391	0,2904	0,4843
$t_{Calculado}$	0,37	1,20	1,01
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Oxígeno Disuelto tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 28: Análisis Estadístico de los Resultados de TSS

Punto de Muestreo	TSS (mg/L)	TSS (mg/L)	TSS (mg/L)
	2015-07-10	2015-10-01	2015-12-06
P3	5,0	3,6	4,8
P4	3,8	3,2	4,6
P5	3,6	2,8	2,2
P6	4,4	3,0	0,8
P7	4,6	3,4	1,4
P8	5,2	4,0	0,8
Promedio	4,43	3,33	2,43
D.E.	0,6377	0,4320	1,8305
D.E.R.:	14,3843	12,9615	75,2253
P9	4,0	2,6	2,2
P10	3,8	3,2	1,2
Promedio	3,90	2,90	1,70
D.E.	0,1414	0,4243	0,7071
D.E.R.:	3,6262	14,6298	41,5945
$F_{Calculado}$	20,33	1,04	6,70
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,7450	0,6563	1,2819
$t_{Calculado}$	0,88	0,81	0,70
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Sólidos Suspendidos Totales tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 29: Análisis Estadístico de los Resultados de Alcalinidad

Punto de Muestreo	Alcalinidad (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
	2015-07-23	2015-10-01	2015-12-06
P3	114,8	115,0	115,5
P4	115,0	115,5	116,2
P5	116,8	114,8	115,1
P6	115,6	115,1	115,9
P7	116,4	115,7	115,1
P8	115,8	115,1	115,3
Promedio	115,73	115,23	115,50
D.E.	0,7763	0,3345	0,4494
D.E.R.:	0,6708	0,2903	0,3891
P9	116,2	115,2	116,1
P10	116,1	115,3	116,3
Promedio	116,15	115,28	116,18
D.E.	0,0707	0,0707	0,1415
D.E.R.:	0,0609	0,0613	0,1218
$F_{Calculado}$	120,53	22,40	10,08
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,8116	0,5390	0,6309
$t_{Calculado}$	-0,63	-0,11	-1,33
t_6 Tablas (P = 0,05)	-2,45	-2,45	-2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Alcalinidad tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 30: Análisis Estadístico de los Resultados de Aceites y Grasas

Punto de Muestreo	Aceites y Grasas (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Aceites y Grasas(mg/L)
	2015-07-11	2015-10-02	2015-12-05
P3	5,4	1,4	3,1
P4	3,4	1,2	2,3
P5	2,3	0,8	1,9
P6	1,6	1,1	1,3
P7	2,1	6,8	4,2
P8	3,1	5,6	4,4
Promedio	2,98	2,82	2,86
D.E.	1,3556	2,6425	1,2730
D.E.R.:	45,4393	93,8558	44,5064
P9	1,1	-0,1	0,5
P10	1,0	0,0	0,6
Promedio	1,05	-0,06	0,55
D.E.	0,0707	0,0895	0,0707
D.E.R.:	6,7344	-141,4214	12,8565
$F_{Calculado}$	367,53	871,59	324,10
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	1,0684	1,4890	1,0357
$t_{Calculado}$	2,22	2,37	2,73
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	≠****

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Aceites y Grasas tomadas en ambos sitios de muestreo.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Aceites y Grasas tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el segundo muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54.**
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 31: Resultados de Análisis de DBO_5

Punto de Muestreo	DBO (mg/L)	DBO (mg/L)	DBO (mg/L)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P1	261.0	315.0	450.0
P2	70.0	106.0	72.0
P3	0.0	0.0	0.0
P4	0.0	0.0	0.0
P5	0.0	0.0	0.0
P6	0.0	0.0	0.0
P7	0.0	0.0	0.0
P8	0.0	0.0	0.0
P9	0.0	0.0	0.0
P10	0.0	0.0	0.0

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 32: Resultados de Análisis de DQO

Punto de Muestreo	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P1	956.9	628.5	775.3
P2	228.5	237.9	281.4

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 33: Análisis Estadístico de los Resultados de Nitritos ($N\text{-}NO_2^-$)

Punto de Muestreo	Nitritos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitritos (mg/L)
	2015-07-12	2015-10-01	2015-12-07
P3	0,0077	0,0132	0,0152
P4	0,0080	0,0152	0,0155
P5	0,0080	0,0129	0,0155
P6	0,0071	0,0155	0,0149
P7	0,0101	0,0140	0,0148
P8	0,0077	0,0145	0,0144
Promedio	0,00809	0,01423	0,01505
D.E.	0,0010	0,0010	0,0004
D.E.R.:	12,7145	7,2357	2,6719
P9	0,0077	0,0121	0,0130
P10	0,0070	0,0127	0,0127
Promedio	0,00737	0,01240	0,01283
D.E.	0,0005	0,0005	0,0002
D.E.R.:	6,9715	3,8453	1,7835
$F_{Calculado}$	4,01	4,66	3,09
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,0307	0,0306	0,0193
$t_{Calculado}$	0,03	0,07	0,14
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Nitritos tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el primer muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 34: Análisis Estadístico de los Resultados de Nitratos ($N\text{-}NO_3^-$)

Punto de Muestreo	Nitratos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitratos (mg/L)
	2015-07-12	2015-10-01	2015-12-07
P3	0,1918	0,2069	0,2826
P4	0,2001	0,2061	0,2858
P5	0,2423	0,2031	0,2812
P6	0,2038	0,2049	0,3932
P7	0,2569	0,2055	0,2983
P8	0,2021	0,2049	0,3009
Promedio	0,21616	0,20524	0,30699
D.E.	0,0266	0,0013	0,0430
D.E.R.:	12,3226	0,6404	14,0173
P9	0,1399	0,1360	0,1580
P10	0,1428	0,1368	0,1564
Promedio	0,14131	0,13640	0,15718
D.E.	0,0020	0,0006	0,0011
D.E.R.:	1,4480	0,4478	0,6975
$F_{Calculado}$	169,46	4,63	1540,60
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	≠***
S	0,1501	0,0346	---
$t_{Calculado}$	0,61	2,44	---
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	---
Conclusión	=**	=**	---
$GL_{Calculado}$	---	---	5,02
$t_{Calculado}$	---	---	8,52
$t_{GL\ Calculado}$ Tablas (P=0,05)	---	---	2,57
Conclusión	---	---	≠****

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.
** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Nitratos tomadas en ambos sitios de muestreo.
*** Hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.
****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Nitratos tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el tercer muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 35: Resultados de Análisis de Nitrógeno Amoniacal ($N\text{-}NH_3^+$)

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	Amonio (mg/L)	Amonio (mg/L)
	2015-07-19	2015-10-19	2015-12-07
P1	56.3	58.2	76.4
P2	43.9	48.3	45.3
P3	0.0	0.0	0.0
P4	0.0	0.0	0.0
P5	0.0	0.0	0.0
P6	0.0	0.0	0.0
P7	0.0	0.0	0.0
P8	0.0	0.0	0.0
P9	0.0	0.0	0.0
P10	0.0	0.0	0.0

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 36: Análisis Estadístico de los Resultados de Fosfatos ($P\text{-}PO_4^{3-}$)

Punto de Muestreo	Fosfatos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
	2015-07-12	2015-10-01	2015-12-07
P3	0,0474	0,0589	0,0506
P4	0,0485	0,0501	0,0519
P5	0,0538	0,0529	0,0516
P6	0,0528	0,0543	0,0559
P7	0,0576	0,0625	0,0557
P8	0,0549	0,0587	0,0565
Promedio	0,05250	0,05622	0,05369
D.E.	0,0039	0,0046	0,0026
D.E.R.:	7,4496	8,1625	4,8466
P9	0,0578	0,0587	0,0423
P10	0,0526	0,0584	0,0400
Promedio	0,05521	0,05855	0,04115
D.E.	0,0036	0,0002	0,0017
D.E.R.:	6,5842	0,3801	4,0461
$F_{Calculado}$	1,16	425,08	2,44
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	0,0622	0,0621	0,0495
$t_{Calculado}$	-0,05	-0,05	0,31
t_6 Tablas (P = 0,05)	-2,45	-2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Nitratos tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 37: Resultados de Análisis de Coliformes Totales

Punto de Muestreo	CT (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P1	130000000	240000000	130000000
P2	28000	230000	23000000
P3	0	0	0
P4	0	0	0
P5	0	0	0
P6	0	0	0
P7	0	3300	3300
P8	0	0	0
P9	0	0	0
P10	0	0	0

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 38: Resultados de Análisis de Coliformes Termotolerantes

Punto de Muestreo	CTT (NMP/100mL)	CTT (NMP/100mL)	CTT (NMP/100mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P1	49000000	49000000	130000000
P2	28000	230000	23000000
P3	0	0	0
P4	0	0	0
P5	0	0	0
P6	0	0	0
P7	0	0	0
P8	0	0	0
P9	0	0	0
P10	0	0	0

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 39: Análisis Estadístico de los Resultados de Diatomeas

Punto de Muestreo	Diatomeas (Organismos/mL)	Diatomeas (Organismos/mL)	Diatomeas (Organismos/mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	273,6147	72,4200	6,0400
P4	342,6538	21,0600	4,2200
P5	282,6593	44,5000	14,7800
P6	544,2566	45,2412	4,2600
P7	306,1486	132,3808	11,5800
P8	501,5728	6,6800	10,0200
Promedio	375,15096	53,71365	8,48333
D.E.	117,6953	44,6622	4,3262
D.E.R.:	31,3728	83,1486	50,9968
P9	178,2269	2163,9148	7,7600
P10	88,5805	778,7930	7,1200
Promedio	133,40365	1471,35388	7,44000
D.E.	63,3896	979,4291	0,4525
D.E.R.:	47,5171	66,5665	6,0826
$F_{Calculado}$	3,45	480,91	91,39
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	10,4233	14,1583	1,9185
$t_{Calculado}$	28,41	-122,63	0,67
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	-2,45	2,45
Conclusión	≠****	≠****	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Diatomeas tomadas en ambos sitios de muestreo.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Diatomeas tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 40: Análisis Estadístico de los Resultados de Dinoflagelados

Punto de Muestreo	Dinoflagelados (Organismos/mL)	Dinoflagelados (Organismos/mL)	Dinoflagelados (Organismos/mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	5,2600	3,2200	32,0200
P4	1,7800	3,6200	26,9928
P5	4,9600	7,3200	27,8400
P6	1,8600	2,7400	57,2326
P7	0,7200	2,1600	8,6600
P8	7,3200	1,3600	50,5140
Promedio	3,65000	3,40333	33,87656
D.E.	2,5715	2,0776	17,5810
D.E.R.:	70,4520	61,0458	51,8972
P9	10,3400	0,3500	4,0400
P10	24,7700	0,3400	6,8600
Promedio	17,55500	0,34500	5,45000
D.E.	10,2036	0,0071	1,9940
D.E.R.:	58,1233	2,0496	36,5879
$F_{Calculado}$	15,74	86327,73	77,74
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	≠***	=*
S	1,9605	---	3,8708
$t_{Calculado}$	-8,69	---	8,99
t_6 Tablas (P = 0,05)	-2,45	---	2,45
Conclusión	≠****	---	≠****
$GL_{Calculado}$	---	5,00	---
$t_{Calculado}$	---	3,61	---
$t_{GL\ Calculado}$ Tablas (P=0,05)	---	2,57	---
Conclusión	---	≠****	---

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.
*** Hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.
****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Dinoflagelados tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 41: Análisis Estadístico de los Resultados de Silicoflagelados

Punto de Muestreo	Silicoflagelados (Organismos/mL)	Silicoflagelados (Organismos/mL)	Silicoflagelados (Organismos/mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	2,4400	0,3000	0,5800
P4	1,6200	0,5600	0,2200
P5	1,3600	0,5200	0,7600
P6	7,1200	0,5000	0,8000
P7	1,2800	0,2800	1,1000
P8	5,8200	0,1000	1,5400
Promedio	3,27333	0,37667	0,83333
D.E.	2,5434	0,1795	0,4511
D.E.R.:	77,7007	47,6596	54,1287
P9	1,1600	0,0500	0,2400
P10	2,3000	0,0000	0,4400
Promedio	1,73000	0,02500	0,34000
D.E.	0,8061	0,0354	0,1414
D.E.R.:	46,5955	141,4214	41,5945
$F_{Calculado}$	9,96	25,78	10,17
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	1,5013	0,3943	0,6320
$t_{Calculado}$	1,26	1,09	0,96
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	2,45	2,45
Conclusión	=**	=**	=**

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

** No hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Silicoflagelados tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 42: Análisis Estadístico de los Resultados de Fitoflagelados

Punto de Muestreo	Fitoflagelados (Organismos/mL)	Fitoflagelados (Organismos/mL)	Fitoflagelados (Organismos/mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	47,8824	29,6000	25,0000
P4	38,5599	22,9000	173,3856
P5	27,6000	30,0000	9,1800
P6	187,0718	46,2991	258,4591
P7	114,9161	70,5422	78,3215
P8	112,6658	160,9965	320,3335
Promedio	88,11598	60,05628	144,11326
D.E.	61,4002	52,3444	127,8350
D.E.R.:	69,6811	87,1589	88,7045
P9	124,5290	191,0589	225,5683
P10	136,1269	126,9356	418,5059
Promedio	130,32793	158,99720	322,03708
D.E.	8,2010	45,3420	136,4274
D.E.R.:	6,2926	28,5175	42,3639
$F_{Calculado}$	56,05	1,33	1,14
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	7,2480	7,1538	11,3696
$t_{Calculado}$	-7,13	-16,94	-19,17
t_6 Tablas (P = 0,05)	-2,45	-2,45	-2,45
Conclusión	≠****	≠****	≠****

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Fitoflagelados tomadas en ambos sitios de muestreo.

- Durante el segundo muestreo no se cumplió el supuesto de Normalidad. Se aplicó la prueba de Mann - Whitney. Ver **Cuadro Nº54**.
- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 43: Análisis Estadístico de los Resultados de Fitoplancton

Punto de Muestreo	Fitoplancton (Organismos/mL)	Fitoplancton (Organismos/mL)	Fitoplancton (Organismos/mL)
	2015-07-10	2015-09-29	2015-12-05
P3	329,1971	105,5400	63,6400
P4	384,6137	48,1400	204,8183
P5	316,5793	82,3400	52,5600
P6	740,3084	94,7802	320,7517
P7	423,0647	205,3629	99,6615
P8	627,3785	169,1365	382,4075
Promedio	470,19027	117,54993	187,30648
D.E.	173,6039	58,4679	139,5065
D.E.R.:	36,9220	49,7388	74,4803
P9	314,2558	2355,3737	237,6083
P10	251,7774	906,0685	432,9259
Promedio	283,01658	1630,72108	335,26708
D.E.	44,1789	1024,8135	138,1104
D.E.R.:	15,6100	62,8442	41,1941
$F_{Calculado}$	15,44	307,22	1,02
$F_{5,1}$ Tablas (P=0,05)	921,80	921,80	921,80
Conclusión	=*	=*	=*
S	12,3302	14,8164	11,8014
$t_{Calculado}$	18,59	-125,08	-15,36
t_6 Tablas (P = 0,05)	2,45	-2,45	-2,45
Conclusión	≠****	≠****	≠****

* No hay diferencias estadísticamente significativas entre las desviaciones estándares de ambos conjuntos de datos.

****Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de Fitoplancton tomadas en ambos sitios de muestreo.

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 44: Parámetros Regulados por el Decreto Supremo D.S. Nº 003-2010-MINAM

Parámetro	LMP	P1	P2	P1	P2	P1	P2
		2015-07-10		2015-09-29		2015-12-05	
Aceites y Grasas (mg/L)	20	80.8	61.6	17.9	2.8	64.6	40.0
Coliformes Termotolerantes (NMP)	10000	49000000	28000	49000000	230000	130000000	23000000
DBO (NMP)	100	261.0	70.0	315.0	106.0	450.0	72.0
DQO (mg/L)	200.0	956.9	228.5	628.5	237.9	775.3	281.4
pH (u pH)	6.5 - 8.5	7.20	7.37	7.37	7.41	7.37	7.94
TSS (mg/L)	150	364.0	52.0	372.0	58.0	612.0	208.0
Temperatura (ºC)	35.0	20.4	20.9	20.8	20.5	20.6	20.4

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 45: Indicadores de Riqueza de Especies

Sitio de Muestreo		Media Luna		Pozo de Lizas	
Monitoreo	Estimador	Número de Especies Estimadas	Desviación Estándar	Número de Especies Estimadas	Desviación Estándar
Primer Monitoreo	Chao 2	124.57	11.96	83.38	3.49
	Jackknife 1	123.67	4.41	94.00	6.00
	Jackknife 2	135.13	---	94.00	---
	Bootstrap	111.86	---	85.50	---
Segundo Monitoreo	Chao 2	96.06	7.89	38.70	3.87
	Jackknife 1	101.17	5.07	42.50	3.50
	Jackknife 2	109.03	---	42.50	---
	Bootstrap	91.01	---	37.75	---
Tercer Monitoreo	Chao 2	95.90	6.02	57.09	2.30
	Jackknife 1	102.67	3.33	64.50	0.50
	Jackknife 2	108.00	---	64.50	---
	Bootstrap	94.16	---	59.25	---

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 46: Indicadores de Dominancia y Diversidad por Punto de Muestreo

Monitoreo	Indicador	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Primer Monitoreo	Dominance_D	0,3031	0,3156	0,4147	0,2561	0,3774	0,2740	0,3813	0,3209
	Simpson_1-D	0,6969	0,6844	0,5853	0,7439	0,6226	0,7260	0,6187	0,6791
	Shannon_H	1,7010	1,6940	1,4370	1,7320	1,3220	1,7430	1,3700	1,9020
Segundo Monitoreo	Dominance_D	0,3168	0,2570	0,2056	0,3017	0,2222	0,9044	0,2811	0,3495
	Simpson_1-D	0,6832	0,7430	0,7944	0,6983	0,7778	0,0956	0,7189	0,6505
	Shannon_H	1,7450	2,0260	2,0740	1,8140	1,8090	0,3340	1,3700	1,2860
Tercer Monitoreo	Dominance_D	0,2799	0,7271	0,2117	0,6744	0,6163	0,7159	0,9003	0,9332
	Simpson_1-D	0,7201	0,2729	0,7883	0,3256	0,3837	0,2841	0,0997	0,0668
	Shannon_H	1,6920	0,6538	2,1580	0,6825	1,1790	0,6691	0,3537	0,2355

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 47: Análisis de Componentes Principales – Primer Muestreo

Componente	Autovalores Iniciales			Sumas de Extracción de Cargas al Cuadrado			Sumas de Rotación de Cargas al Cuadrado		
	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
Nitratos	16,229	85,416	85,416	16,229	85,416	85,416	10,057	52,934	52.934
Fosfatos	2,157	11,354	96,770	2,157	11,354	96,770	8,329	43,836	96,770
Amonio	,476	2,507	99,277						
Nitritos	,077	,405	99,682						
Sulfatos	,038	,198	99,880						
Aceites y Grasas	,020	,108	99,987						
Cloruros	,002	,008	99,996						
Alcalinidad	,001	,004	100,000						
Solidos	6,143E-05	,000	100,000						
DBO_5	2,076E-15	1.093E-14	100,000						
Coliformes Termotolerantes	8,098E-16	4,262E-15	100,000						
Coliformes Totales	3,725E-16	1,960E-15	100,000						
Turbidez	2,406E-16	1,266E-15	100,000						
Oxígeno Disuelto	4,751E-17	2,500E-16	100,000						
TDS	-8,791E-17	-4,627E-16	100,000						
Salinidad	-2,710E-16	-1,426E-15	100,000						
Temperatura	-6,001E-16	-3,158E-15	100,000						
Conductividad	-9.167E-16	-4,825E-15	100,000						
pH	-1,280E-15	-6,735E-15	100,000						

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 48: Análisis de Componentes Principales – Segundo Muestreo

Componente	Autovalores Iniciales			Sumas de Extracción de Cargas al Cuadrado			Sumas de Rotación de Cargas al Cuadrado		
	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
Nitratos	16,745	88,134	88,134	16,745	88,134	88,134	11,504	60,549	60,549
Fosfatos	1,775	9,343	97,478	1,775	9,343	97,478	7,016	36,929	97,478
Amonio	,330	1,735	99,213						
Nitritos	,098	,515	99,727						
Sulfatos	,036	,189	99,916						
Aceites y Grasas	,009	,049	99,966						
Cloruros	,005	,026	99,992						
Alcalinidad	,001	,007	99,999						
Solidos	,000	,001	100,000						
DBO_5	1,233E-15	6,489E-15	100,000						
Coliformes Termotolerantes	6,444E-16	3,391E-15	100,000						
Coliformes Totales	3,790E-16	1,995E-15	100,000						
Turbidez	7,766E-17	4,087E-16	100,000						
Oxígeno Disuelto	-1,223E-16	-6,439E-16	100,000						
TDS	-2,659E-16	-1,400E-15	100,000						
Salinidad	-5,016E-16	-2,640E-15	100,000						
Temperatura	-6,382E-16	-3,359E-15	100,000						
Conductividad	-1,102E-15	-5,801E-15	100,000						
pH	-2,243E-15	-1,181E-14	100,000						

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 49: Análisis de Componentes Principales – Tercer Muestreo

Componente	Autovalores Iniciales			Sumas de Extracción de Cargas al Cuadrado			Sumas de Rotación de Cargas al Cuadrado		
	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
Nitratos	16,909	88,996	88,996	16,909	88,996	88,996	10,523	55,382	55,382
Fosfatos	1,273	6,702	95,698	1,273	6,702	95,698	7,660	40,315	95,698
Amonio	,757	3,985	99,683						
Nitritos	,037	,194	99,877						
Sulfatos	,015	,078	99,955						
Aceites y Grasas	,008	,040	99,995						
Cloruros	,001	,003	99,998						
Alcalinidad	,000	,002	100,000						
Solidos	1,635E-05	8,604E-05	100,000						
DBO_5	1,663E-15	8,751E-15	100,000						
Coliformes Termotolerantes	7,707E-16	4,056E-15	100,000						
Coliformes Totales	6,382E-16	3,359E-15	100,000						
Turbidez	4,085E-16	2,150E-15	100,000						
Oxígeno Disuelto	2,627E-16	1,383E-15	100,000						
TDS	1,811E-16	9,532E-16	100,000						
Salinidad	-5,832E-17	-3,069E-16	100,000						
Temperatura	-3,493E-16	-1,839E-15	100,000						
Conductividad	-5,991E-16	-3,153E-15	100,000						
pH	-7,003E-16	-3,686E-15	100,000						

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 50: Ingreso de Datos Software *"Visual Plumes"*

Descripción		P1			P2		
		Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo
Efluente	Ancho del canal (m)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	Profundidad del canal (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Ángulo de descarga (°)	0	0	0	0	0	0
	Profundidad de la descarga (m)	0	0	0	0	0	0
	Caudal de efluente (m^3/s)	0.074	0.105	0.102	0.071	0.103	0.105
	Salinidad Efluente(PSU)	3.51	4.30	4.60	4.84	5.50	5.91
	Temperatura Efluente (°C)	20.4	20.8	20.6	20.9	20.5	20.4
Cuerpo Receptor	Velocidad de la corriente(m/s)	0.060	0.055	0.051	0.060	0.055	0.051
	Dirección de la corriente	-90	-90	-90	-90	-90	-90
	Salinidad del cuerpo receptor (PSU)	35.55	35.24	35.87	35.47	35.22	35.89
	Temperatura del cuerpo receptor (°C)	18.2	17.3	18.2	17.6	17.0	17.9

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 51: Resultados Software *"Visual Plumes"*

Muestreo	Profundidad (m)	Ancho de la Pluma (m)	Distancia de Pluma (m)	Dilución	Tiempo (s)
P1 - Primer Monitoreo	0.99	107.6	450	134.6	5900
P2 - Primer Monitoreo	0.99	106.1	452	138.1	5970
P1 - Segundo Monitoreo	1.09	124.7	458	115.8	5680
P2 - Segundo Monitoreo	1.11	124.3	460	119.2	5780
P1 - Tercer Monitoreo	1.04	125.9	455	107.3	5880
P2 - Tercer Monitoreo	1.08	127.7	458	109.9	5900

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 52: Concentraciones calculadas a partir de la dilución determinada en *"Visual Plumes"*

Monitoreo	Parámetros	P1			P2		
		Efluente sin Dilución	Dilución	Efluente Diluido	Efluente sin Dilución	Dilución	Efluente Diluido
Primer Monitoreo	Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L)	261,0	134,6	1,94	70,0	138,1	0,51
	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	364,0	134,6	2,70	52,0	138,1	0,38
	Grasas y Aceites (mg/L)	80,8	134,6	0,60	61,6	138,1	0,45
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	49000000	134,6	364041,60	28000	138,1	202,75
	Coliformes Totales (NMP/100mL)	130000000	134,6	965824,67	28000	138,1	202,75
Segundo Monitoreo	Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L)	315,0	115,8	2,72	106,0	119,2	0,89
	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	372,0	115,8	3,21	58,0	119,2	0,49
	Grasas y Aceites (mg/L)	17,9	115,8	0,15	2,8	119,2	0,02
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	49000000	115,8	423143,35	230000	119,2	1929,53
	Coliformes Totales (NMP/100mL)	240000000	115,8	2072538,86	230000	119,2	1929,53
Tercer Monitoreo	Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L)	450,0	107,3	4,19	72,0	109,9	0,66
	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	612,0	107,3	5,70	208,0	109,9	1,89
	Grasas y Aceites (mg/L)	64,6	107,3	0,60	40,0	109,9	0,36
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	130000000	107,3	1211556,38	23000000	109,9	209281,16
	Coliformes Totales (NMP/100mL)	130000000	107,3	1211556,38	23000000	109,9	209281,16

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 53: Límites de Cuantificación determinados para los Métodos de Ensayo desarrollados en los Laboratorios de PROMASA

Parámetros	Unidades	Mediciones										Desviación Estándar	Límite de Cuantificación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Turbidez	**NTU**	0.26	0.53	0.80	0.41	0.43	0.19	0.61	0.63	0.30	0.70	0.2013	2.0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	-0.5	-0.6	-0.3	0.0	0.8	-0.7	0.6	0.2	-0.2	0.2	0.5039	5.0
Aceites y Grasas	**mg/L**	0.3	0.6	-0.4	0.6	0.0	-0.7	-0.4	-0.3	-0.2	0.7	0.4984	5.0
Nitritos	**mg/L**	-0.0002	0.0002	0.0001	0.0003	-0.0001	0.0000	-0.0002	-0.0002	0.0003	0.0000	0.0002	0.002
Nitratos	**mg/L**	0.0021	-0.0026	0.0033	-0.0025	-0.0013	-0.0019	-0.0052	0.0037	-0.0015	-0.0039	0.0030	0.030
Nitrógeno Amoniacal	**mg/L**	0.0020	-0.0014	0.0036	0.0023	-0.0050	-0.0002	-0.0012	0.0043	0.0020	-0.0029	0.0030	0.030
Fosfatos	**mg/L**	-0.0034	0.0018	0.0029	0.0001	0.0006	0.0004	0.0028	0.0002	-0.0010	0.0026	0.0020	0.020

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 54: Prueba de Mann Whitney

Fecha	Analito	Mediana Media Luna	Mediana Pozo de Lizas	Rango Inicial	Rango Final	Nivel de Significancia
29/09/2015	Conductividad Eléctrica	53,602	53,495	-0,378	0,202	0,2433
29/09/2015	Salinidad	35,260	35,195	-0,330	0,110	0,2433
29/09/2015	Solidos Disueltos Totales	34611	34519	-2	121	0,1336
10/07/2015	Turbidez	0,650	1,025	-0.4998	0,5900	0,2433
05/12/2015	Turbidez	0,615	1,525	-1,1301	-0,2799	0,0668
29/09/2015	Visibilidad	5,750	3,495	2,0003	3,7597	0,0668
29/09/2015	Aceites y Grasas	1,307	-0,050	0,799	6,868	0,0668
10/07/2015	Nitritos	0,00784	0,00735	-0,00063	0,00307	0,2433
05/12/2015	Nitratos	0,29208	0,15718	0,12319	0,23681	0,0668
29/09/2015	Fitoflagelados	38,1	159,0	-168,2	34,0	0,1336

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 55: Matriz de Consistencia

Matriz de Consistencia							
"Impacto del vertimiento de aguas residuales en la comunidades fitoplanctónicas de la zona marino costera de Ilo - Moquegua"							
Problemas	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables e Indicadores**	**Muestra**	**Diseño**	**Métodos y Técnicas**	**Estadística**
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variables Independientes**	Comunidades y especies fitoplanctónicas de la zona marino costera adyacente al punto de descarga de las aguas residuales de la PTAR "Media Luna"	Investigación Descriptiva - Comparativa - Temporal	Muestreo Análisis de Laboratorio Identificación de Especies y Poblaciones Fitoplanctónicas Comparación Estadística de Poblaciones y Especies	**Estadísticos de Prueba** **Distribución Normal** **Varianzas Iguales**
¿Cuál será el impacto en la zona marino costera ocasionado por el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR "Media Luna" del distrito de Ilo sobre las comunidades fitoplanctónicas durante el periodo comprendido entre julio y diciembre del 2015?	Identificar los impactos generados por el vertimiento de la "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Media Luna" sobre la masa fitoplanctónica de la zona marina costera adyacente a la descarga del efluente.	No existen diferencias significativas en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas de las zonas marino costeras ubicadas frente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Media Luna" y la playa "Pozo de Lizas" debidas a la descarga de aguas residuales.	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Demanda Química de Oxígeno (mg/L) Coliformes Totales (NMP/100mL) Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) Aceites y Grasas (mg/L) Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) pH (Unidades de pH) Conductividad Eléctrica (mS/cm) Salinidad (‰) Temperatura (ºC) Turbidez (NTU) Oxígeno Disuelto (mg/L) Nitrógeno Amoniacal (mg/L) Nitritos (mg/L) Nitratos (mg/L) Fosfatos (mg/L) Visibilidad (m)			$t = \frac{(E_1 - E_2)}{s\sqrt{\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}}}$ $S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_1 - 1)S_1^2}{n_1 + n_2 - 2}$
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Específicas**					**Distribución Normal** **Varianzas Diferentes**
¿Los parámetros físicos, químicos y biológicos de la descarga de aguas residuales como DBO_5, DQO, Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Fosfatos (PO_4^{3-}), pH, Coliformes Totales, etc. presentan diferencias significativas con respecto a los valores expresados en los Límites Máximos permisibles?	Caracterizar la descarga de aguas residuales domésticas en el punto de vertimiento identificando sus principales características fisicoquímicas y biológicas durante el periodo comprendido entre Julio y Noviembre del 2015.	H_{01}: Los Parámetros de Calidad de Agua de Mar determinados en los puntos de vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) "Media Luna" cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo D.S. Nº 003-2010-MINAM (Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Sólidos Totales en Suspensión (TSS) y Temperatura).					$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} - \frac{S_2^2}{n_2}}}$ $G.L. = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} - \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\left(\frac{S_1^4}{n_1^2(n_1 - 1)} + \frac{S_2^4}{n_2^2(n_2 - 1)}\right)}$
¿Cuál será la zona de impacto directo sobre la población fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento del agua residual de la PTAR "Media luna"?	Identificar en la zona de mezcla, la influencia que ejerce el grado de contaminación del agua residual que se vierte al mar sobre la masa fitoplactónica.	H_{02}: El límite exterior de la zona de mezcla entre el vertimiento y el cuerpo receptor marino determina una pluma de dispersión, que no alcanza áreas recreativas, turísticas o de aprovechamiento primario aledañas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Media Luna".	Variables Dependientes					**Distribución No Normal**
¿Qué especies y poblaciones fitoplanctónicas se desarrollan en la zona de estudio?	Identificar y cuantificar poblaciones y especies fitoplanctónicas localizadas en la zona de estudio.	H_{03}: La composición, abundancia y variabilidad espacial de las especies y comunidades fitoplanctónicas en el cuerpo receptor marino costero adyacente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Media Luna" son estadísticamente iguales a las encontradas en la zona marino costera adyacente a la playa Pozo de Lizas.	Cantidad de Individuos (Unidades) Densidad de Individuos (Organismos/mL) Índice de Simpson Índice de Shannon Jacknife de Primer Orden Jacknife de Segundo Orden Chao 2 Bootstrap Análisis de Similaridad Zona de Mezcla				Prueba de Levene (Igualdad de Varianzas) Prueba de Mann - Whitney (Igualdad de Promedios)
¿Qué parámetros de la composición fisicoquímica y biológica impactan en la comunidad fitoplanctónica por el vertimiento de las aguas residuales en la zona de mezcla?	Precisar que parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual muestran mayores impactos sobre la masa fitoplanctónica.	H_{04}: Las diferencias en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas encontradas en las zonas marinas costeras adyacentes a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Media Luna" y a la playa "Pozo de Lizas" se deben a uno o más de los contaminantes descargados en el vertimiento de la Planta de Tratamiento.					

- **Fuente: Elaboración Propia**

Cuadro Nº 56: Matriz de resultados

Resumen de Datos

"Impacto del vertimiento de aguas residuales en la comunidades fitoplanctónicas de la zona marino costera de Ilo - Moquegua"

Objetivos Específicos	Principales Datos de Soporte	Conclusiones Específicas

Caracterizar la descarga de aguas residuales domésticas en los puntos de vertimiento identificando sus principales características fisicoquímicas y biológicas durante el periodo comprendido entre Julio y Diciembre del 2015.

Parámetro	LMP	P1 10/07/2015		P1 29/09/2015		P1 05/12/2015		P2 10/07/2015		P2 29/09/2015		P2 05/12/2015	
Aceites y Grasas (mg/L)	20	80,8	No Cumple	17,9	Cumple	64,6	No Cumple	61,6	No Cumple	2,8	Cumple	40	No Cumple
Coliformes Totales (NMP)	10000	130000000	No Cumple	240000000	No Cumple	130000000	No Cumple	28000	No Cumple	230000	No Cumple	23000000	No Cumple
DBO (NMP)	100	261	No Cumple	315	No Cumple	450	No Cumple	70	Cumple	106	No Cumple	72	Cumple
DQO (mg/L)	200	956,9	No Cumple	628,5	No Cumple	775,3	No Cumple	228,5	No Cumple	237,9	No Cumple	281,4	No Cumple
pH (u pH)	6.5 - 8.5	7,2	Cumple	7,37	Cumple	7,37	Cumple	7,37	Cumple	7,41	Cumple	7,94	Cumple
TSS (mg/L)	150	364	No Cumple	372	No Cumple	612	No Cumple	52	Cumple	58	Cumple	208	No Cumple
Temperatura (ºC)	<35	20,4	Cumple	20,8	Cumple	20,6	Cumple	20,9	Cumple	20,5	Cumple	20,4	Cumple

Las descargas desde la Planta de tratamiento de Aguas Residuales "Media Luna" no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. Nº 003-2010-MINAM, incrementando las concentraciones de Nutrientes, principalmente Nitratos, en la zona de estudio originando variaciones en densidad y distribución espacial de Fitoplancton.

Identificar el límite exterior de la zona de mezcla entre el vertimiento y el cuerpo receptor.

Muestreo	Profundidad (m)	Ancho de la Pluma (m)	Distancia de Pluma (m)	Monitoreo
P1 - Primer Monitoreo	0.99	107.6	450	Primer Monitoreo
P1 - Segundo Monitoreo	1.09	124.7	458	
P1 - Tercer Monitoreo	1.04	125.9	455	
P2 - Primer Monitoreo	0.99	106.1	452	
P2 - Segundo Monitoreo	1.11	124.3	460	
P2 - Tercer Monitoreo	1.08	127.7	458	

Muestreo	Dilución	Tiempo (s)	Tiempo (Minutos)	Monitoreo
P1 - Primer Monitoreo	134.6	5900	98,3	Segundo Monitoreo
P1 - Segundo Monitoreo	115.8	5680	94,7	
P1 - Tercer Monitoreo	107.3	5880	98,0	
P2 - Primer Monitoreo	138.1	5970	99,5	
P2 - Segundo Monitoreo	119.2	5780	96,3	
P2 - Tercer Monitoreo	109.9	5900	98,3	
---				Tercer Monitoreo

Parámetros	P1 Efluente sin Dilución	P1 Dilución	P1 Efluente Diluido	P2 Efluente sin Dilución	P2 Dilución	P2 Efluente Diluido
Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L)	261	134,6	1,9	70	138,1	0,5
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	364	134,6	2,7	52	138,1	0,4
Grasas y Aceites (mg/L)	80,8	134,6	0,6	61,6	138,1	0,5
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	49000000	134,6	364041,6	28000	138,1	202,8
Coliformes Totales (NMP/100mL)	130000000	134,6	965824,7	28000	138,1	202,8
Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L)	315	115,8	2,7	106	119,2	0,9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	372	115,8	3,2	58	119,2	0,5
Grasas y Aceites (mg/L)	17,9	115,8	0,2	2,8	119,2	0,0
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	49000000	115,8	423143,4	230000	119,2	1929,5
Coliformes Totales (NMP/100mL)	240000000	115,8	2072538,9	230000	119,2	1929,5
Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L)	450	107,3	4,2	72	109,9	0,7
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	612	107,3	5,7	208	109,9	1,9
Grasas y Aceites (mg/L)	64,6	107,3	0,6	40	109,9	0,4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	130000000	107,3	1211556,4	23000000	109,9	209281,2
Coliformes Totales (NMP/100mL)	130000000	107,3	1211556,4	23000000	109,9	209281,2

Las plumas contaminantes de los puntos de vertimiento, alcanzan los 450m de longitud, 127m de amplitud y aproximadamente 1m de profundidad, con diluciones de aproximadamente 130 veces en tiempos aproximados de 94h a 96h, pudiendo alcanzarse concentraciones detectables de Coliformes Totales y Termotolerantes fuera de la zona de mezcla como se registra en el Punto Nº 7.

Identificar y cuantificar poblaciones y especies fitoplanctónicas localizadas en la zona de estudio.

Sitio de Muestreo		Media Luna		Pozo de Lizas	
Monitoreo	Estimador	Número de Especies Estimadas	Desviación Estándar	Número de Especies Estimadas	Desviación Estándar
Primer Monitoreo	Chao 2	124.57	11.96	83.38	3.49
	Jackknife 1	123.67	4.41	94.00	6.00
	Jackknife 2	135.13	---	94.00	---
	Bootstrap	111.86	---	85.50	---
Segundo Monitoreo	Chao 2	96.06	7.89	38.70	3.87
	Jackknife 1	101.17	5.07	42.50	3.50
	Jackknife 2	109.03	---	42.50	---
	Bootstrap	91.01	---	37.75	---
Tercer Monitoreo	Chao 2	95.90	6.02	57.09	2.30
	Jackknife 1	102.67	3.33	64.50	0.50
	Jackknife 2	108.00	---	64.50	---
	Bootstrap	94.16	---	59.25	---

Grupo	Primer Monitoreo (Individuos / L) P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Diatomeas	273,6	342,7	282,7	544,3	306,1	501,6	178,2	88,6
Dinoflagelados	5,3	1,8	5,0	1,9	0,7	7,3	10,3	24,8
Silicoflagelados	2,4	1,6	1,4	7,1	1,3	5,8	1,2	2,3
Fitoflagelados	47,9	38,6	27,6	187,1	114,9	112,7	124,5	136,1
Suma	**329,2**	**384,6**	**316,6**	**740,3**	**423,1**	**627,4**	**314,3**	**251,8**

Grupo	Segundo Monitoreo (Individuos / L) P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Diatomeas	72,4	21,1	44,5	45,2	132,4	6,7	2163,9	778,8
Dinoflagelados	2,1	1,2	1,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
Silicoflagelados	0,3	0,6	0,5	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0
Fitoflagelados	29,6	22,9	30,0	46,3	70,5	161,0	191,1	126,9
Suma	**104,4**	**45,7**	**76,5**	**92,1**	**203,8**	**167,8**	**2355,0**	**905,7**

Grupo	Tercer Monitoreo (Individuos / L) P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Diatomeas	6,0	4,2	14,8	4,3	11,6	10,0	7,8	7,1
Dinoflagelados	32,0	27,0	27,8	57,2	8,7	50,5	4,0	6,9
Silicoflagelados	0,6	0,2	0,8	0,8	1,1	1,5	0,2	0,4
Fitoflagelados	25,0	173,4	9,2	258,5	78,3	320,3	225,6	418,5
Suma	**63,6**	**204,8**	**52,6**	**320,8**	**99,7**	**382,4**	**237,6**	**432,9**

El número de especies encontradas en Media Luna es considerable y consistentemente superior a las especies encontradas en Pozo de Lizas. Solo las poblaciones de Silicoflagelados son estadísticamente comparables, mientras que las poblaciones de Dinoflagelados y Fitoflagelados difieren a un nivel de significancia superior al 95%. En el caso de las Diatomeas estas diferencias no fueron significativas durante el tercer monitoreo, probablemente debido a que en esta fecha se experimentó una disminución de este grupo fitoplanctónico en ambos sitios de muestreo.

Determinar que parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual ocasionan mayores impactos sobre la masa fitoplantónica.

Componente	Autovalores Iniciales Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Sumas de Extracción de Cargas al Cuadrado Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado	Sumas de Rotación de Cargas al Cuadrado Total	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
Nitratos	16,745	88,134	88,134	16,745	88,134	88,134	11,504	60,549	60,549
Fosfatos	1,775	9,343	97,478	1,775	9,343	97,478	7,016	36,929	97,478
Amonio	0,330	1,735	99,213						
Nitritos	0,098	0,515	99,727						
Sulfatos	0,036	0,189	99,916						
Aceites y Grasas	0,009	0,049	99,966						
Cloruros	0,005	0,026	99,992						
Alcalinidad	0,001	0,007	99,999						
Solidos	0,000	0,001	100,000						
DBO_5	1,23E-15	6,49E-15	100,000						
Coliformes Termotolerantes	6,44E-16	3,39E-15	100,000						
Coliformes Totales	3,79E-16	2,00E-15	100,000						
Turbidez	7,77E-17	4,09E-16	100,000						
Oxígeno Disuelto	-1,22E-16	-6,44E-16	100,000						
TDS	-2,66E-16	-1,40E-15	100,000						
Salinidad	-5,02E-16	-2,64E-15	100,000						
Temperatura	-6,38E-16	-3,36E-15	100,000						
Conductividad	-1,10E-15	-5,80E-15	100,000						
pH	-2,24E-15	-1,18E-14	100,000						

Las diferencias en composición, abundancia y variabilidad espacial entre las especies y comunidades fitoplanctónicas encontradas en las zonas marinas costeras adyacentes a la PTAR "Media Luna" y a la playa "Pozo de Lizas" se deben a las altas concentraciones de Nutrientes (Nitrógeno Amoniacal y Fosforo Soluble).

- **Fuente: Elaboración Propia.**

Cuadro Nº 57: Caudal de ingreso de aguas residuales a la Planta de Tratamiento Media Luna

Día	Caudal (m^3/día)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	9422,9	9616,3	9616,3	6915,8	5652,2	4648	4648	6783,9	6427,5	9616,3	9422,9	9616,3
2	9616,3	9616,3	9616,3	9422,9	6915,8	5577,3	4648	7082,4	6427,5	9616,3	5956,5	9041,8
3	9811,7	9616,3	9616,3	8668,4	5879,7	4648	4648	7082,4	9616,3	9616,3	9041,8	9422,9
4	9616,3	9231,4	8347,8	9616,3	5210,2	4648	4648	6915,8	9041,8	9422,9	9422,9	8854,1
5	7768,1	9616,3	8051	7336	6111,6	4648	5803,4	7251	8484,5	9041,8	9616,3	7421,4
6	9231,4	9422,9	9422,9	7251	5355,6	4648	6111,6	6427,5	6751,1	9041,8	9616,3	9616,3
7	8900,9	9231,4	9422,9	7421,4	5138,2	5502,9	6427,5	6507,7	8594,6	9422,9	9231,4	9616,3
8	8594,6	9616,3	9616,3	7251	4716,6	4648	6111,6	6237	8816,8	9041,8	9422,9	9616,3
9	8854,1	9616,3	9616,3	7421,4	5355,6	5066,7	6347,8	7032,2	9616,3	9616,3	9422,9	9616,3
10	9422,9	9616,3	9616,3	9041,8	6347,8	4648	6427,5	6427,5	9307,8	9422,9	9616,3	9616,3
11	9422,9	7944,3	9041,8	9616,3	6111,6	4648	6111,6	6588,3	9616,3	9616,3	9041,8	9616,3
12	9041,8	6284,4	8266,4	7421,4	7336	4648	6751,1	7082,4	9422,9	9231,4	9231,4	9231,4
13	9616,3	7421,4	9231,4	8122,5	7421,4	4648	6111,6	7082,4	9422,9	9041,8	9616,3	9616,3
14	8484,5	9616,3	8854,1	7421,4	7421,4	6427,5	6111,6	7082,4	8854,1	9616,3	4378,6	9616,3
15	8375,1	9616,3	9616,3	8122,5	7421,4	4648	6427,5	7251	9616,3	9616,3	1933,7	9616,3
16	9231,4	9616,3	9422,9	7421,4	7421,4	4648	6189,8	7251	9616,3	9422,9	1933,7	9616,3
17	9422,9	9616,3	9616,3	7421,4	8576,2	4648	5956,5	7421,4	9616,3	8854,1	4785,7	7768,1
18	9519,4	8347,8	8416	9041,8	7421,4	4648	6427,5	7082,4	9231,4	9041,8	4925,2	9041,8
19	9326,9	8375,1	8051	9231,4	7421,4	4648	5803,4	6915,8	9041,8	8854,1	5024,1	8176,3
20	9422,9	9422,9	9616,3	8122,5	7421,4	5502,9	6427,5	6915,8	8302,5	9422,9	4953,4	8816,8

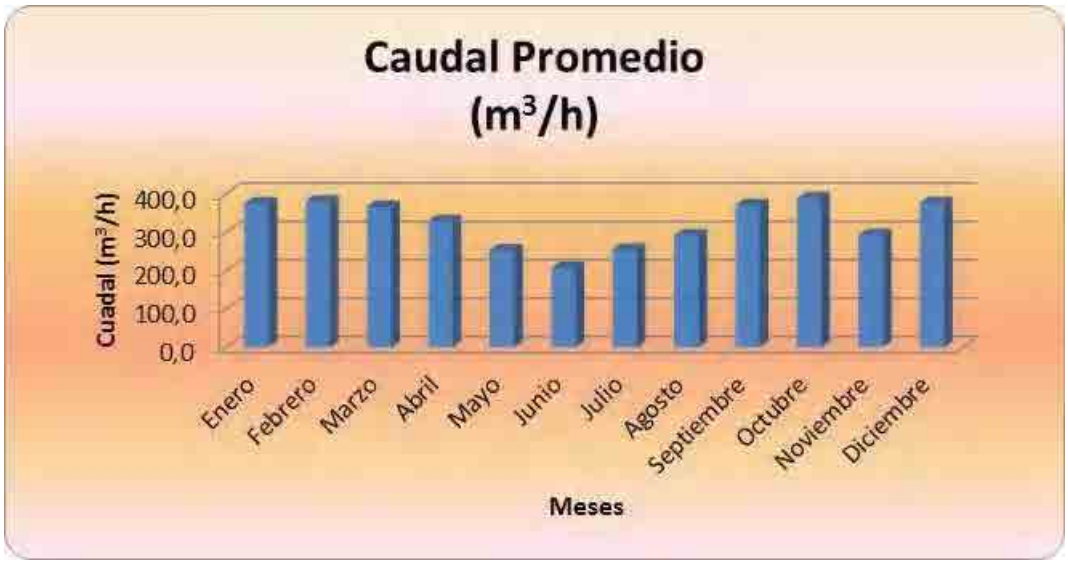
Día	Caudal (m^3/día)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
21	8484,5	9616,3	9041,8	7944,3	4648	5803,4	6111,6	6915,8	9616,3	9616,3	6427,5	9616,3
22	7318,9	9616,3	9616,3	9041,8	5502,9	4648	6427,5	7421,4	9231,4	9616,3	6427,5	9193,4
23	9910	9231,4	9231,4	7421,4	7421,4	4648	6427,5	7251	9231,4	9422,9	6427,5	7421,4
24	9616,3	9616,3	9616,3	7421,4	7421,4	4648	6111,6	6915,8	9480,8	9041,8	4648	8122,5
25	9616,3	9326,9	9041,8	6915,8	4648	4648	6427,5	7251	9041,8	9041,8	4785,7	8015,4
26	8854,1	8649,9	9422,9	9422,9	4648	4648	7166,5	7251	9616,3	9231,4	6427,5	9346,1
27	5803,4	9422,9	8668,4	7421,4	4648	4648	6268,5	6669,5	9231,4	9422,9	8854,1	9346,1
28	9326,9	9616,3	8854,1	7336	3989,2	6033,8	6588,3	7421,4	8854,1	9231,4	4648	9422,9
29	8761	---	3863,3	6833,2	4648	6268,5	7166,5	7251	9041,8	9231,4	7421,4	9231,4
30	9616,3	---	8122,5	5803,4	4648	5502,9	6998,9	7421,4	9041,8	9231,4	8779,6	8891,5
31	9422,9	---	5502,9	---	6189,8	---	6751,1	7251	---	10409	---	8356,9
Total	**279834,5**	**256558,1**	**274057,4**	**237850,6**	**189069,9**	**149294,7**	**190584,4**	**217440,6**	**268212,8**	**290074,8**	**211441,4**	**280518,6**
Volumen Total Anual de Aguas Servidas (m^3)												**2844937,9**

- **Fuente: Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. Informe Diario de Caudales.**
- **Cuadro Nº 57: Continuación.**

Cuadro Nº 58: Variables Independientes y Dependientes

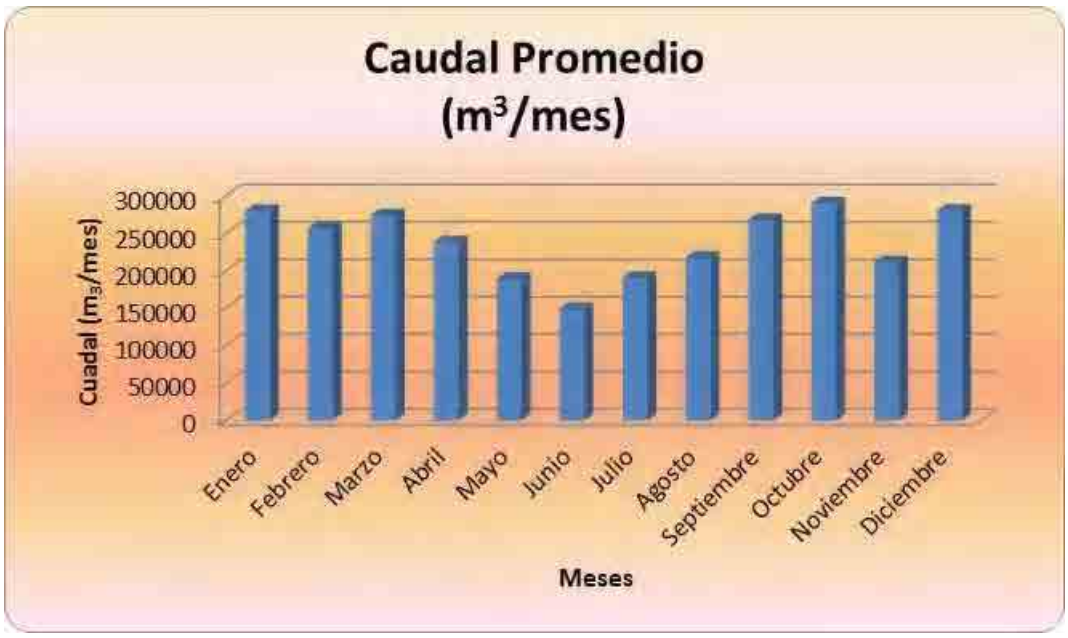
Variables Dependientes		Variables Independientes	
Parámetros Microbiológicos	**Unidades**	**Biomasa**	**Unidades**
Coliformes Totales	NMP / 100mL	Biomasa de Especies Fitoplanctónicas	Celulas/L
Coliformes Termotolerantes	NMP / 100mL	**Diversidad**	**Unidades**
Parámetros Fisicoquímicos	**Unidades**	Índice de Simpson	Adimensional
Aceites y Grasas	mg/L	Índice de Shannon	Adimensional
Conductividad Eléctrica	mS/cm	**Número de Especies**	**Unidades**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	Bootstrap	Número de Especies
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	Chao 2	Número de Especies
Fosfatos	mg/L	Jacknife de Primer Orden	Número de Especies
Nitratos	mg/L	Jacknife de Segundo Orden	Número de Especies
Nitritos	mg/L		
Nitrógeno Amoniacal	mg/L		
Oxígeno Disuelto	mg/L		
pH	u pH		
Salinidad	‰		
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L		
Temperatura	ºC		
Turbidez	NTU		
Visibilidad	m		

Gráfico Nº 1: Caudal Promedio Horario (Enero – Diciembre 2015)



- **Fuente: Caudal de Ingreso PTAR 2015 (Archivo Excel Operaciones EPS Ilo).**

Gráfico Nº 2: Caudal Promedio Mensual (Enero – Diciembre 2015)



- **Fuente: Caudal de Ingreso PTAR 2015 (Archivo Excel Operaciones EPS Ilo).**

Gráfico Nº 3: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

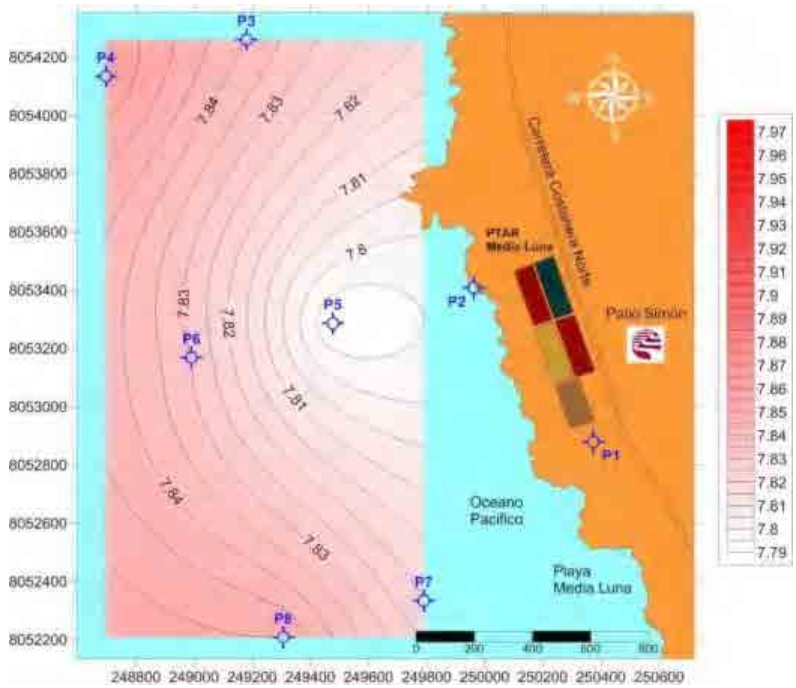


Gráfico Nº 4: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 5: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

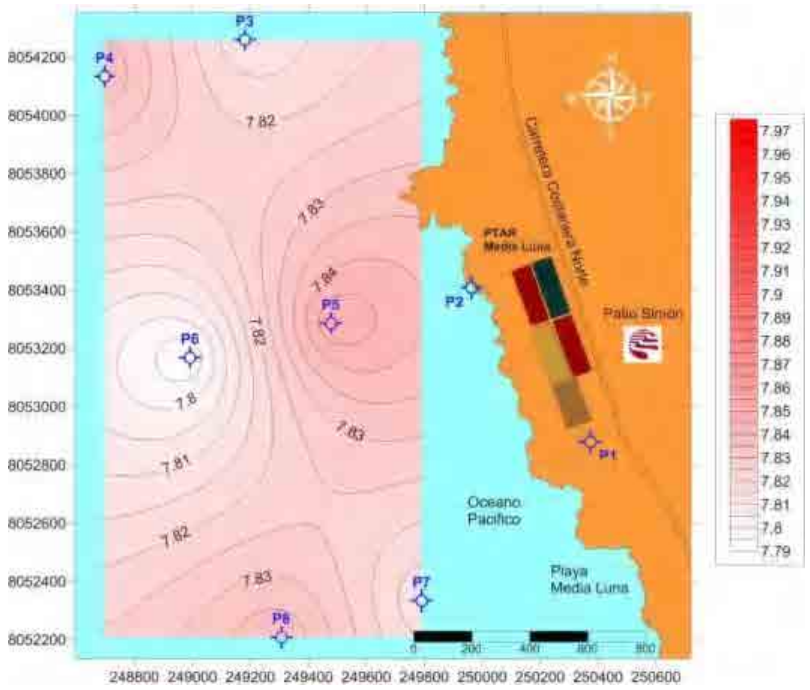


Gráfico Nº 6: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

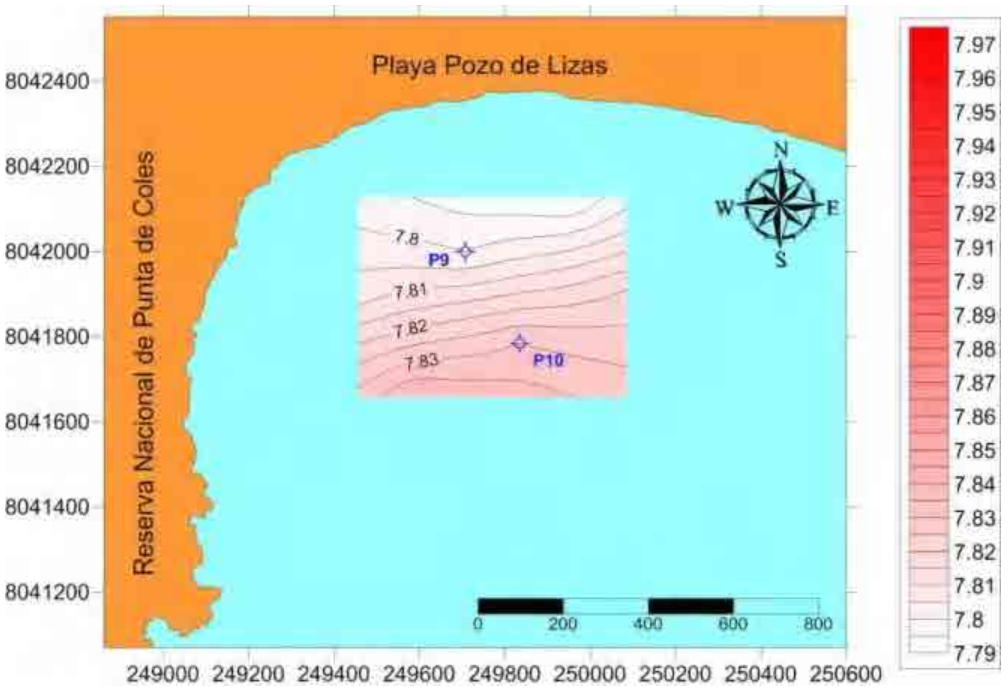


Gráfico Nº 7: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

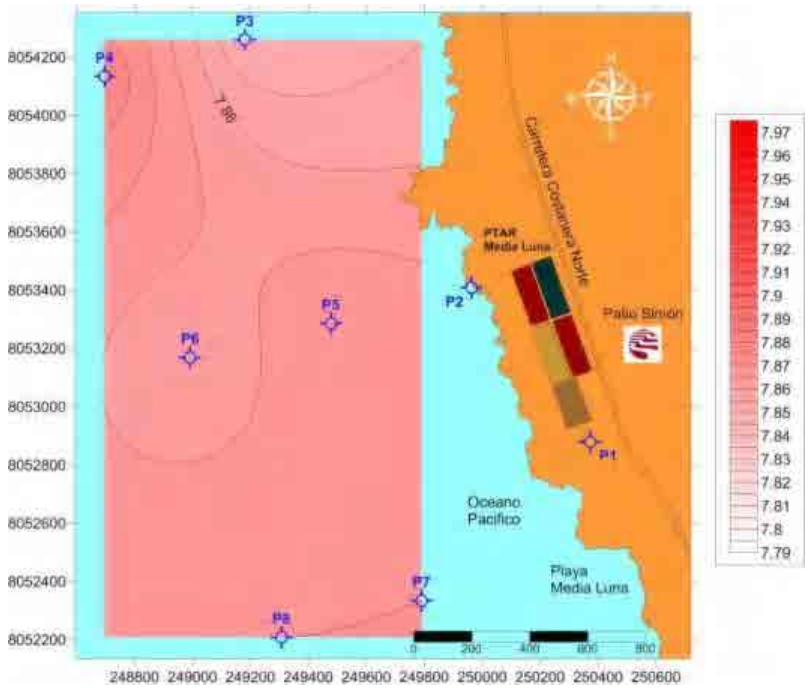


Gráfico Nº 8: Dispersión Espacial Superficial de pH (u pH) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

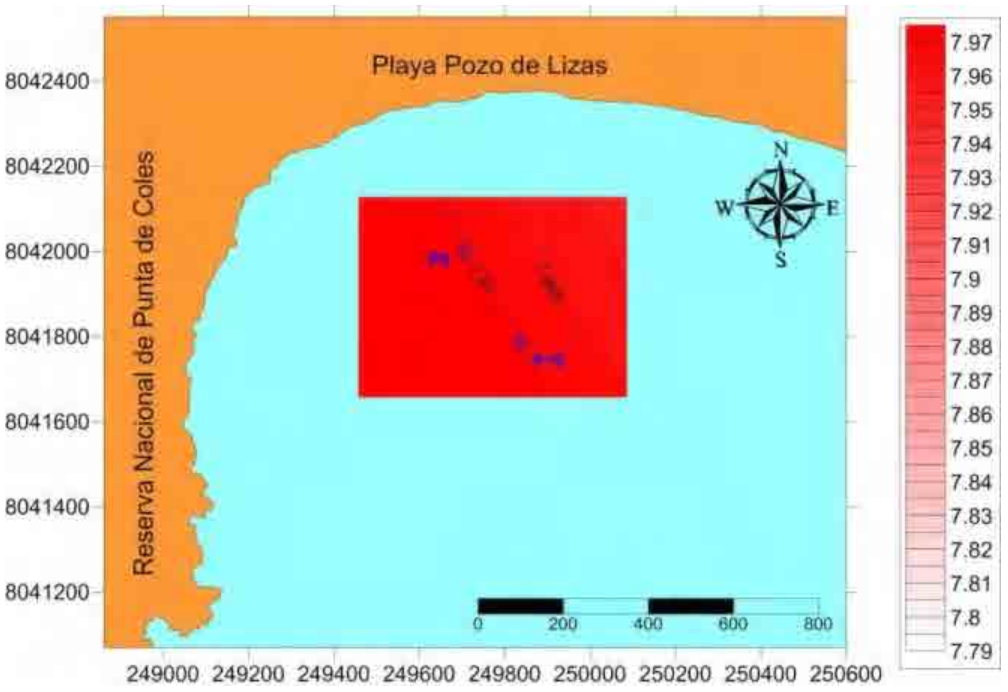


Gráfico Nº 9: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

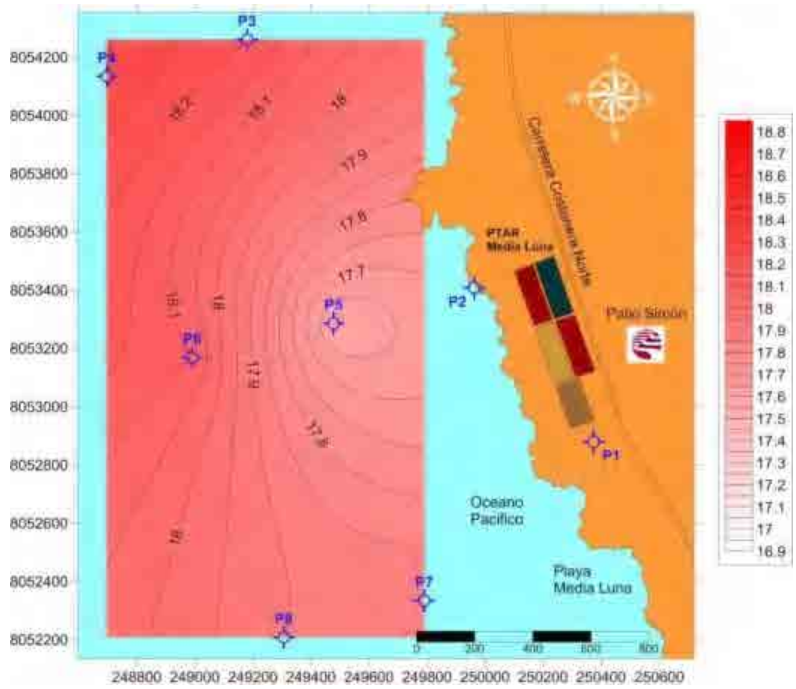


Gráfico Nº 10: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 11: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

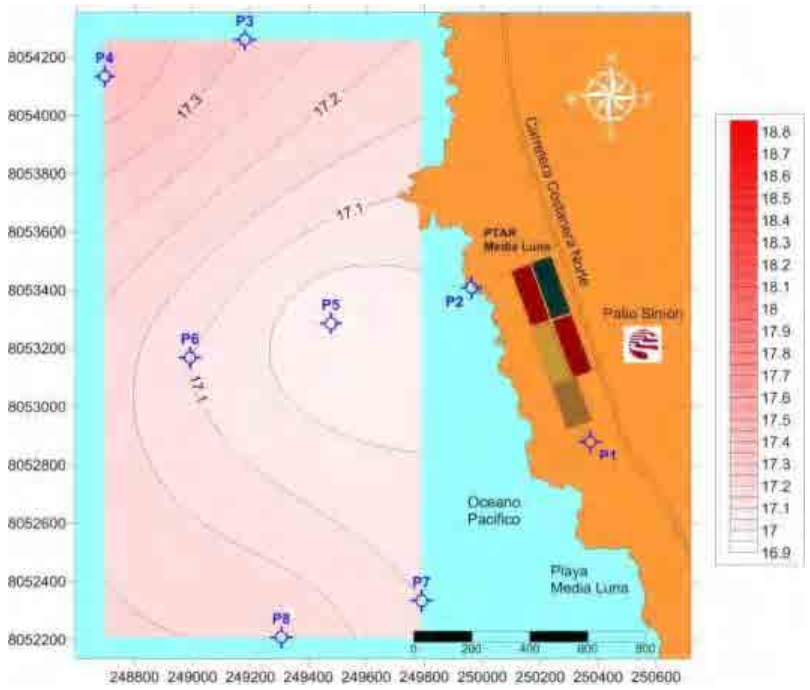


Gráfico Nº 12: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 13: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

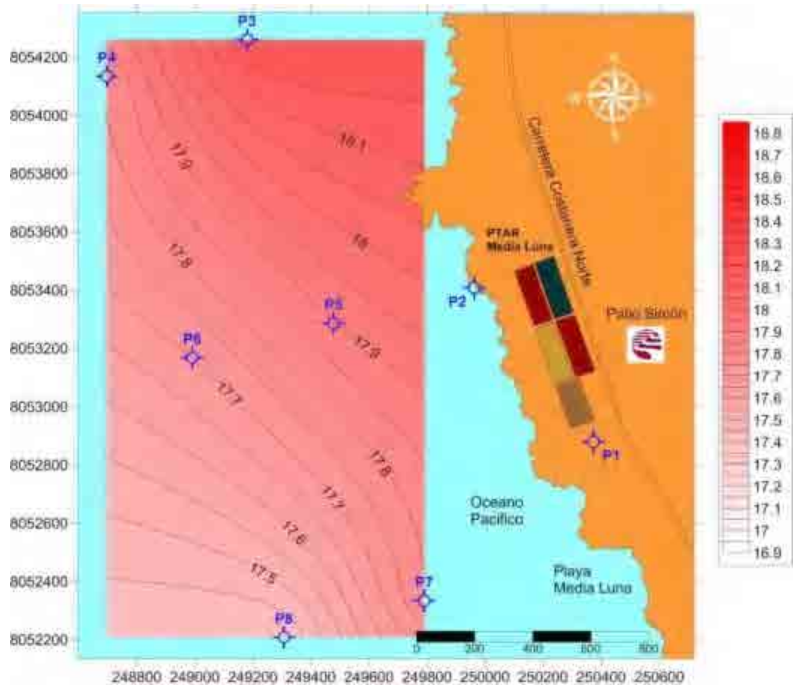


Gráfico Nº 14: Dispersión Espacial Superficial de ºT (ºC) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 15: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

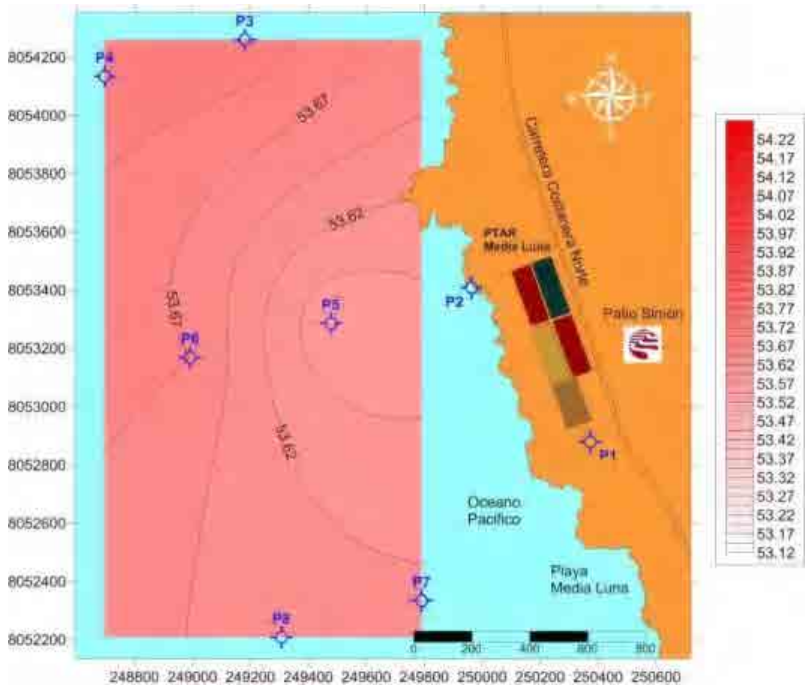


Gráfico Nº 16: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

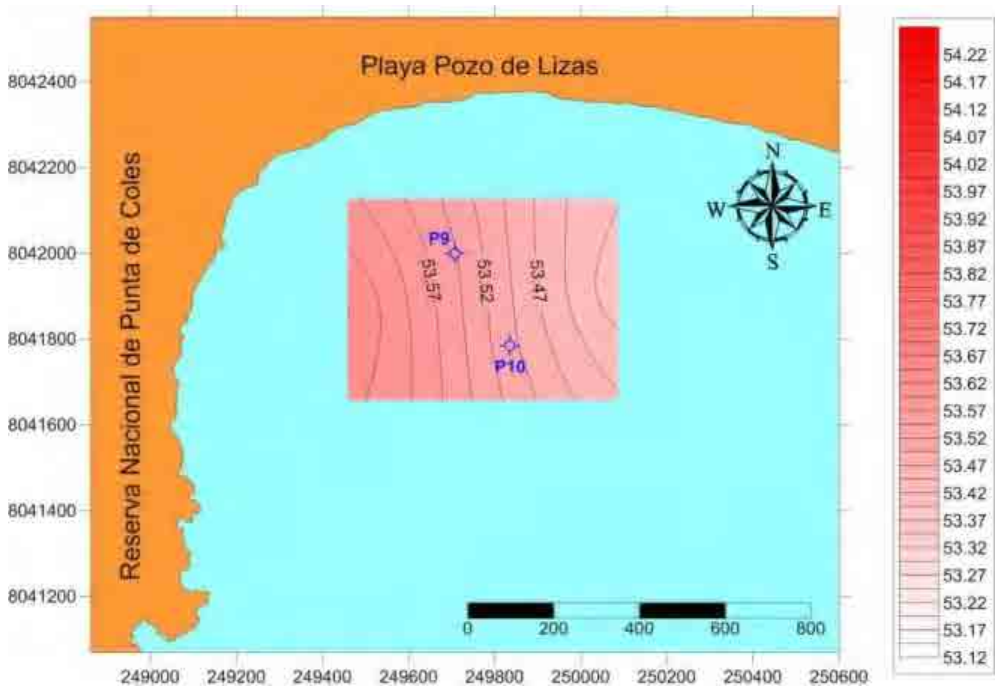


Gráfico Nº 17: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

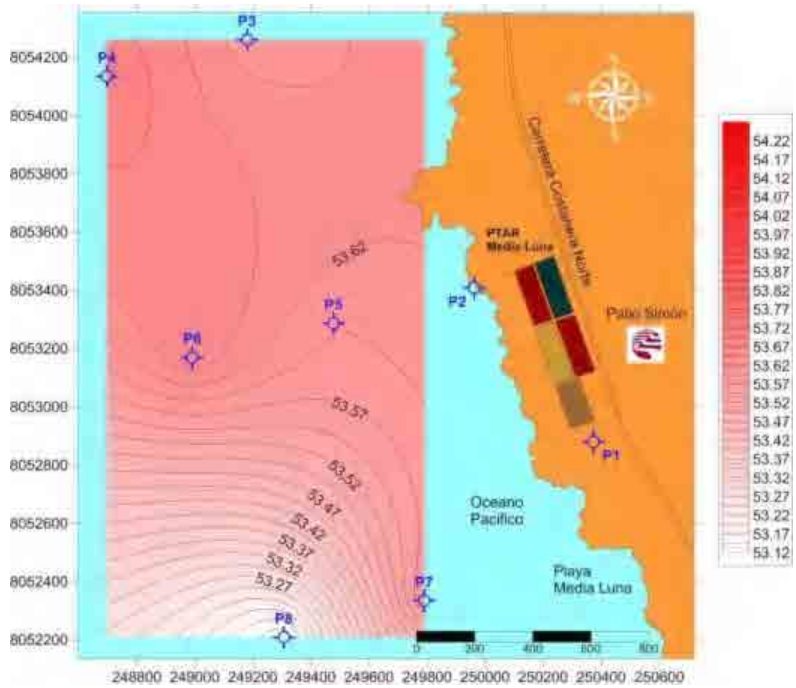


Gráfico Nº 18: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 19: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

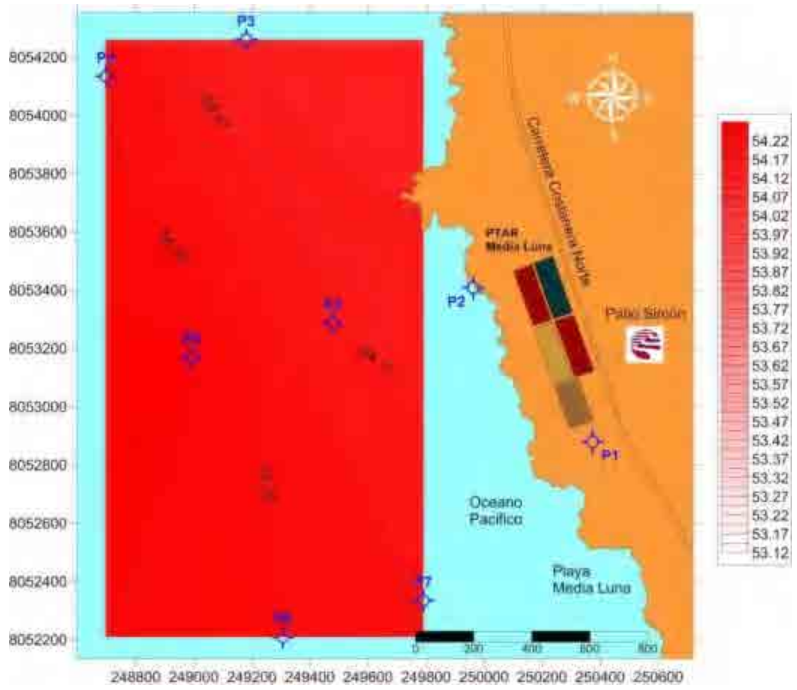


Gráfico Nº 20: Dispersión Espacial Superficial de CE (mS/cm) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

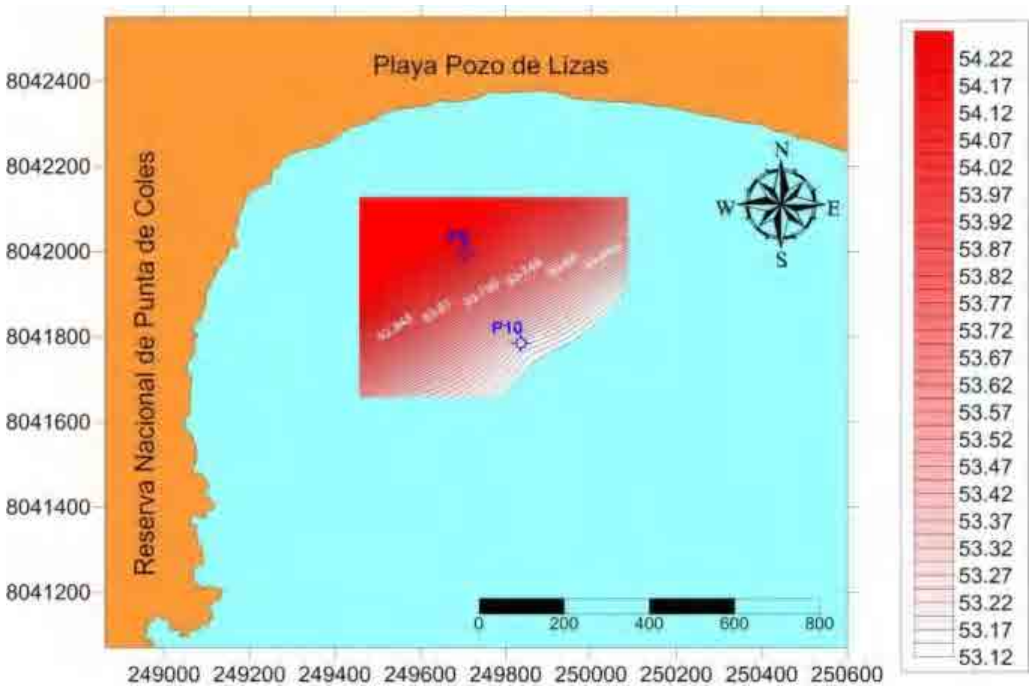


Gráfico Nº 21: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

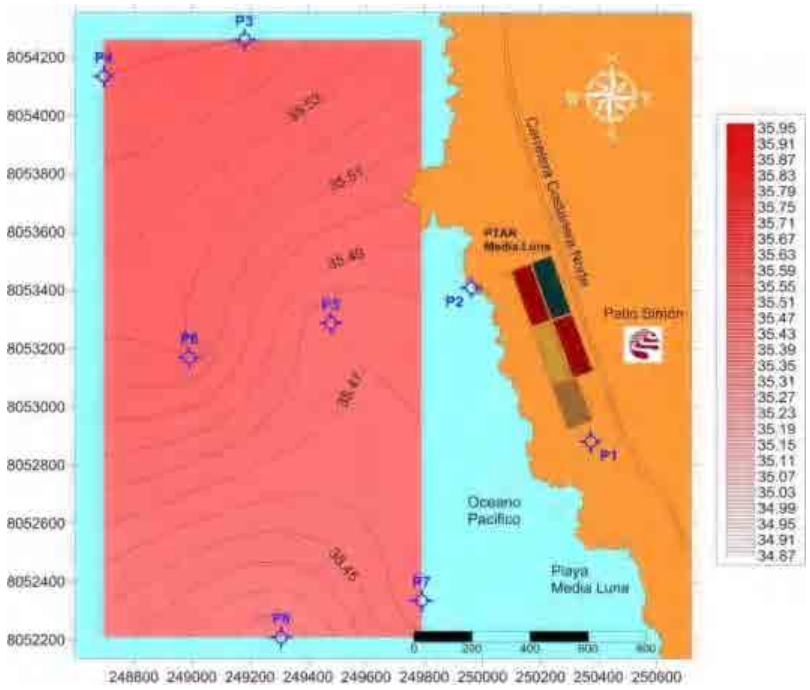


Gráfico Nº 22: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 23: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

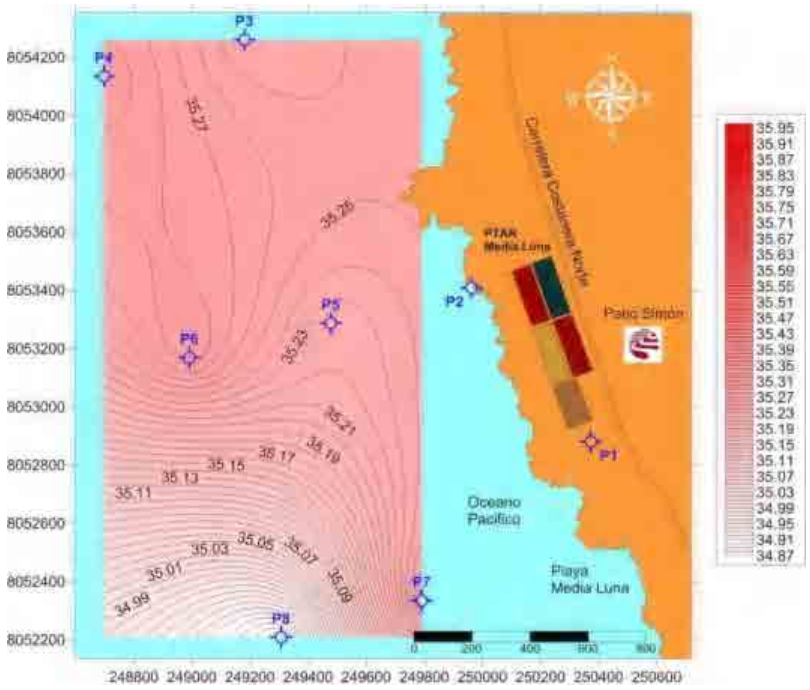


Gráfico Nº 24: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

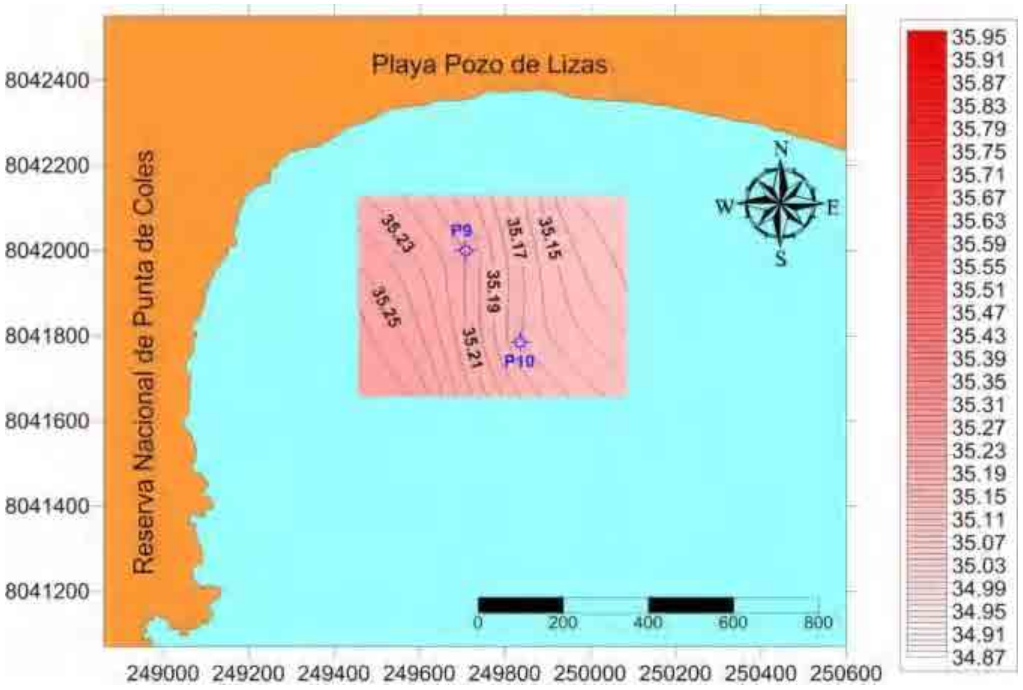


Gráfico Nº 25: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

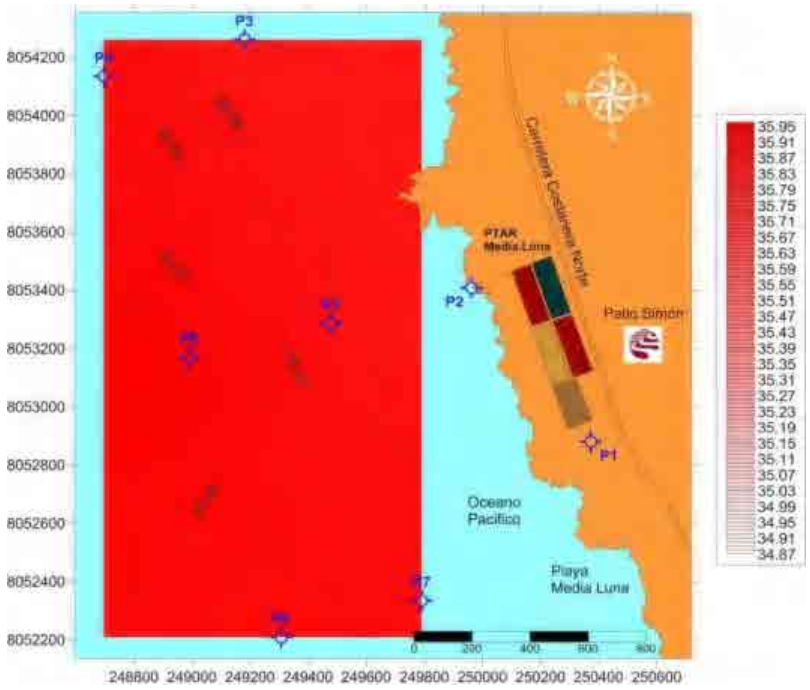


Gráfico Nº 26: Dispersión Espacial Superficial de Salinidad (‰) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

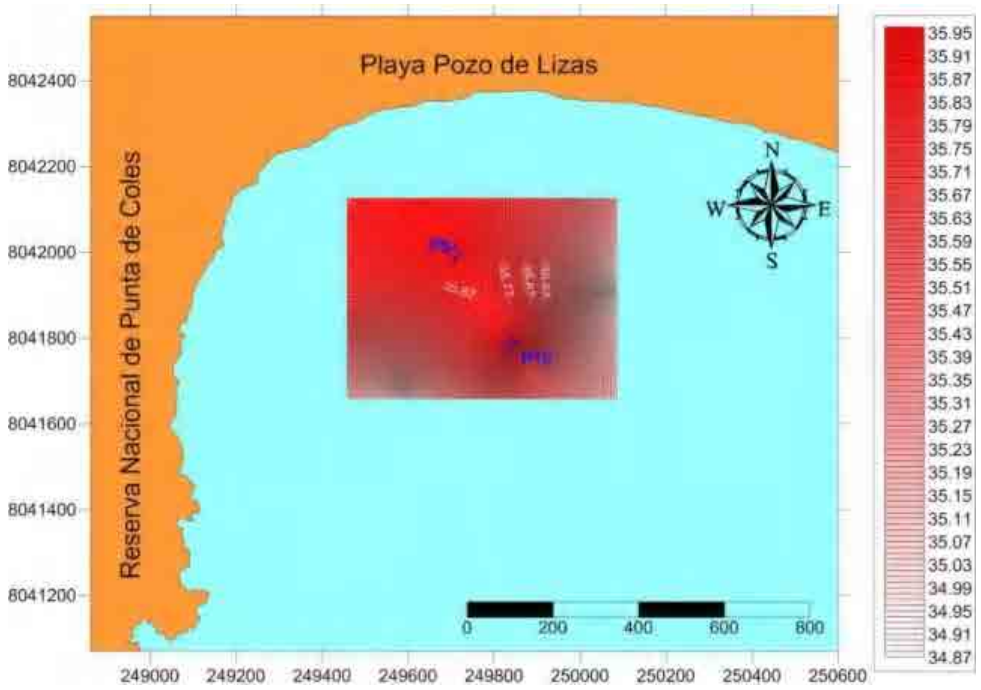


Gráfico Nº 27: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

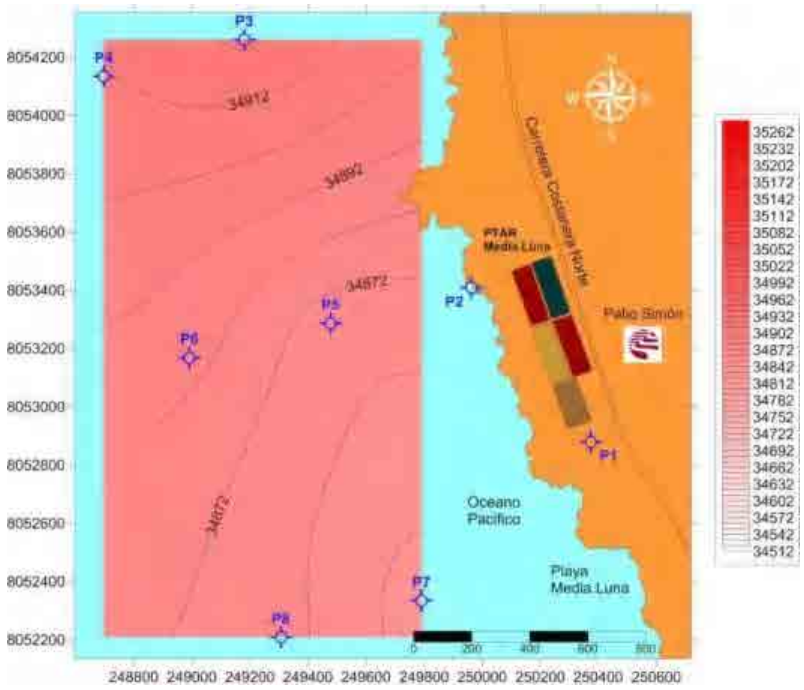


Gráfico Nº 28: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

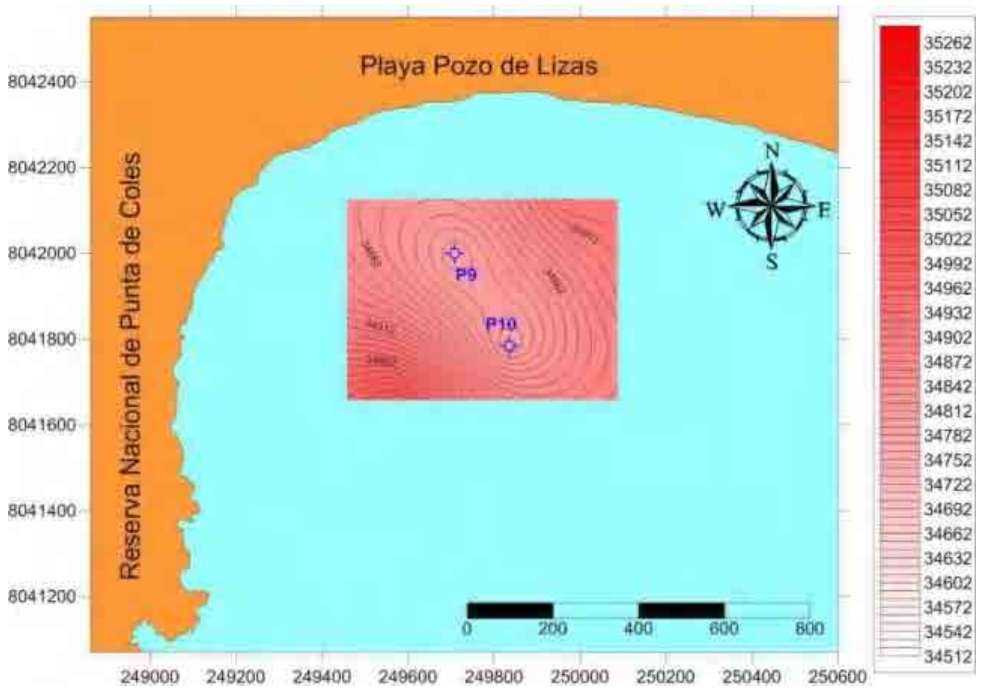


Gráfico Nº 29: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

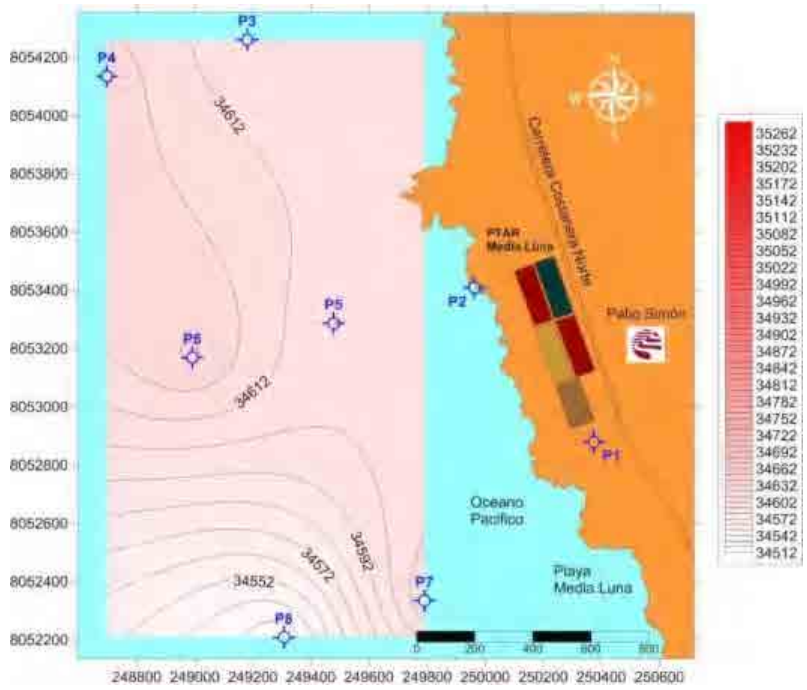


Gráfico Nº 30: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

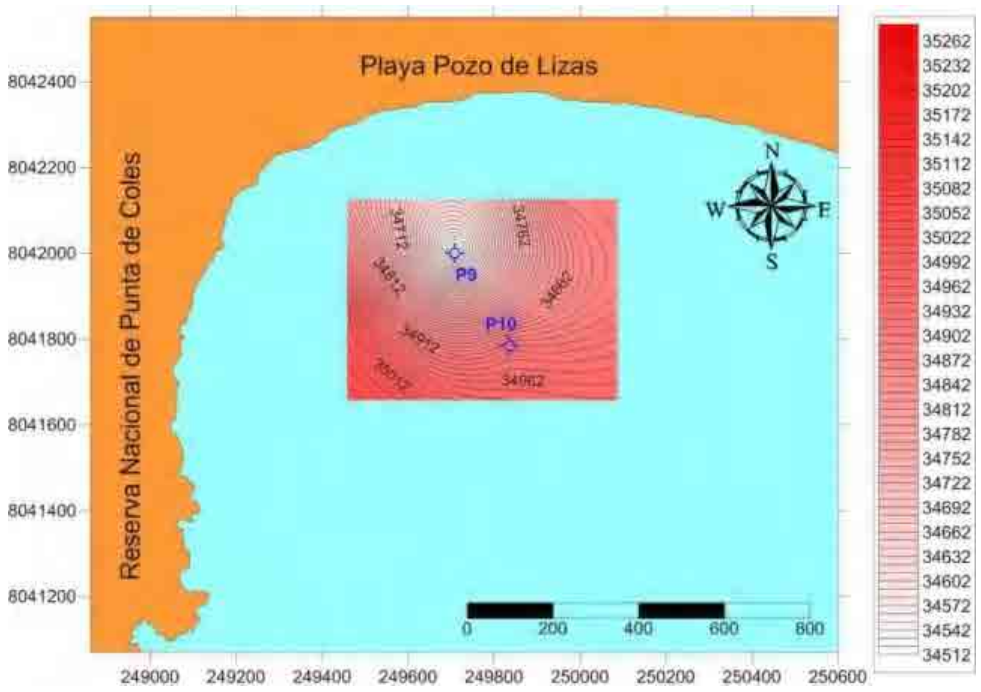


Gráfico Nº 31: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

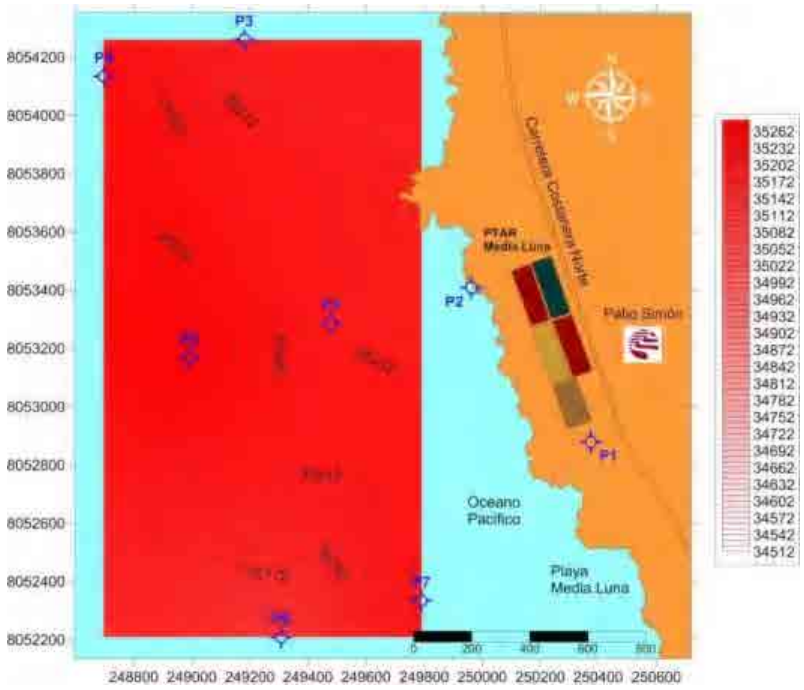


Gráfico Nº 32: Dispersión Espacial Superficial de TDS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 33: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

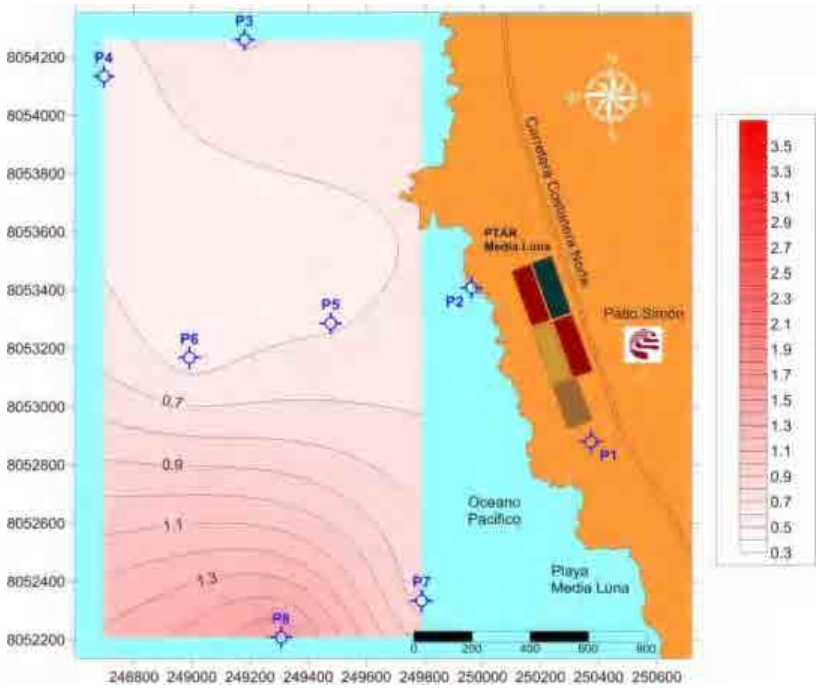


Gráfico Nº 34: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

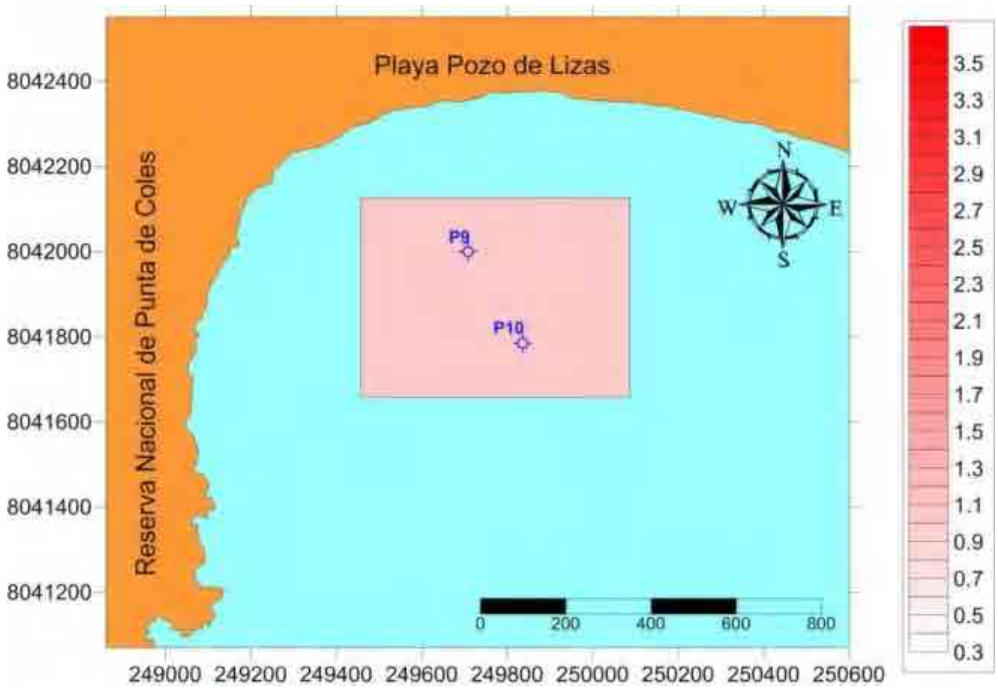


Gráfico Nº 35: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

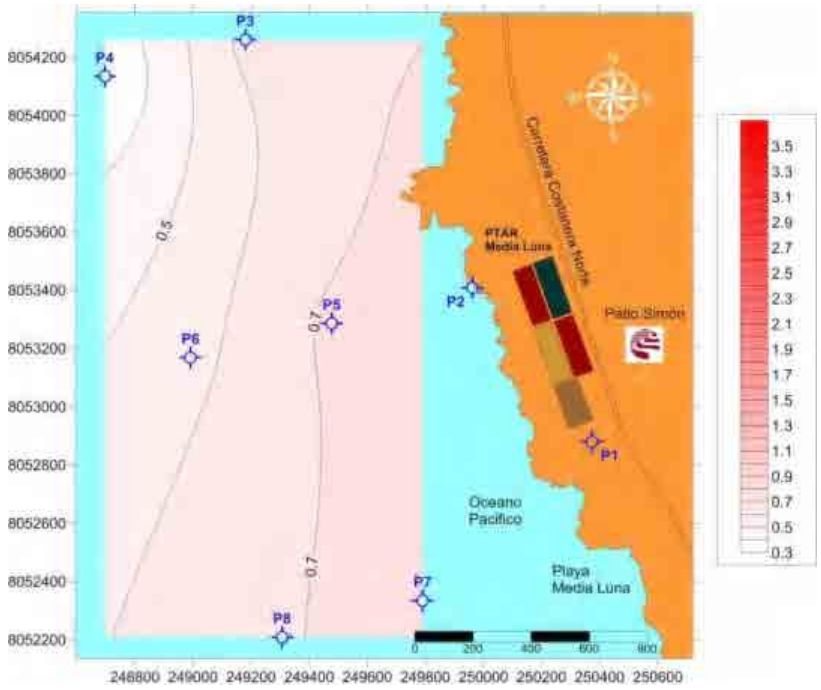


Gráfico Nº 36: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

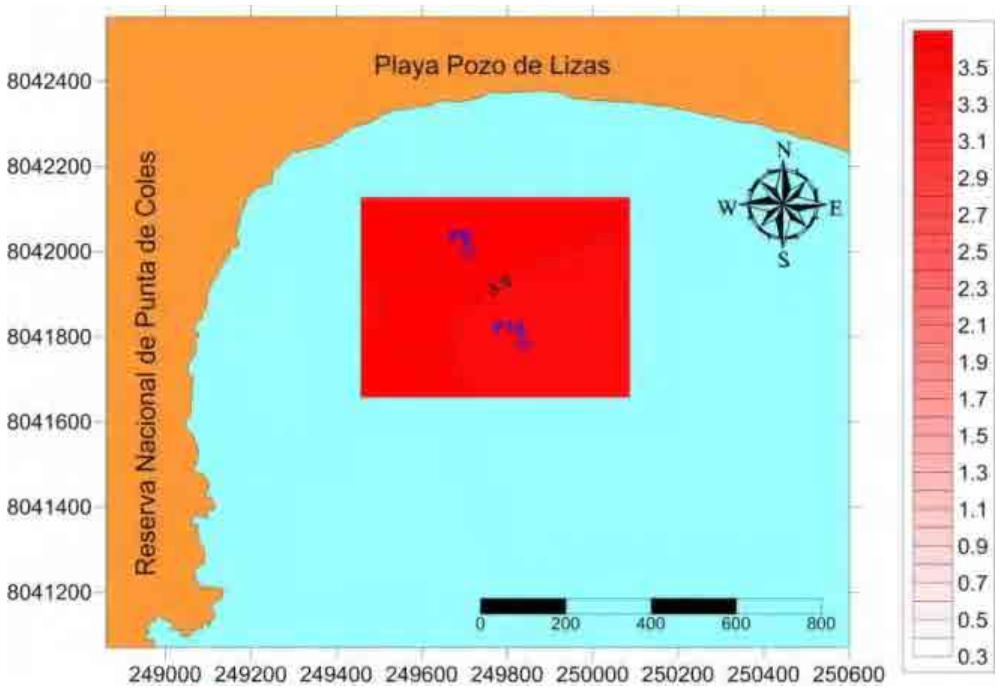


Gráfico Nº 37: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

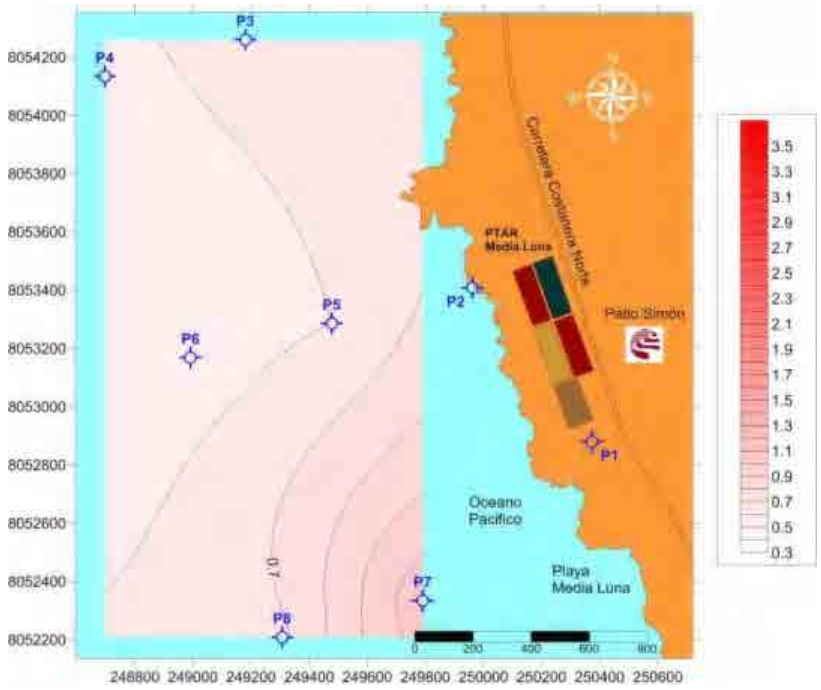


Gráfico Nº 38: Dispersión Espacial Superficial de Turbidez (NTU) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

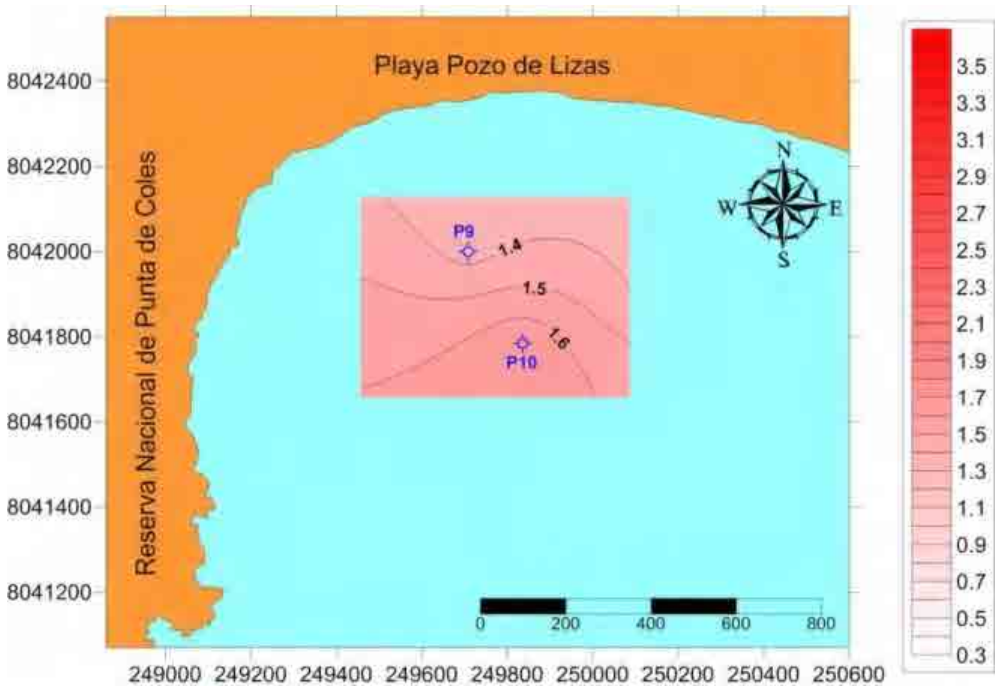


Gráfico Nº 39: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

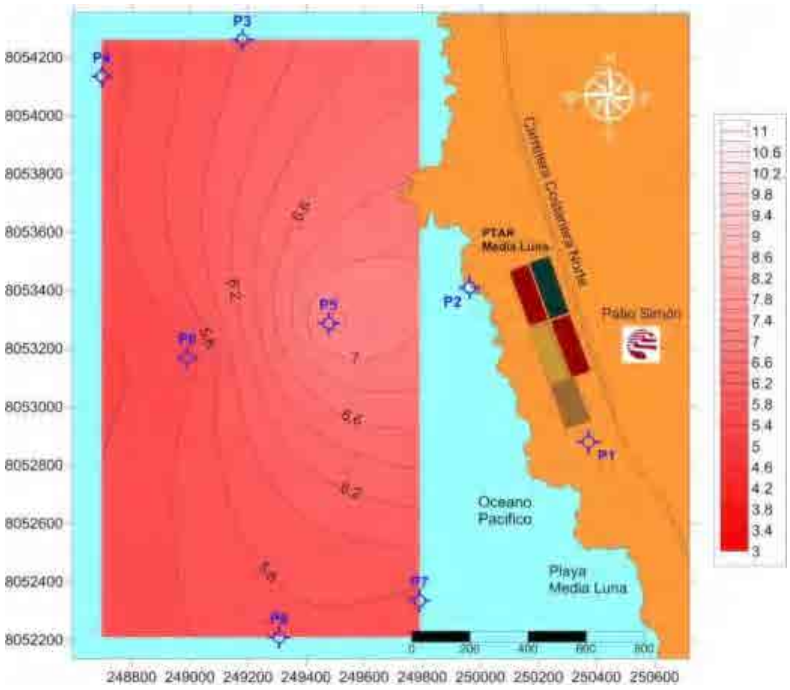


Gráfico Nº 40: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

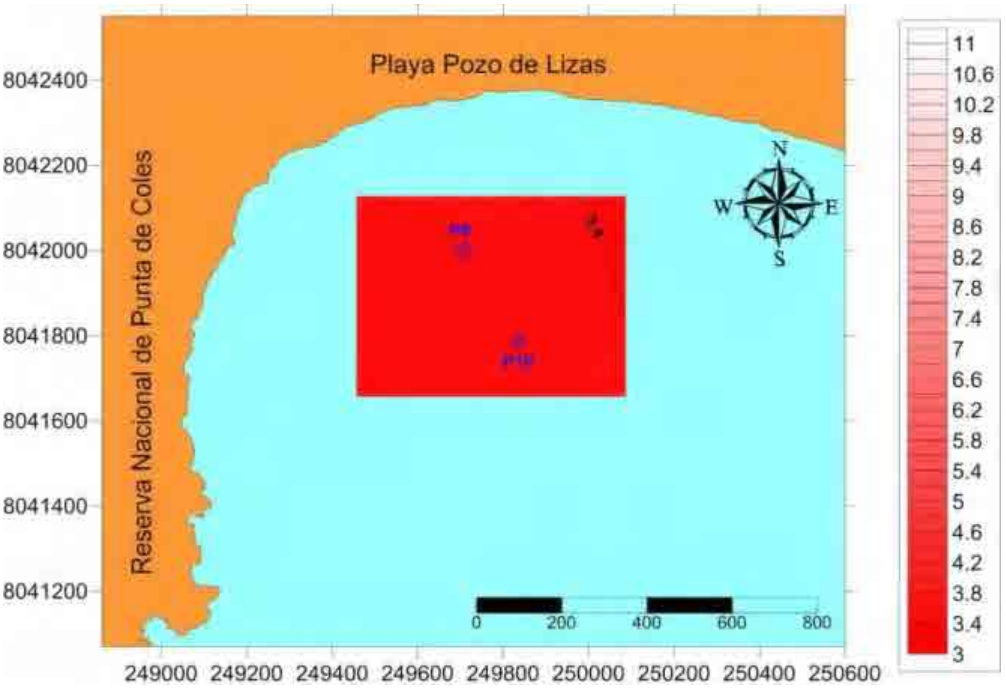


Gráfico Nº 41: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

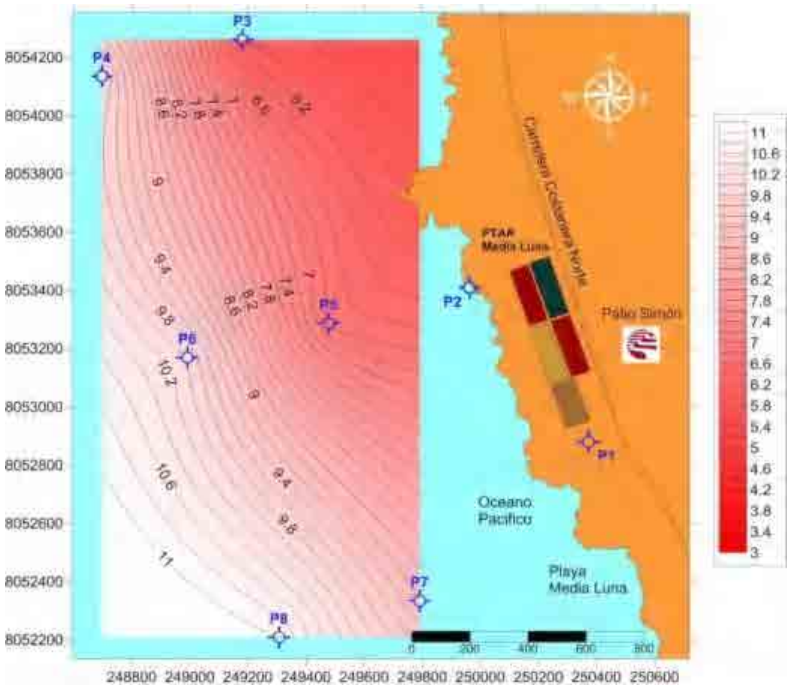


Gráfico Nº 42: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

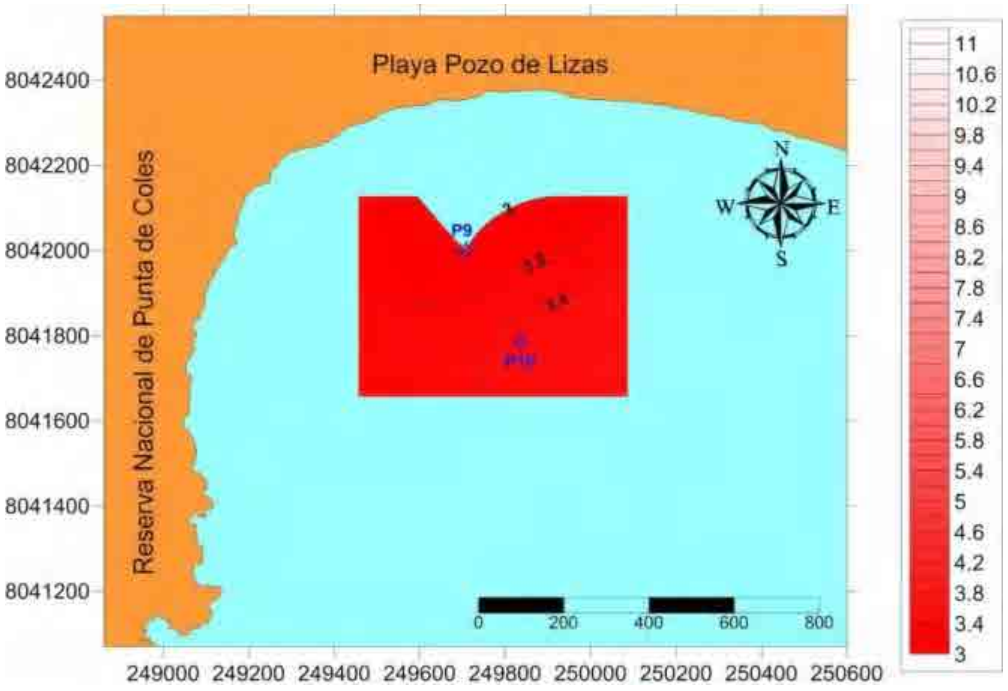


Gráfico Nº 43: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

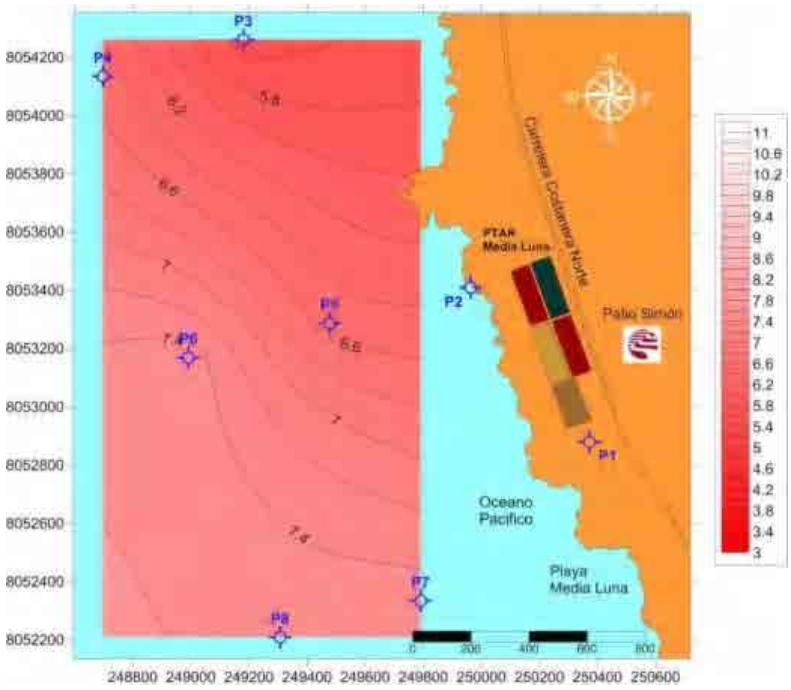


Gráfico Nº 44: Dispersión Espacial Superficial de Visibilidad (m) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

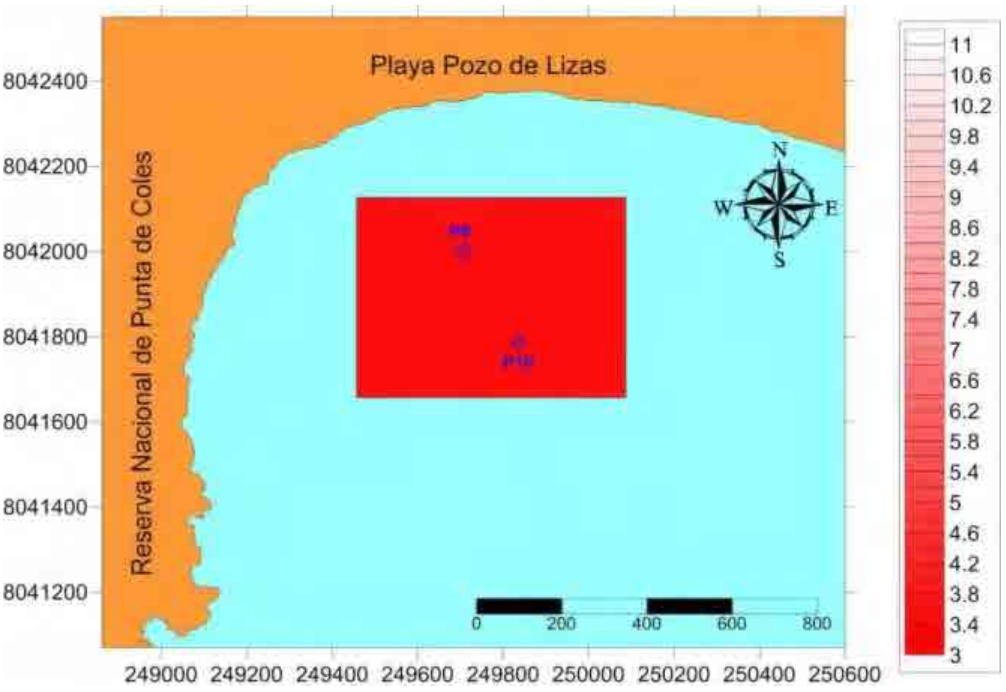


Gráfico Nº 45: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

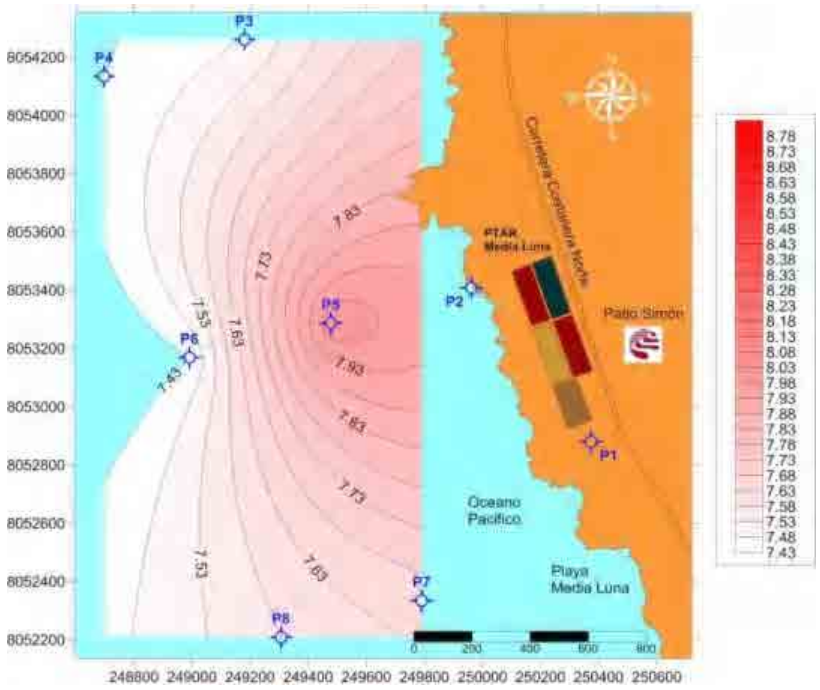


Gráfico Nº 46: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 47: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

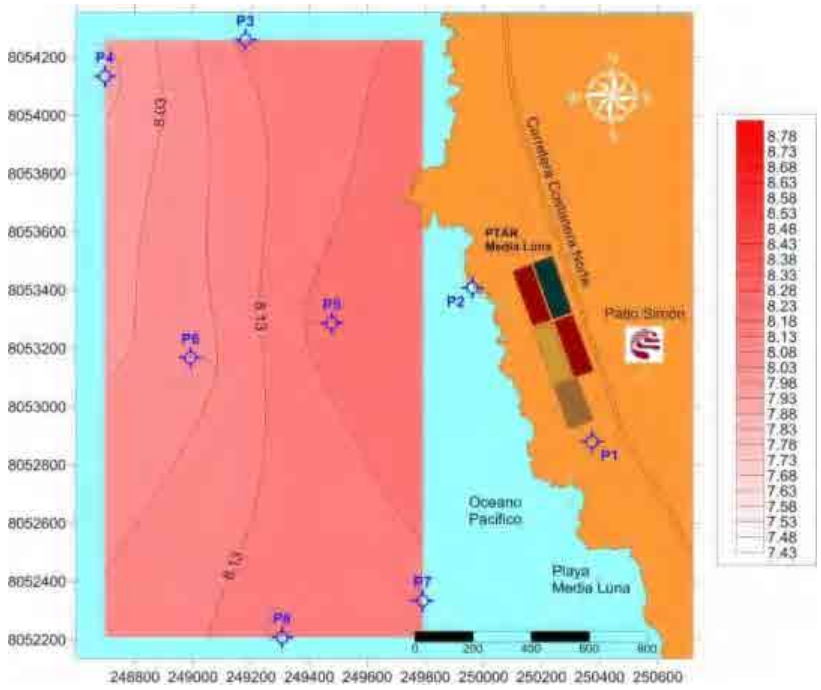


Gráfico Nº 48: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

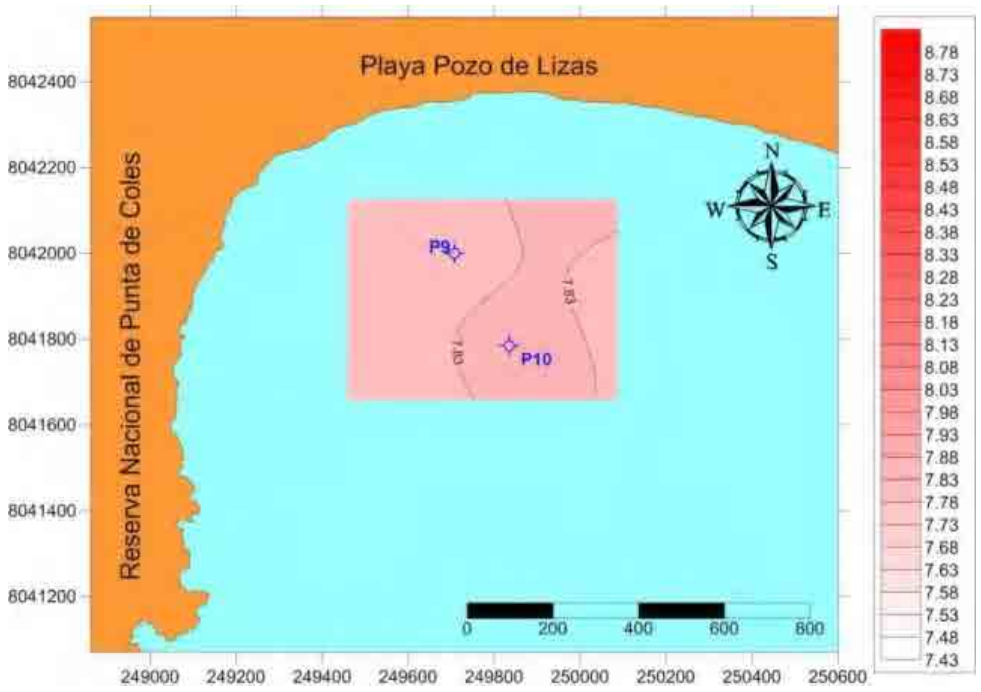


Gráfico Nº 49: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

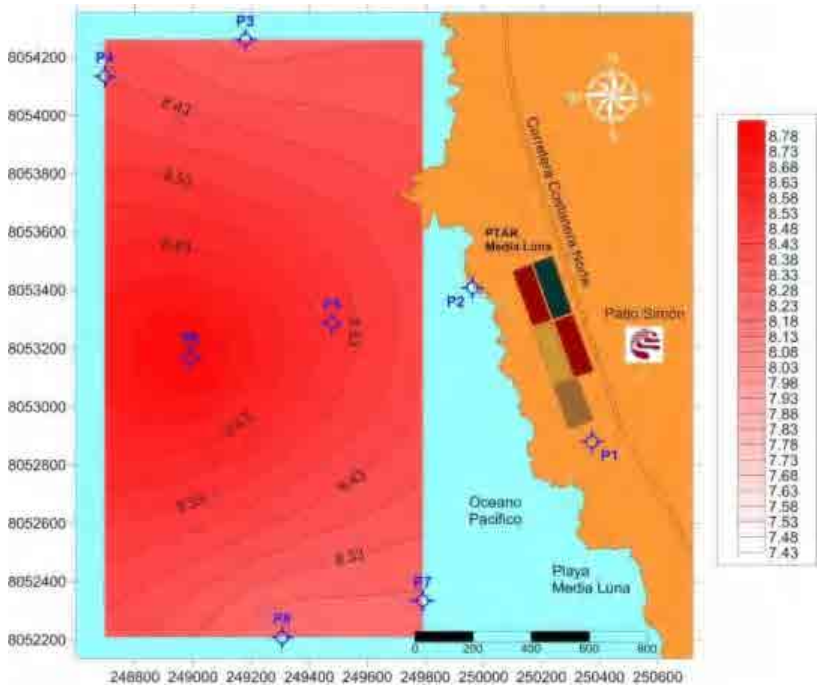


Gráfico Nº 50: Dispersión Espacial Superficial de OD (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

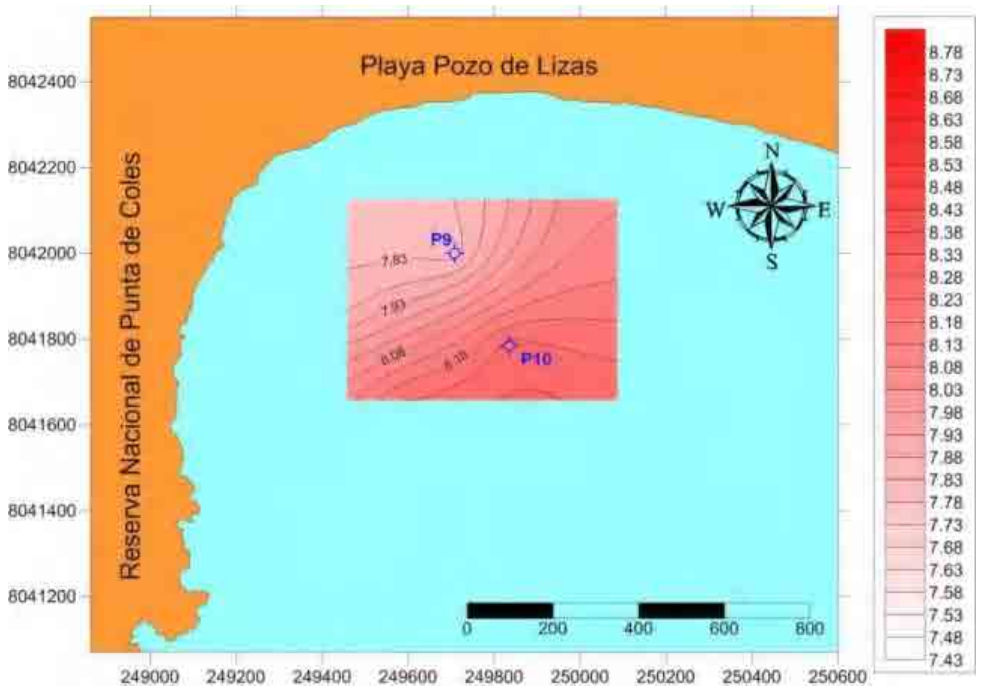


Gráfico Nº 51: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

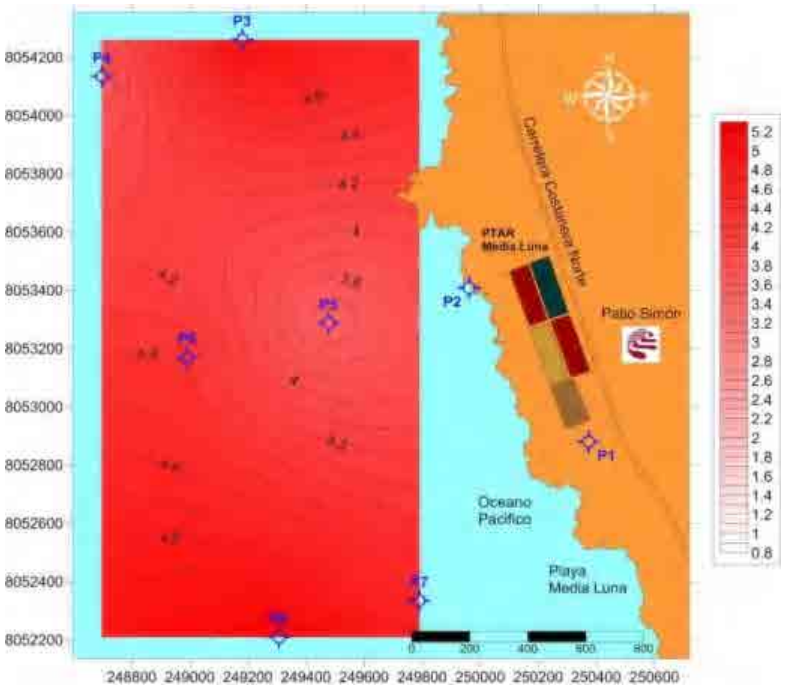


Gráfico Nº 52: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

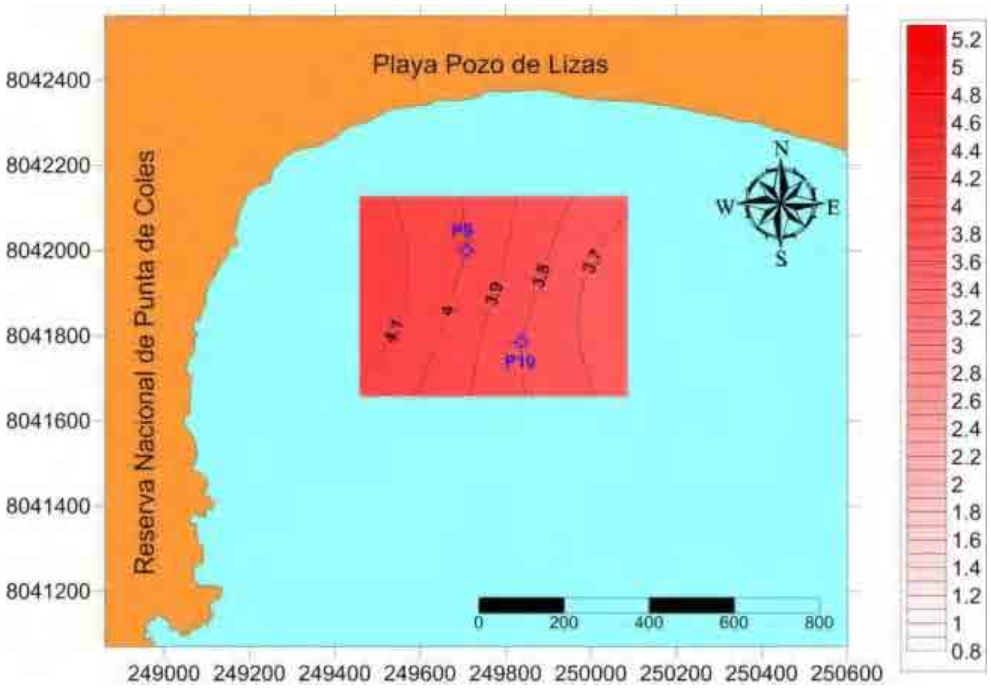


Gráfico Nº 53: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

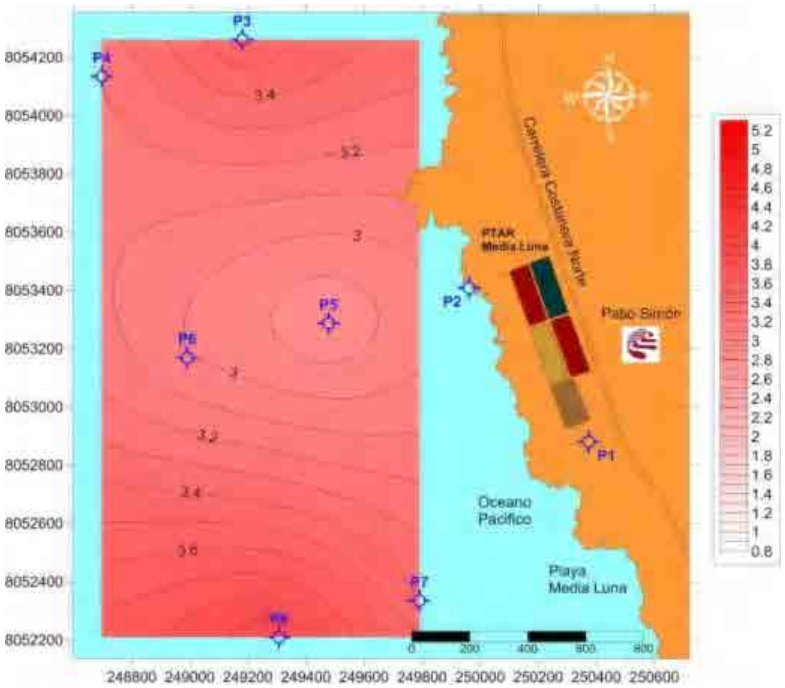


Gráfico Nº 54: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

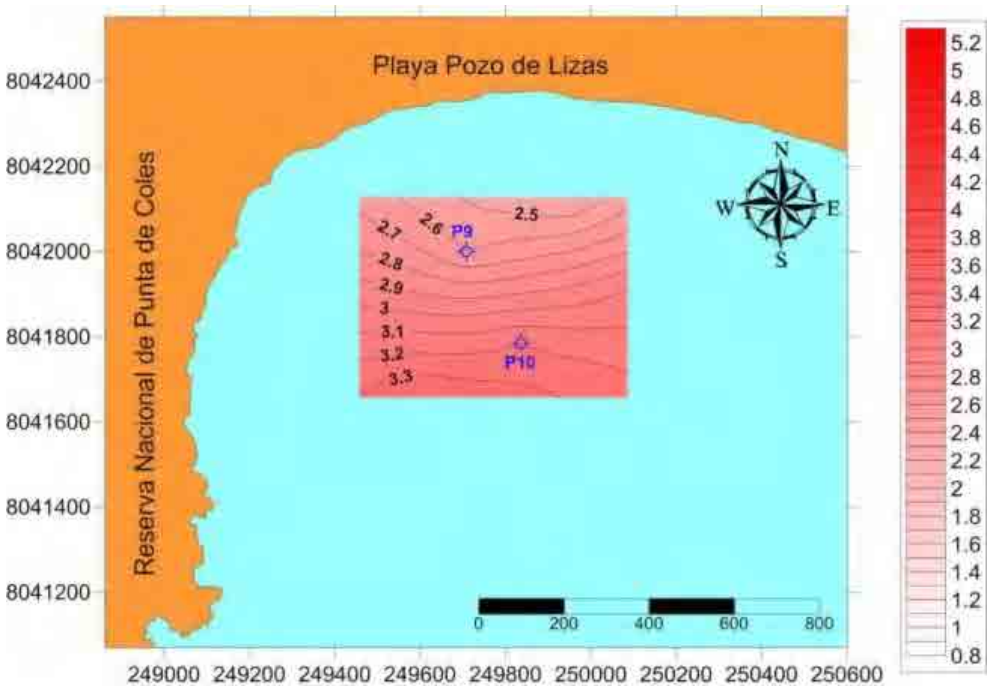


Gráfico Nº 55: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

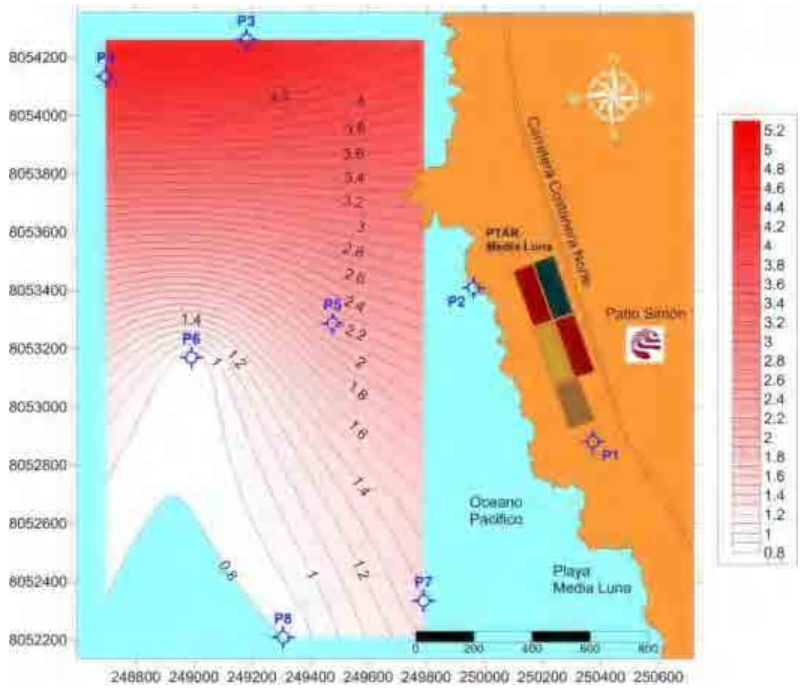


Gráfico Nº 56: Dispersión Espacial Superficial de TSS (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

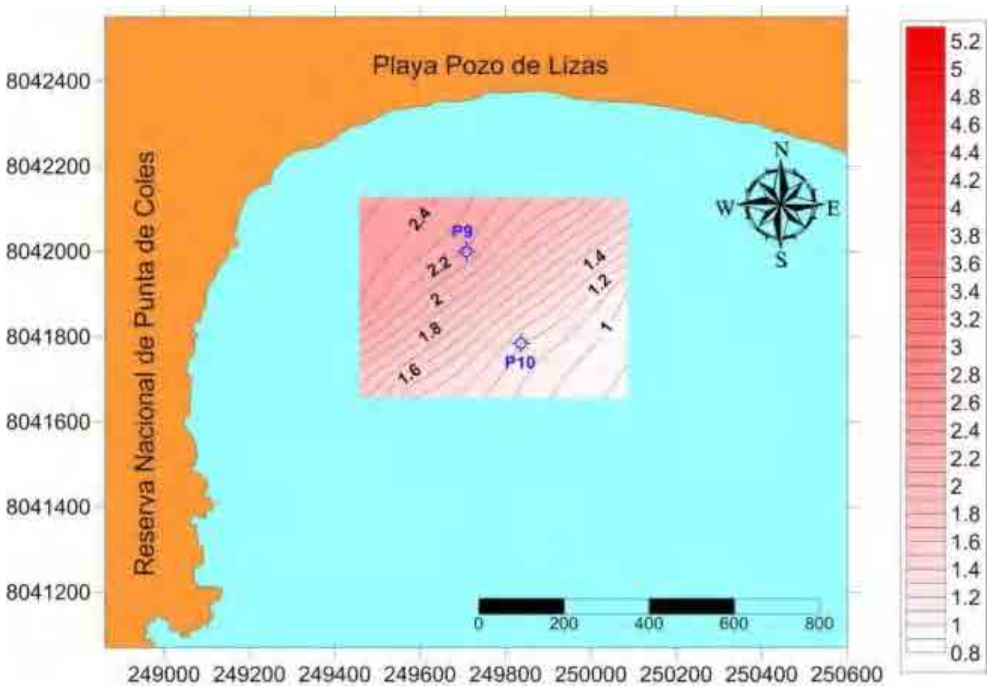


Gráfico Nº 57: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

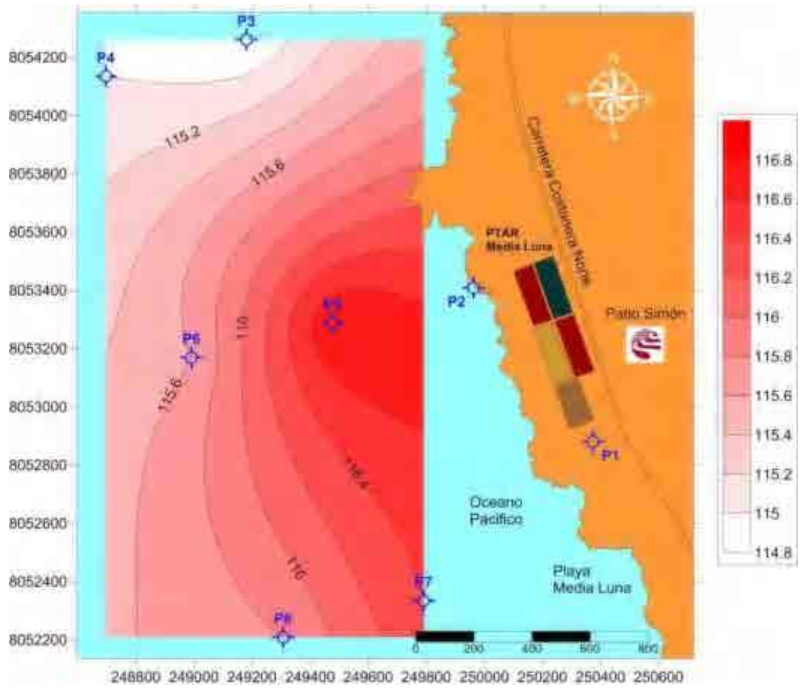


Gráfico Nº 58: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

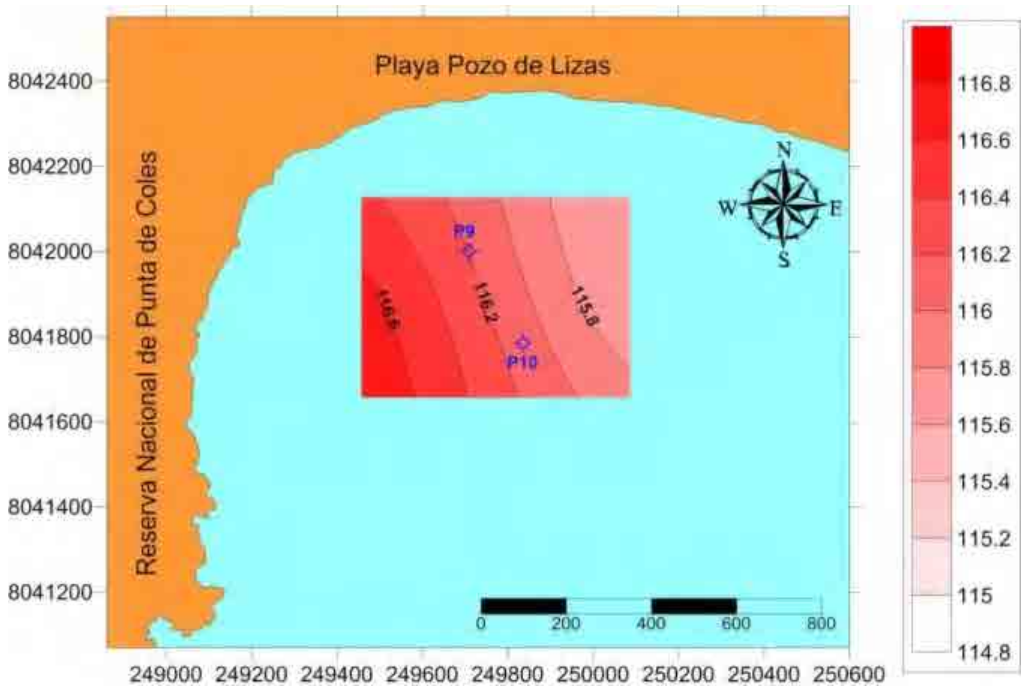


Gráfico Nº 59: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

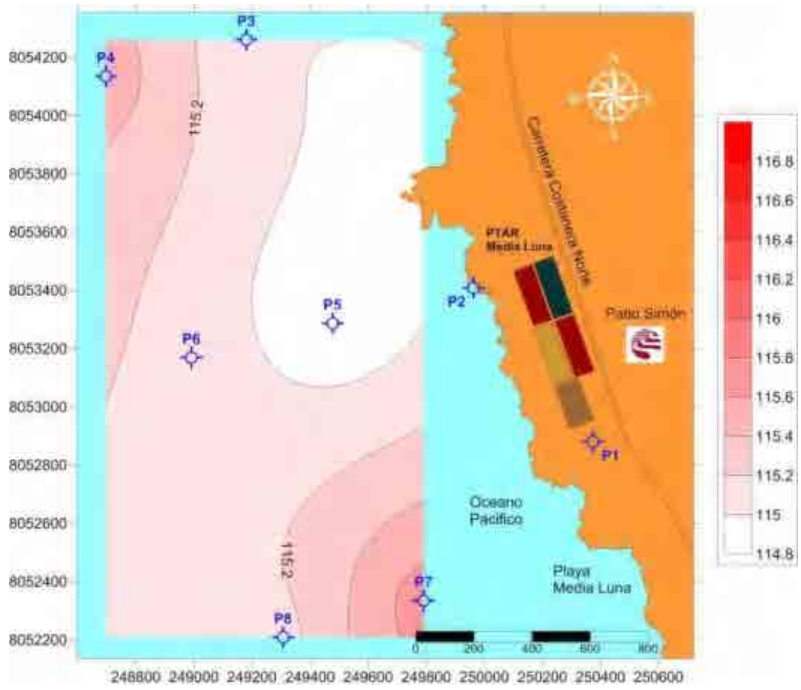


Gráfico Nº 60: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

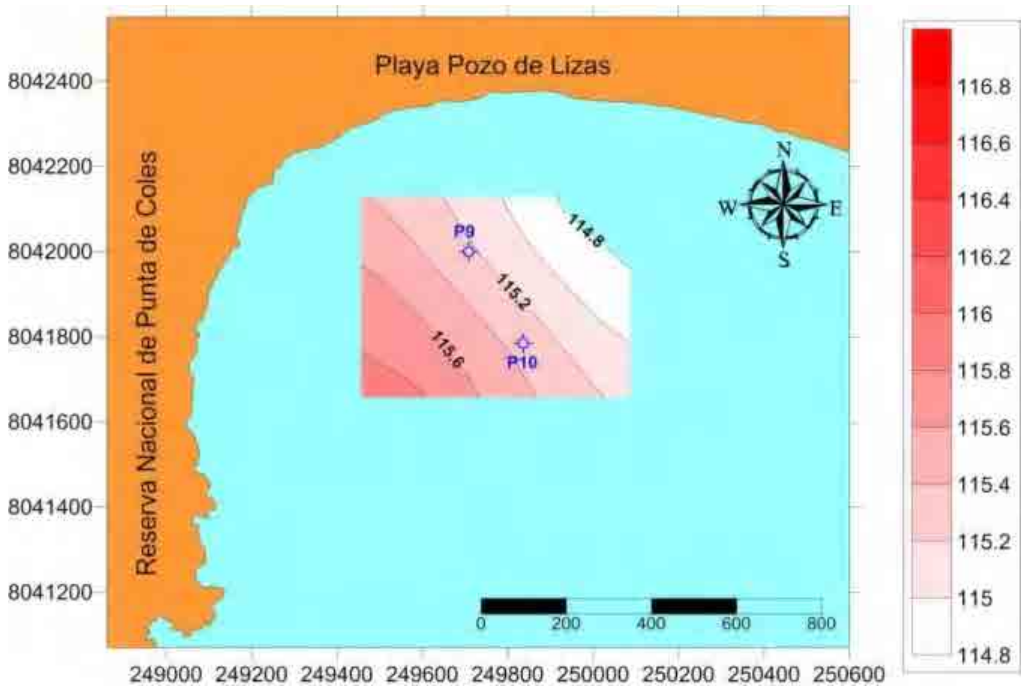


Gráfico Nº 61: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

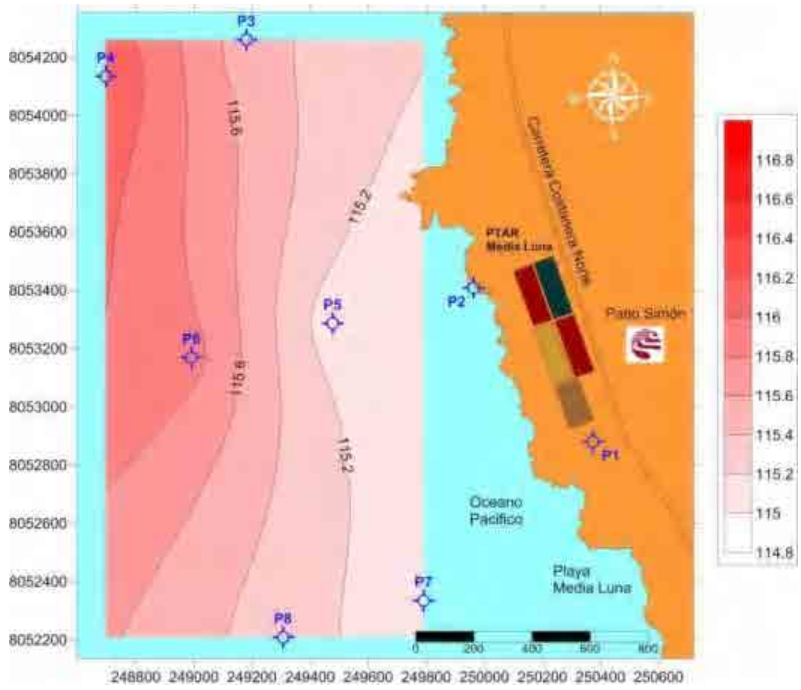


Gráfico Nº 62: Dispersión Espacial Superficial de Alcalinidad (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

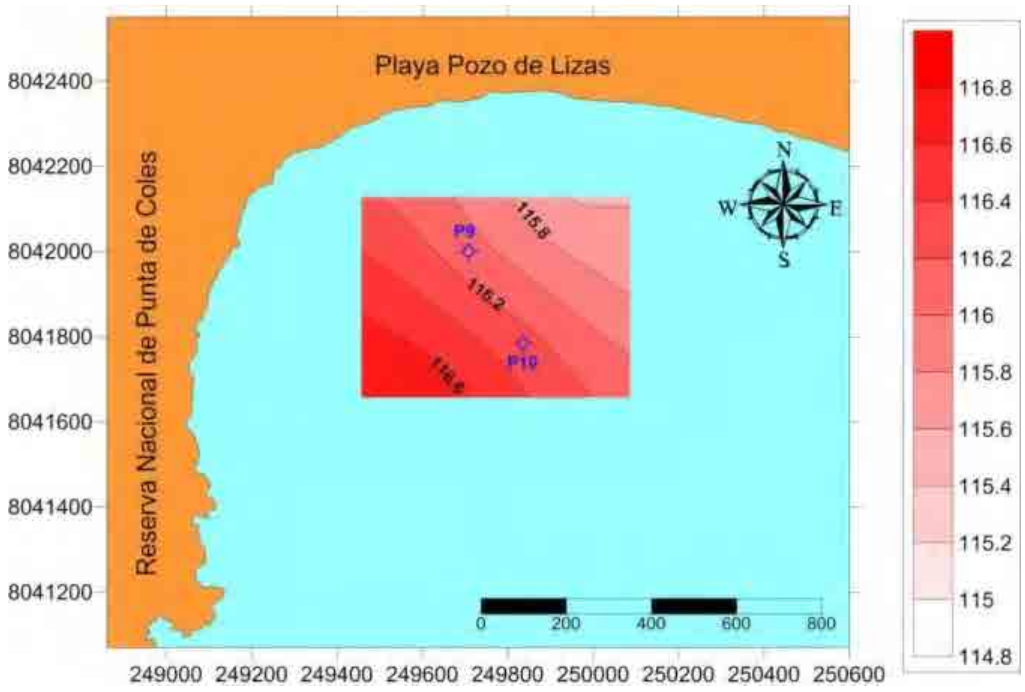


Gráfico Nº 63: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

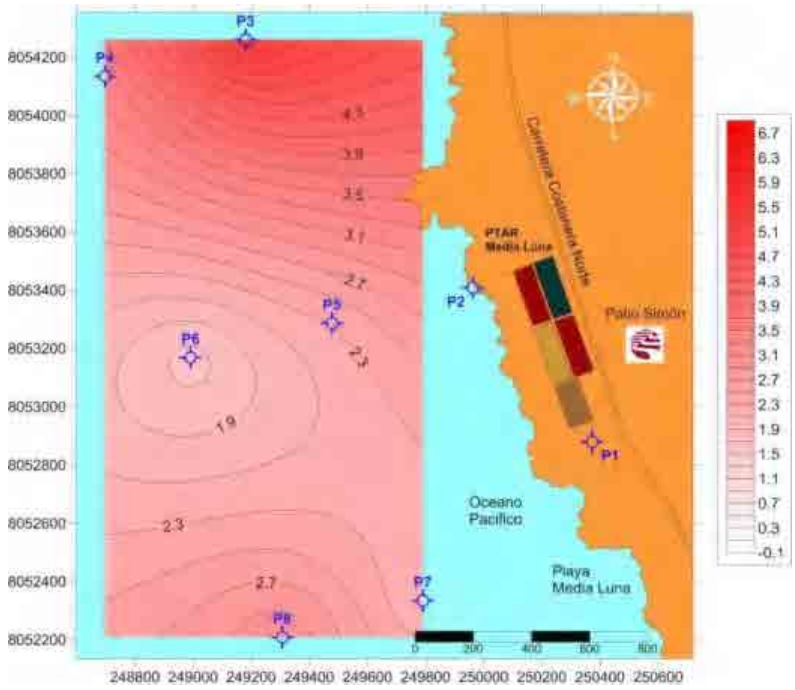


Gráfico Nº 64: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

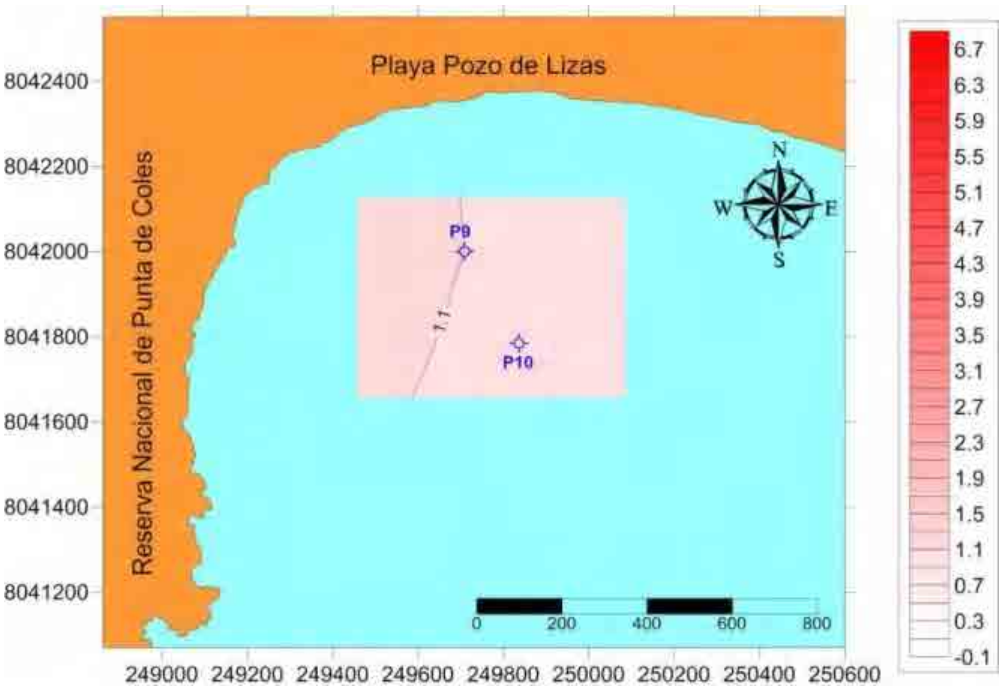


Gráfico Nº 65: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

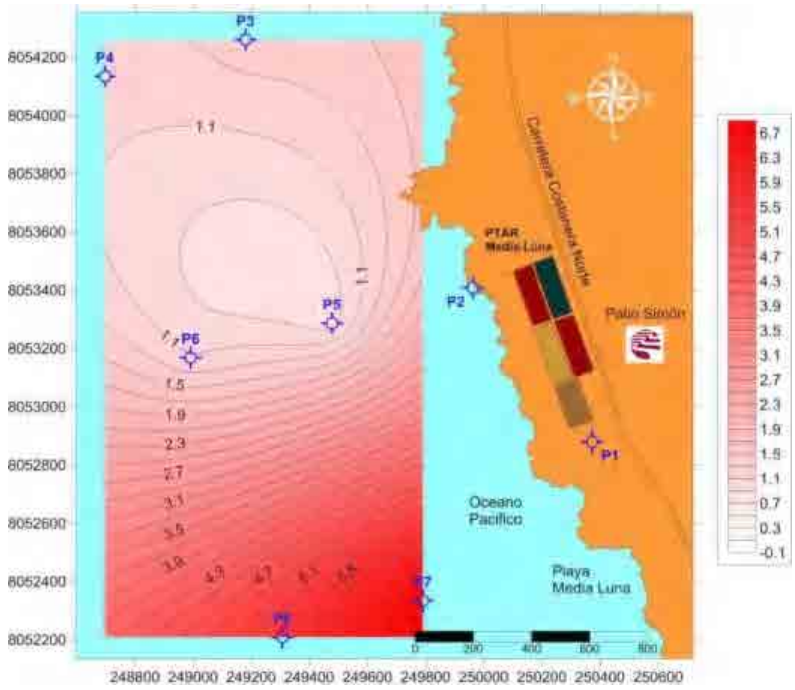


Gráfico Nº 66: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

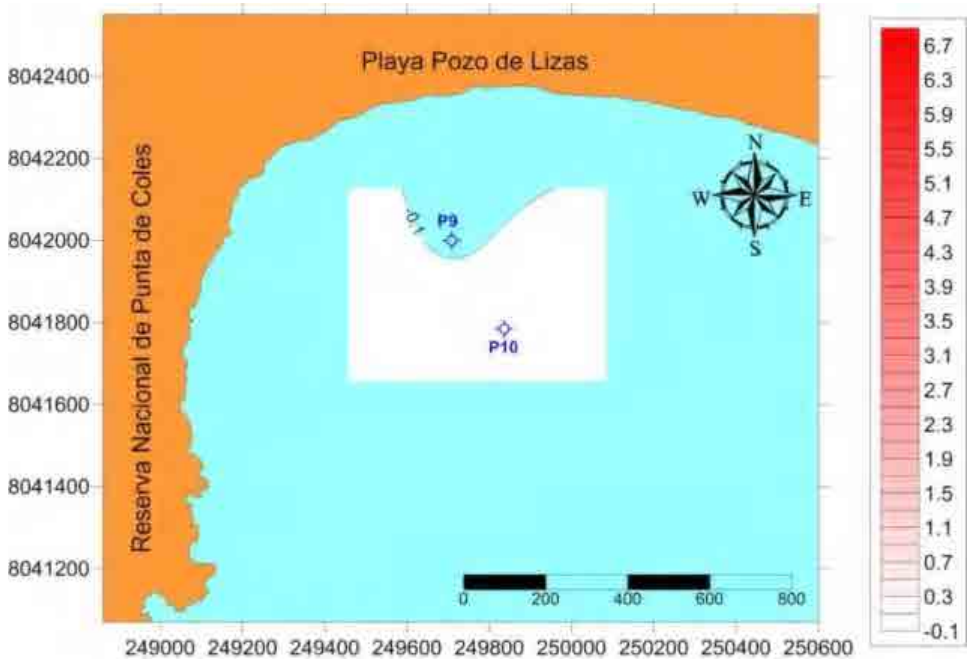


Gráfico Nº 67: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

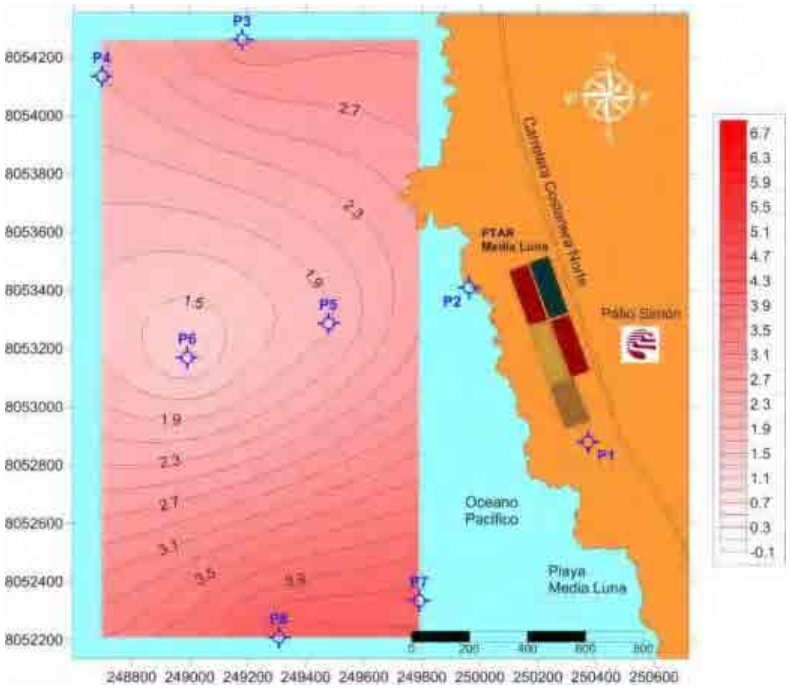


Gráfico Nº 68: Dispersión Espacial Superficial de Aceites y Grasas (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

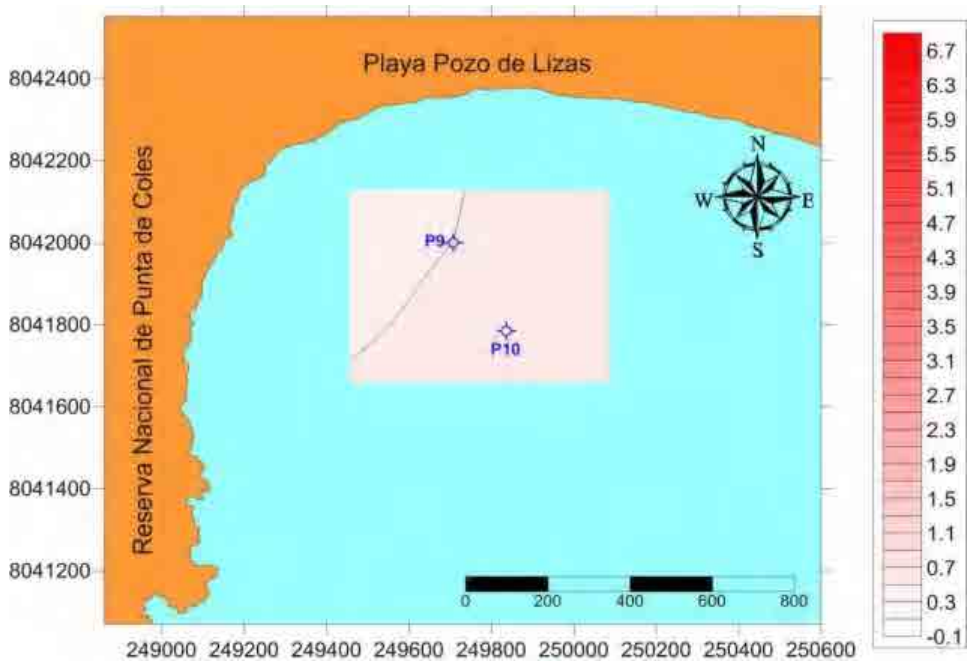


Gráfico Nº 69: Dispersión Espacial Superficial de DBO_5 (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

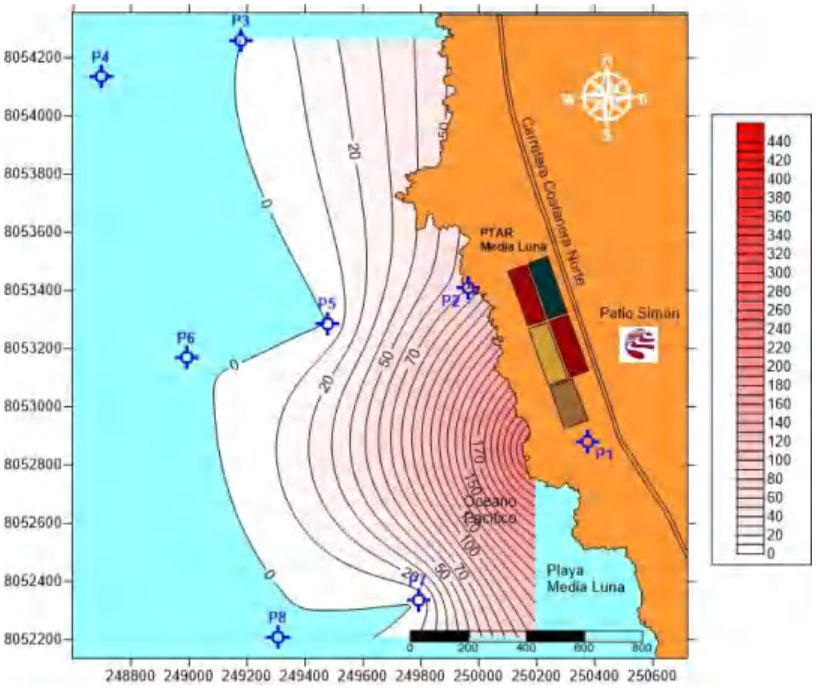


Gráfico Nº 70: Dispersión Espacial Superficial de DBO_5 (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

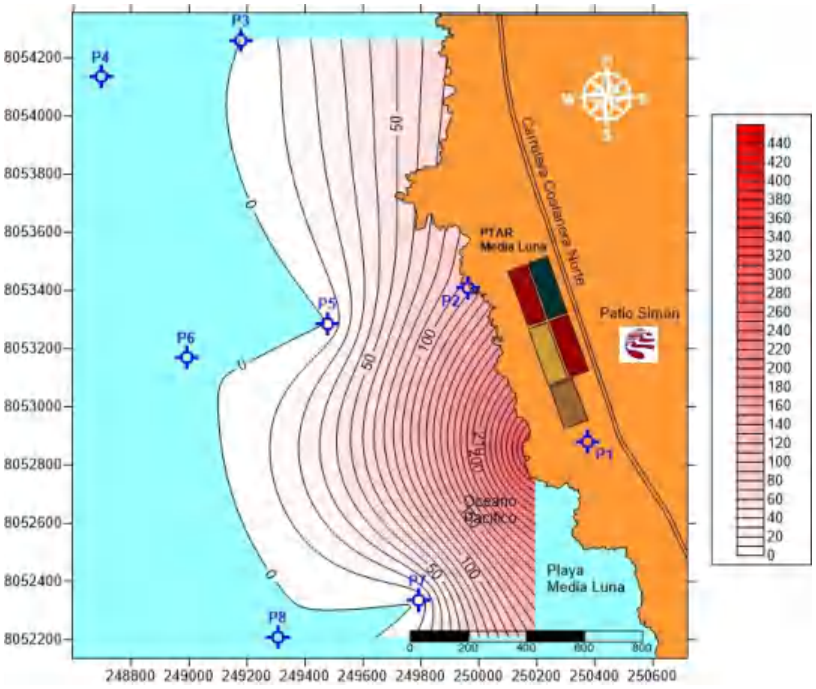


Gráfico Nº 71: Dispersión Espacial Superficial de DBO_5 (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

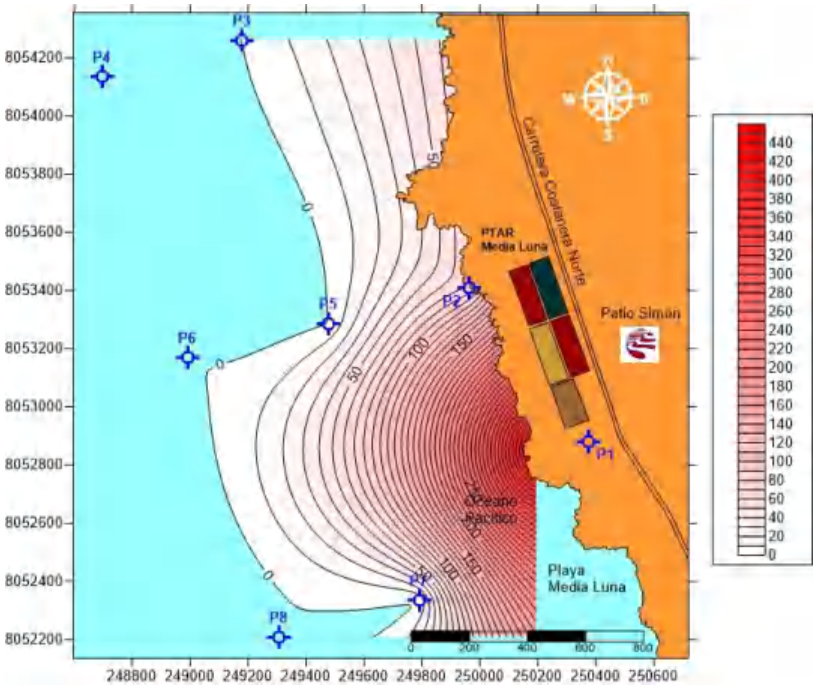


Gráfico Nº 72: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

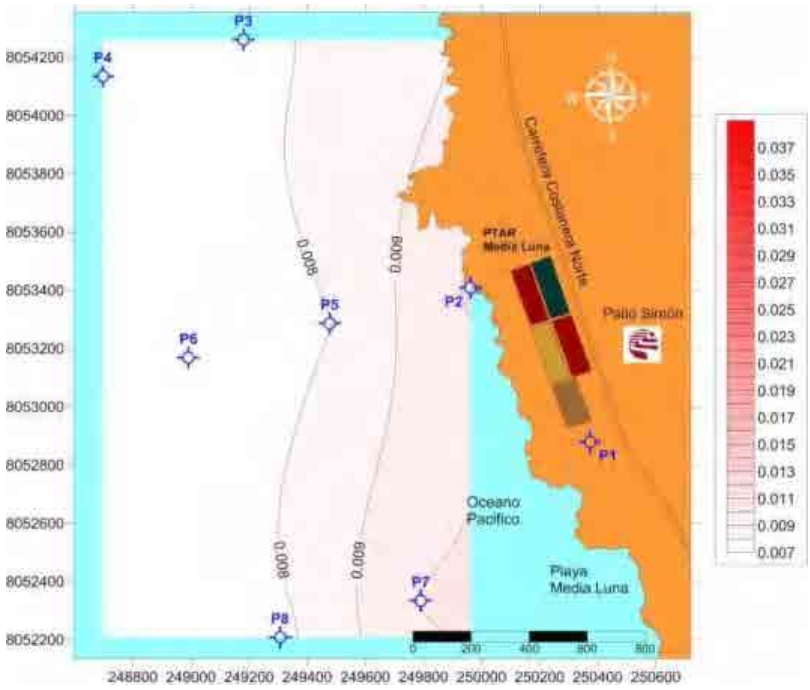


Gráfico Nº 73: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

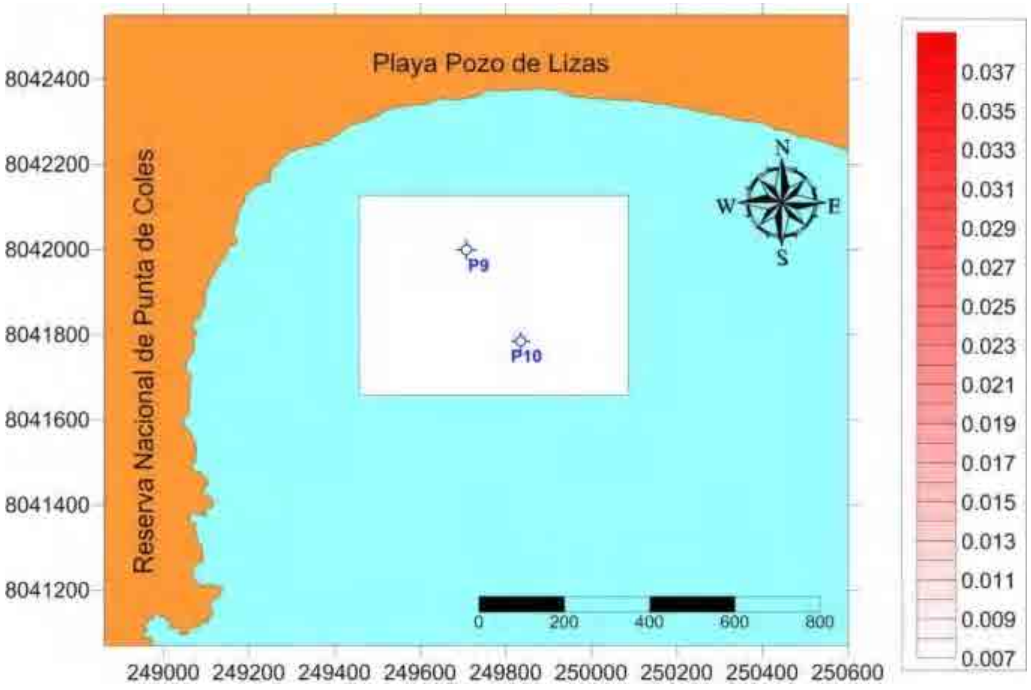


Gráfico Nº 74: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

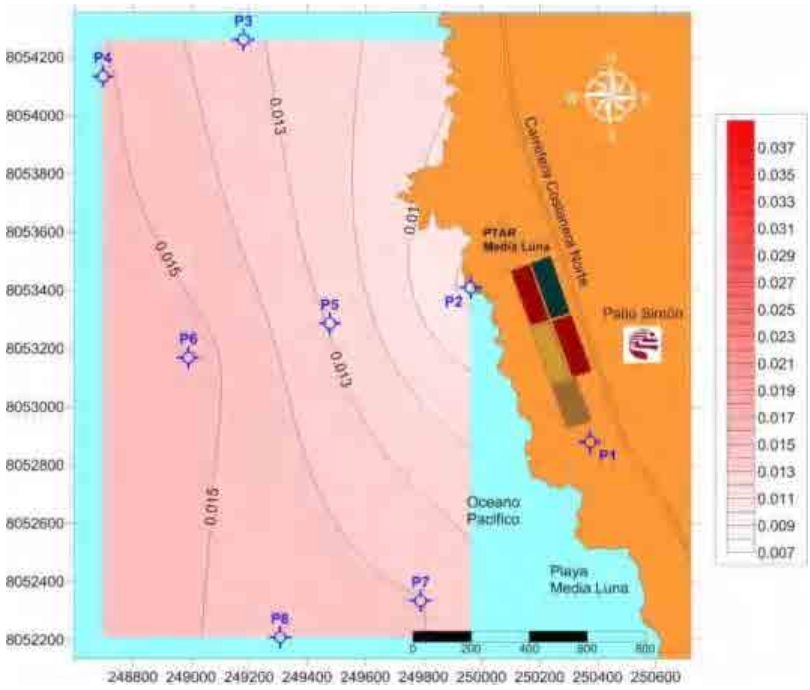


Gráfico Nº 75: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

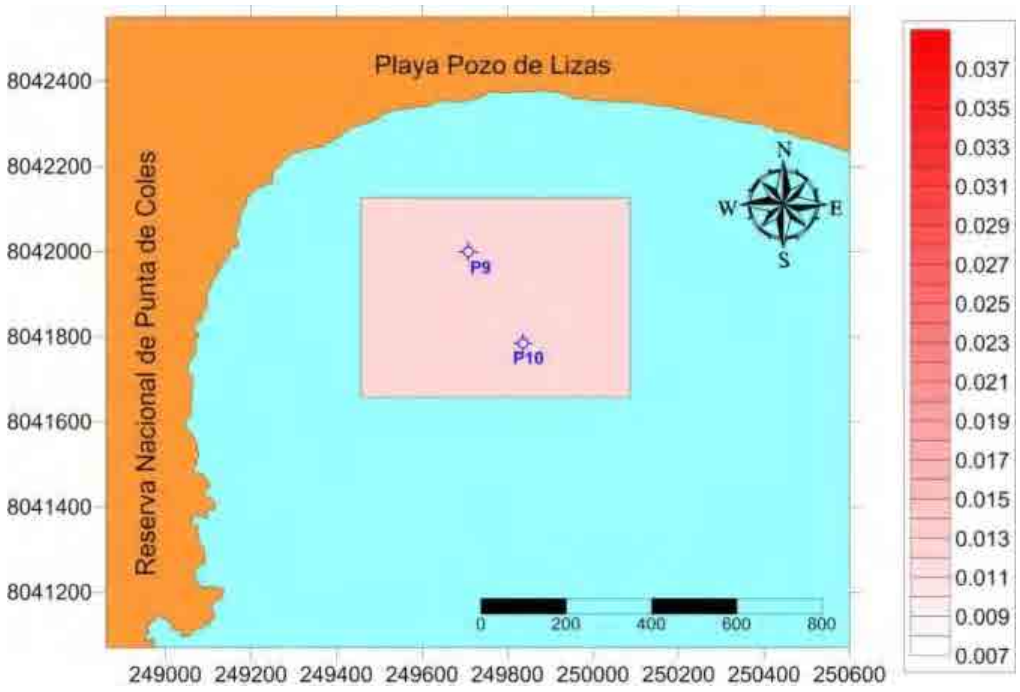


Gráfico Nº 76: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

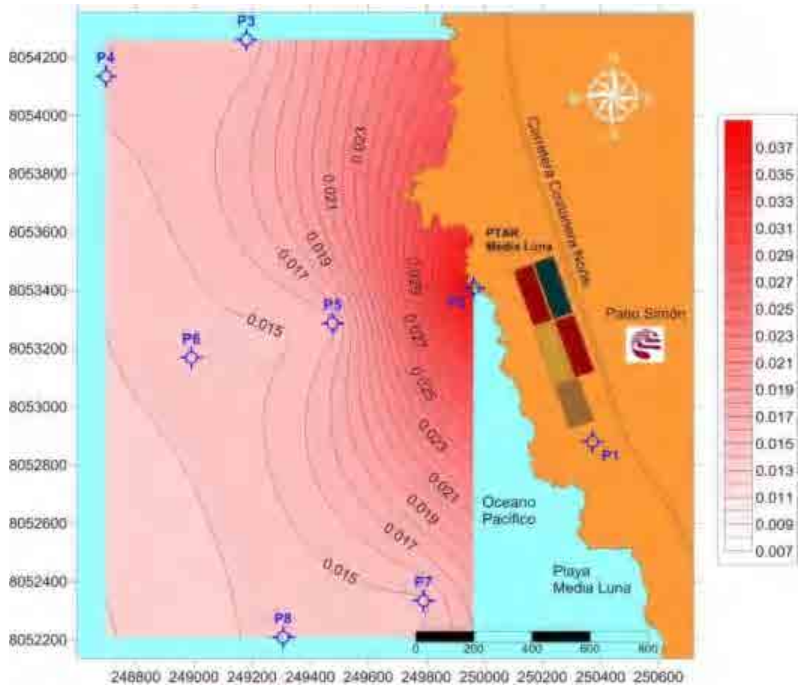


Gráfico Nº 77: Dispersión Espacial Superficial de Nitritos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

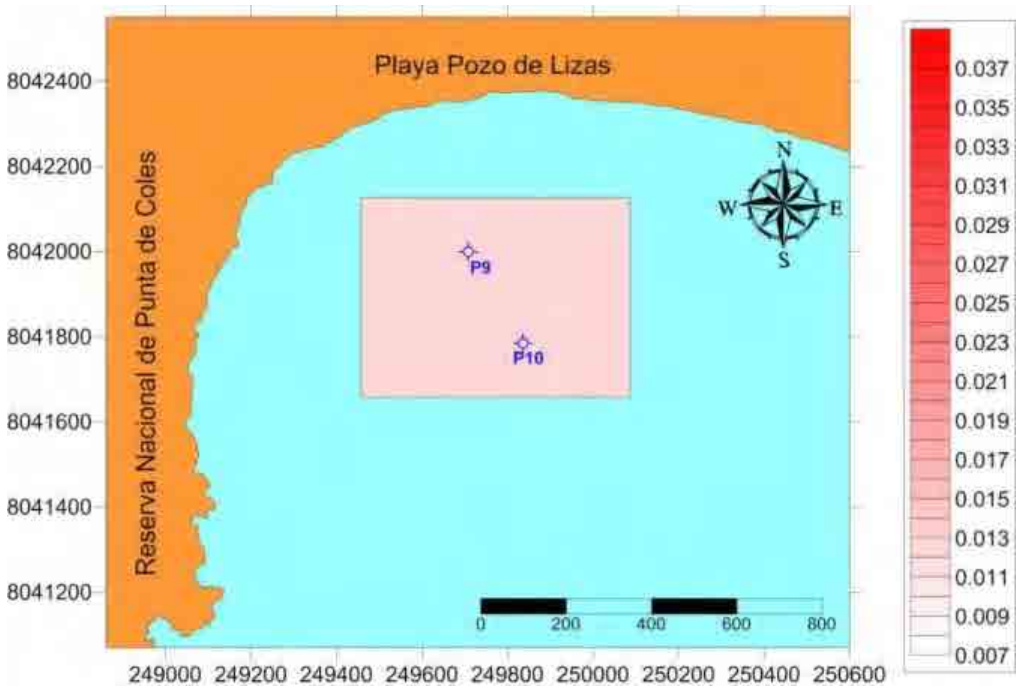


Gráfico Nº 78: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

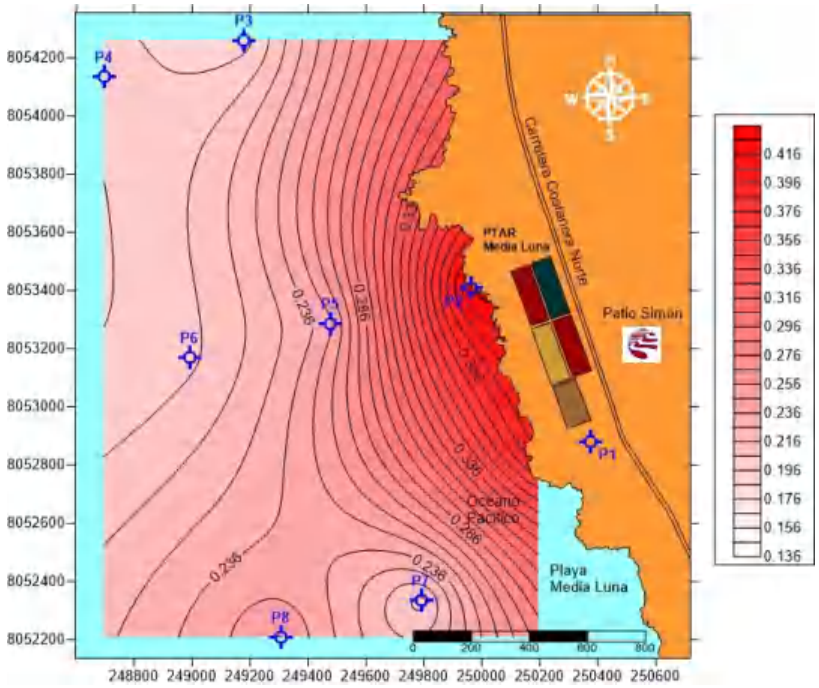


Gráfico Nº 79: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

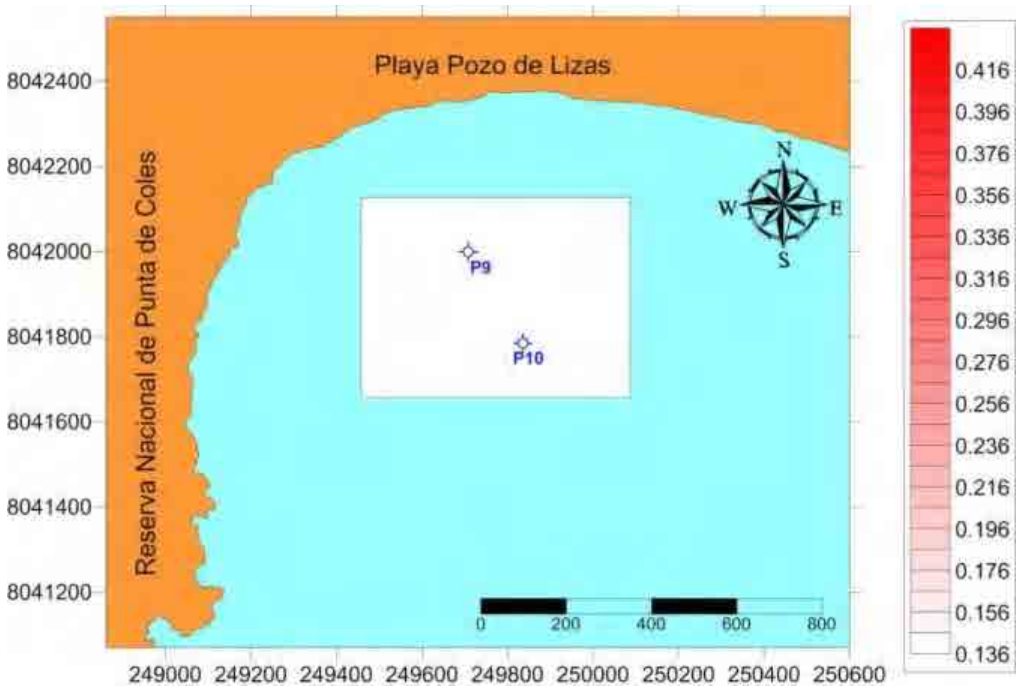


Gráfico Nº 80: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

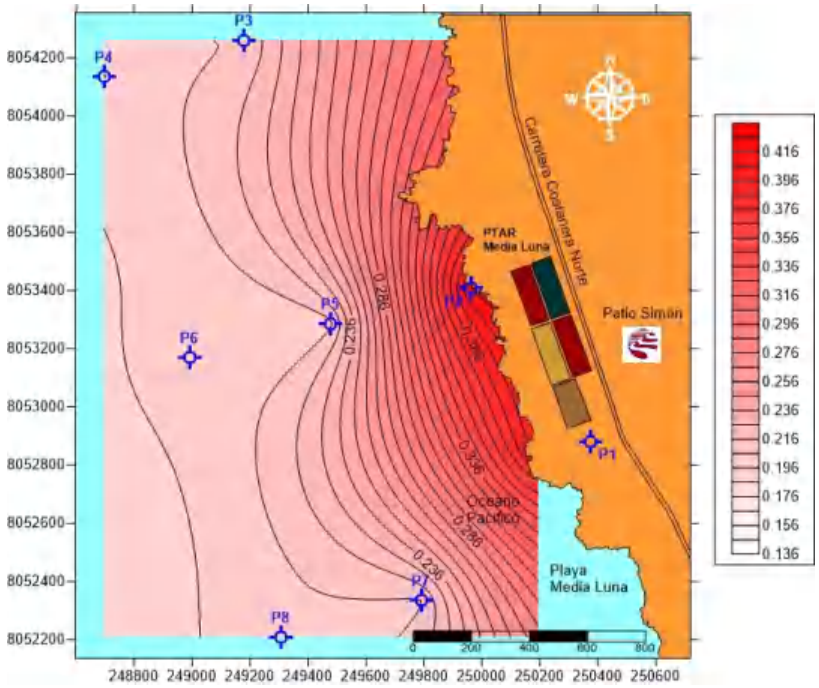


Gráfico Nº 81: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

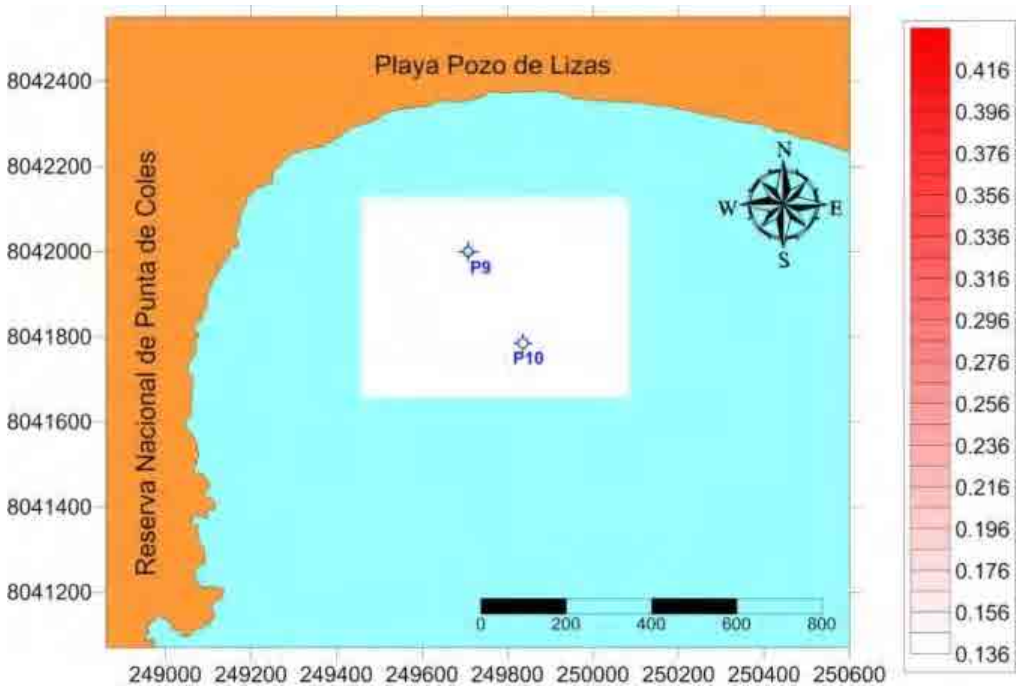


Gráfico Nº 82: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

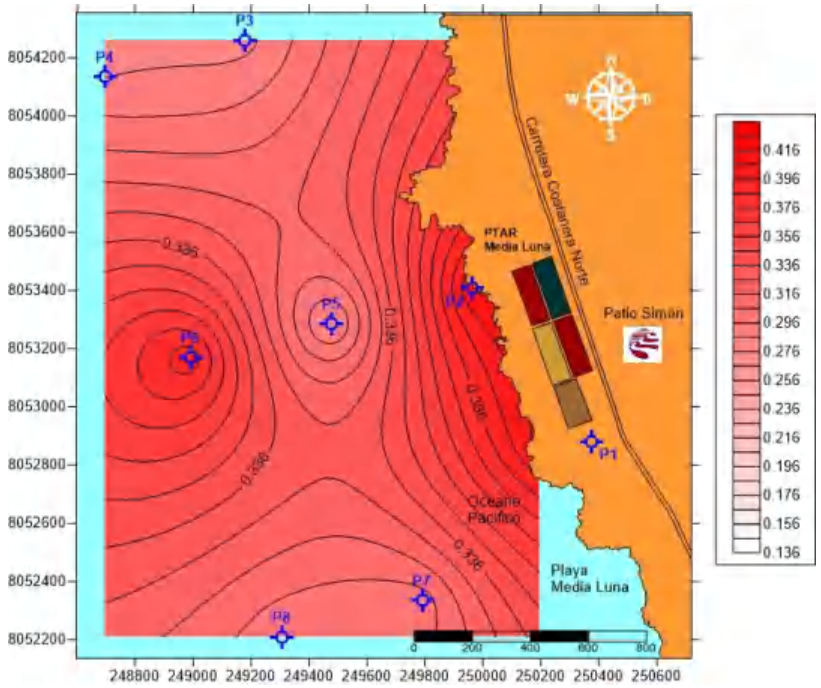


Gráfico Nº 83: Dispersión Espacial Superficial de Nitratos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

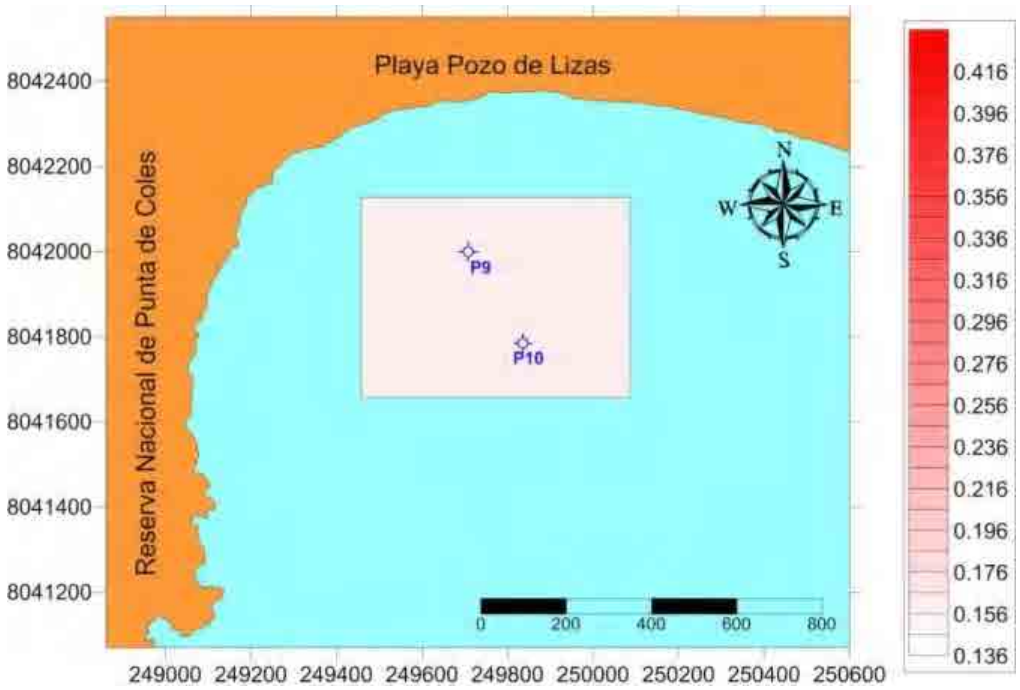


Gráfico Nº 84: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

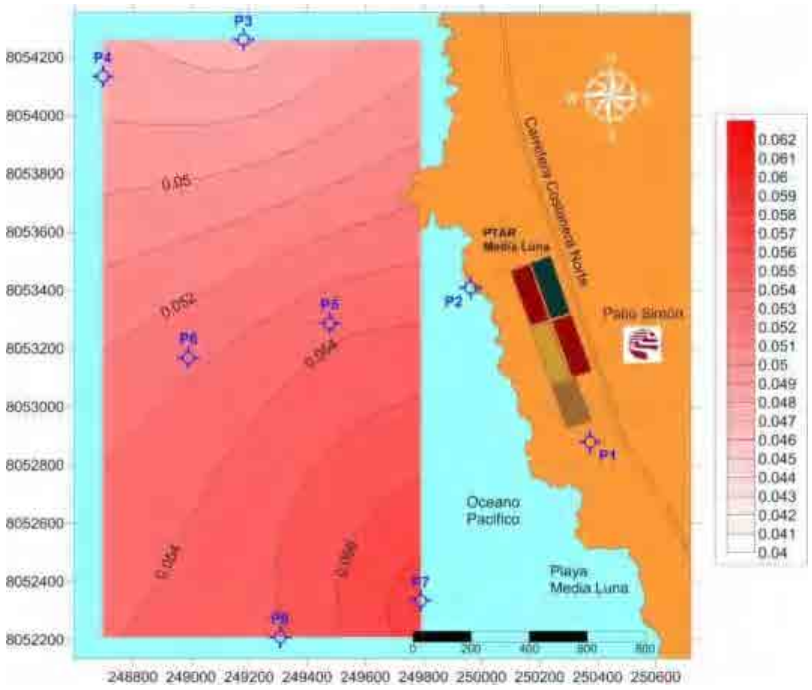


Gráfico Nº 85: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

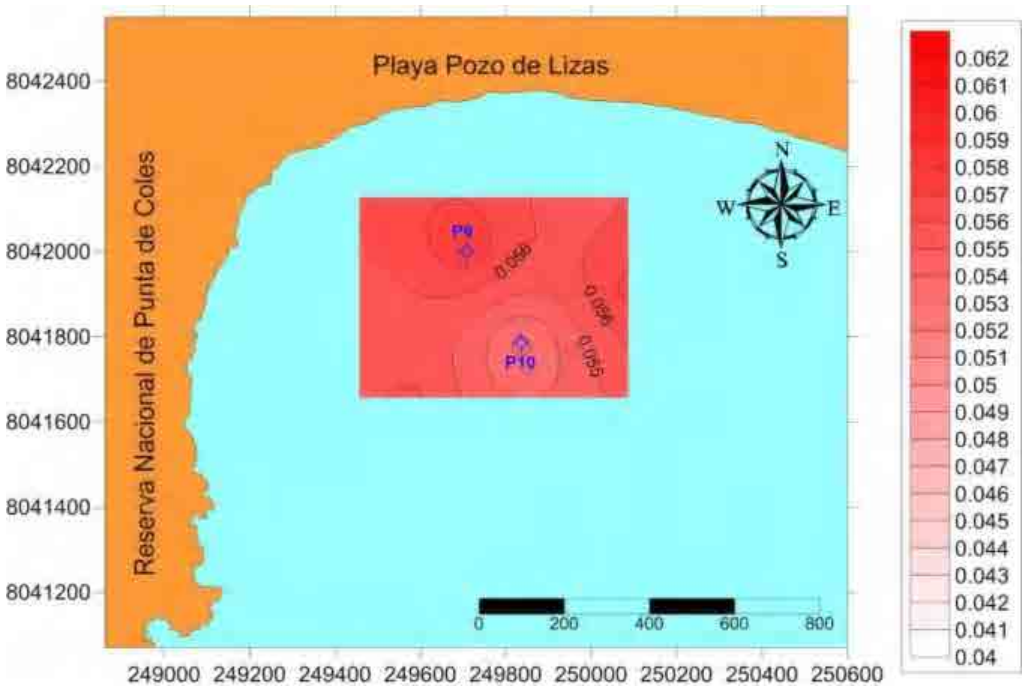


Gráfico Nº 86: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

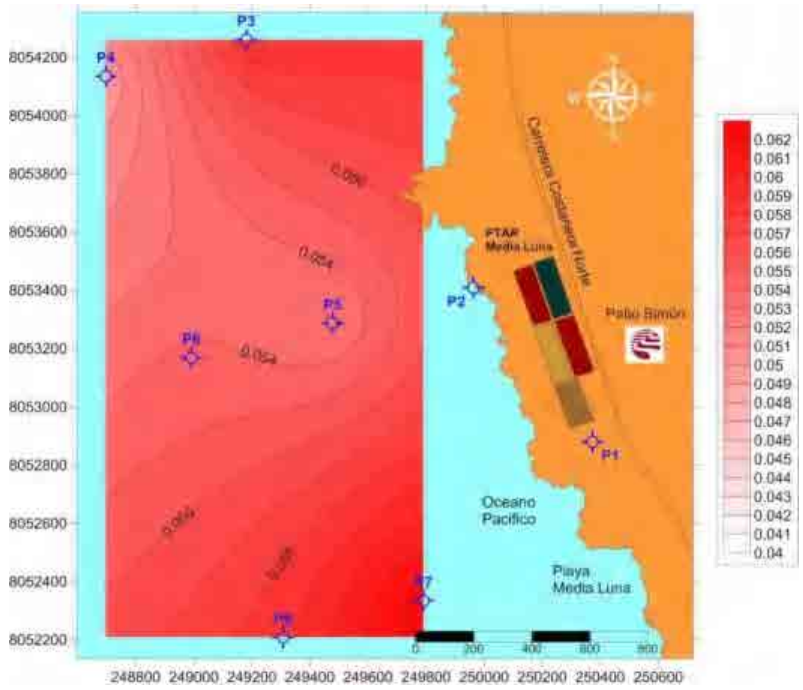


Gráfico Nº 87: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

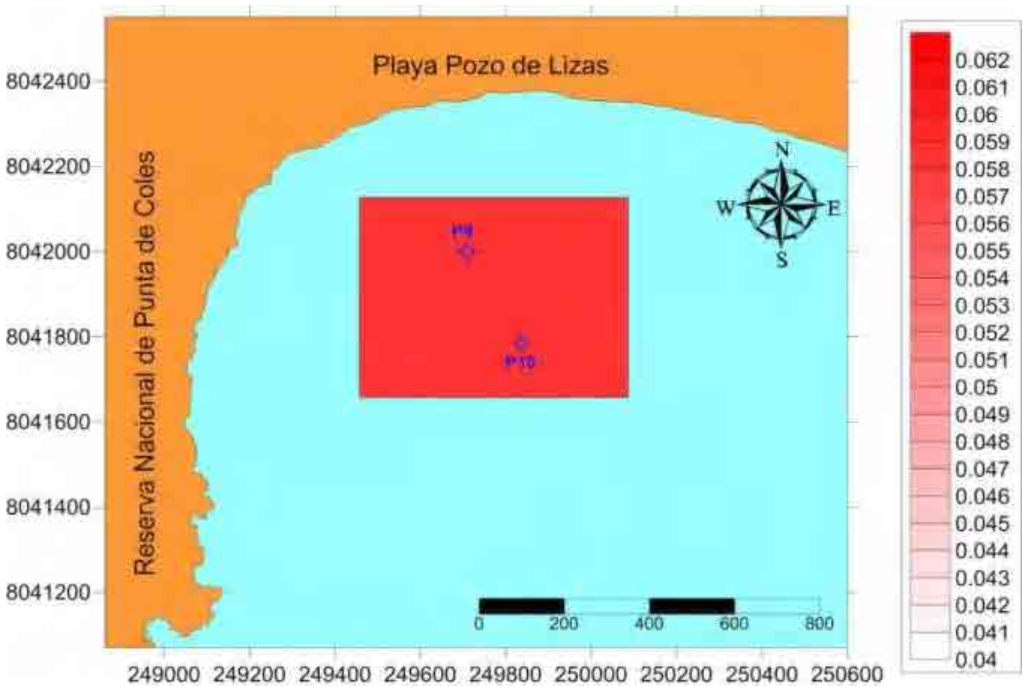


Gráfico Nº 88: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

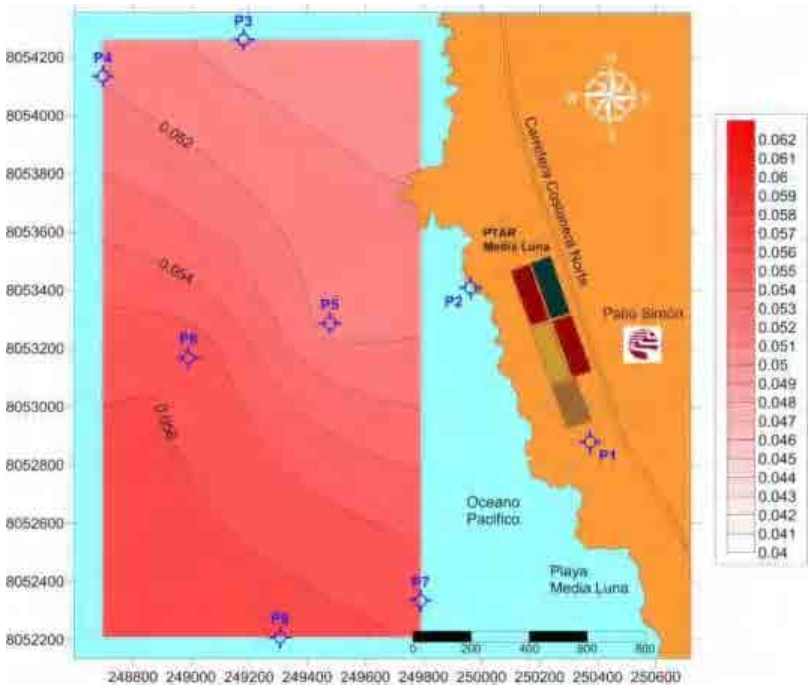


Gráfico Nº 89: Dispersión Espacial Superficial de Fosfatos (mg/L) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

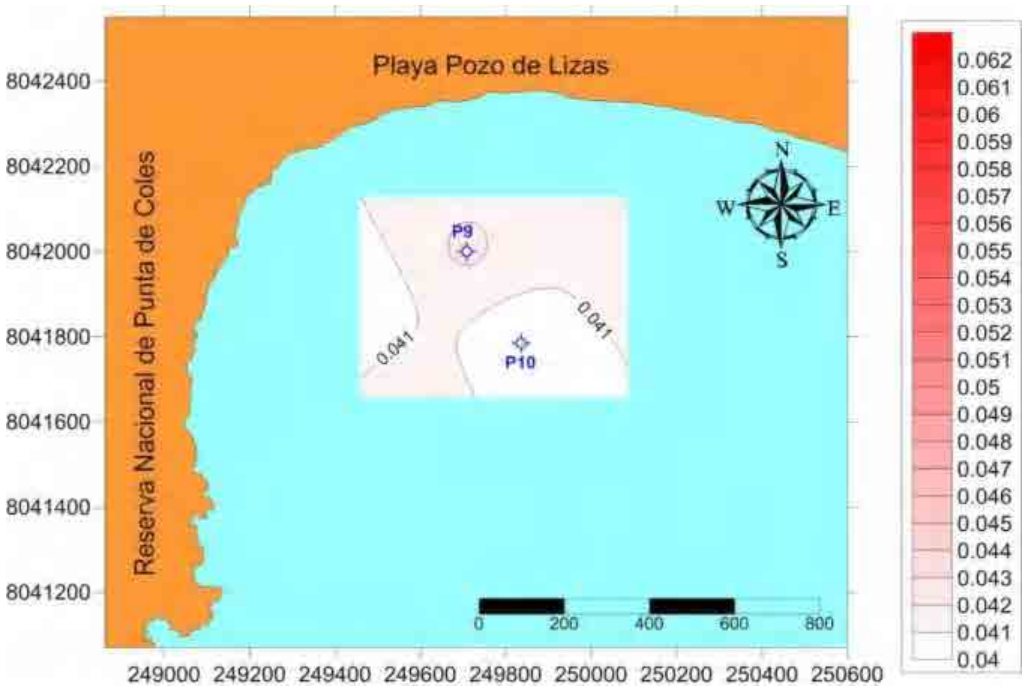


Gráfico Nº 90: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Totales (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

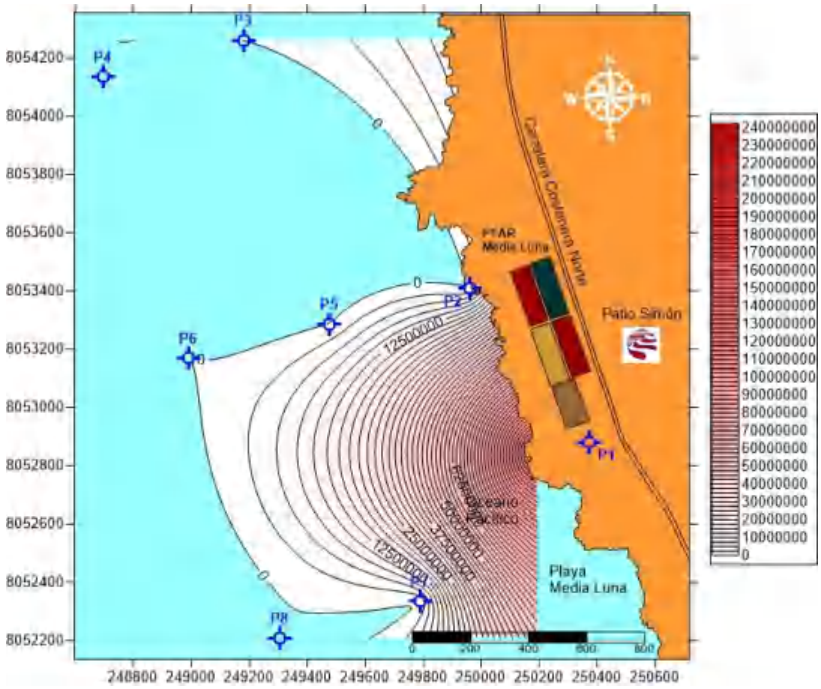


Gráfico Nº 91: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Totales (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

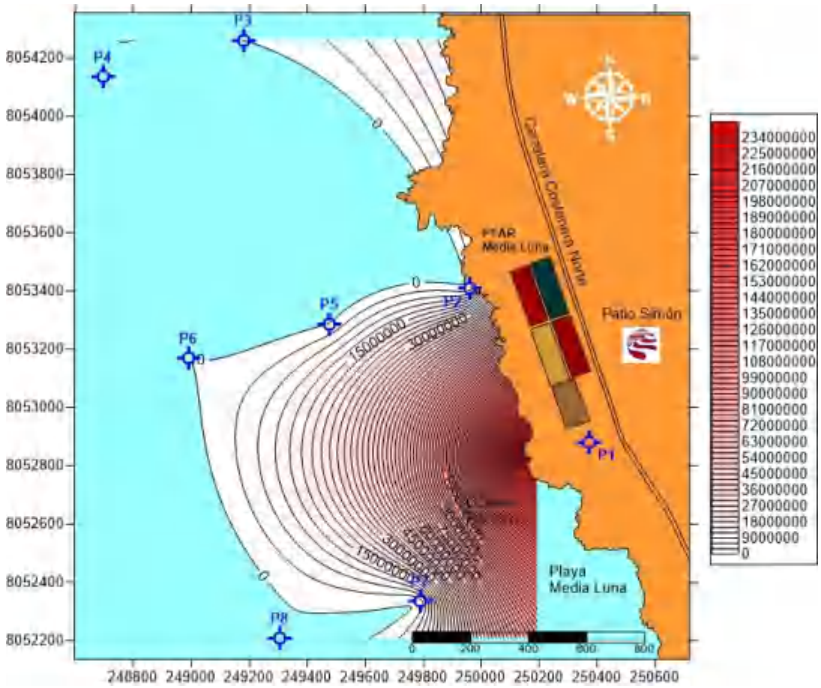


Gráfico Nº 92: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Totales (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

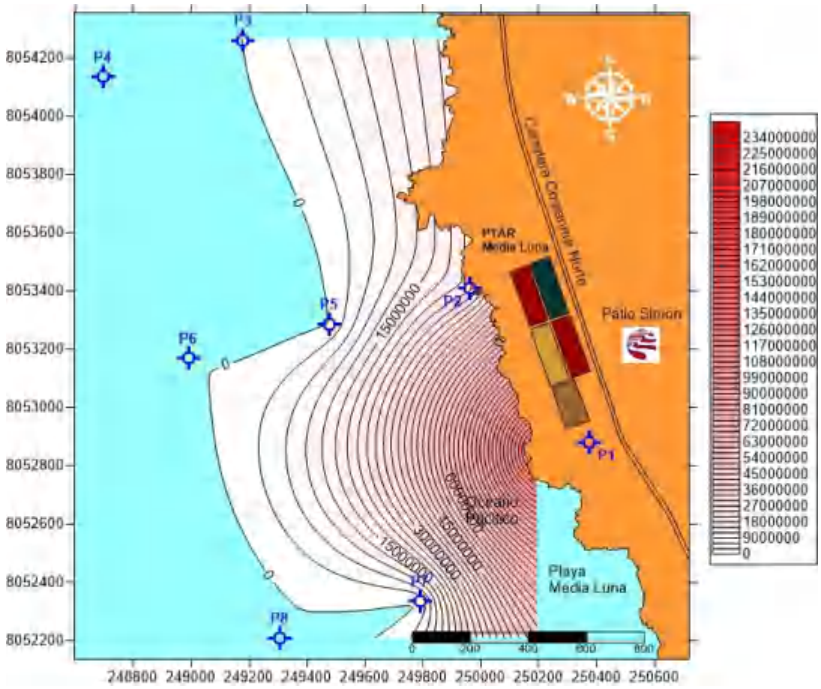


Gráfico Nº 93: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

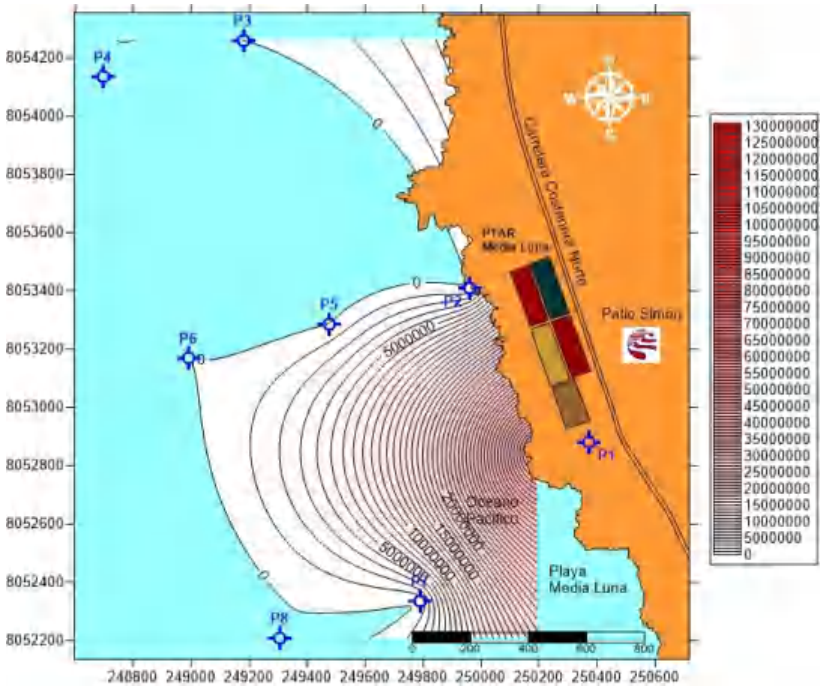


Gráfico Nº 94: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

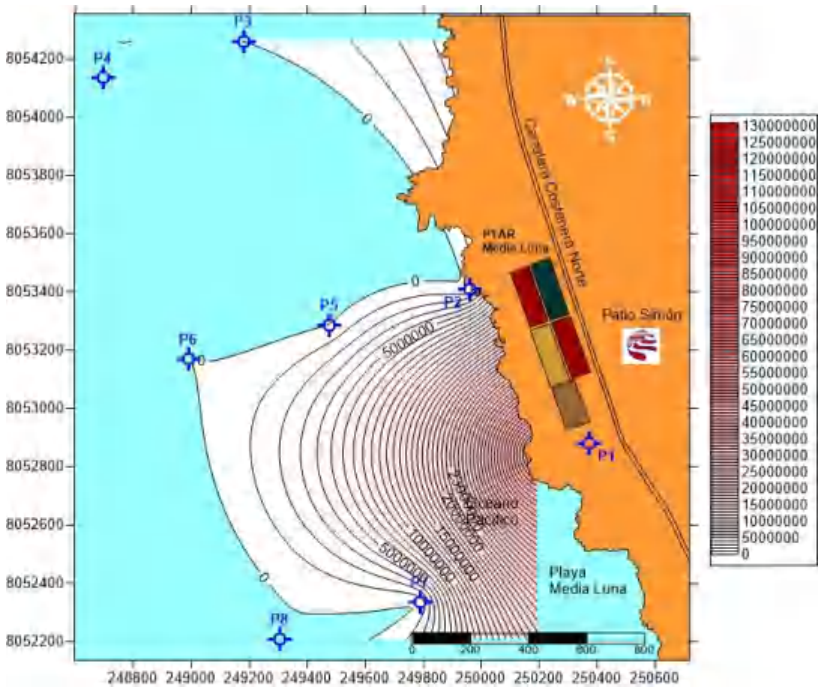


Gráfico Nº 95: Dispersión Espacial Superficial de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

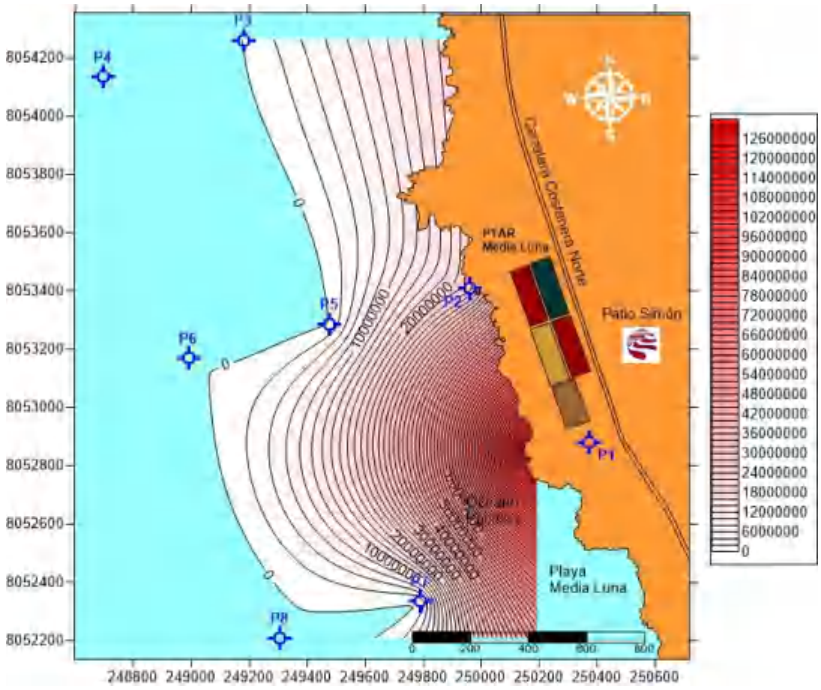


Gráfico Nº 96: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

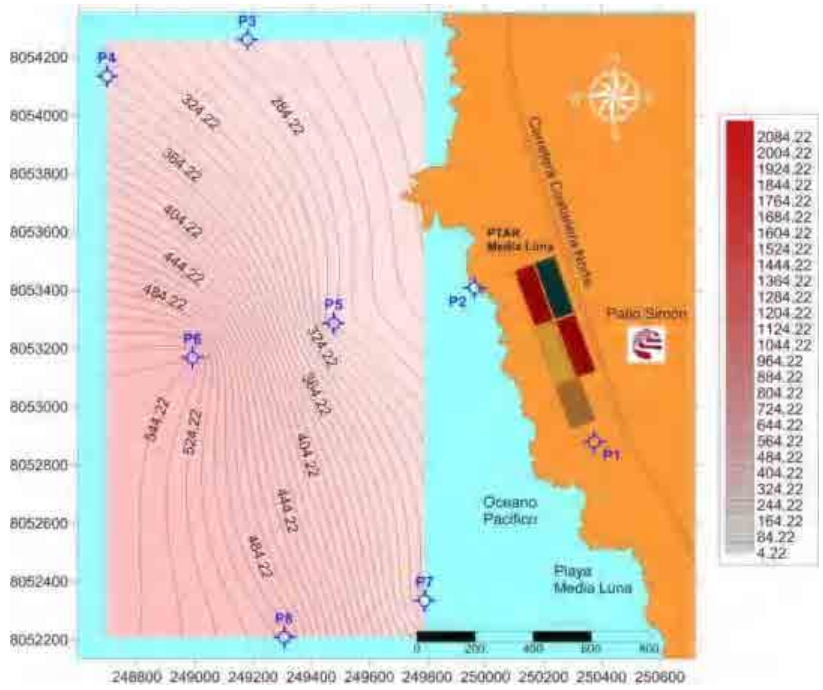


Gráfico Nº 97: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

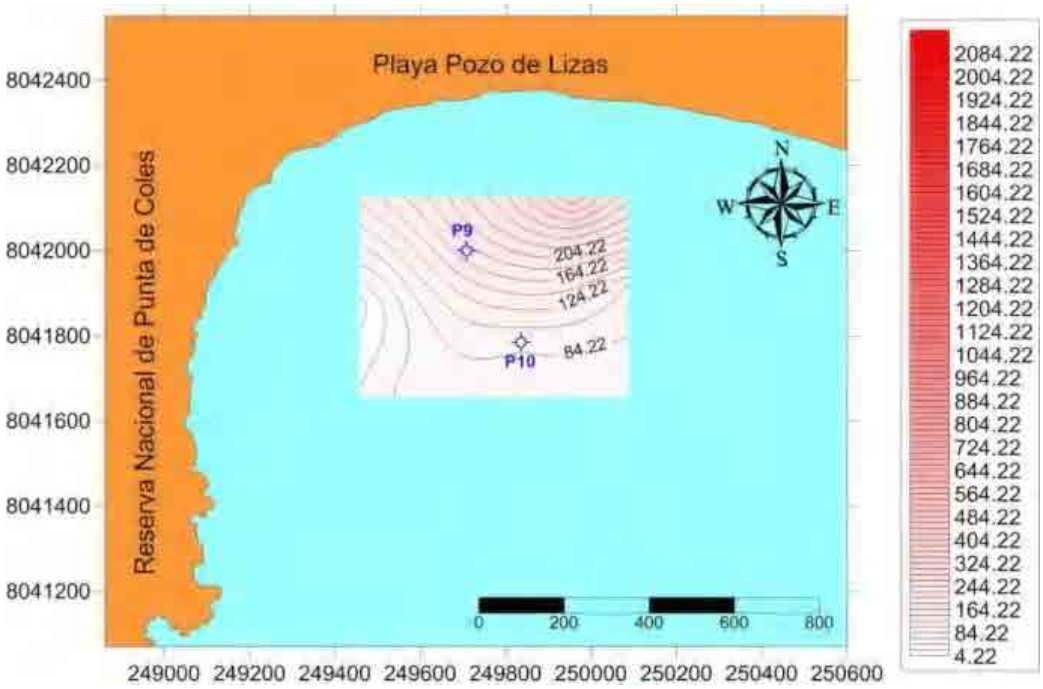


Gráfico Nº 98: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

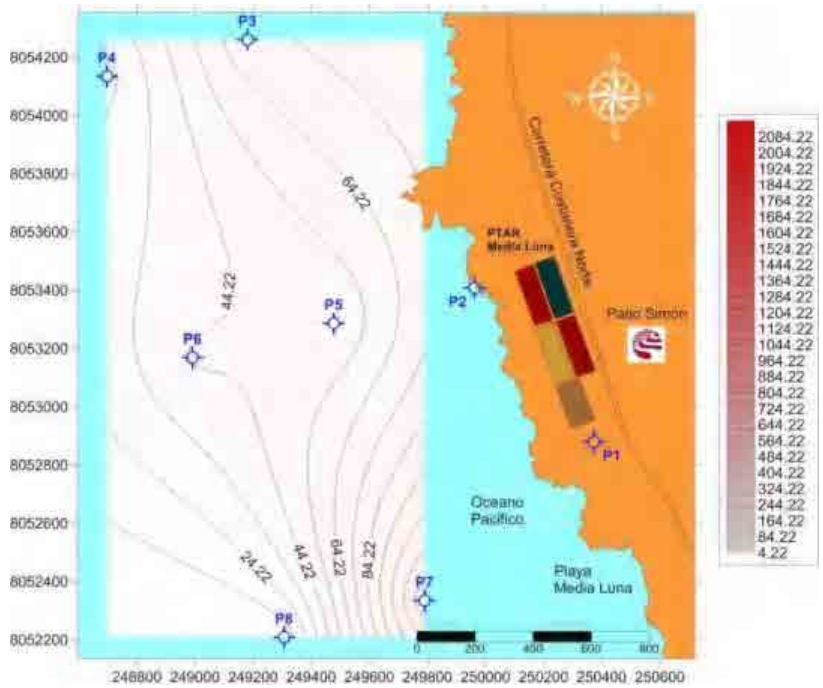


Gráfico Nº 99: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

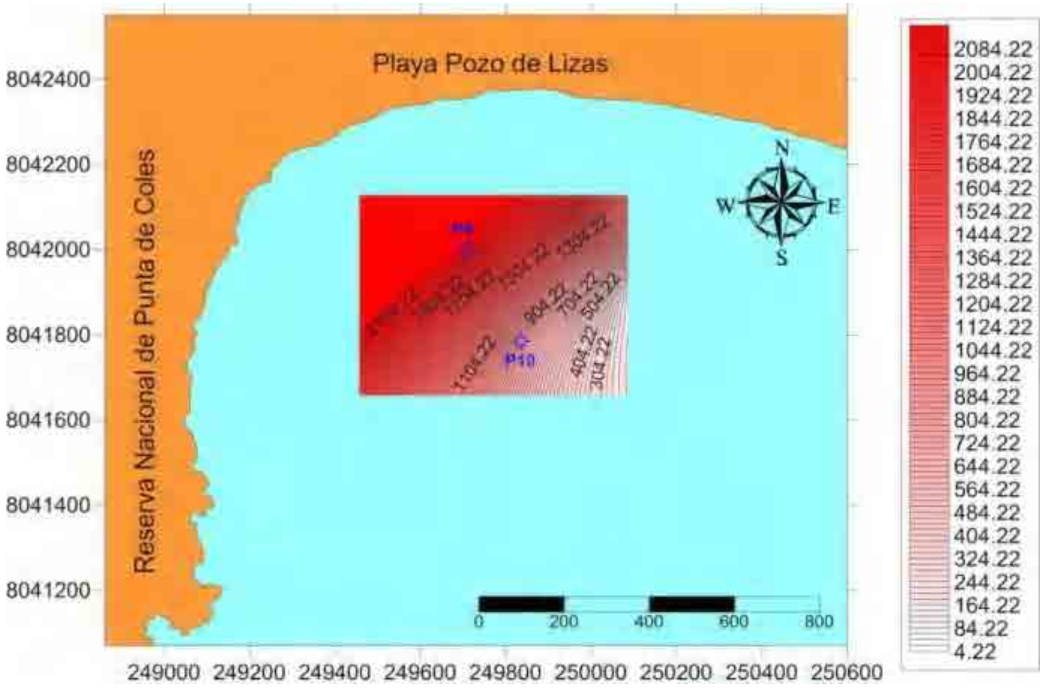


Gráfico Nº 100: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

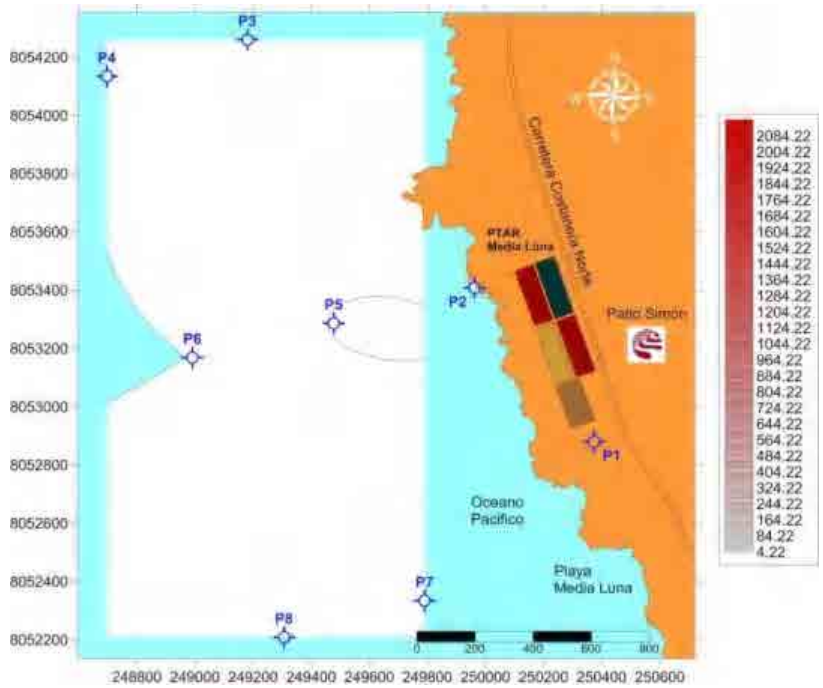


Gráfico Nº 101: Dispersión Espacial Superficial de Diatomeas (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 102: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

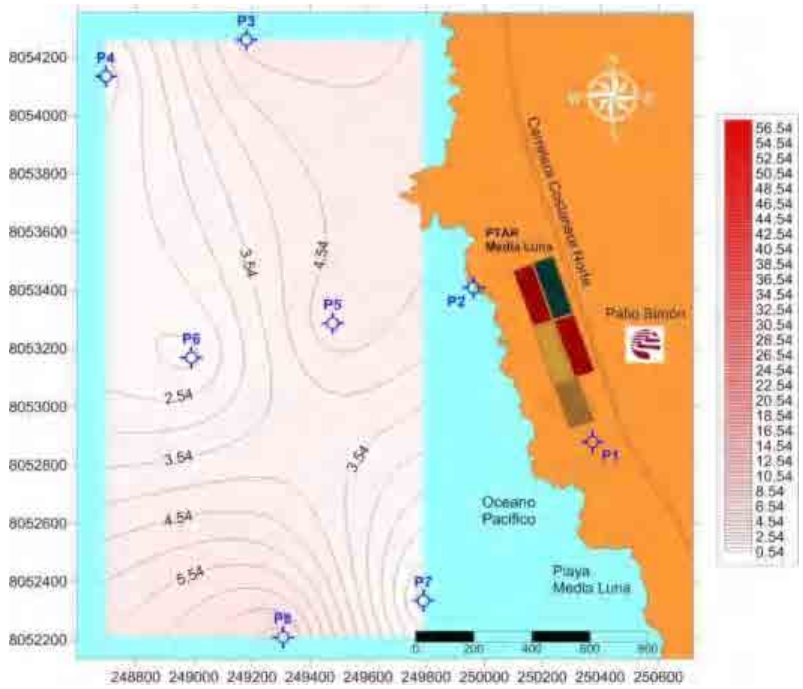


Gráfico Nº 103: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

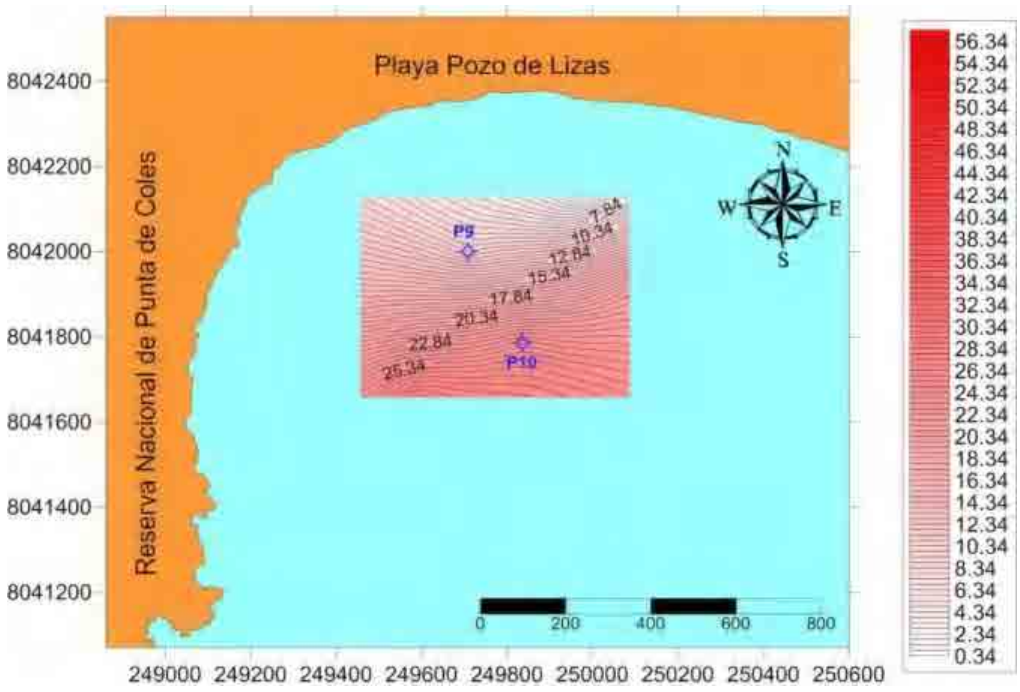


Gráfico Nº 104: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

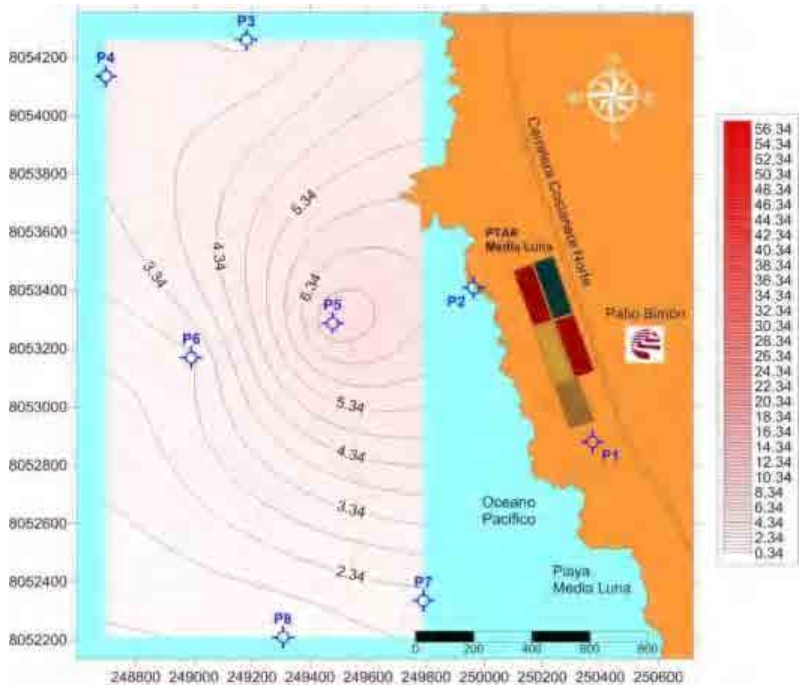


Gráfico Nº 105: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

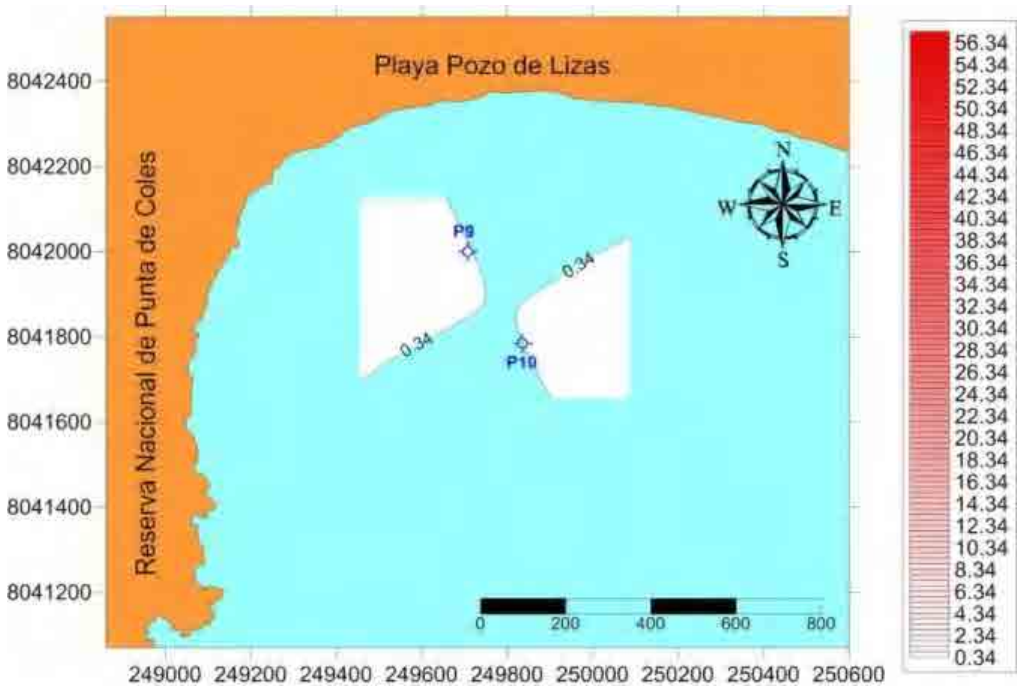


Gráfico Nº 106: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

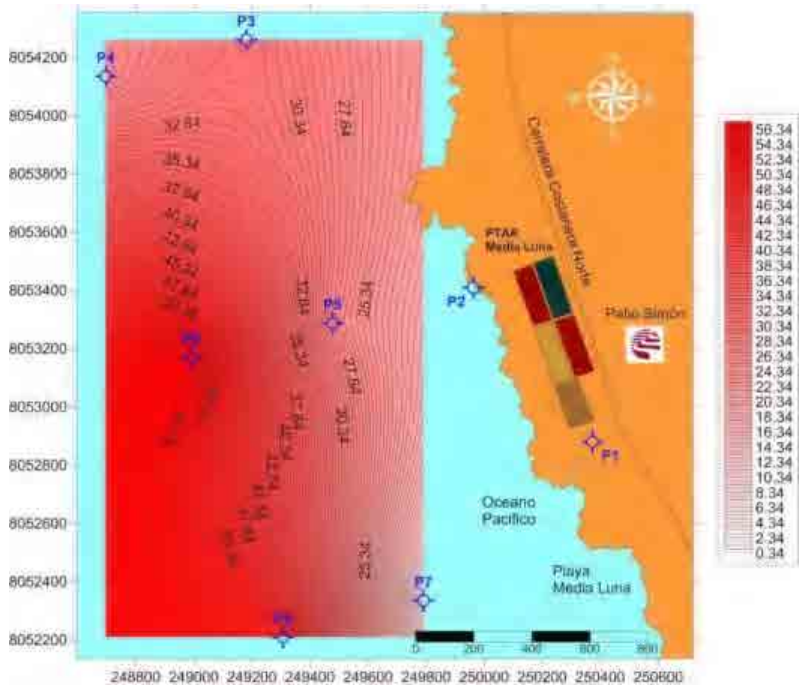


Gráfico Nº 107: Dispersión Espacial Superficial de Dinoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

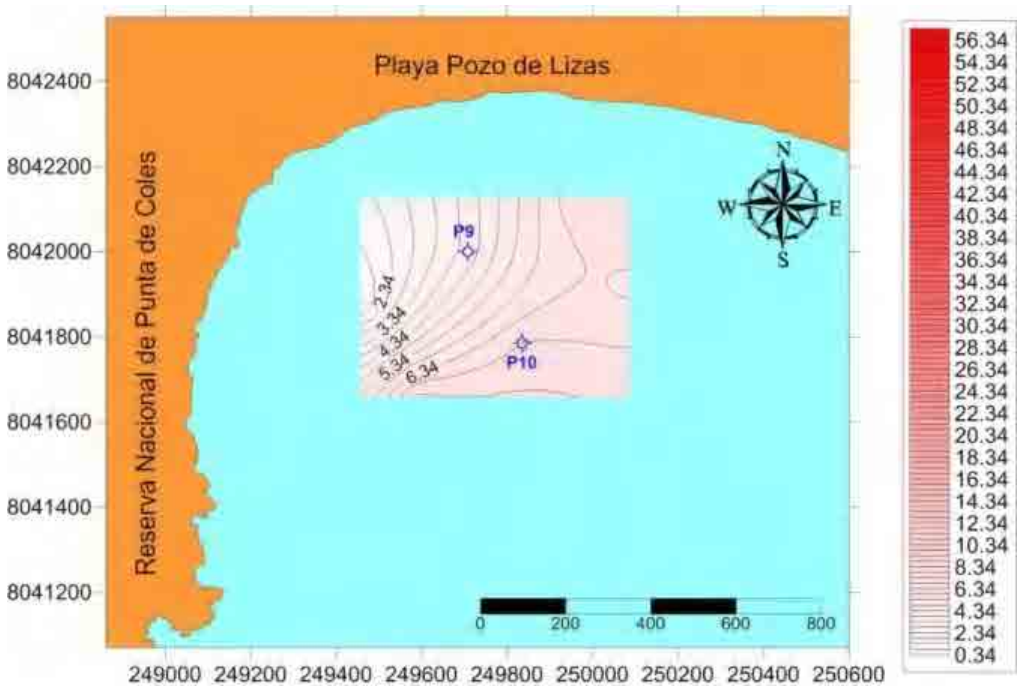


Gráfico Nº 108: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

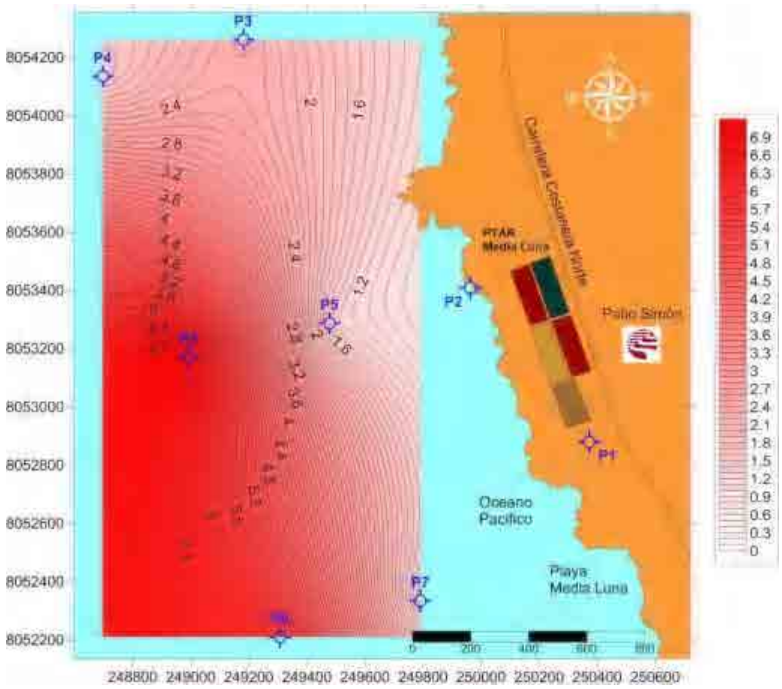


Gráfico Nº 109: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

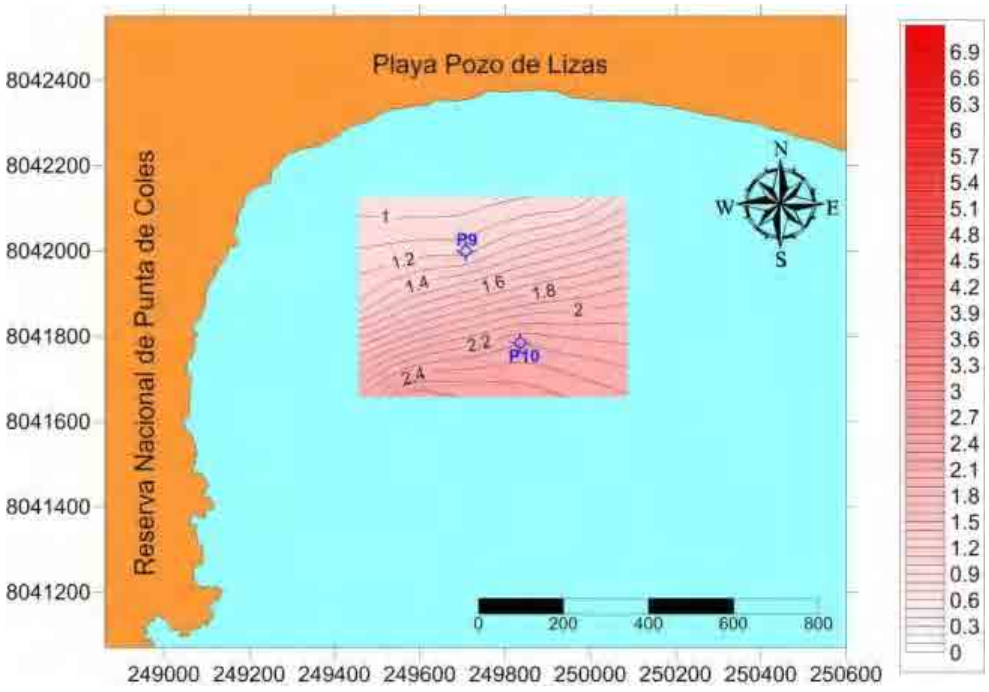


Gráfico Nº 110: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

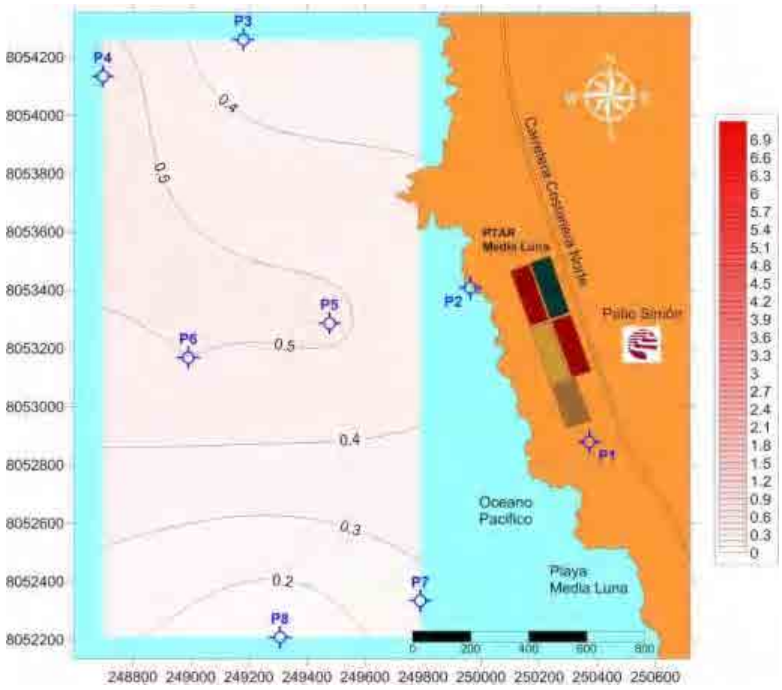


Gráfico Nº 111: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

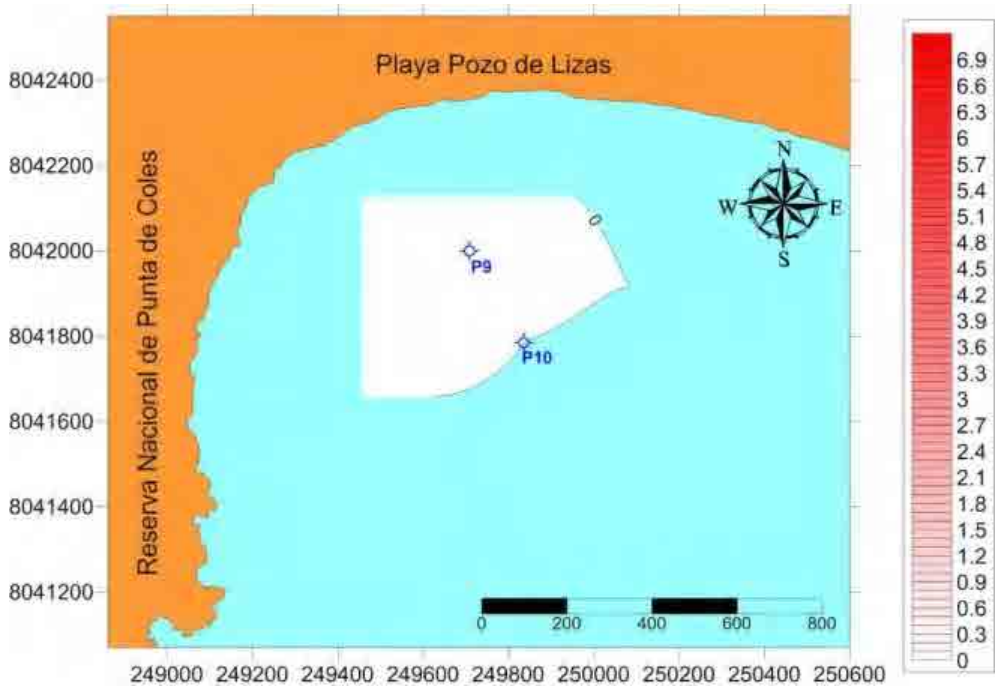


Gráfico Nº 112: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

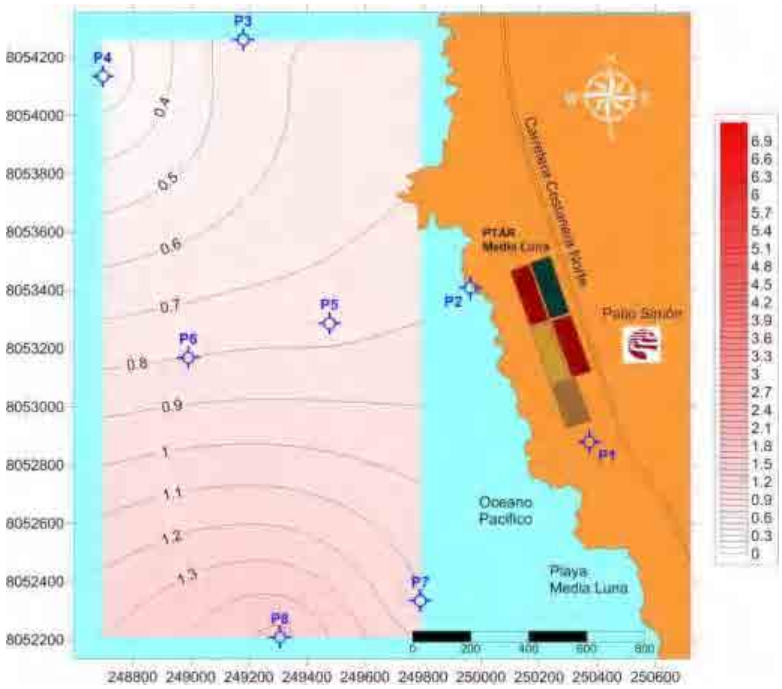


Gráfico Nº 113: Dispersión Espacial Superficial de Silicoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

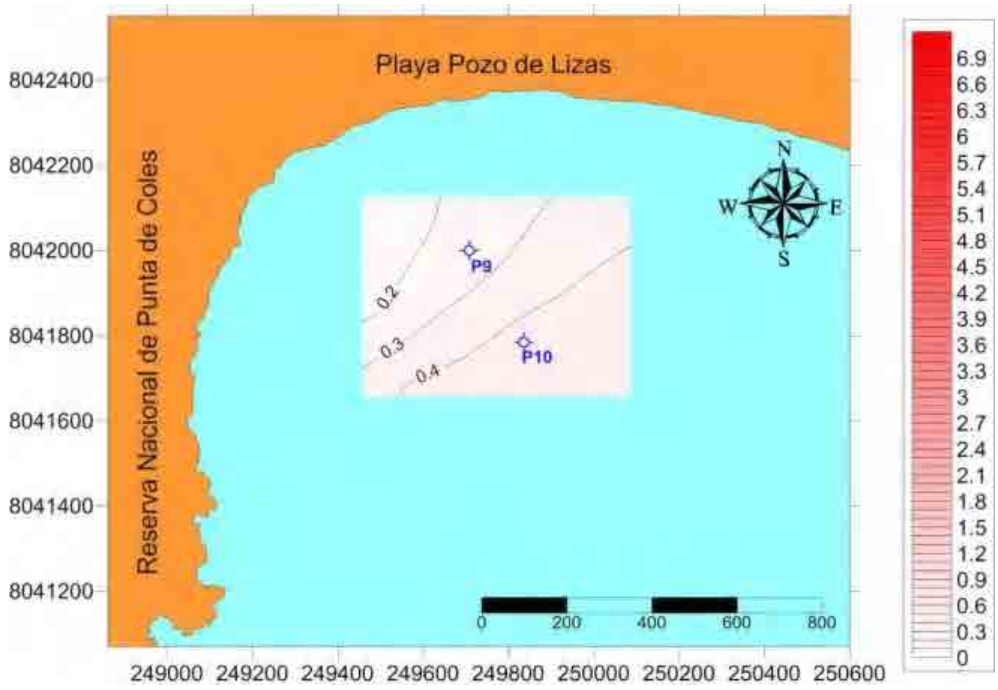


Gráfico Nº 114: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

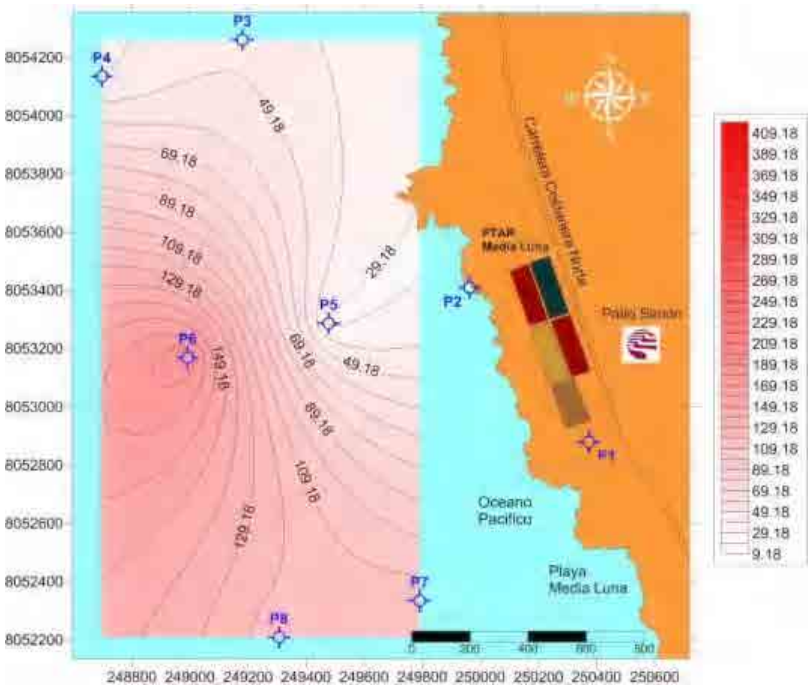


Gráfico Nº 115: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia

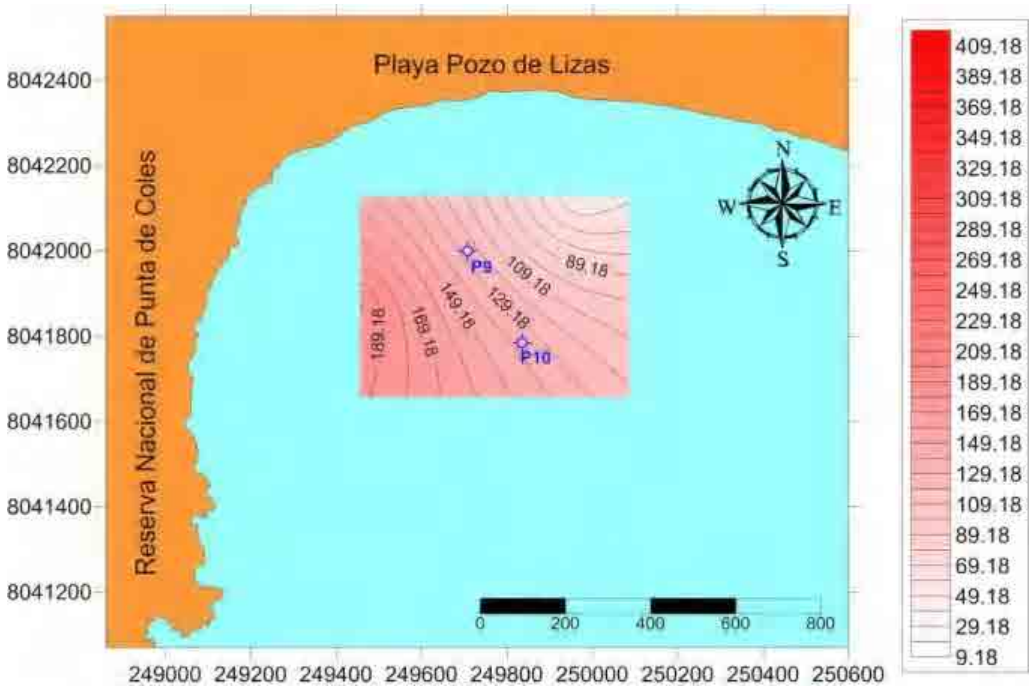


Gráfico Nº 116: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

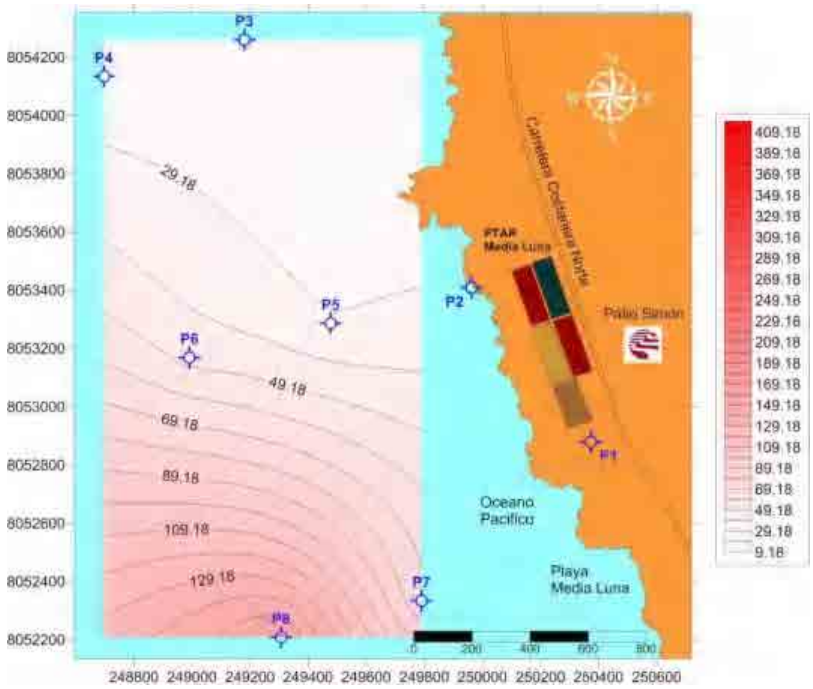


Gráfico Nº 117: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

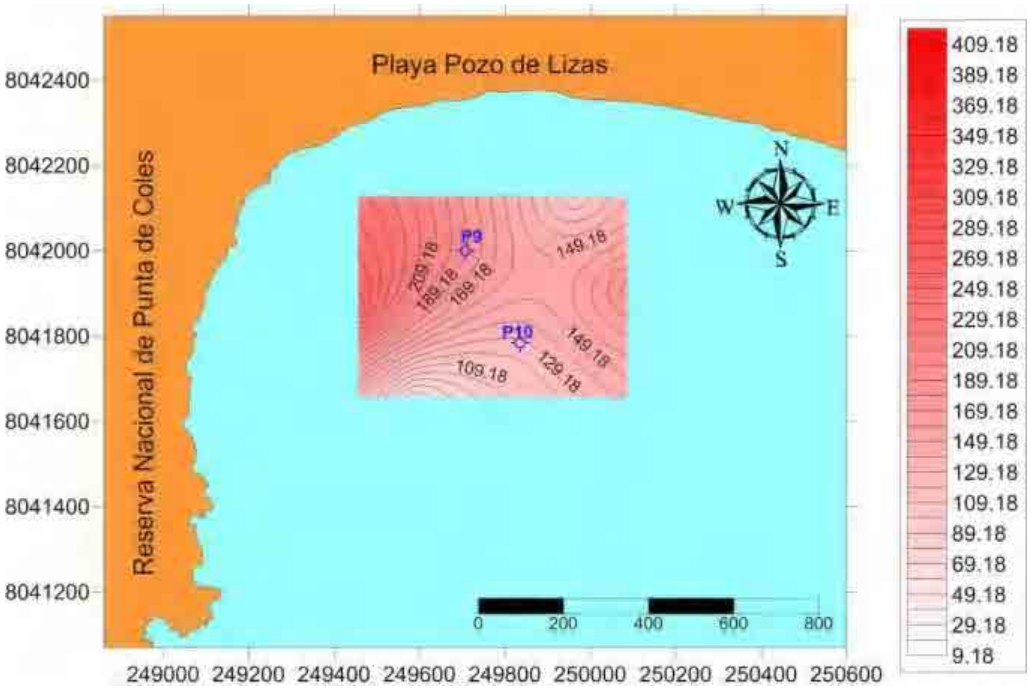


Gráfico Nº 118: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

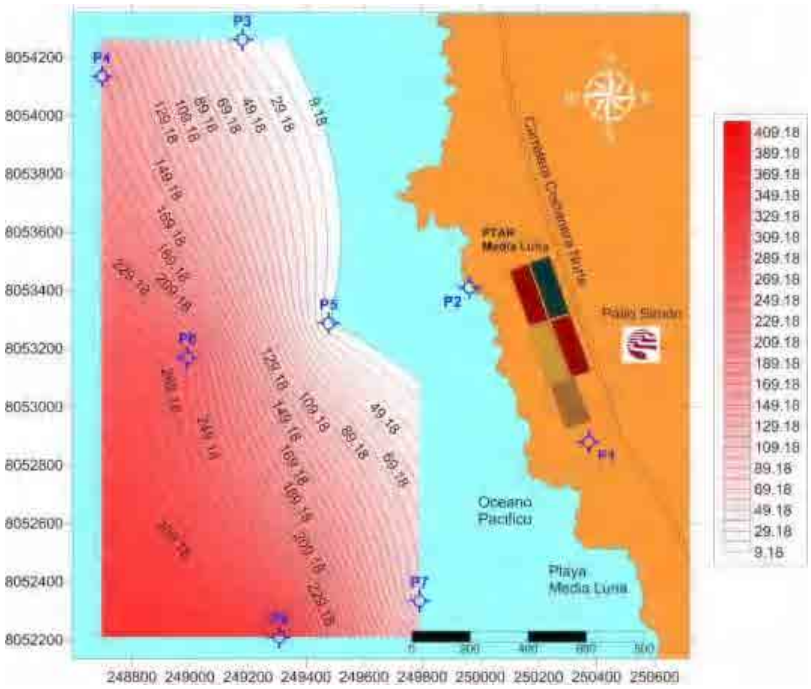


Gráfico Nº 119: Dispersión Espacial Superficial de Fitoflagelados (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

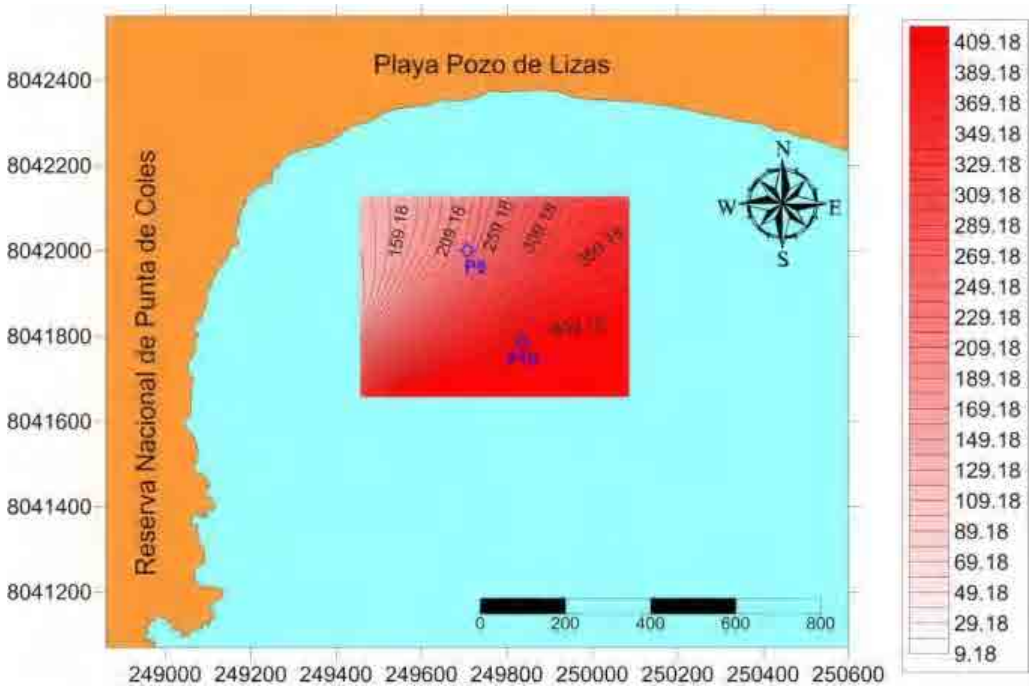


Gráfico Nº 120: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-07-10) – Elaboración Propia

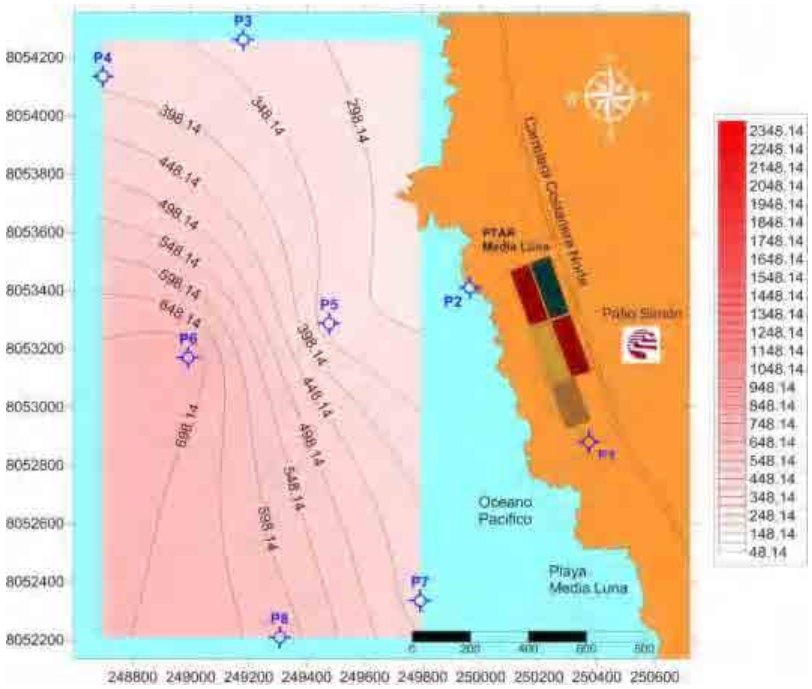


Gráfico Nº 121: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-07-10) – Elaboración Propia



Gráfico Nº 122: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-09-29) – Elaboración Propia

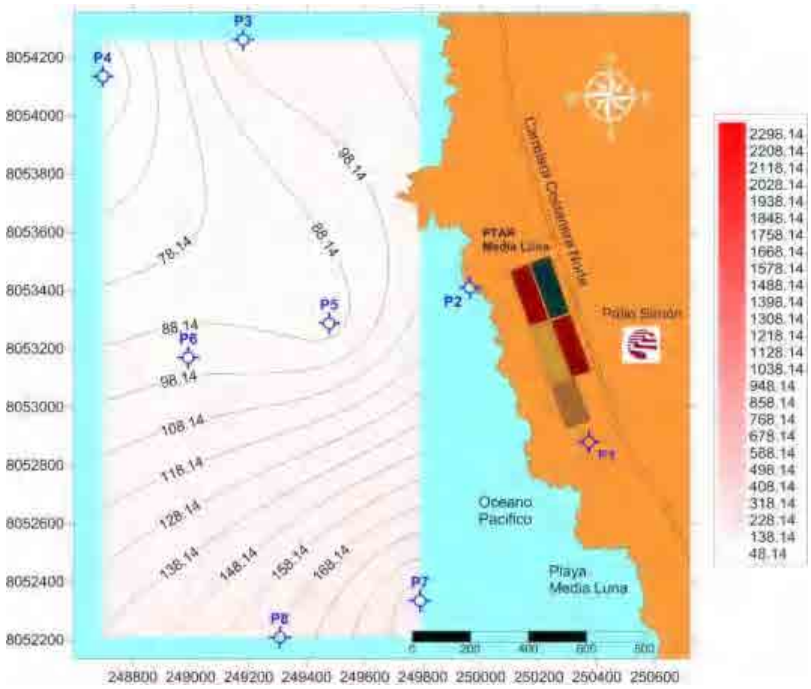


Gráfico Nº 123: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-09-29) – Elaboración Propia

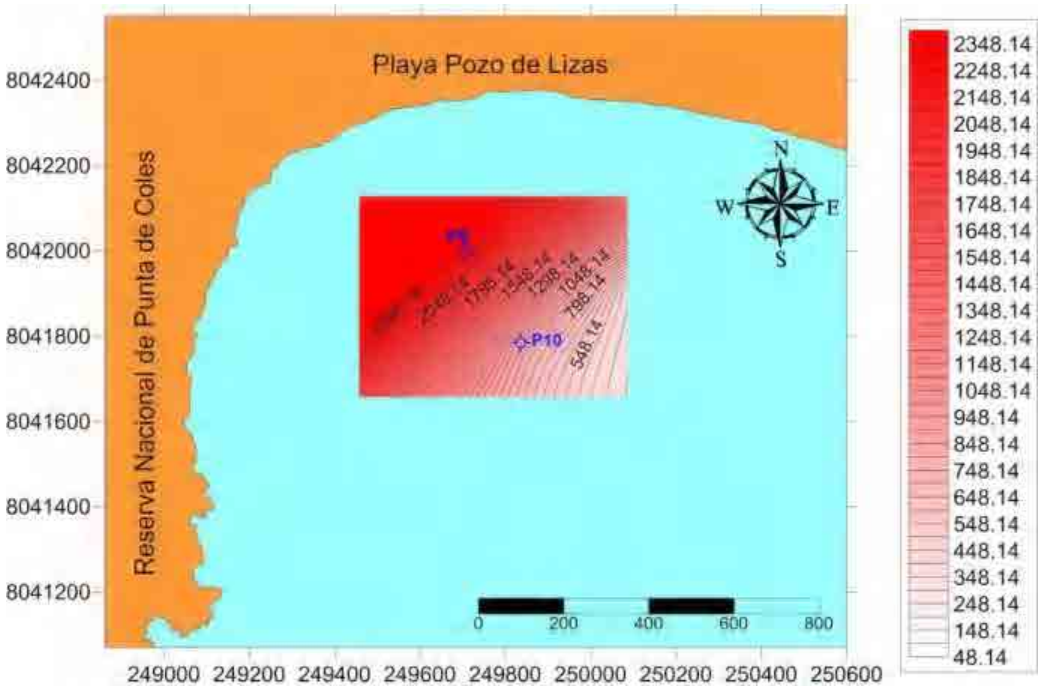


Gráfico Nº 124: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Media Luna (2015-12-05) – Elaboración Propia

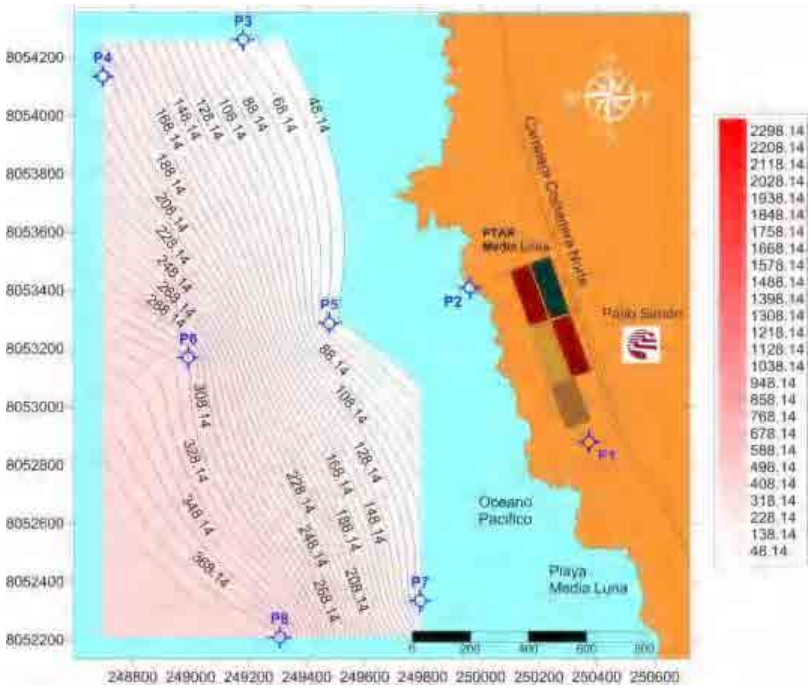


Gráfico Nº 125: Dispersión Espacial Superficial de Fitoplancton (Organismos/mL) – Playa Pozo de Lizas (2015-12-05) – Elaboración Propia

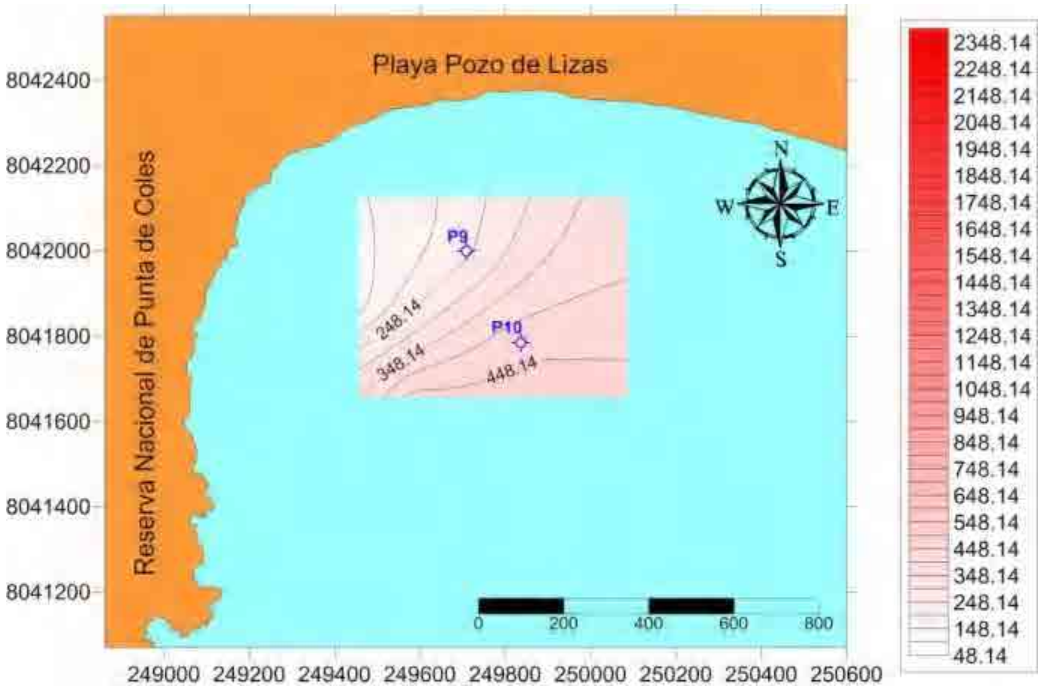


Gráfico Nº 126: Análisis de Similaridad de Jaccard – Promedios Primer Monitoreo (2015-07-10) – Elaboración Propia

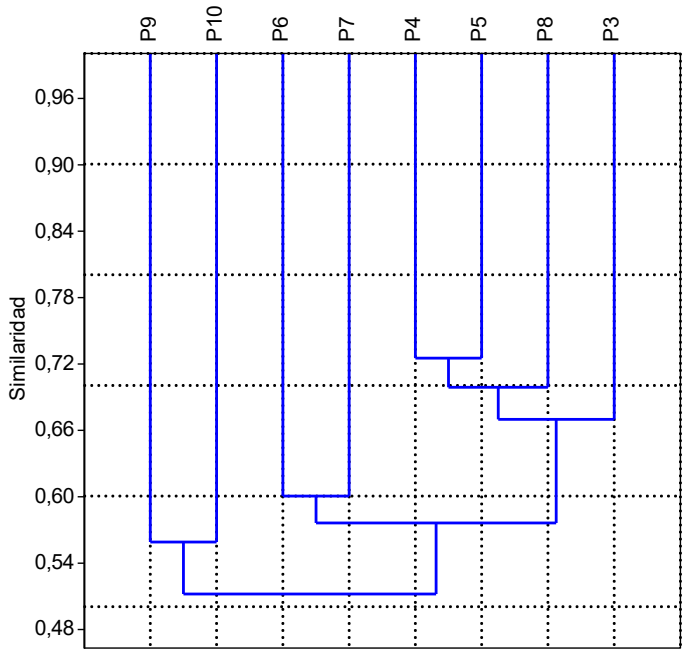


Gráfico Nº 127: Análisis de Similaridad de Jaccard – Sumatorias Primer Monitoreo (2015-07-10) – Elaboración Propia

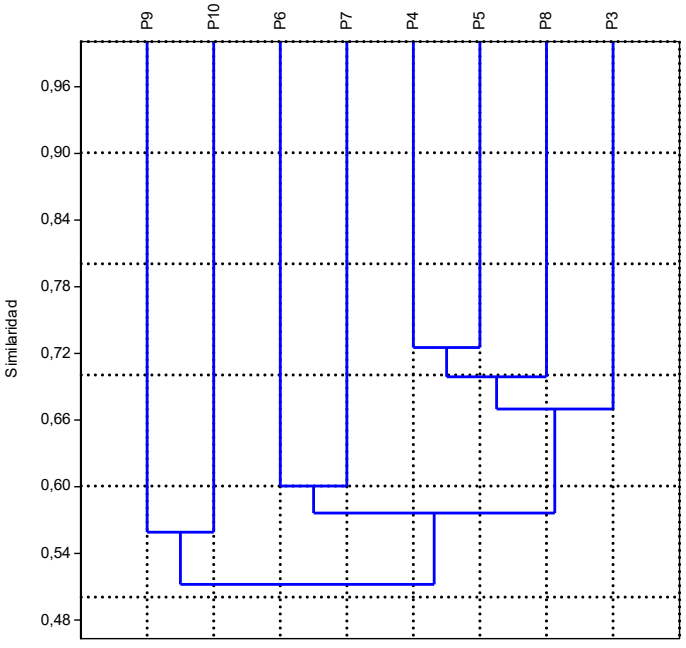


Gráfico Nº 128: Análisis de Similaridad de Jaccard – Promedios Segundo Monitoreo (2015-09-29) – Elaboración Propia

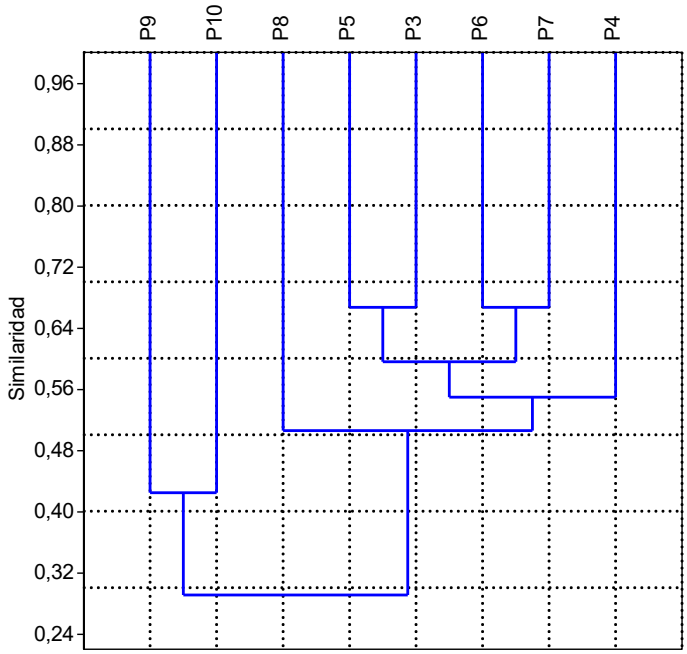


Gráfico Nº 129: Análisis de Similaridad de Jaccard – Sumatorias Segundo Monitoreo (2015-09-29) – Elaboración Propia

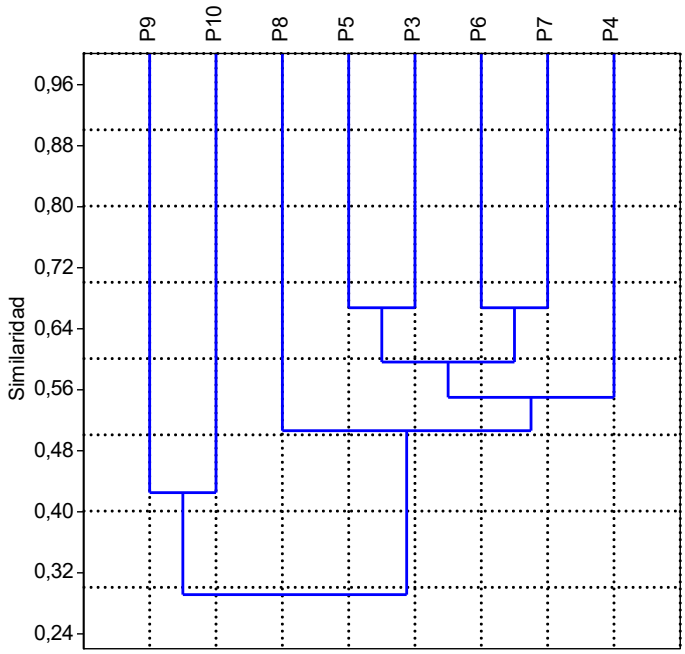


Gráfico Nº 130: Análisis de Similaridad de Jaccard – Promedios Tercer Monitoreo (2015-12-05) – Elaboración Propia

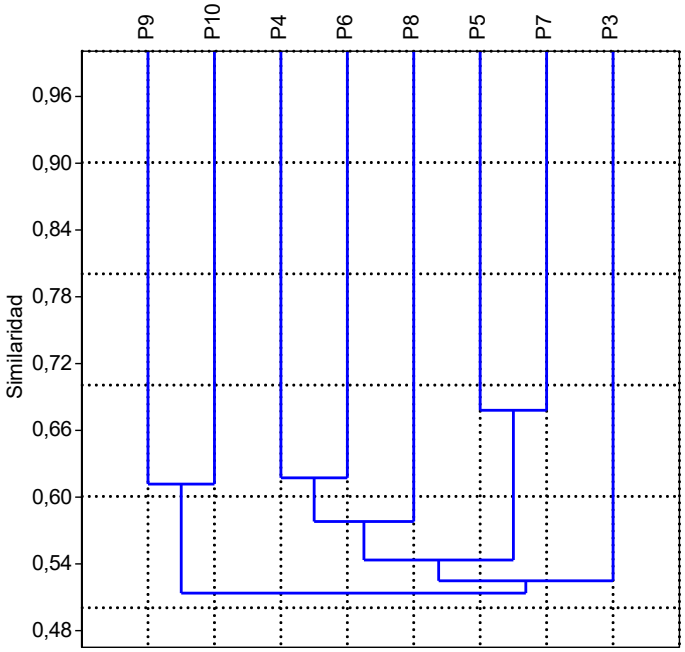


Gráfico Nº 131: Análisis de Similaridad de Jaccard – Sumatorias Tercer Monitoreo (2015-12-05) – Elaboración Propia

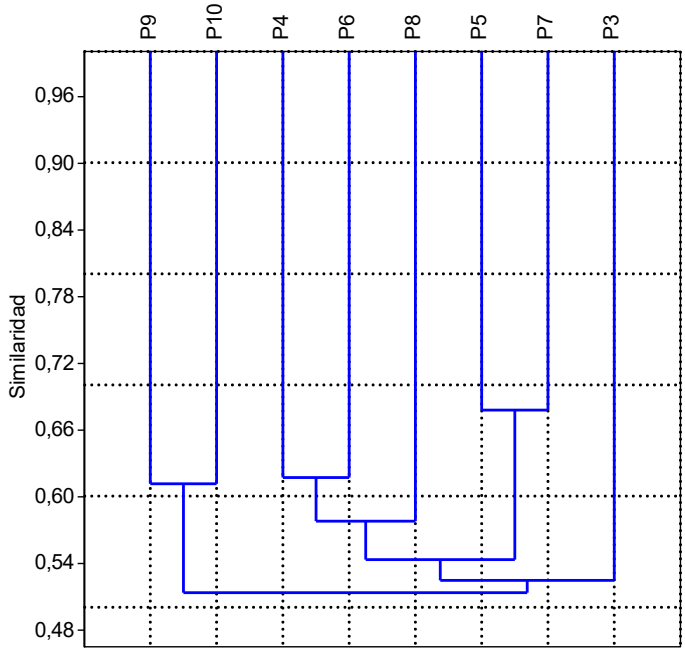


Gráfico Nº 132: Composición Fitoplanctónica Promedio por Estaciones de Muestreo – Fuente: Elaboración Propia

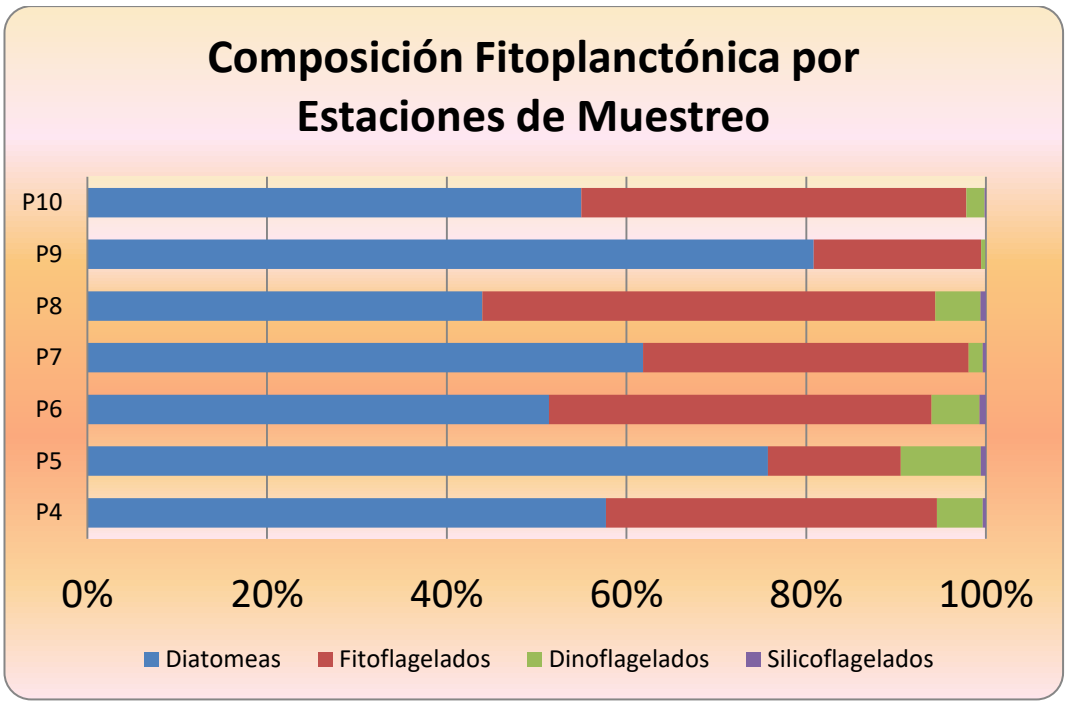


Gráfico Nº 133: Composición Fitoplanctónica – Primer Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

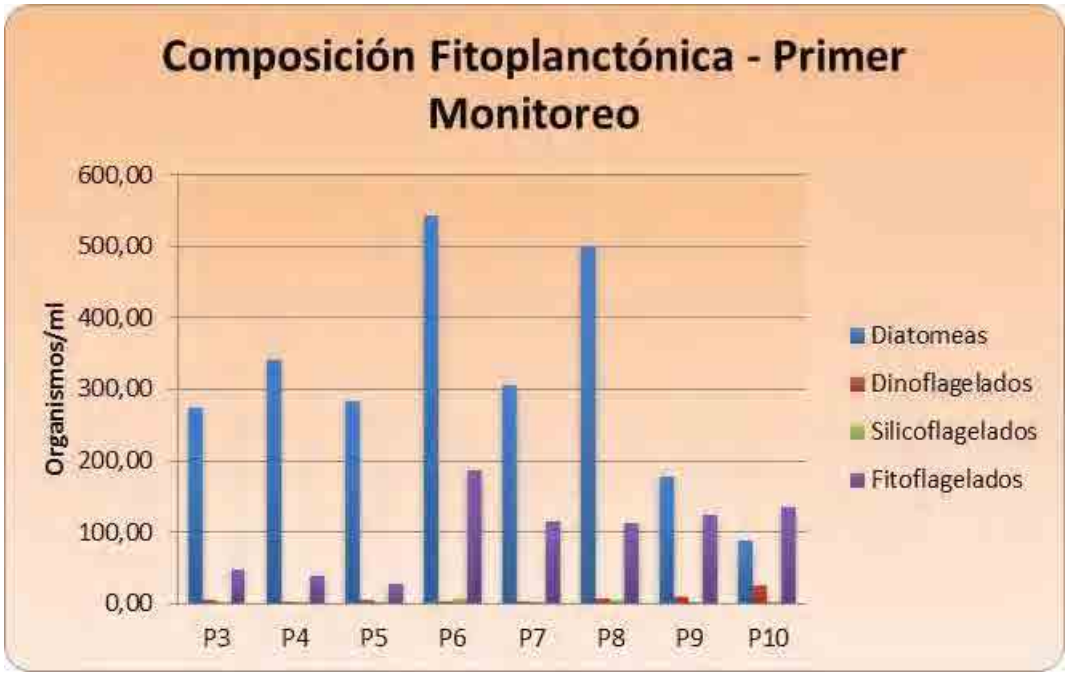


Gráfico Nº 134: Composición Fitoplanctónica – Segundo Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

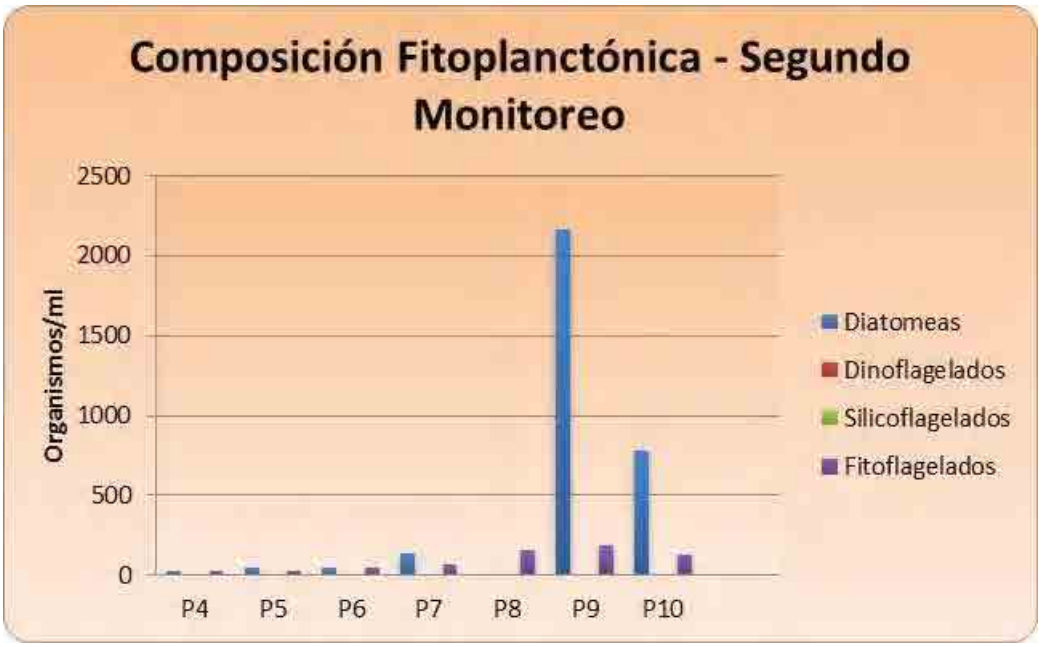


Gráfico Nº 135: Composición Fitoplanctónica – Tercer Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

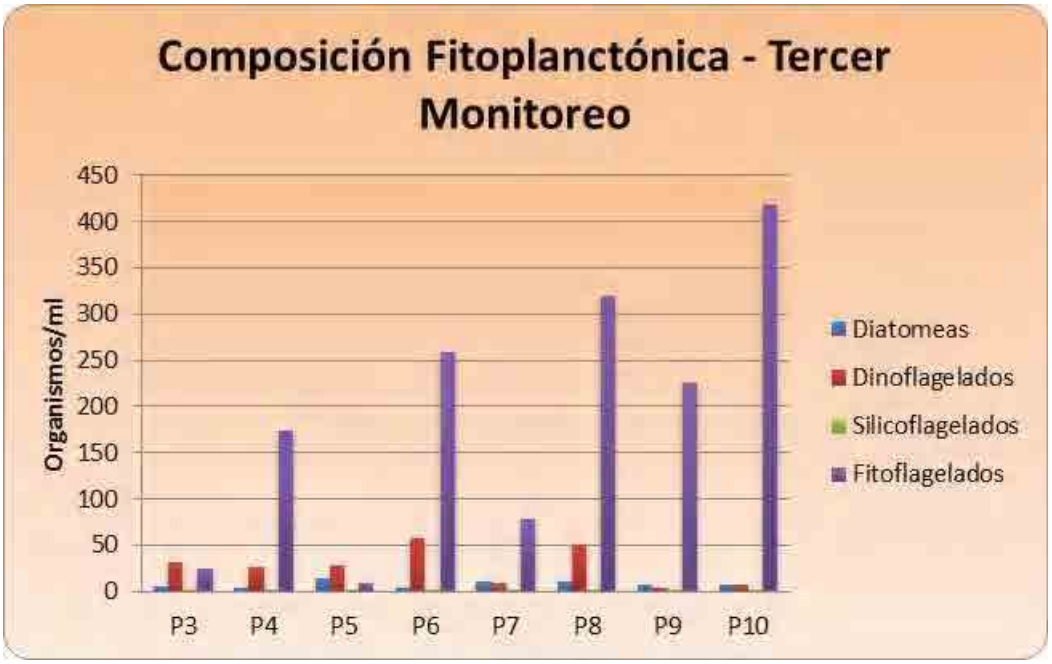


Gráfico Nº 136: Distribución de Fitoplancton por Especies – Primer Monitoreo – Fuente: Elaboración Propia

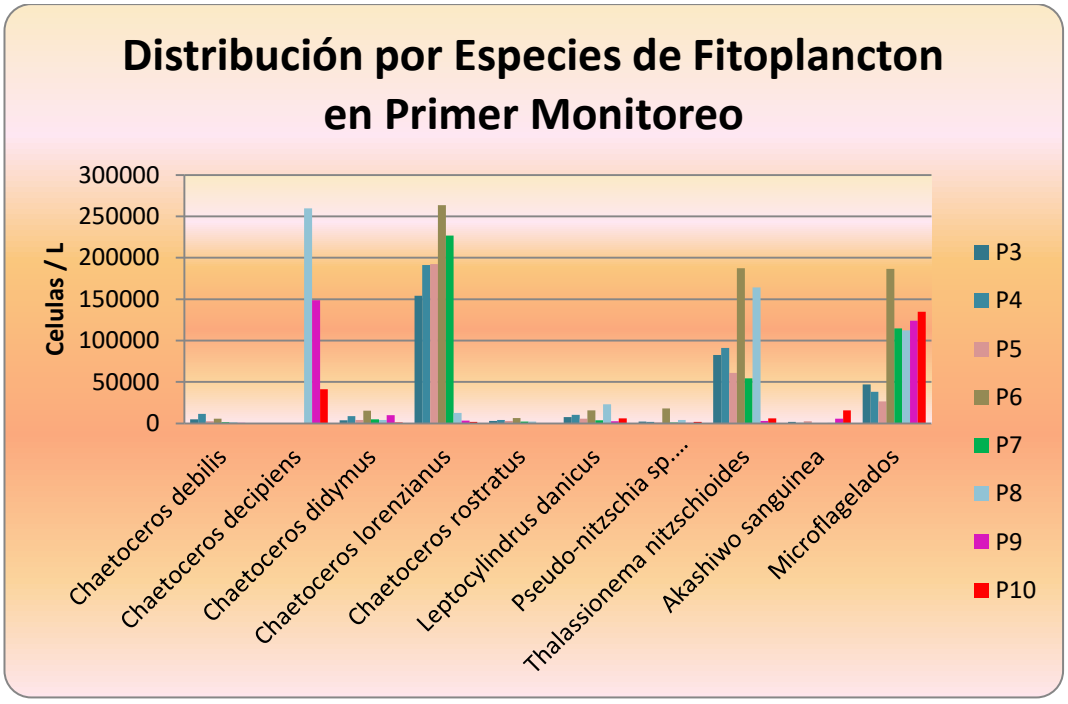


Gráfico Nº 137: Distribución de Fitoplancton por Especies – Segundo Monitoreo – Fuente: Elaboración Propia

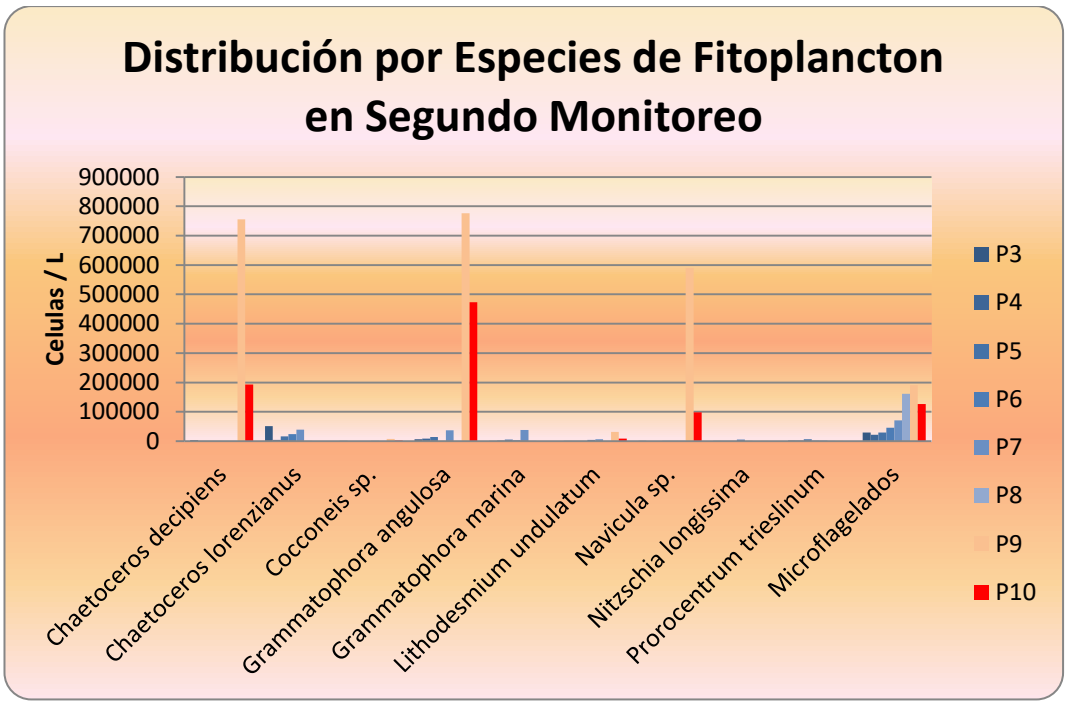


Gráfico Nº 138: Distribución de Fitoplancton por Especies – Tercer Monitoreo – Fuente: Elaboración Propia

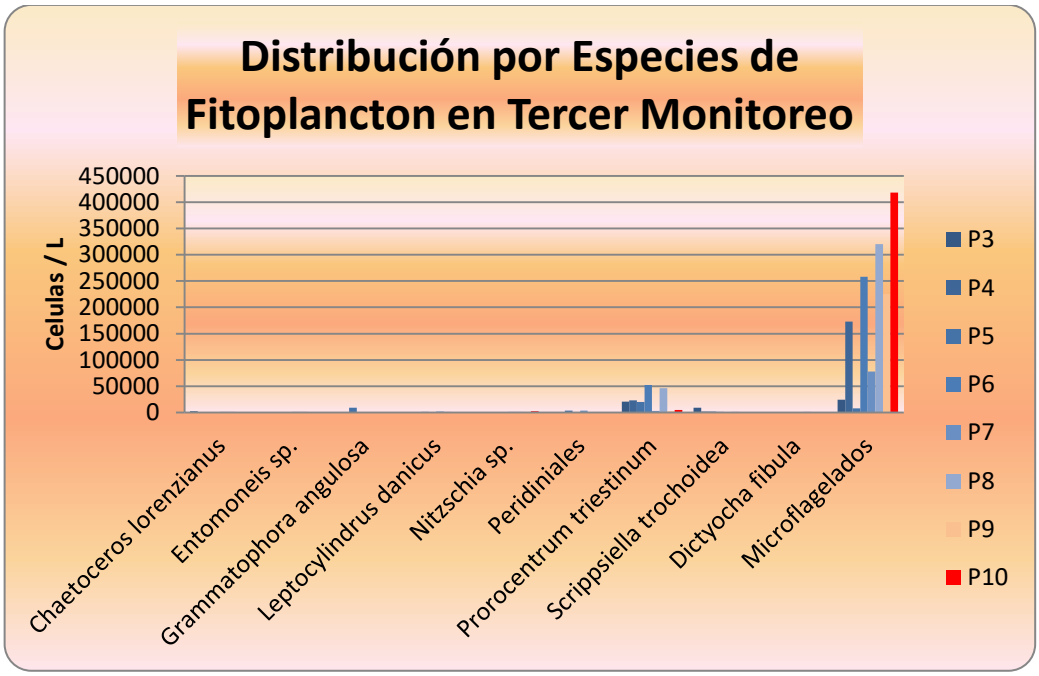


Gráfico Nº 139: Número de Especies Estimadas por Monitoreo – Elaboración Propia

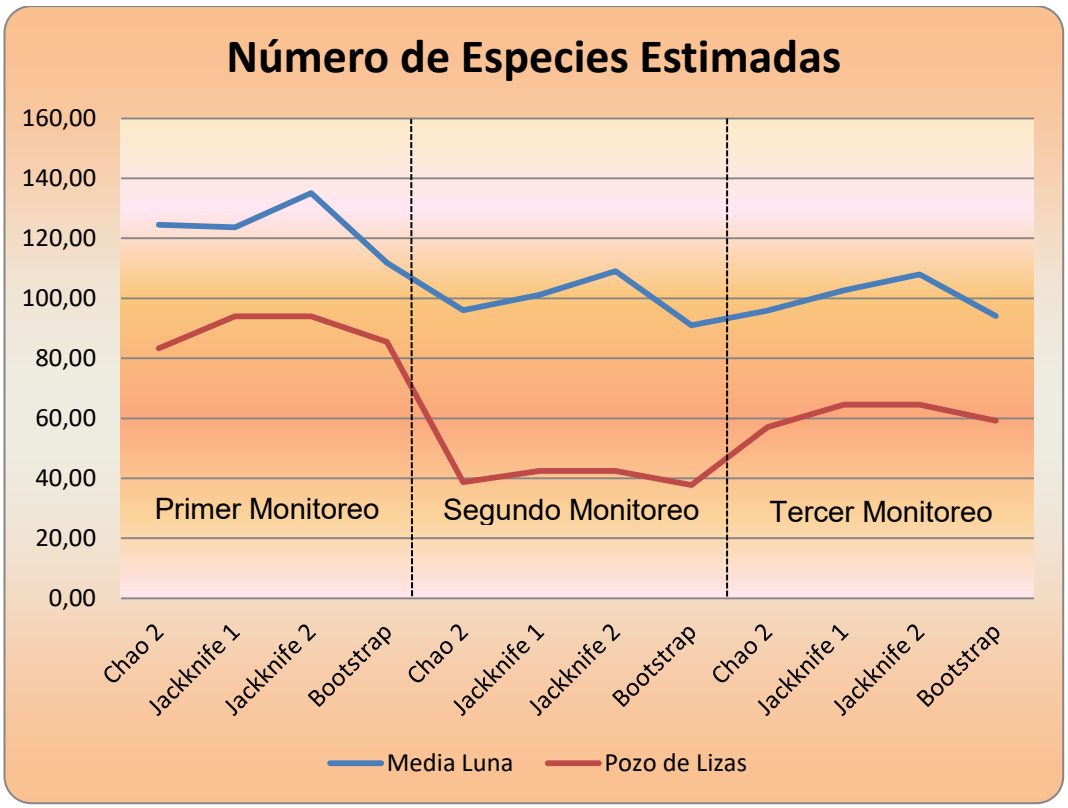


Gráfico Nº 140: Índice de Simpson – Primer Monitoreo – Elaboración Propia

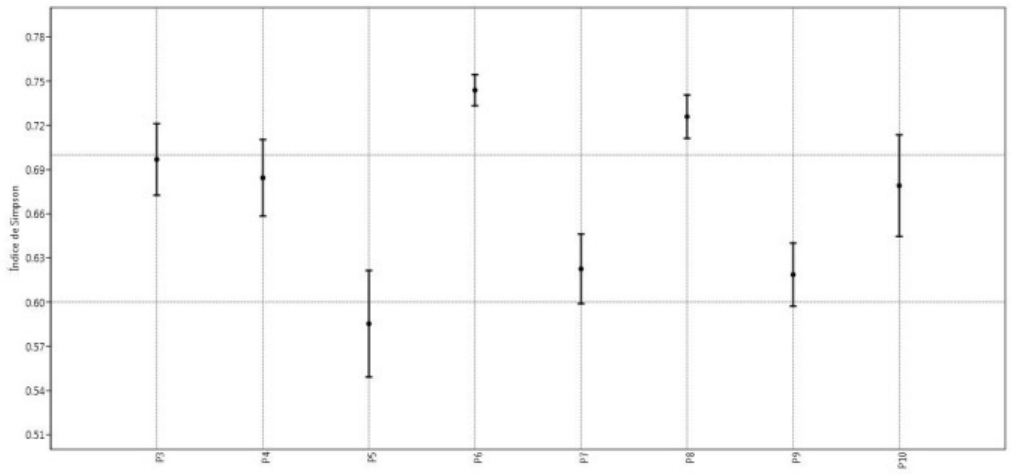


Gráfico Nº 141: Índice de Shannon – Primer Monitoreo – Elaboración Propia

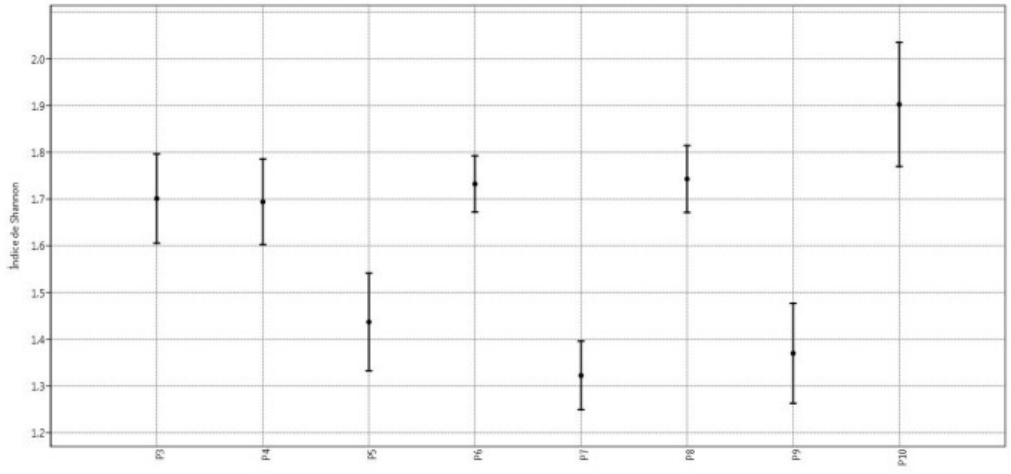


Gráfico Nº 142: Índice de Simpson – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia

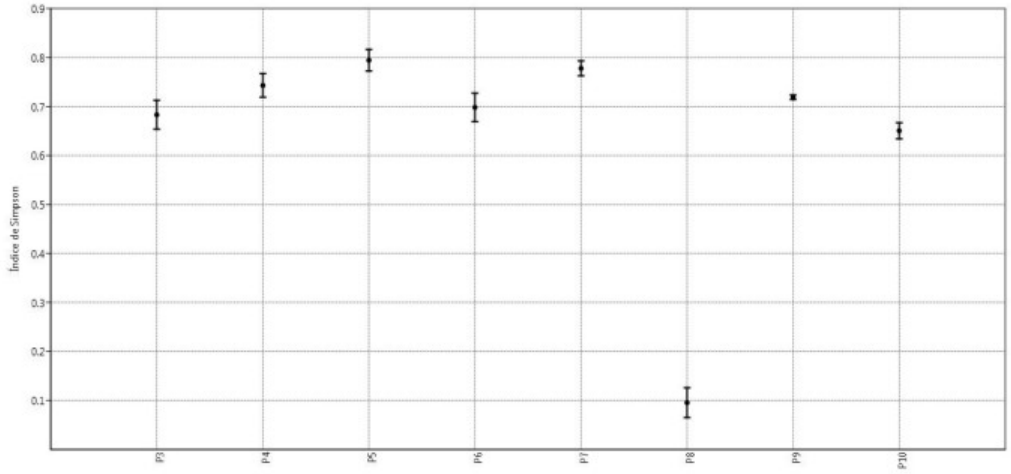


Gráfico Nº 143: Índice de Shannon – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia

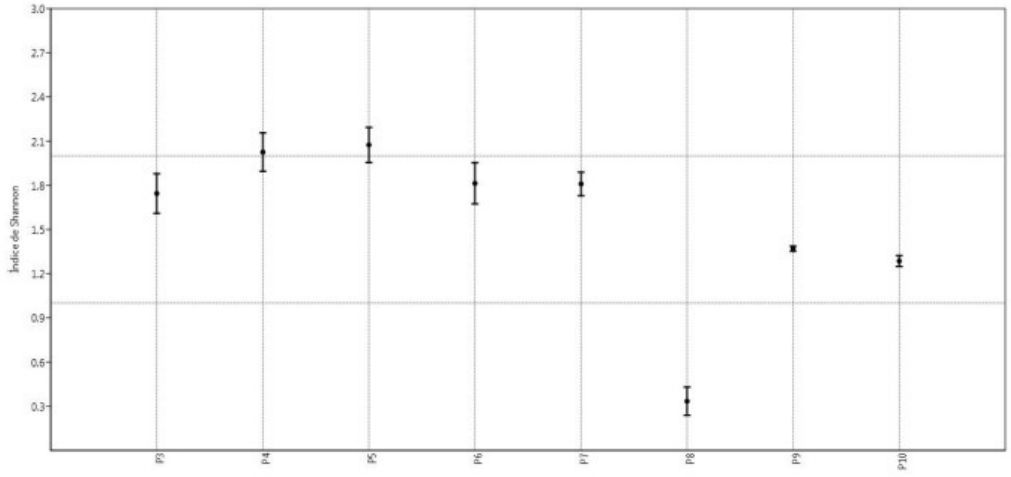


Gráfico Nº 144: Índice de Simpson – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia

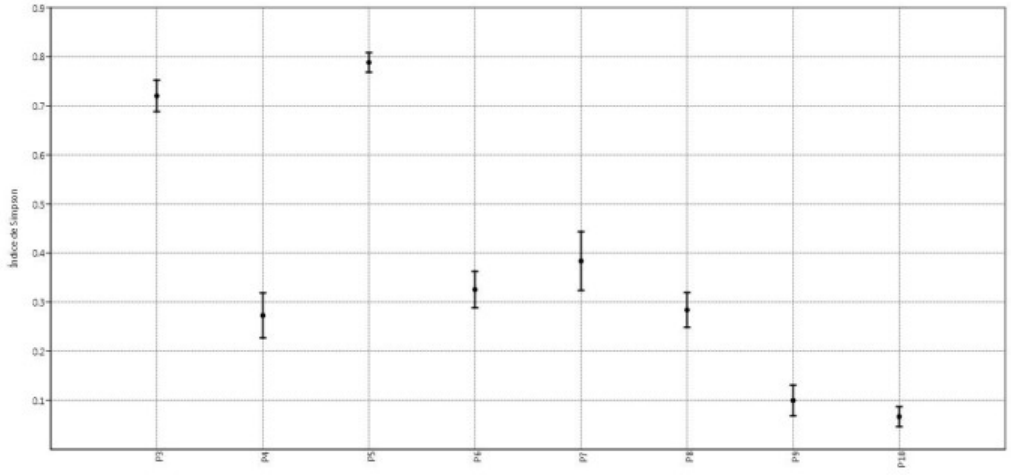


Gráfico Nº 145: Índice de Shannon – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia

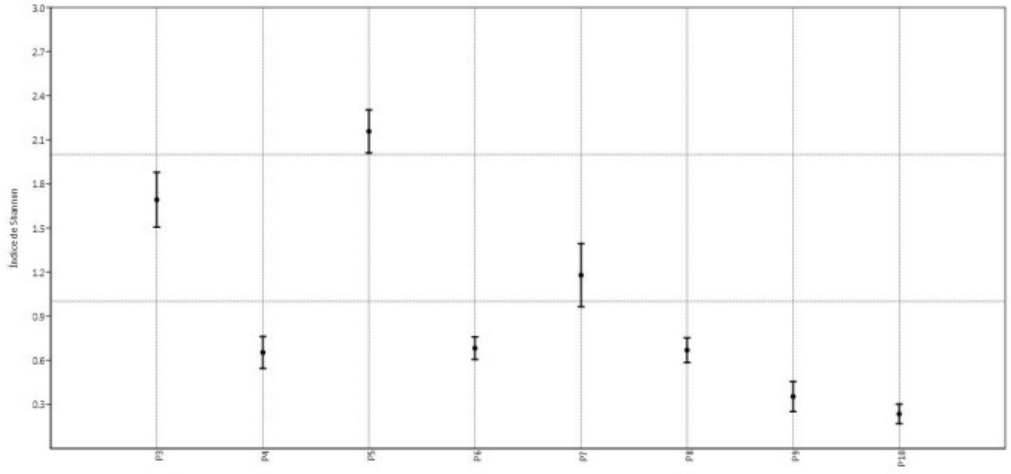


Gráfico Nº 146: Gráfico de Sedimentación – Primer Monitoreo – Elaboración Propia

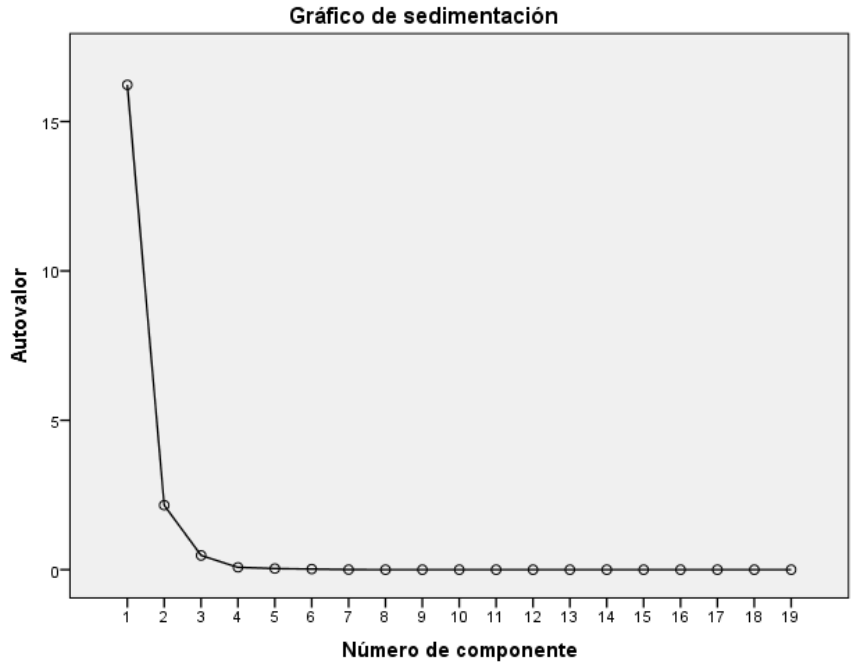


Gráfico Nº 147: Gráfico de Componentes en Espacio Rotado – Primer Monitoreo – Elaboración Propia

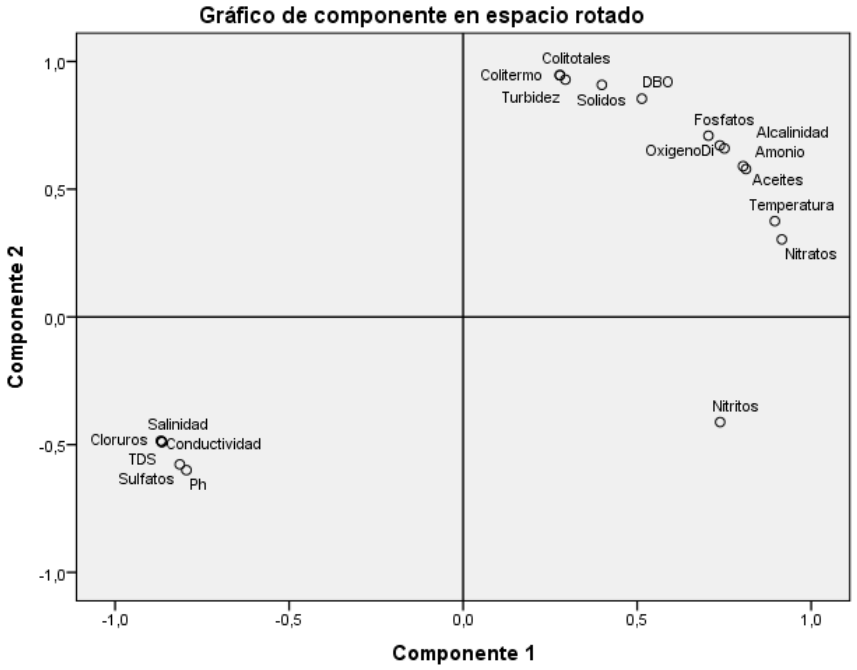


Gráfico Nº 148: Gráfico de Sedimentación – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia

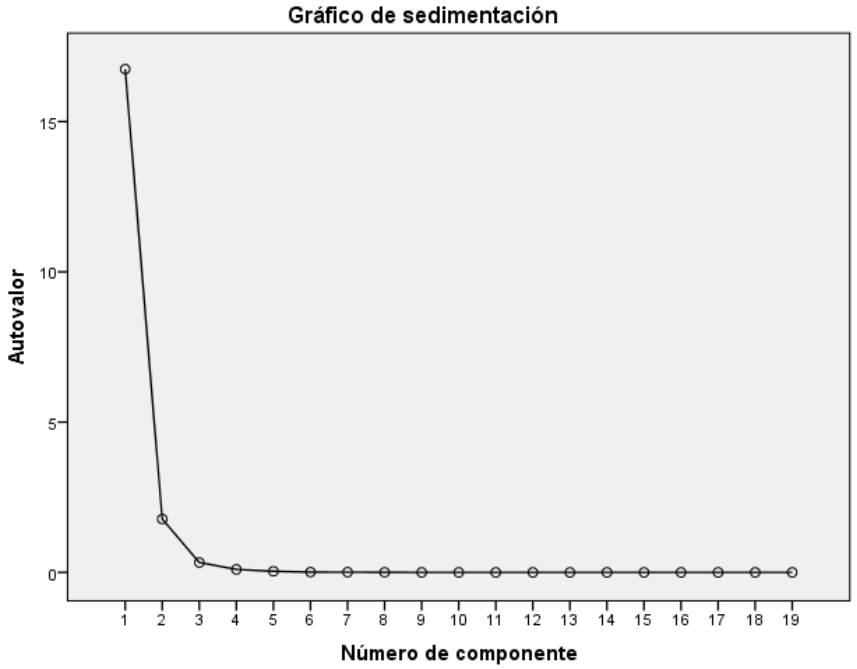


Gráfico Nº 149: Gráfico de Componentes en Espacio Rotado – Segundo Monitoreo – Elaboración Propia

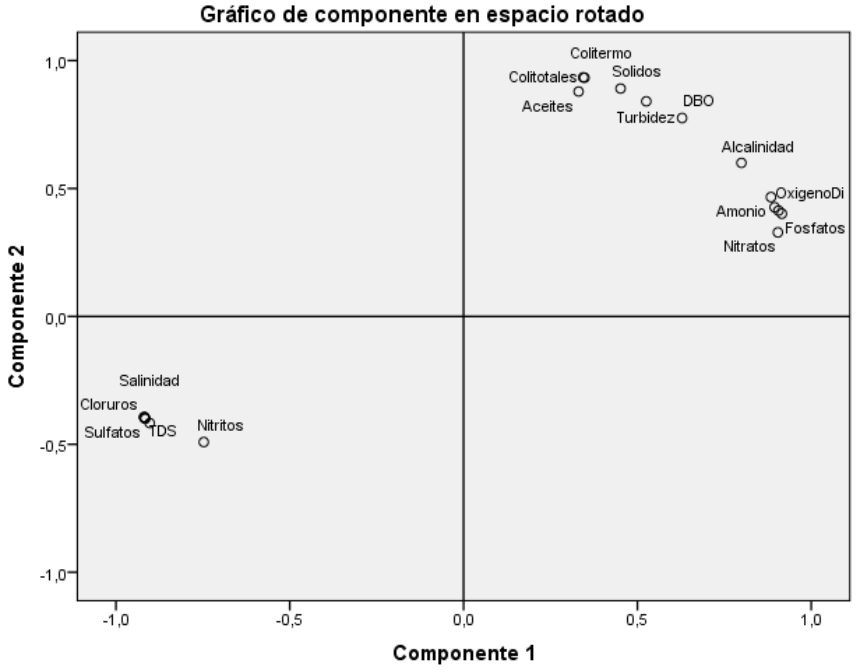


Gráfico Nº 150: Gráfico de Sedimentación – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia

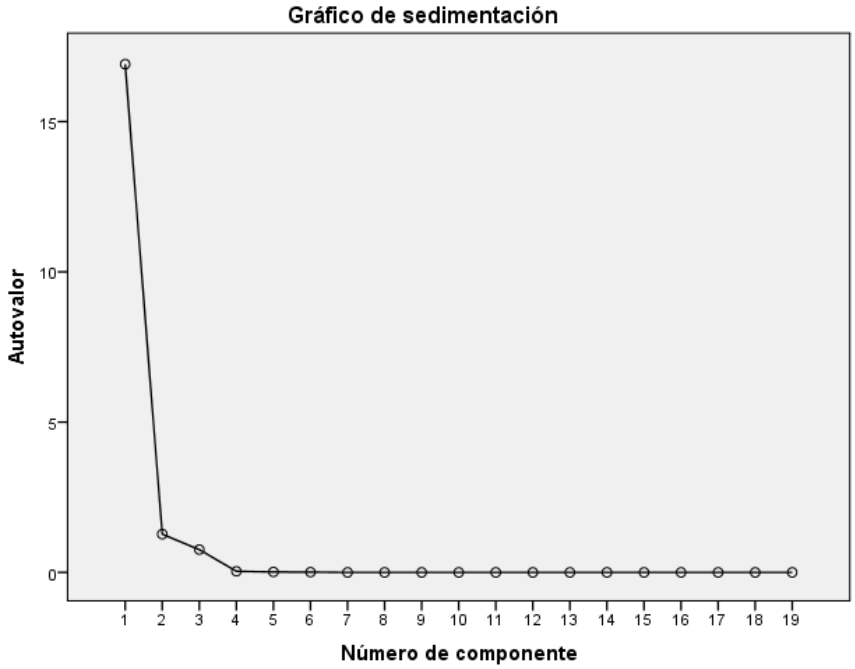


Gráfico Nº 151: Gráfico de Componentes en Espacio Rotado – Tercer Monitoreo – Elaboración Propia

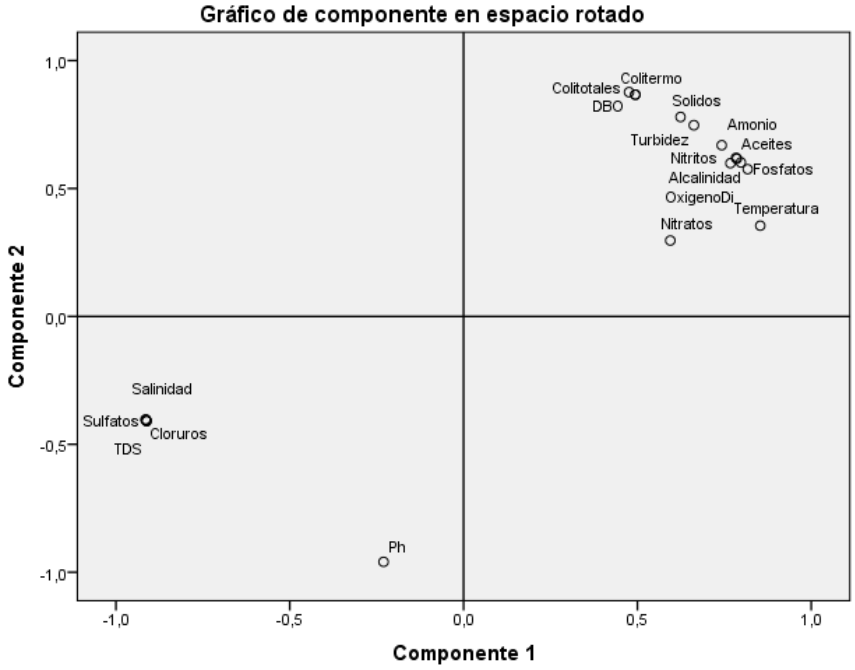


Gráfico Nº 152: Dilución del Efluente – Primer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

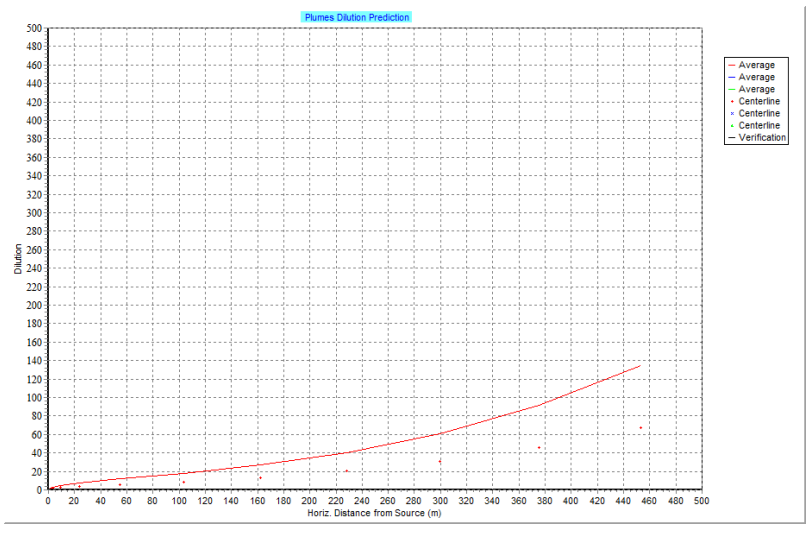


Gráfico Nº 153: Espesor de la Pluma – Primer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

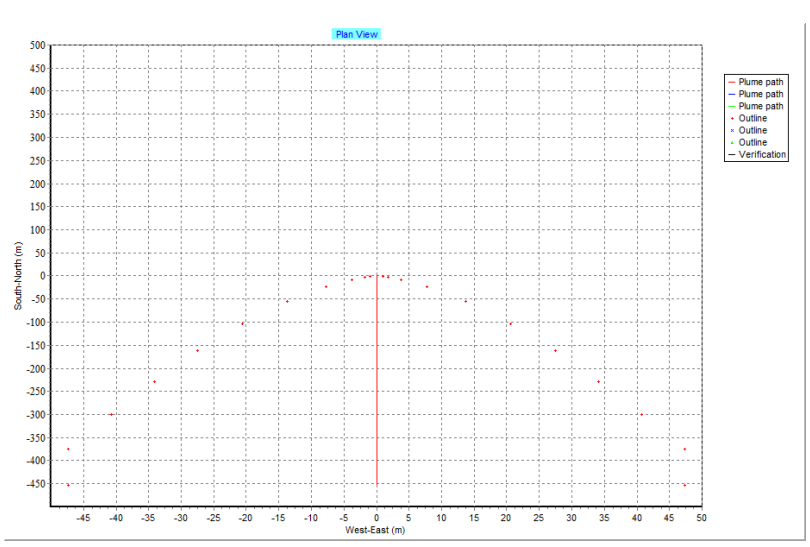


Gráfico Nº 154: Profundidad de la Pluma – Primer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

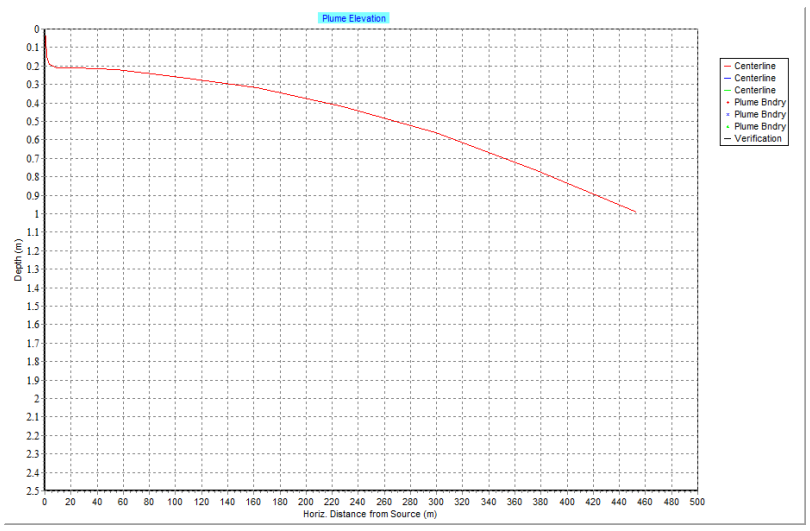


Gráfico Nº 155: Dilución del Efluente – Primer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

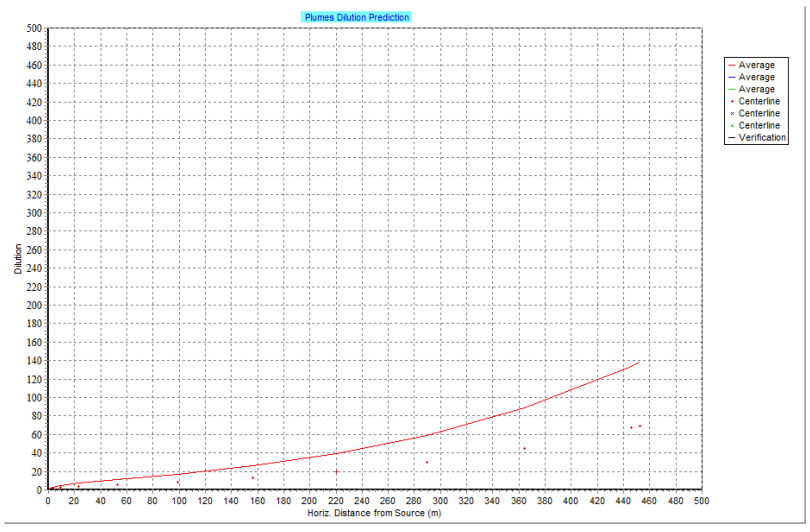


Gráfico Nº 156: Espesor de la Pluma – Primer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

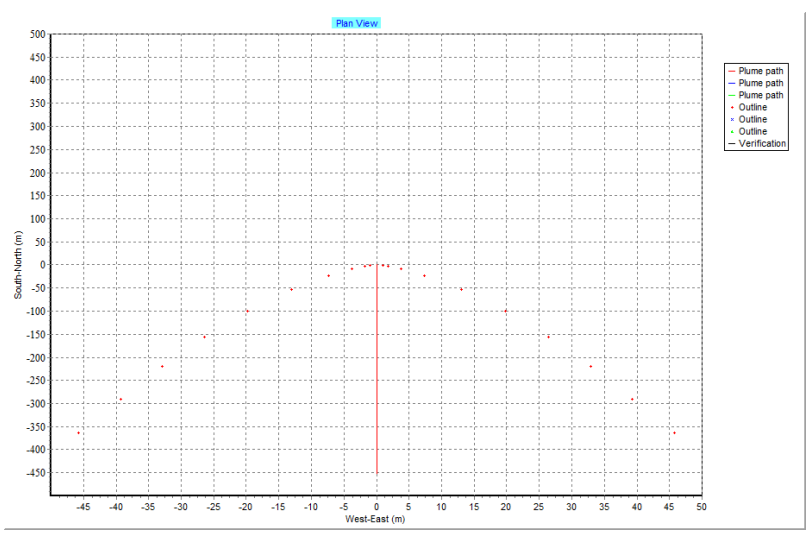


Gráfico Nº 157: Profundidad de la Pluma – Primer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

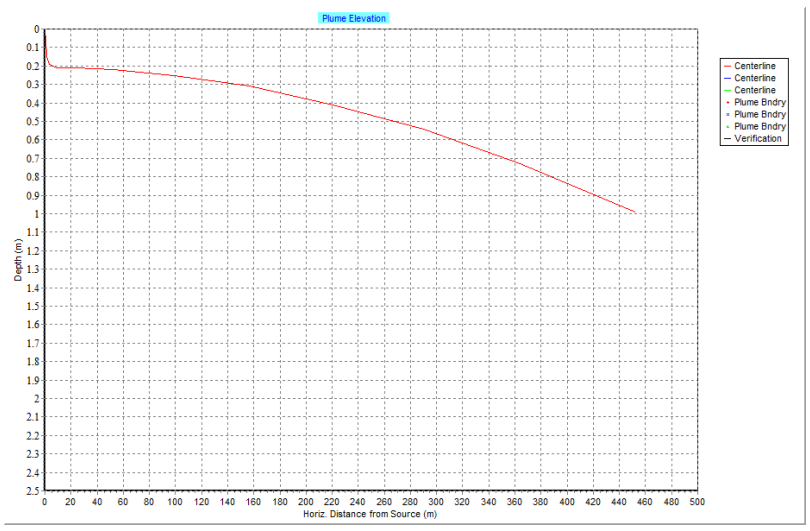


Gráfico Nº 158: Dilución del Efluente – Segundo Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

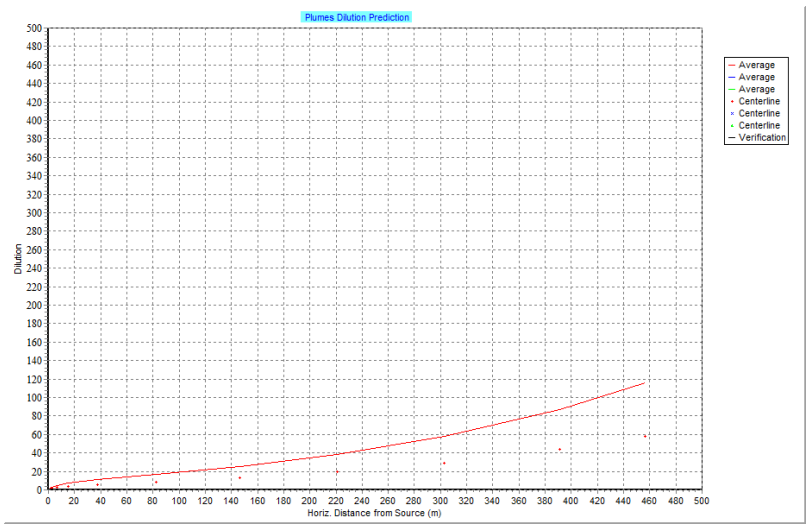


Gráfico Nº 159: Espesor de la Pluma – Segundo Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

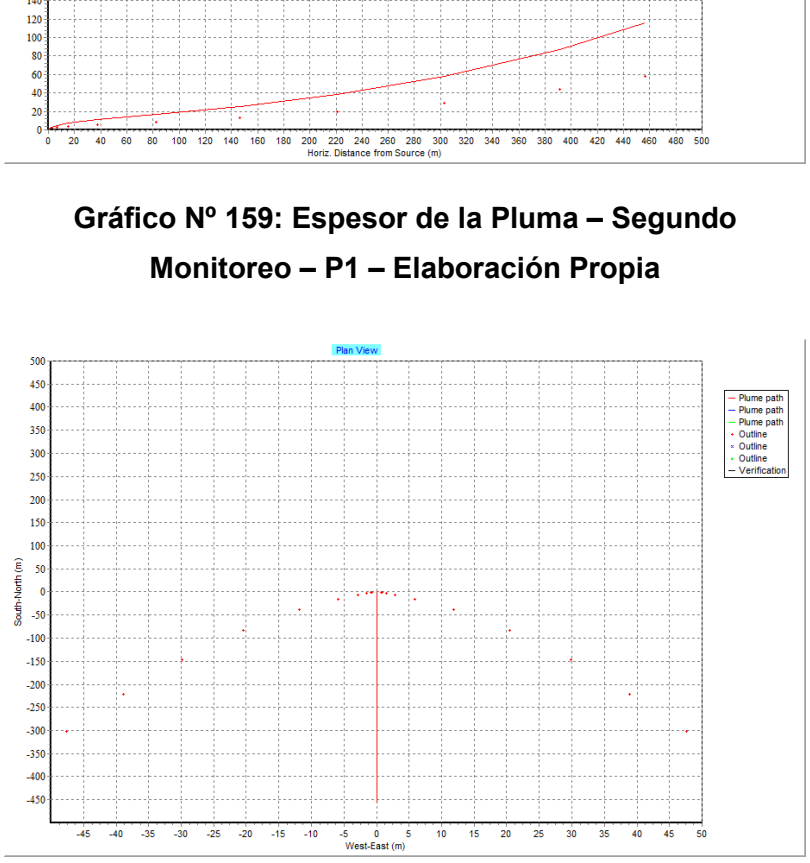


Gráfico Nº 160: Profundidad de la Pluma – Segundo Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

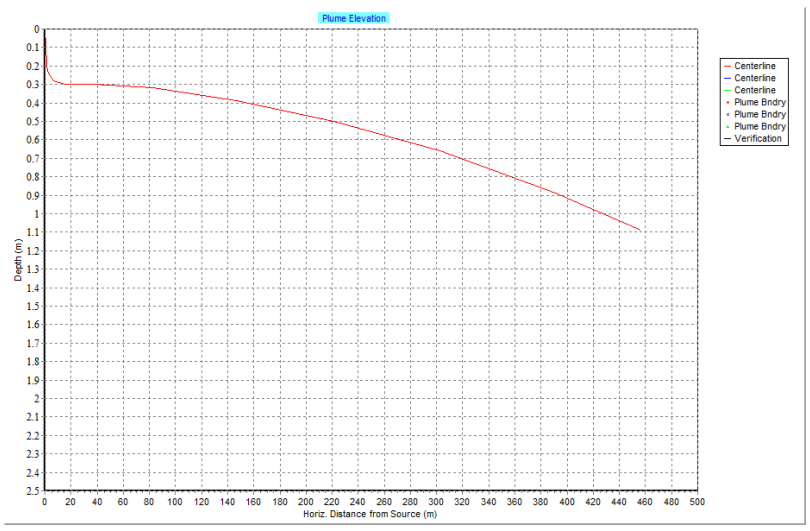


Gráfico Nº 161: Dilución del Efluente – Segundo Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

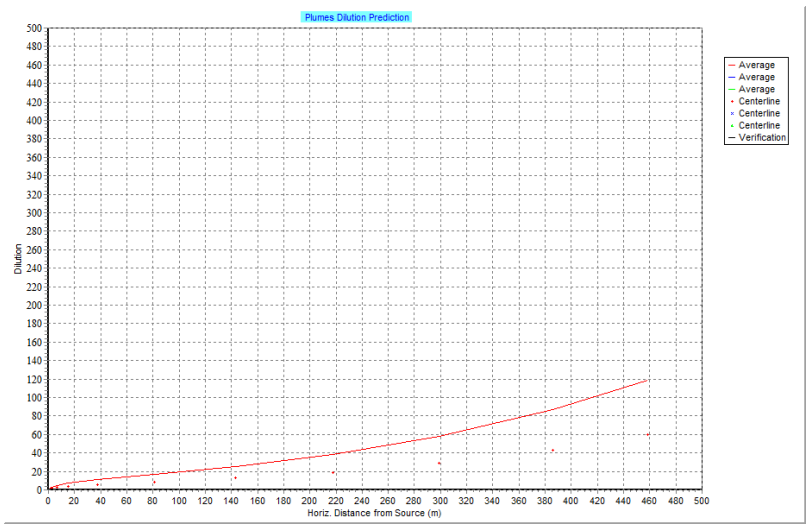


Gráfico Nº 162: Espesor de la Pluma – Segundo Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

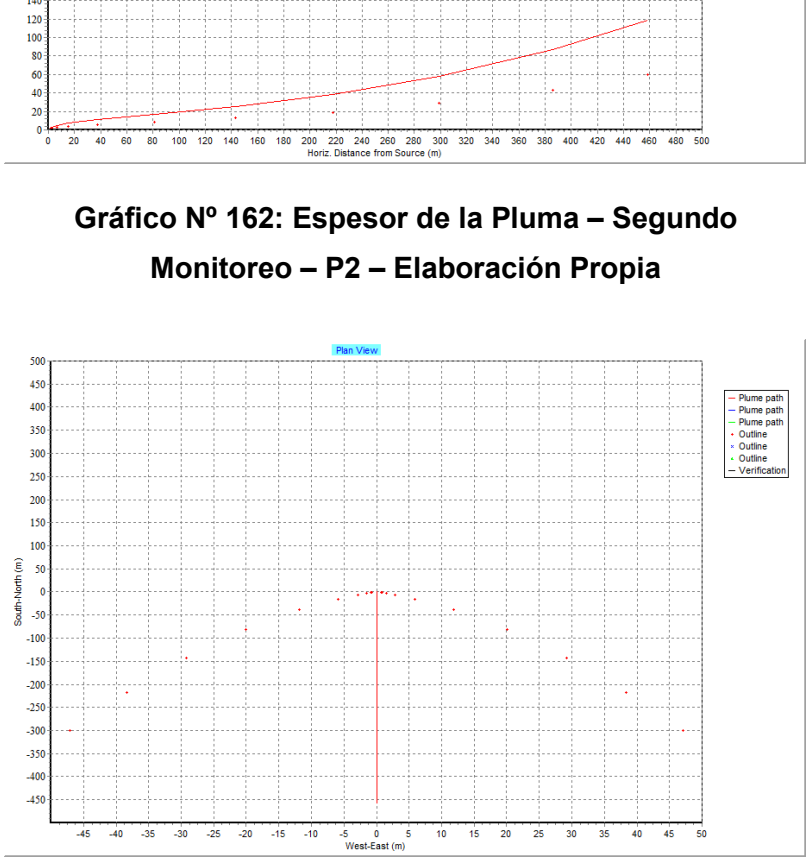


Gráfico Nº 163: Profundidad de la Pluma – Segundo Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

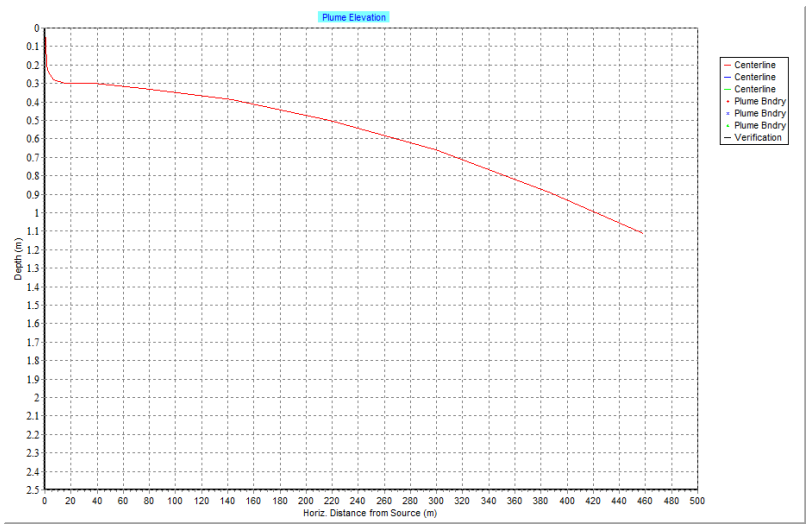


Gráfico Nº 164: Dilución del Efluente – Tercer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

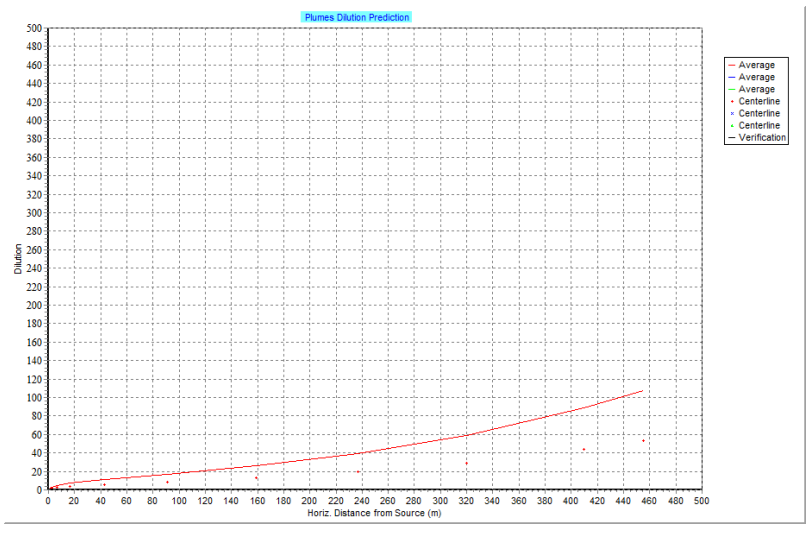


Gráfico Nº 165: Espesor de la Pluma – Tercer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

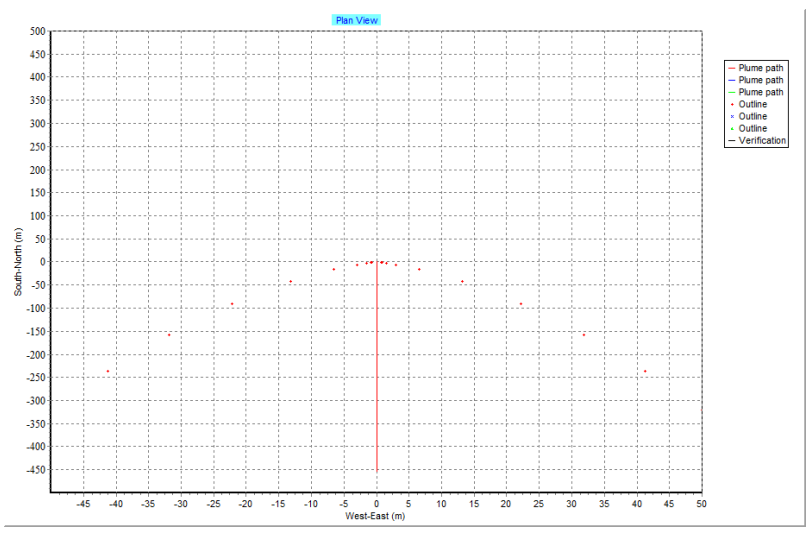


Gráfico Nº 166: Profundidad de la Pluma – Tercer Monitoreo – P1 – Elaboración Propia

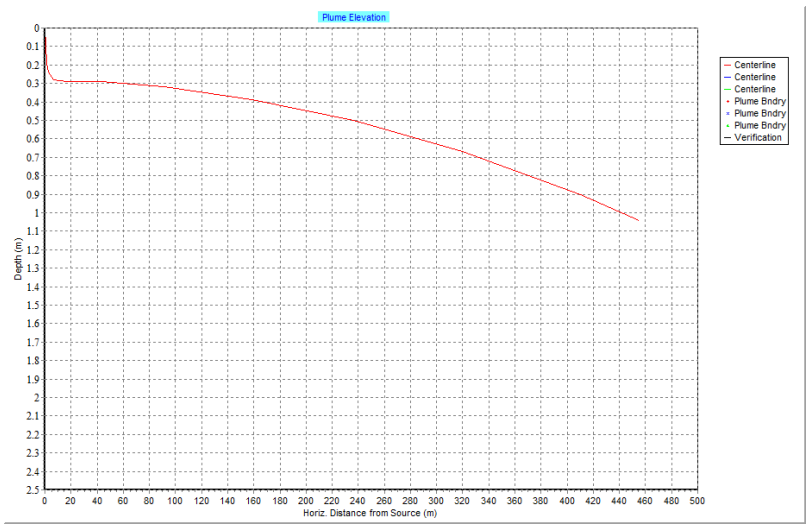


Gráfico Nº 167: Dilución del Efluente – Tercer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

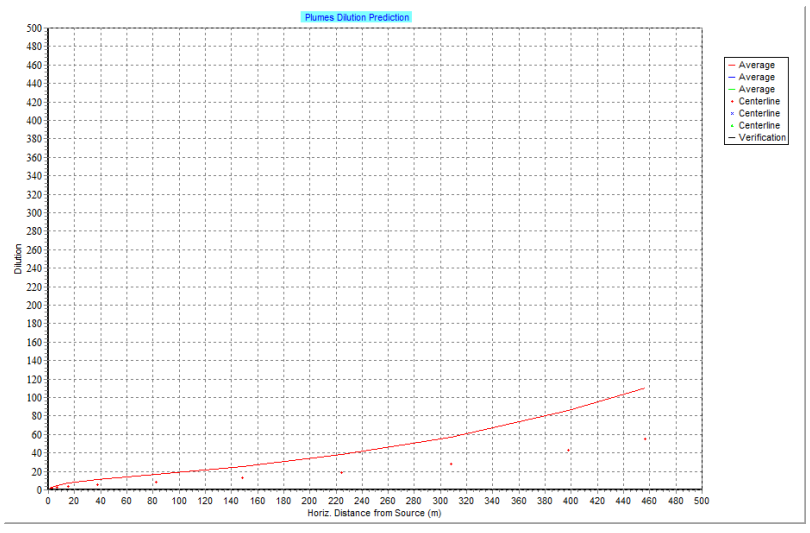


Gráfico Nº 168: Espesor de la Pluma – Tercer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

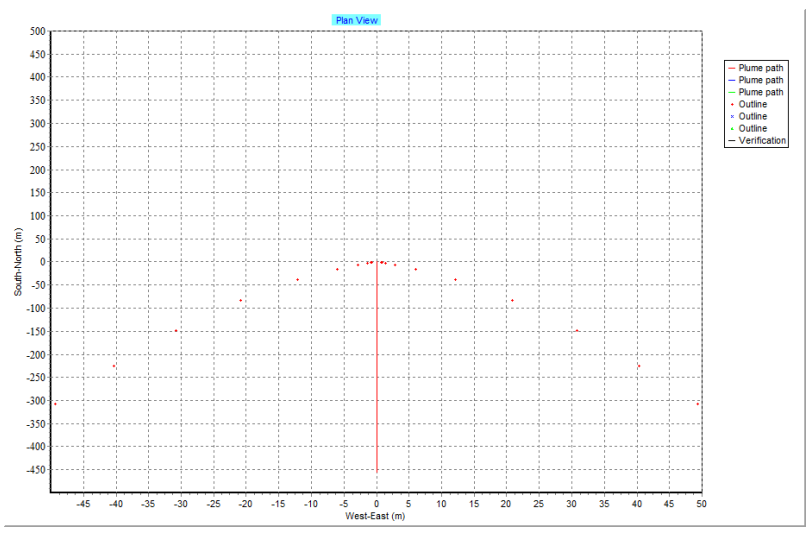


Gráfico Nº 169: Profundidad de la Pluma – Tercer Monitoreo – P2 – Elaboración Propia

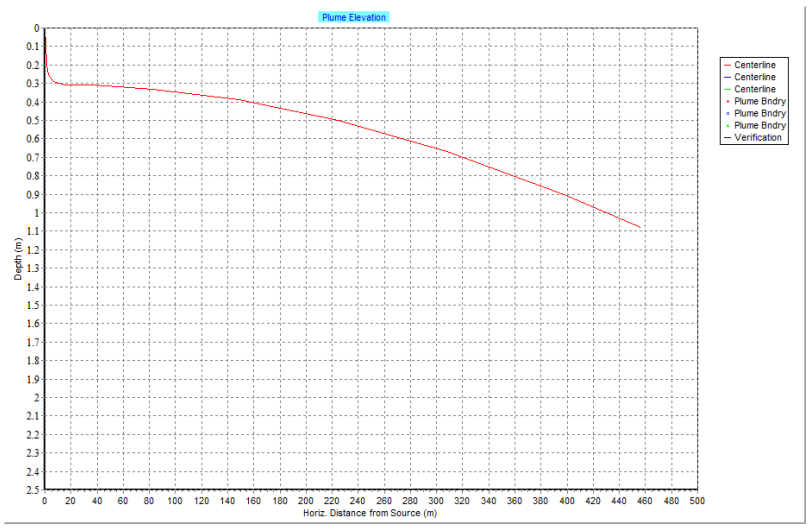


Gráfico Nº 170: Aceites y Grasas – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

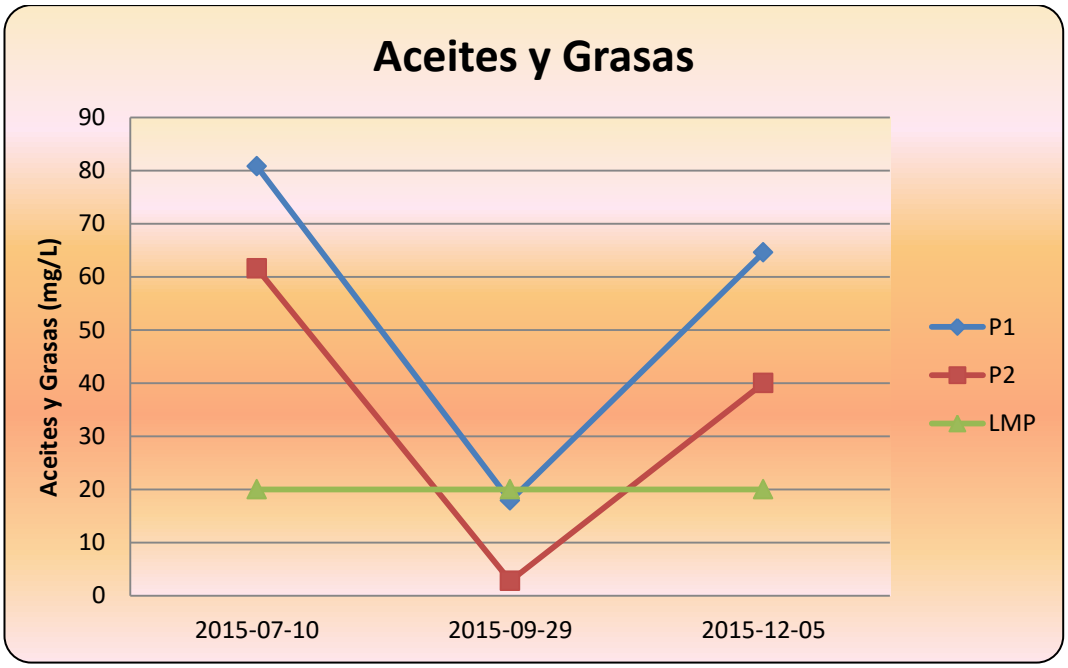


Gráfico Nº 171: Coliformes Termotolerantes – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

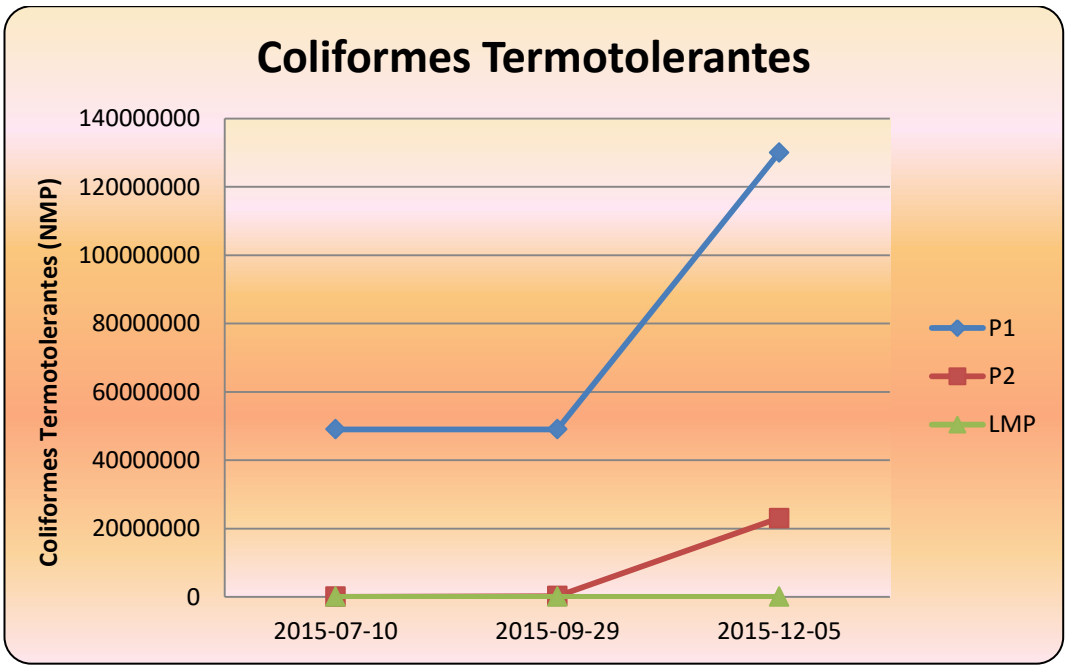


Gráfico Nº 172: Demanda Bioquímica de Oxígeno – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

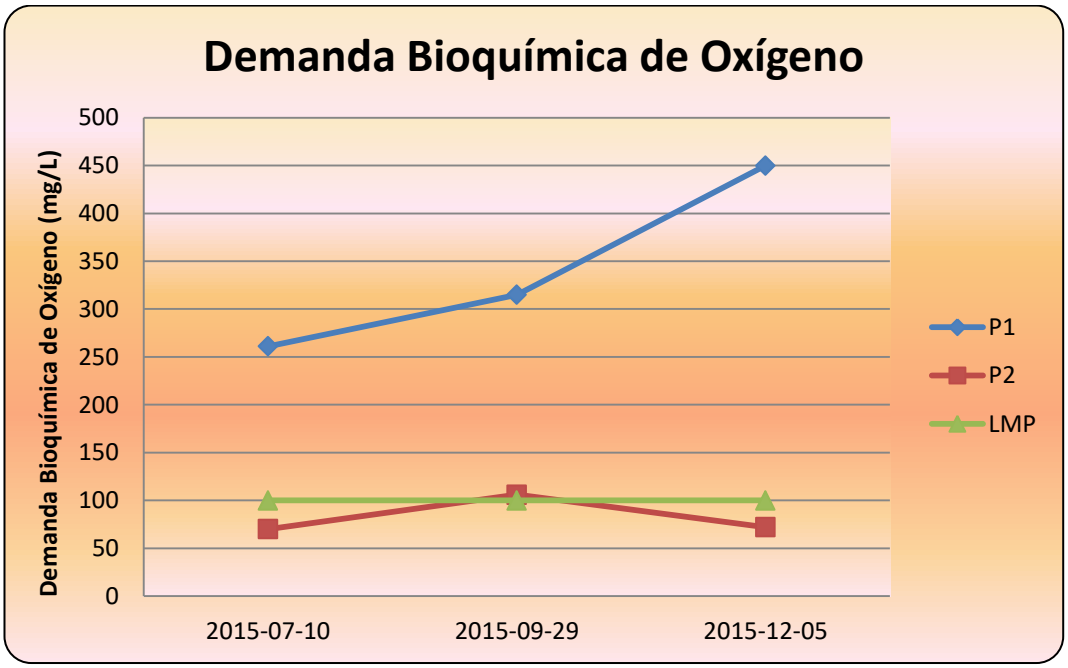


Gráfico Nº 173: Demanda Química de Oxígeno – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

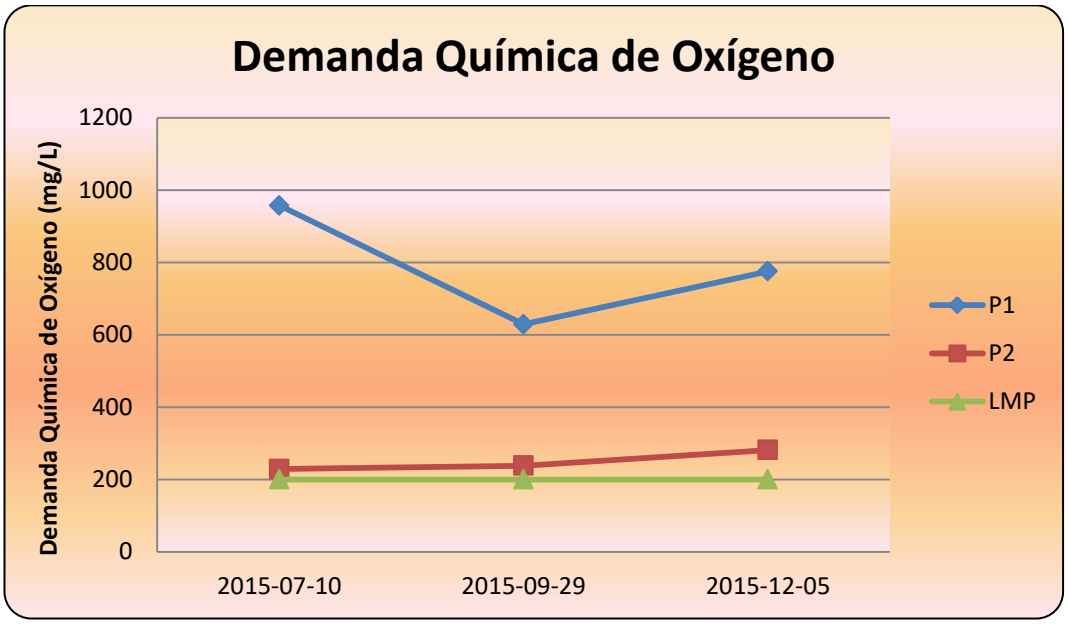


Gráfico Nº 174: pH – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

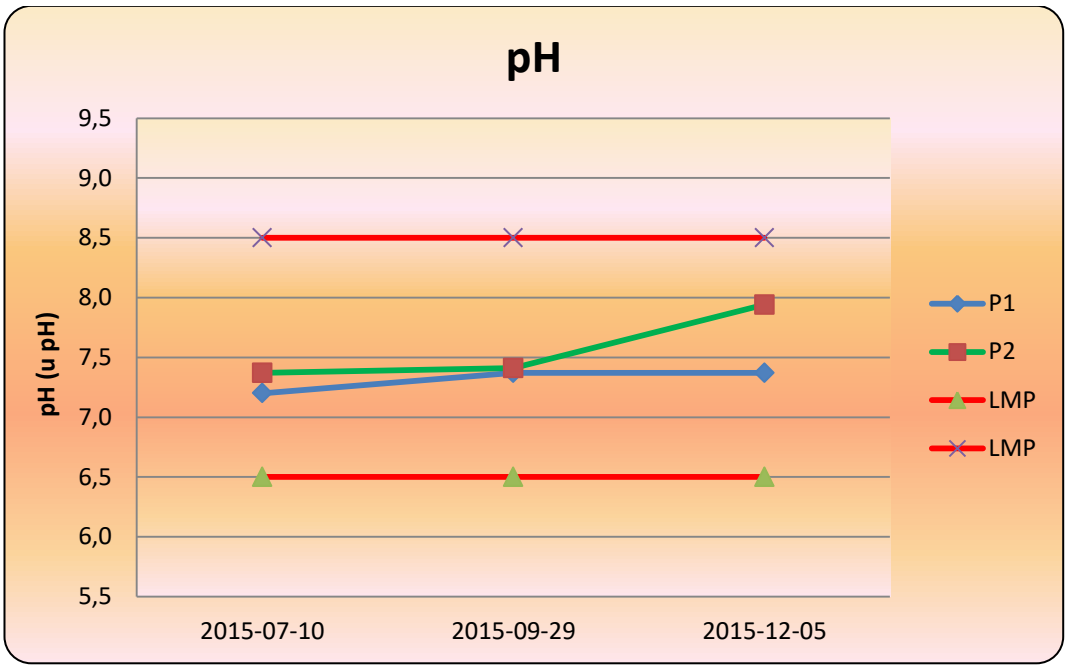


Gráfico Nº 175: Sólidos Suspendidos Totales – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

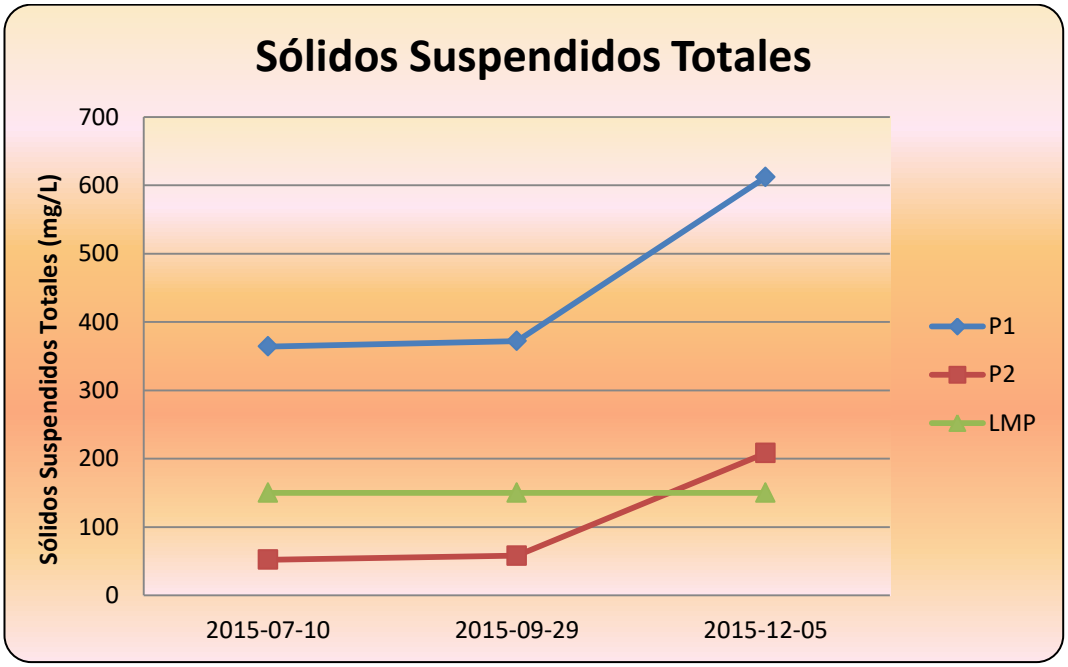


Gráfico Nº 176: Temperatura – Resultados de Análisis vs. LMP – Elaboración Propia

