

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

R E C I B I D O	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
	VICE-RECTORADO DE INVESTIGACIÓN
	029 14 FEB 2014 15:40
	FIRMA: <i>[Signature]</i>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

FEB 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO VICE-RECTORADO DE INVESTIGACIÓN
RECIBIDO 050 14 FEB. 2014 <i>[Signature]</i>
CENTRO DE DOCUMENTACION CIENTIFICA Y TRADUCCIONES



[Handwritten notes]
1119
04-02-2014
08:40L
032

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE
INGENIERÍA QUÍMICA

“MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DE MAR EN
LA BAHÍA DEL CALLAO, PERÚ”

Mg. CARLOS ALEJANDRO ANCIETA DEXTRE

(PERIODO DE EJECUCIÓN: 01/03/ 2012 al 28/02/2014)
(RESOLUCIÓN RECTORAL N° 305-2012-R)

CALLAO – PERÚ

[Handwritten signature: Carlos A. Ancieta]

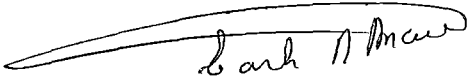
ÍNDICE

	N° Pagina
Resumen	5
I Introducción	6
1.1 Presentación del Problema de Investigación	8
1.2 Enunciado del Problema de Investigación	9
1.3 Objetivos de la Investigación	10
1.4 Importancia y justificación de la investigación	10
1.5 Enunciado de hipótesis	11
II Marco Teórico	12
2.1 La bahía del Callao	12
2.2 Contaminación de las aguas	14
2.2.1 Contaminación marina	14
2.2.2 Playa contaminada	16
2.3 Calidad de las aguas	17
2.3.1 Clases de aguas	17
2.3.2 Parámetros físico-químicos y biológicos que determinan la calidad del agua	18
2.3.3 Aguas residuales	22
2.3.3.1 Agua residual urbana de origen doméstico	22
2.3.3.2 Agua residual de origen industrial	24
2.4 Residuo	25
2.5 Agua residual	25
2.6 Educación ambiental	27

2.7	Modelo matemático	27
2.7.1	Modelos estocásticos	29
2.7.2	Análisis de correlación	32
2.8	Normas legales	34
2.8.1	Normas nacionales	34
2.8.2	Normas internacionales	38
III	Materiales y Métodos	
3.1	Materiales	39
3.2	Metodología	39
3.2.1	Procedimiento estadístico y análisis de datos	40
IV	Resultados	41
4.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	41
4.2	FUENTES DE CONTAMINACIÓN	41
4.3	SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	41
4.4	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD	41
4.4.1.	Parámetros Físicos	42
4.4.2.	Parámetros Químicos	43
4.4.3.	Parámetros Microbiológicos	49
4.4.4	Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos	51
V	Discusión	52
5.1	Contaminación del agua de la Bahía del Callao	52
5.2	Fuentes de contaminación en la zona	53

Carla A. Anco

5.3 Influencia de los ríos que descargan sus aguas en la zona	53
5.4 Calidad del agua de mar en la zona costera de la Bahía del Callao (zona de estudio)	54
VI Referenciales	56
VII Apéndice	59
Cuadros	60
Anexos	88
Cuadros	89
Planos	93

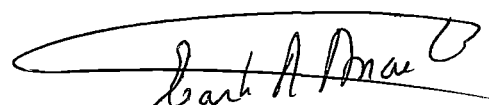


RESUMEN

La Bahía de Callao está ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, la contaminación provocada por el vertido de residuos líquidos industriales y urbanos, ha motivado la presente investigación, cuyo objetivo realizó un modelamiento matemático para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua de mar en la Bahía del Callao.

Para la evaluación de la calidad del agua de mar se tomaron los Estándares Nacionales Ambientales (ECA) establecidos para el agua, categoría 4 conservación del ambiente acuático y se ingresaron los datos de la bahía del Callao, río Rímac y río Chillón al software opticaD 2012, se utilizó análisis de varianza (ANOVA) donde se concluyó que existía diferencia significativa $p < 0,05$, y el análisis de regresión lineal se trabajó con parámetros químicos (Demanda Química Biológica) y físicos (Zinc, Plomo, Hierro y Cobre), para los cuales se obtuvieron los modelos matemáticos en correlación con las variables.

La contaminación de los Recursos Hídricos es producida por presencia de niveles altos de carga orgánica y microorganismos del grupo coliforme: coliformes totales, coliformes termotolerantes y escherichea coli, metales pesados (zinc, plomo, cobre, y hierro) alterando el equilibrio de la vida acuática en los ríos y mar, formando un punto crítico en la zona costera de la Bahía del Callao con correlaciones estaciones 3, 10 y 12, comprendida entre la desembocadura del río Rímac con estación 23 y del río Chillón con estación 11, indicadores que demuestran que el agua de mar de la Bahía del Callao en la zona de estudio, no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA), donde se demostró que si es posible predecir la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, bahía del Callao, Perú.



I INTRODUCCIÓN

En la Bahía del Callao, se observan diferentes actividades, principalmente de pesca artesanal y de uso balneario, esto último especialmente en los distritos de La Punta y Ventanilla. Por otro lado, en esta zona se sitúa el primer puerto del país, que genera un intenso tráfico naviero y a lo largo de la costa de esta bahía se ubican empresas industriales de diferentes rubros como son petroquímicas, pesqueras, papeleras, alimentos, productos químicos, cuyas aguas residuales domésticas e industriales generadas en su proceso productivo se vierten al referido cuerpo receptor; así mismo, este recurso hídrico recibe las descargas crudas de los colectores de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), así como de los ríos Rímac y Chillón que presentan altos índices de contaminación.

La denominación de efluentes se aplica a un conjunto muy variado de residuos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial, y los efluentes cloacales se refieren a los efluentes domiciliarios que están constituidos por una mezcla muy variada de sustancias y de microorganismos.

El principal problema son las descargas de aguas domésticas, industriales, agrícolas, sedimentos de minerales resultantes de la carga y descarga de concentrados de minerales además de los vertimientos por los Ríos Chillón y hasta el río Rímac, influenciada por la desembocadura de los colectores al mar. De las evaluaciones realizadas los valores han sobrepasado ampliamente el límite fijado por Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA), habiendo alcanzado valores de coliformes termotolerantes de $7,9 \times 10^3$ a $2,0 \times 10^8$ NMP/100ml respectivamente.

La Bahía del Callao , sin embargo recibe permanentemente las descargas de aguas residuales, provenientes principalmente de colectores domésticos, industriales, agrícolas, sedimentos de minerales resultantes de la carga y descarga de concentrados de minerales además de los vertimientos por los Ríos Chillón y Río Rímac, que traen consigo residuos de pesticidas, minerales y otro productos de las actividades que se realizan a lo largo de todo su recorrido, las cuales ocasionan un fuerte impacto en el ambiente receptor (el mar) ; APROCALLAO (2006).

El mar de la bahía del Callao, como cuerpo receptor, viene recibiendo contaminación, como son: domésticas a través de los colectores Comas, Bocanegra y Centenario; industriales (químicas, papeleras, pesqueras, entre otras) a través de emisores submarinos y a orillas del litoral; descargas de los ríos Chillón y Rímac que traen consigo contaminantes arrastrados a lo largo de todo su recorrido, y otros, como son las aguas de regadío en la zona de Oquendo. Todos estos residuos por las características de sus efluentes vienen ocasionando un impacto negativo a lo largo de toda la bahía, principalmente en la zona centro Río Chillón– Rada del Callao, por ser ahí donde se desarrollan con mayor intensidad las actividades mencionadas SEDAPAL (2006).

Las descargas de aguas residuales domésticas e industriales vertidas directamente al mar a través de los diferentes colectores, han generado una zona crítica de contaminación en la Bahía Callao, especialmente en la franja costera entre el río Rímac y Chillón.

1.1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

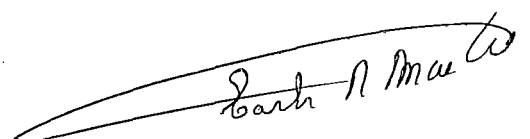
El Perú en las últimas décadas ha incrementado y diversificado las actividades antropogénicas con el consiguiente deterioro ambiental, esta situación se ha hecho más evidente en la zona costera, donde se asienta la tercera parte de población, debido principalmente a la migración del poblador de la zona andina hacia la costa en la década de los 80, lo cual incrementó substancialmente la densidad poblacional y con ello el deterioro del ambiente costero.

La presencia de estos impactos negativos se debe al desconocimiento de los pobladores sobre la correcta conservación del medio ambiente.

El principal problemas son las descargas de aguas domésticas, industriales, agrícolas y sedimentos de minerales resultantes de la carga y descarga de concentrados de minerales. Además de los vertimientos por los ríos Chillón y Rímac que traen consigo residuos de plaguicidas, minerales y otros productos de las actividades que se realizan a lo largo de todo su recorrido, las que ocasionan un fuerte impacto en el ambiente marino.

Factores de la polución ambiental: Polución del agua de mar en las playas por aguas servidas, basuras, desmontes, relaves mineros, productos químicos y desechos industriales.

Las enfermedades que pueden provocar dependen del contaminante y de la forma que se forma al tomar contacto con la contaminación-ingestión, inhalación o por la piel y de la cantidad de sustancias tóxicas a que se expone. Entre las enfermedades que se pueden



desarrollar para consumir alimentos del mar o agua de mar contaminada se encuentra: cólera, salmonella, tifus, hepatitis, cáncer de estómago y cáncer de páncreas y parasitismo.

1.2 ENUNCIADOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La Bahía de Callao, presenta impacto negativo en la contaminación ambiental. La contaminación ambiental está relacionada con los efluentes industriales y cloacales una de las preocupaciones actuales que se percibe en la Provincia Constitucional del Callao, es por ello; teniendo como premisa los antecedentes registrados por la Auditoría de Gestión Ambiental en la Bahía del Callao (2003), las instituciones que participaron en las pruebas de calidad de agua como la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) pruebas de contaminación por minerales pesados en suelo y mar, Instituto del Mar del Perú (IMARPE) pruebas de contaminación de sedimentos marinos y contaminación de alta mar, y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) pruebas de contaminación de efluentes provenientes de la industria pesquera y química encontraron valores sobre los niveles permisibles de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas de mar procedentes de la Bahía del Callao en la Provincia Constitucional del Callao – Perú.

Factores de la polución ambiental: Polución del agua de mar en las playas por aguas servidas, basuras, desmontes, relaves mineros, productos químicos y desechos industriales.

De acuerdo a la situación problemática planteada anteriormente se pueden identificar el siguiente problema de investigación: ¿Se pueden modelar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua de mar en la Bahía del Callao?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelamiento matemático para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua de mar en la Bahía del Callao, Perú.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Identificar los datos de las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales que descargan, río Rímac, río Chillón y calidad de las aguas del cuerpo receptor mar en la Bahía del Callao.

1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia radica en comprobar mediante evaluación físico-química-microbiológica presencia o ausencia dichos parámetros en calidad de las aguas del cuerpo receptor mar de la Bahía del Callao de la Provincia Constitucional del Callao, porque los pobladores que habitan en áreas circunvecinas o en las playas serán los beneficiados directos y de ese modo, brindar medidas de seguridad alimentaria para el consumo de productos hidrobiológicos en sus moradores y turistas, al controlar los residuos urbano-industrial que sería un riesgo para salud al ocasionar daños potenciales.

Carlos D. Maza

El estudio es esencial para diseñar un modelo matemático se podría precisar la contaminación del mar de la Bahía del Callao por los efluentes Urbano-Industriales, a fin de tomar medidas preventivas y/o correctivas que mejoren la calidad de vida del ser vivo.

La metodología propuesta en la investigación se justifica porque para la Evaluación de Riesgos Ambientales (ERA) por parámetros físico-químico-microbiológico en calidad de las aguas del cuerpo receptor mar de la Bahía del Callao y que sirven de vehículo contaminación exógena al ser consumido por los peces y moluscos de la zona y éstos indirectamente a los seres humanos. Los resultados obtenidos va permitir asociar los parámetros físico-química-microbiológico en calidad de las aguas del cuerpo receptor mar de la Bahía del Callao empleando modelo matemática; preventiva para su mejor manejo y control.

1.5 ENUNCIADO DE HIPÓTESIS

En base al análisis anticipatorio se puede formular la siguiente hipótesis de trabajo: Mediante el manejo adecuado de la modelación matemático para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, es posible predecir la calidad del agua de mar en la Bahía del Callao, Perú.

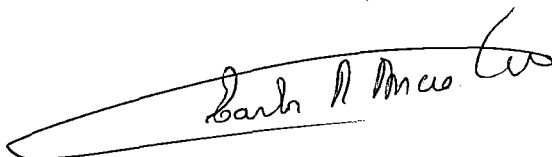
- a) **Variable Dependiente.**- Modelamiento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- b) **Variable Independiente.**- Calidad física, química y microbiológica del agua de mar.

II MARCO TEORICO

2.1 LA BAHÍA DEL CALLAO

En la bahía se observan actividades principalmente de pesca artesanal y uso balneario especialmente en los distritos de La Punta y Ventanilla. Por otro lado, en esta zona se sitúa el primer puerto del país que genera tráfico naviero y se ubican empresas industriales de tipo petroquímicas, pesqueras, papeleras, alimentos, camales, productos químicos, cuyas aguas residuales domésticas e industriales generadas en su proceso productivo vierten al referido cuerpo receptor; asimismo, este recurso hídrico recibe las descargas crudas de los colectores de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), así como de los ríos Rímac y Chillón que presentan signos de contaminación.

El mar de la bahía del Callao, como cuerpo receptor, viene recibiendo permanentemente las descargas provenientes de diferentes fuentes de contaminación, como son: descargas domésticas a través de los colectores, descargas industriales (químicas, papeleras, pesqueras, entre otras) a través de emisores submarinos y a orillas del litoral; descargas de los ríos Chillón y Rímac que traen consigo contaminantes arrastrados a lo largo de todo su recorrido, y otros, como son las aguas de regadío en la zona de Oquendo. Todos estos residuos por las características de sus efluentes vienen ocasionando un impacto negativo a lo largo de toda la bahía, principalmente en la zona Río Chillón por ser ahí donde se desarrollan con mayor intensidad las actividades. Dirección General de Salud Ambiental (SEDAPAL) (2006).



La bahía del Callao presenta una zona crítica de contaminación fecal, especialmente en la franja costera entre el río Chillón hasta río Rímac, influenciada por la desembocadura del emisor Callao y colector Comas. Evaluaciones realizadas tanto, en el mes de septiembre 1998 y en agosto 1999 dieron valores de coliformes termotolerantes de $1,0 \times 10^8$ a $1,0 \times 10^9$ NMP/100mL respectivamente, sobrepasando ampliamente el límite fijado por la ley General de Aguas para los usos del agua de mar de las clases IV, V y VI; Sánchez (2006).

Otra fuente de contaminación a lo largo de la costa son los elementos metálicos, considerando que en el litoral se encuentran una variedad de industrias entre las cuales tenemos las textiles, curtiembres, papeleras, la industria minera y petroquímica, cuyas aguas residuales vierten una serie de elementos metálicos tóxicos, que son peligrosos para el ecosistema marino y la salud humana. Estudios realizados por Instituto del Mar del Perú (IMARPE) sobre trazas metálicas en sedimentos superficiales, en la (bahía Callao-Ventanilla 1994) indican concentraciones mayores en el tramo río Rímac - río Chillón cuyos valores promedio son de 142 ug/g Cu; 310,54 ug/g Pb; 3-54 ug/g Cd. Guzmán (1996).

Las áreas que presentan mayor concentración en trazas de metales en sedimentos en la costa peruana es la bahía Ferrol-Chimbote principalmente de los elementos cobre, cadmio y plomo. En el caso de cobre, alcanzó como valor máximo 100 ug/g, mientras que la bahía de Callao el valor máximo fue de 40 ug/g, en Pisco hubo valores que fluctuaron entre 60-80 ug/g, por las empresas industriales manufactureras y pesqueras, debido a las características de los contaminantes de sus vertimientos; Contraloría (2008).

2.2 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha manifestado que “el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología política o condición económica y social”. Para OMS, la salud es un “estado de completo bienestar físico, mental y social”, quedando fijado el nivel de salud por el grado de armonía que exista entre el hombre y el medio que sirve de escena. La contaminación de las aguas es uno de los factores importantes que rompe esa armonía entre el hombre y su medio ambiente. Contaminación es la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

El crecimiento progresivo de los núcleos humanos, el aumento de la densidad poblacional, las actividades artesanales y ganaderas, el cultivo intensivo de la tierra para satisfacer las exigencias de una población que evoluciona y el desarrollo industrial son las causas principales del aporte de residuos que contaminan las aguas subterráneas, los ríos, los lagos y los mares, *destruyendo* modificando la fauna y la flora, rompiendo el equilibrio del ecosistema, así como la armonía entre el hombre y su medio.

2.2.1 CONTAMINACIÓN MARINA

Kiely (1999), afirma que el mar es un verdadero vertedero o depósito para todos los contaminantes, al cubrir más del 70 % de la superficie del globo terrestre, cuyos límites terminan en las zonas costeras, zonas que son más pobladas a nivel mundial y por ende

lugares de mayor actividad antrópica, cuyos residuos generados terminan en cualquier cuerpo receptor, especialmente en el mar, con frecuencia sin tratamiento. Los contaminantes llegan a él por los desagües o ríos que reciben muchos contaminantes en sus cuencas de drenaje, otros contaminantes presentes son el petróleo, metales pesados, venenos orgánicos industriales, la radioactividad y el calor.

Tyler (2002), sostiene que la contaminación del agua es un cambio en la calidad de tipo químico, físico o biológico y que tiene un efecto perjudicial sobre los organismos vivos o hace que el agua sea inadecuada para los usos deseados; indicando que hay muchas clases de contaminantes del agua, por ejemplo, los agentes que causan enfermedades patógenos, tal como son bacterias, virus, protozoos y parásitos, se introducen en el agua desde los desagües domésticos y a través de otros residuos antrópicos y de animales no tratados. Asimismo, hace mención que de acuerdo con el estudio del Banco Mundial (1995), la agua contaminada causa el 80 % de las enfermedades en países en vías de desarrollo y causa aproximadamente la muerte de 10 millones de personas al año, esto es, una media de 27 000 muertes prematuras al día, de ellas más de la mitad niños menores de 5 años de edad.

Romero (2009), manifiesta que para determinar la calidad de las aguas se aplican diversos análisis como son los análisis físicos, químicos y bacteriológicos; ello permite conocer entre otros por ejemplo la DBO_5 .

2.2.2 PLAYA CONTAMINADA

Playa es una ribera arenosa y casi plana, es generalmente contaminada por el hombre, según Aznar (1998), se debe a la falta de sensibilización y concientización ambiental. Asimismo, sugiere que debemos revisar la relación hombre-entorno, evitando ser antropocéntrico, ya que, el ser humano es solo un ser más del ecosistema y debe reflexionar sobre sus actos porque tienen repercusión sobre el medio en el que vive, y su actuar debe ser fruto, en el fondo, de una solidaria convivencia entre los seres humanos y su ambiente.

Helmer *et al.* (1999), sostienen que es necesario conocer las fuentes y los tipos de contaminantes para identificar la necesidad de establecer medidas de control de la contaminación, ayudar a los reguladores a enfocar los problemas más significativos y evaluar los cambios necesarios en las normas legales.

Metcalf – Eddy (1977), las playas están contaminadas cuando existen en ellas diversas sustancias que cambian sus condiciones naturales. Así, la presencia de coliformes fecales o termotolerantes en las playas, indican contaminación fecal debido a que son productores de enfermedades y hace mención que cada persona evacua en promedio de 100 000 á 400 000 millones de coliformes por día. Los organismos coliformes no son dañinos al hombre y de hecho son útiles para destruir la materia orgánica en los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales urbanos. También el hombre según su estado de salud, puede evacuar organismos patógenos como tifoidea, disentería, diarreas, cólera, etc.; los cuales son difíciles de aislar de las aguas residuales, siendo más

numerosas los coliformes del tipo *Escherichia coli*. Por lo que, los coliformes son tomados como indicadores de microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales.

2.3 CALIDAD DE LAS AGUAS

2.3.1 CLASES DE AGUAS

Las aguas de los lagos, mares y ríos libres de contaminación antrópica tienen, de todos modos, impurezas, las que no están incluidas dentro del concepto de contaminación. Estos elementos o partículas se incorporan al agua al atravesar, como precipitación, las nubes y la atmósfera y al discurrir por el suelo o a través de él. En la siguiente tabla se describen esas impurezas.

Ahora bien, el hombre no sólo ha utilizado las aguas para su consumo sino también para su actividad y confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desechos. De aquí proviene la denominación de aguas residuales. Pueden distinguirse dos clases de aguas residuales:

- 1) Aguas Blancas o de Lluvia.-** Proceden de drenajes o de escorrentía superficial, estando caracterizadas por grandes aportes intermitentes y escasa contaminación. Las cargas contaminantes se incorporan al agua cuando la lluvia atraviesa la atmósfera o por el lavado de superficies y terrenos.

- 2) **Aguas Negras o Urbanas.**- Proceden de los vertidos de la actividad humana doméstica, agrícola, industrial, etc. Sus volúmenes son menores, sus caudales más continuos y su contaminación mucho mayor.

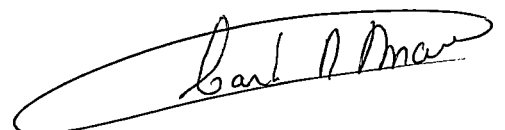
2.3.2 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA

Los contaminantes presentes en el agua modifican las características del recurso hídrico natural y del ecosistema marino. Contaminación Físico-Química- Biogénica en el agua, se da cuando compuestos orgánicos, inorgánicos y biogénicos, son disueltos o dispersos en el agua del mar, cambiando la concentración natural del mismo, los cuales pueden actuar en los organismos acuáticos y la calidad del agua en general. Vega (2002). La modificación de los factores físicos del entorno, puede no ser tóxicas, pero alteran las características físicas del agua y afectan a la biota acuática. (Sólidos en Suspensión, Turbidez, Color, Agentes tenso activos, Temperatura.). La descarga de material biogénico, cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. El aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provocan cambios en las cadenas alimentarias. Un aumento en la concentración de nutrientes provoca el desarrollo de organismos productores, lo que también modifica el equilibrio del ecosistema. Los parámetros indicadores de la calidad del agua de mar (cuerpo receptor) son :

- a) **PH.**- Es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua, la mayor parte las formas de vida ecológicas son sensibles a los cambios el pH, en la mayoría de las aguas naturales el pH está entre 6 - 9 unidades, niveles extremos pueden

causar perturbaciones celulares y eventual destrucción de la biomasa marina. Vega (2002).

- b) Sólidos Totales.-** Es el contenido total de la materia sólida en el agua, comprendiendo tanto materia orgánica como inorgánica, pueden encontrarse como: Sólidos Disueltos, **Sólidos en Suspensión, Sólidos Sedimentables y Sólidos no Sedimentables.-** Los sólidos orgánicos proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y/o vegetal, contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K etc. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales arenas y tierras; Glynn (1996).
- c) Oxígeno Disuelto.-** Es el índice fundamental para la caracterización y control de las aguas naturales. El agotamiento del oxígeno disuelto puede facilitar la reacción microbiana de nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro. La cantidad de oxígeno puede disminuir por la reacción metabólica de los microorganismos regidos por la acción enzimático y elevación de la temperatura etc; Vega (2002).
- d) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).-** La DBO₅.- Parámetro necesario para determinar la materia orgánica biodegradable presente en el agua, la que es una estimativa de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar los materiales orgánicos biodegradables por una población heterogénea de microorganismos, Para determinar este parámetro es necesario que la muestra se encuentre a un pH de 6,50 a 8,30. El tiempo de incubación usual es de 5 días, aunque el tiempo usual requerido para la completa estabilización ocurre (DBO última) depende de la biodegradabilidad de los



compuestos presentes y la capacidad depuradora de los microorganismos; Vega (2002).

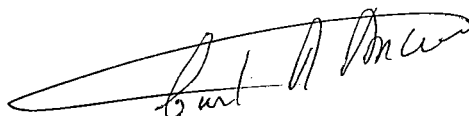
e) Demanda Química de Oxígeno (DQO).- Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por el agua (por vía química) provocada por un agente químico, fuertemente oxidante. La oxidación es activa sobre las sales minerales oxidables así como sobre la materia orgánica biodegradable, que existe en el agua analizada.

La relación encontrada entre la DBO_5 y la DQO indicará la importancia de los vertidos industriales y sus posibilidades de biodegradabilidad.

f) Alcalinidad.- Alcalinidad es una medida de la capacidad que tiene el agua para absorber iones hidrógeno sin tener un cambio significativo en su pH (capacidad del cuerpo receptor para neutralizar ácidos). Las sustancias que le imparten alcalinidad al agua son fundamentalmente, los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Algunos otros materiales también le imparten alcalinidad al agua, como son los silicatos, boratos y fosfatos.

g) Calidad bacteriológica.- Este control está establecido para asegurar la inocuidad del agua, un resultado positivo está asociado de alguna forma con el grado de contaminación fecal; Vega (2002).

h) Nitrógeno.- En su variedad amoniacal, nitritos, y nitratos señalan la proximidad ó distancia al punto de vertido del agua residual.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gust. A. Donce', written over a horizontal line.

- i) **Concentración del ión Amonio.**- Es la primera etapa del ciclo del nitrógeno por transformación de la urea, el agua con un contenido reducido de amoníaco no es perjudicial para usos agrícolas, pero si para la vida piscícola.

- j) **Nitritos y Nitratos.**- Los nitritos y los nitratos constituyen una segunda y tercera etapa del ciclo del nitrógeno, al que se llega por la acción de bacterias aerobias, los nitrosomas y los nitrobacter.

- k) **Fósforo Total.**- Elemento imprescindible para el desarrollo de los microorganismos en las aguas y para el proceso de la depuración biológica.

El contenido de nitrógeno en las aguas se debe a los vertidos urbanos (detergentes, fosas sépticas).

- l) **Temperatura.**- El aumento de la temperatura puede ocasionar; el incremento de bacterias, y reducción del contenido de oxígeno.

- m) **Aceites y Grasas.**- Disminuye la luz necesaria para la fotosíntesis, Ocasionando daños en los ecosistemas marinos.

- n) **Metales pesados.**- Daños en el ecosistema y a la salud humana, Cáncer a la piel.

Carl A. Donce Co

2.3.3 AGUAS RESIDUALES

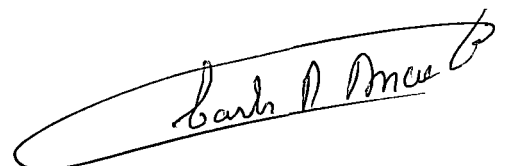
Las principales fuentes contaminantes tienen tres orígenes distintos, a saber, doméstico, industrial y agrícola. Cada una de ellas se analiza en las secciones siguientes.

2.3.3.1 AGUA RESIDUAL URBANA DE ORIGEN DOMÉSTICO

Las sustancias incorporadas en las aguas residuales domésticas proceden de alimentos, deyecciones, limpieza casera, limpieza vial, etc. Hay productos orgánicos, inorgánicos y microorganismos. Entre los productos orgánicos pueden señalarse residuos de origen vegetal, origen animal, deyecciones humanas, grasas, etc. Las deyecciones humanas tienen un contenido de 30% de N, 3% de ácido fosfórico (PO_4H_3) y 6% de K_2O . El vertido por habitante de orina puede estimarse de 1,2 a 2,4 litros/día, constituyendo la urea el 50% de dicha cantidad. Los productos inorgánicos consisten en elementos disueltos (sales) e inertes (residuos de materiales, tierras, arena, papel, etc.).

Los compuestos químicos que se hallan presentes son muy variados: urea, albúminas, proteínas, ácidos acético y láctico, bases jabonosas y almidones, aceites (animales, vegetales y minerales), hidrocarburos, gases (sulfhídrico, metano, etc.), sales, bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, etc. La incorporación de sales por el uso del agua en una ciudad puede estimarse en un incremento de 35 – 80 ppm.

Los sólidos orgánicos proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y/o vegetal.

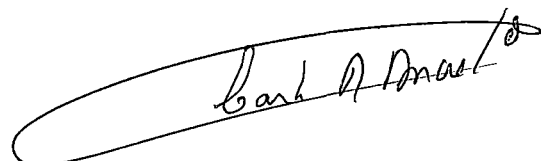


Contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K. Es el caso de las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas. Su característica es la posibilidad de degradación y descomposición por reacciones químicas o acciones enzimáticas de los microorganismos. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales, arenas, tierras, etc.

Entre la materia viva incorporada a las aguas, contemplada bajo la denominación de *microorganismos*, pueden citarse: virus, algas, protozoos, bacterias, hongos, insectos, rotíferos, etc. Los microorganismos pueden ser parásitos (benignos o patógenos) o saprofitos (consumen materia orgánica muerta, descomponiéndola). En relación a la captación de oxígeno, los microorganismos pueden clasificarse en :

- a) **Aerobios.**- Captan de forma directa el oxígeno disuelto en el agua. Constituyen el 60% – 66% de microorganismos existentes en el agua residual.
- b) **Anaerobios.**- Obtienen el oxígeno por descomposición de la materia orgánica constituida por tres o más elementos (C, H, O, N, S, P, K). Constituyen el 10% – 25% del total de microorganismos.
- c) **Facultativos.**- Pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas. Constituyen el 9% – 30%.

Conviene aclarar que, si bien existen microorganismos patógenos, que pueden originar serios problemas sanitarios al hombre, por otro lado existen inmensas legiones de microorganismos que colaboran con la naturaleza, ayudando a un continuo reciclado y



reutilización de la materia, cerrando ciclos tan importantes como los del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.

2.3.3.2 AGUA RESIDUAL DE ORIGEN INDUSTRIAL

Las sustancias de las aguas residuales industriales provienen de las actividades industriales (materias primas utilizadas, productos de transformación y acabados, transmisión de calor y frío). Con independencia del posible contenido de sustancias similares a los vertidos de origen doméstico, pueden aparecer elementos propios de cada actividad industrial, entre los que pueden citarse tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos, etc.

Las aguas de origen industrial incorporan tanto la estrictamente proveniente de la actividad industrial como las aguas negras de la población laboral.

La gran variedad y cantidad de productos que se vierten obliga a una investigación propia para cada tipo de industria. La composición es muy variable, pudiendo definirse por compuestos orgánicos (mataderos, industrias del petróleo, químicas, alimenticias, celulosa, papel, textil, etc.), inorgánicos (cementos, siderurgia, etc.), radioactivos, etc.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis A. M...' with a stylized flourish at the end.

2.4 RESIDUO

Tyler (2002), define residuo como cualquier sólido, líquido o gas que pueda incendiarse rápidamente, corroer los tejidos de la piel o los metales, sea inestable y pueda explotar o liberar humos tóxicos o tener concentraciones dañinas de uno o más materiales tóxicos que puedan lixiviarse. También, lo define como materiales desechados y que pueden causar la muerte o lesiones graves como quemaduras, enfermedades respiratorias, cánceres o mutaciones genéticas. Asimismo, lo define como cualquier elemento que es indeseable o eliminado y menciona a Arthur C. Clarke, "que los desechos sólidos son tan sólo materias primas, pero somos tan tontos que no los utilizamos".

2.5 AGUA RESIDUAL

Kiely (1999), la clasifica en aguas residuales del tipo municipal o doméstico con o sin escorrentías de lluvia, comercial e industrial, y manifiesta que son altamente contaminantes y por ende, deben ser tratadas a fin de proteger la calidad de las aguas receptoras, dado que poseen gran demanda de oxígeno.

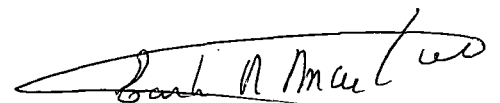
Caracterización de las aguas residuales más comunes incluyen la determinación del contenido de sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO) y pH.

Los sólidos presentes en el agua residual comprenden tanto los sólidos disueltos como los que se encuentran en suspensión. A diferencia de los sólidos disueltos, los suspendidos no son capaces de atravesar un papel filtro. Los sólidos en suspensión se

dividen a su vez en sedimentables y no sedimentables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de un litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis de DBO₅, y DQO, siendo DBO₅, la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un período de cinco días para descomponer la materia orgánica presente en las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar la DQO es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertida en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅, porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO₅, suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales biodegradables sin tratar y tratadas.

La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales, o que no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales; los valores típicos de DBO₅, y DQO para sólidos presentes en agua residual doméstica. La materia orgánica típica de estas aguas es un 50 % de carbohidratos, 40 % de proteínas, 10 % de grasas y el pH puede variar entre 6,5 y 8,0; no es fácil caracterizar la composición de los efluentes industriales ya que dependen directamente del proceso de fabricación.



2.6. EDUCACIÓN AMBIENTAL

Aznar (1998), la define como un proceso permanente en el que los individuos y la colectividad toman conciencia de su entorno y adquieren los conocimientos, los valores, las competencias, la experiencia y la voluntad que les permitirán actuar, individual y colectivamente, para resolver los problemas ambientales. Por ello, no basta solo la información sino también la actuación, lo cual se consigue mediante un proceso educativo; la educación es un buen camino para comprender el mundo que nos rodea, encaminando a provocar cambios en el comportamiento humano para mejorar el medio donde se desenvuelve; ello precisa que primero debe conocer el problema, para comprenderlo y luego poder actuar de forma consecuente, responsable y solidario. También, plantea que la Educación Ambiental debe consistir en la sensibilización de la población para que pueda participar informada y activamente presionando a los gestores y a los responsables políticos y a su vez, colaborando en lo posible en la protección de su entorno inmediato y en la utilización prudente y racional de los recursos naturales.

2.7 MODELO MATEMÁTICO

Los modelos matemáticos de calidad de agua sirven como herramientas imprescindibles en el planeamiento del uso de recursos hídricos para prever el impacto de planes de ingeniería para el control y manejo del medio ambiente. La selección del tipo de modelo matemático a aplicarse depende del problema de calidad de agua y de las inversiones propuestas.

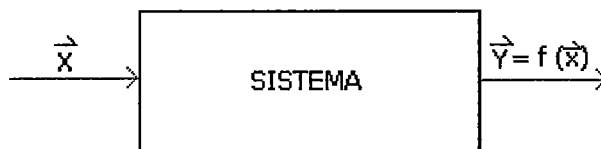
En los modelos matemáticos las relaciones entre las diferentes variables se reemplazan por expresiones matemáticas simplificadas que representan el comportamiento

del sistema real. A veces se acostumbra a distinguir dentro de las variables del modelo a las entradas y a las salidas. Las entradas corresponden a las variables que representan los estímulos que provocan la reacción del sistema y que generalmente son manejadas a voluntad por el operador del modelo. Las salidas corresponden a las variables que representan el comportamiento del modelo (y del sistema) como respuesta a los estímulos o entradas. Muestra esquemáticamente la configuración de un modelo, como sistema simplificado que representa la realidad.

ESQUEMA GENERAL DE UN MODELO

Un ejemplo típico de entradas en un modelo de calidad de aguas es la eficiencia de remoción de contaminantes (η_i) de los sistemas de tratamiento asociados a varias descargas, siendo en este caso las salidas típicas la distribución de concentraciones resultante en el espacio y el tiempo, $C(x, t)$.

MODELO DE SIMULACIÓN



Los modelos de simulación son los más usados y simplemente permiten encontrar la respuesta del sistema (salida) frente a diversos estímulos o entradas, tal como una función entrega los valores asociados a diferentes valores que asume la variable.

$$\vec{y} = f(\vec{x})$$

Un ejemplo de modelo de simulación es el ya mencionado que permite determinar la calidad ambiental resultante en una cuenca en función de las eficiencias de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento:

$$C(\vec{x}, t) = f(\eta_i)$$

2.7.1 MODELOS ESTOCÁSTICOS

Los modelos estocásticos se caracterizan por tener alguna componente desconocida, de la cual sólo se conoce su probabilidad de ocurrencia. Una forma clásica de representar estas variables es la siguiente:

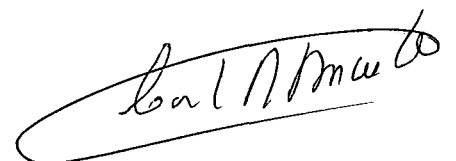
$$x = \bar{x} + \xi$$

En que x representa la variable, \bar{x} representa su valor medio y ξ representa la desviación con respecto a la media que puede ser desconocida, con una distribución probabilística estimada. Normalmente, en los modelos de calidad es necesario incluir la hidrología del sistema hídrico, Al evaluar los planes alternativos de ingeniería para el control y manejo de la calidad del agua, pueden emplearse modelos matemáticos que relacionen las entradas de aguas residuales con la calidad del agua del cuerpo receptor. Los diversos grados de tratamiento, la reubicación de los puntos de descarga de aguas residuales, el aumento de los flujos mínimos, los puntos de descarga de aguas residuales,

el aumento de los flujos mínimos, los sistemas de tratamiento, la reubicación de los puntos de descarga de aguas residuales, el aumento de los flujos mínimos, los sistemas de tratamiento regional vs. Plantas múltiples, constituyen algunas de las alternativas específicas cuya influencia sobre la calidad del agua receptora pueden evaluarse mediante la aplicación de los modelos de calidad del agua. Los modelos pueden ayudar también a evaluar el beneficio relativo que se obtiene para la calidad del agua mediante la eliminación de diferentes compuestos de los contaminantes.

La relación entre los contaminantes y sus efectos potenciales en la salud del hombre (Glinny *et al.*, 1996).

La distribución de metales traza en los sedimentos de los ecosistemas costeros está influenciada por las fuentes naturales o antrópicas, que los suministran y los movilizan (Madureira *et al.*, 2003; Prego *et al.*, 2003). Los metales pueden ser oxidados, reducidos o complejados, dependiendo del dinamismo del entorno químico en el que se localicen; así se forman especies que tienen diferente grado de asimilación o de toxicidad por parte de los organismos, e incluso podrían quedar biológicamente no disponibles. Entre los metales que se considera que representan un mayor riesgo de contaminación ambiental se encuentra mercurio, cadmio, zinc, cobre y plomo. El hierro y manganeso, son necesarios para la vida en bajas concentraciones; pero en general, cuando aumentan las concentraciones de los metales en los ecosistemas, muchos organismos experimentan un estrés que les resta posibilidades de sobrevivir; otros, por el contrario, han desarrollado mecanismos de detoxificación fisiológica, mediante los cuales se excreta o se inmoviliza químicamente a los metales por medio de la complejación con proteínas o con matrices minerales inertes, de ahí el fenómeno de la bioconcentración (García *et al.*, 2004).



Las partes constitutivas del modelo de calidad del agua están divididas en tres módulos identificados y compuestos de la siguiente manera:

- a) **MODCA 1.-** En el que se resuelven las variables físicas, como la temperatura y la salinidad.
- b) **MODCA 2.-** Resolución de las variables químicas y biológicas; OD, DBO, coliformes fecales, nitrógeno orgánico, fósforo orgánico, etc.
- c) **MODCA 3.-** Correspondiente a la resolución de sustancias tóxicas, propiamente metales pesados; zinc, hierro y manganeso. Aunque también se tiene la capacidad de modelar hidrocarburos.

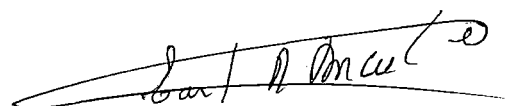
Las ecuaciones diferenciales de cada uno de los componentes modelados están escritas con base en la ecuación de advección–difusión–reacción:

$$\frac{aC}{at} + U \frac{aC}{ax} + V \frac{aC}{ay} = \frac{a}{ax} \left(E_x \frac{a^2C}{ax^2} \right) + \frac{a}{ay} \left(E_y \frac{a^2C}{ay^2} \right) \pm \Gamma_c$$

Donde:

C : Representa alguna variable de calidad del agua: Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, Nitrógeno total, etc.

U : Velocidad media de la corriente longitudinal



V : Velocidad media de la corriente transversal

E_x : Coeficiente de dispersión longitudinal

E_y : Coeficiente de dispersión transversal

Γ_c : Los mecanismos de reacción de las variables de calidad del agua

El término $(V \partial C / \partial y)$ se incluye cuando las descargas laterales lleven una velocidad importante con respecto a la de la corriente principal; de otra forma este término generalmente se anula en los ríos.

Las variables C , U , V , E_x , E_y y Γ_c se pueden modificar con el tiempo y la ubicación, en el plano (x, y) . Esta ecuación está sujeta a varias condiciones de frontera e iniciales cuya formulación varía dependiendo de la aplicación. Las variables U , V , E_x y E_y , son independientes de la concentración C y son determinadas externamente por el módulo hidrodinámico para el modelo de calidad del agua.

2.7.2 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Es el conjunto de técnicas estadísticas empleado para medir la intensidad de la asociación entre dos variables.

El principal objetivo del análisis de correlación consiste en determinar qué tan intensa es la relación entre dos variables. Normalmente, el primer paso es mostrar los datos en un diagrama de dispersión.

Diagrama de Dispersión.- es aquel grafico que representa la relación entre dos variables.

Variable Dependiente.- es la variable que se predice o calcula. Cuya representación es "Y"

Variable Independiente.- es la variable que proporciona las bases para el cálculo. Cuya

representación es: X1, X2, X3.....

Coefficiente de Correlación.- Describe la intensidad de la relación entre dos conjuntos de variables de nivel de intervalo. Es la medida de la intensidad de la relación lineal entre dos variables.

El valor del coeficiente de correlación puede tomar valores desde menos uno hasta uno, indicando que mientras más cercano a uno sea el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables. Mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables.

Análisis de regresión.- Es la técnica empleada para desarrollar la ecuación y dar las estimaciones.

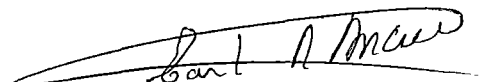
Ecuación de Regresión.- es una ecuación que define la relación lineal entre dos variables.

Ecuación de regresión Lineal: $Y' = a + Bx$

Ecuación de regresión Lineal Múltiple: $Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3...$

Principio de Mínimos Cuadrados.- Es la técnica empleada para obtener la ecuación de regresión, minimizando la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre los valores verdaderos de "Y" y los valores pronosticados "Y".

Análisis de regresión y Correlación Múltiple.- consiste en estimar una variable dependiente, utilizando dos o más variables independientes.



2.8 NORMAS LEGALES

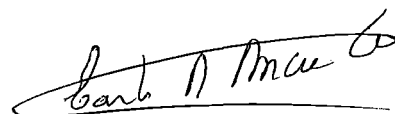
2.8.1 NORMAS NACIONALES

La Constitución Política de 1993.- Es la norma legal del País en donde resalta que el ambiente es un bien o valor de nuestra sociedad considerada como prioritario para proteger y promocionar al más alto nivel jurídico. El marco general de la política ambiental se rige por el art. 66, 67 y 68 en el cual el Estado determina la política nacional ambiental y promueve la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

Ley General del Medio Ambiente N° 28611 13-10-2005.- Establece políticas e instrumentos de gestión ambiental, destaca el respeto de la dignidad humana y la mejora continua de la calidad de vida de la población, incentiva al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

El art. 90 del recurso de agua continental, indica que el estado promueve y controla el aprovechamiento de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentra, promueve la inversión y participación del sector privado y el aprovechamiento sostenible del recurso.

En el art.101 de los ecosistemas Marinos y Costeros; el estado promueve la conservación de los ecosistemas marinos y costeros, como espacios proveedores de recursos naturales, fuente de diversidad biológica marina y de servicio ambiental de importancia nacional, regional y local.

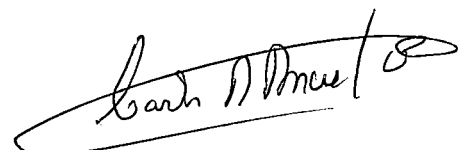


En el art. 31 indica que el estándar de la calidad ambiental es la medida que establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire agua o suelo en su calidad de cuerpo receptor que no represente riesgo significativo, para la salud de las personas y el ambiente, la que podrá ser expresada en máximos mínimos o rangos.

El art. 32 indica que los límites máximos permisibles es la medida de la concentración o grados de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos y biológicos que caracteriza un efluente o una emisión que al ser excedida puede causar daño a la salud al bienestar humano y al ambiente, el Límites Máximos Permisibles (LMP) guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que establecen los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA).

Ley General de Aguas promulgada por decreto supremo N° 17752 del 29 de julio de 1969 y los reglamentos de los títulos de dicha ley.-Determina para los efectos de protección de las aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y pesca Recreativa o Comercial los límites máximos permisibles, el art. 26 De los usos de las aguas; indica que los usos de las aguas son aleatorias y se encuentran condicionados a la disponibilidad del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destinen. La calidad de aguas en general ya sea terrestre o marítima del país se clasifica respecto a sus usos de la siguiente manera:

- a) Aguas de abastecimiento doméstico con simple cloración.
- b) Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento y procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración, cloración. Aprobados por el Ministerio de Salud.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'García A. Muel', is written over a horizontal line.

- c) III Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- d) IV Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baño y similares)
- e) V Aguas en zonas de pesca (marisco, bivalvos)
- f) VI Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

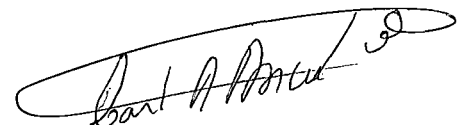
Protocolo para el monitoreo de efluentes y cuerpo marino receptor R.M. 003–2002–PE, 13/01/02.- Indica los procedimientos para monitoreo en cuerpo Marino receptor, tomando de referencia sólo para niveles superficiales.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DECRETO SUPREMO N° 002–2008–MINAM.

Artículo 1º.- Objetivo.- Aprobar las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002–2008–MINAM.

Artículo 2º.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002–2008–MINAM y de la presente norma, se deberán tener en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:



- a) **CATEGORIA 1.- POBLACIONAL Y RECREACIONAL.**
- b) **CATEGORIA 2.- ACTIVIDADES MARINO COSTERAS.**
- c) **CATEGORIA 3.- RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES.**
- d) **CATEGORIA 4.- CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO.**

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles ó áreas naturales protegidas y zonas de amortiguamiento.

Límites máximos permisibles que se muestran en los **Cuadros 3.3 (Anexos)**

- a) **Lagunas y lagos.-** Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, corresponde a aguas en estado lentic, incluyendo humedales.
- b) **Ríos.-** Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lotico.
 - 1) **Ríos de la Costa y Sierra.-** Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.
 - 2) **Ríos de la Selva.-** Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes; en las zonas mandrias.

Bartholomew

c) Ecosistemas marino costeros :

- 1) Estuarios.-** Entiéndase como zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos, hasta el límite superior del nivel de marea; incluye marismas y manglares.

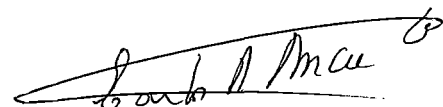
- 2) Marinos.-** Entiéndase como zona del mar, comprendida desde los 500 m de la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

2.8.2 NORMAS INTERNACIONALES

Resolución Conama N° 20 Brasil 1986.- Establece Límites Máximos Permisibles para clase de agua VI: pH, Zinc, Cobre, Hierro y Manganeseo.

Norma de calidad de agua y control de descargas ag-cc-01 republica dominicana 2001.- Establece Límites Máximos Permisibles para clase de agua G: Temperatura y Aceites y/o Grasas.

Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (marpol) (1973), incluyendo la modificatoria de 1978.- Instrumento jurídico internacional encargado de prevenir la contaminación del medio marino producida por buques ya sea en el normal transcurso de sus actividades económicas o por accidentes marítimos.



III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

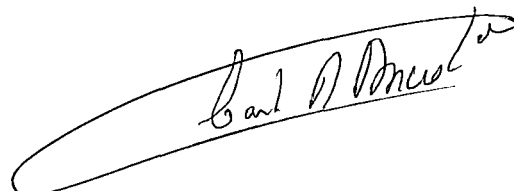
Como material se ha utilizado información bibliográfica y los resultados de Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y APROCALLAO y para los parámetros de calidad del agua se utilizará la Datas de Servicio Agua Potable y Alcantarillada de Lima (SEDAPAL) y Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

Se ha utilizado un software OPTICAD 2012 para análisis de varianza ANOVA y para análisis de regresión lineal.

3.2 MÉTODOLOGÍA

A partir de la Base de datos, se procederá análisis de regresión lineal como modelamiento matemático de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales de los, río Rímac y río Chillón para ajustar el comportamiento de la Bahía del Callao en lo referente a la calidad del agua.

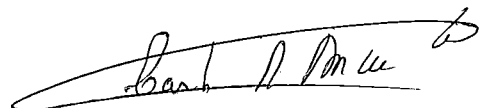
También se utilizó el análisis de varianza ANOVA para ver si existía diferencia significativa entre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de bahía del Callao y las aguas residuales de los, río Rímac y río Chillón y estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4 que represente la calidad del agua mar.



3.2.1 PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos obtenidos se realizó análisis, utilizando los elementos de la estadística descriptiva, en lo referente a los parámetros físico, químico y microbiológica de la bahía del callao, rio Rímac y rio chillón.

Se utilizó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la bahía del callao, rio Rímac y rio chillón con el análisis estadística de ANOVA y análisis de regresión lineal para predecir la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, bahía del Callao, Perú.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Barb. D. Ponce', is written over a horizontal line.

IV RESULTADOS

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio para determinar la calidad de agua de mar se ubica entre los márgenes de los ríos Rímac y Chillón, localizada en el litoral de la Bahía del Callao, distrito del Callao, provincia Constitucional de Callao. Ver Planos 1, 2 y 3.

4.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

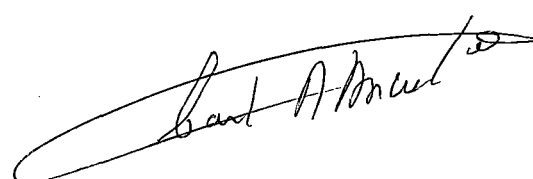
Las principales fuentes de contaminación que se encontraron en la zona fueron: La descarga de Colectores domésticos, descarga de efluentes industriales, la descarga de acequias, la desembocadura de los ríos Rímac.

4.3 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Se seleccionaron 21 puntos de muestreo los cuales se muestran en el cuadro N° 5.1 (Apéndice) y en el Planos 1, 2 y 3 y la Figura N° 1.

4.4 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

Los resultados de los parámetros físico-químico-microbiológico y de metales pesados realizadas en las estaciones de monitoreo se muestran en los cuadros N° 5.2, 5.3, 5.4. (Apéndice), utilizado software análisis de varianza (ANOVA) y análisis de



regresión lineal de óptica 2012, se acuerdo figuras N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 (Apéndice)

4.4.1. PARÁMETROS FÍSICOS

- **Temperatura.**- Las temperaturas para la estaciones bahía de Callao tuvo un promedio de 16,8°C, en zona invierno los que se muestran en el Gráfico 5.2 (Apéndice), temperatura promedio del mar (16,7°C) según ECA, parámetro temperatura demuestran que el agua de mar de la Bahía del Callao en la zona de estudio, no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA), de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro físico temperatura (Figura 1) existen diferencia significativa entre parámetro temperatura y el estándar de calidad ambiental (ECA), ,dónde estaría demostrando la hipótesis de la investigación de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú.

TABLA N° 1

TEMPREERATURA DE LA BAHÍA DEL CALLAO

ESTACIONES	TEMPERATURA (°C)	CATEGORIA 4 ECA Temperatura 16,8°C
E - 1	16,9	
E - 2	16,8	
E - 3	16,7	
E - 4	16,8	
E - 5	16,7	
E - 6	16,9	
E - 7	16,8	
E - 8	16,7	
E - 9	16,9	
E - 10	16,8	
E - 11	16,9	
E - 12	16,7	

Fuente: Elaboración propia

- **Grasas y Aceites.**- Los valores de grasas y aceites registrado en la bahía del Callao es 1,9 mg/L en estación 3, 3,4 mg/L estación 10 y 2,8 mg/L en estación 12 , río Chillón en estación 11 es 3,6 mg/L y río Rímac es estación 23 es 2, 4mg/L (Tabla 2), superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4, de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro físico grasas y aceites (Figura 2) existen diferencia significativa la hipótesis para el parámetro físico grasas y aceites, donde estaría demostrando la hipótesis de la investigación de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú.

TABLA N °2

ACEITES Y GRASAS DE LS ESTACIONES BAHÍA DEL CALLAO, RÍO RÍMAC Y RÍO CHILLÓN Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETRO FÍSICO GRASAS Y ACEITES

ESTACIONES	GRASAS Y ACEITES (mg/L)	CATEGORIA 4 ECA GRASAS Y ACEITES (mg/L) 1,00
E- 3	1,9	
E - 10	3,4	
E - 12	2,8	
E - 23	2,4	
E - 11	3,6	

Fuente: Elaboración propia

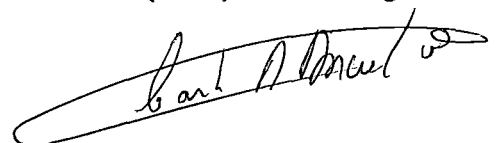
4.4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**- La carga orgánica medida a través de la DBO₅ varió de 21,7 mg/L en estación 23 del río Rímac y 24,94 mg/L en estación 10 río Chillón (Tabla 12). Se aprecia, que los puntos reportado supera los Límites Máximos Permisibles (LMP), debido a la alta Carga Orgánica y la carencia de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía del Callao. Estos resultados fueron similares a los reportados por IMARPE (2006) donde indica que el 70 % de los resultados obtenidos en la época

de invierno superaron los Límites Máximos Permisibles (LMP). Para los usos de aguas de clase IV; V; VI establecidos en la Ley General Agua, indicador que demuestran que el agua de mar de la Bahía del Callao en la zona de estudio, no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA), de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro químico demanda bioquímica de oxígeno (**Figura 12**), no existen diferencia significativa entre los valores demanda bioquímica de oxígeno de la bahía del Callao, ríos Rímac y chillón acerca de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú y el análisis de regresión lineal se trabajó con parámetros químicos (Demanda Química Biológica) y físicos (Zinc, Plomo, Hierro y Cobre), donde resultó existían una correlación directa y coeficiente de correlación era próximo 1, (**Figuras 13, 14, 15, 16, y 17**).

- **Contaminación por Metales Pesados.**- Las actividades mineras, y el sector industrial, en las diferentes etapas del proceso, generan residuos de minerales que son transportados por las aguas a través de colectores, ríos, acequias, que son vertidas finalmente al mar; estos elementos son tóxicos y peligrosos, para el ecosistema marino y la salud humana como plomo, cadmio, mercurio y arsénico. Los análisis de metales en el agua de mar a nivel superficial, en la zona de estudio, registraron valores cadmio, zinc, plomo, hierro y cobre que superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4, podemos ver los cuadros 5.3 y 5.4 (**Apéndice**).

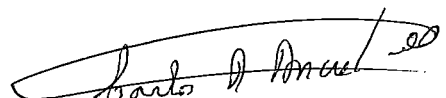
- **El Plomo.**- Los valores de plomo registrado en la bahía del Callao es 0,060 mg/L en estación 12, río Chillón en estación 11 es 0,052 mg/L y río Rímac es estación 23 es 0,018 mg/L, superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría



4 **Tabla N^a 4**, de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro químico plomo (**Fig.4**) existen diferencia significativa entre parámetro químico plomo y el estándar de calidad ambiental (ECA), dónde estaría demostrando la hipótesis de la investigación de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú.

- **El Hierro.**- Tiene la característica de ser poco soluble en agua de mar, pero tiende a agruparse en torno a partículas orgánicas que precipitan. Es beneficioso en concentraciones bajas debido a que es un componente básico para la realización del metabolismo de plantas y otras especies acuáticas, sin embargo al acumularse en altas concentraciones éste produce problemas de eutricación ya que produce una aceleración en la actividad metabólica, lo cual causa aumento de masas de organismos y su posterior muerte originando putrefacción, río Chillón en estación 8A es 5,1 mg/L (**Tabla 5**) y río Rímac es estación 21 es 3,901 mg/L, (**Tabla 6**) superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4, de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro químico hierro (**Figura 5**) río Chillón y (**Figura 6**) río Rímac, existen diferencia significativa entre parámetro químico plomo y el estándar de calidad ambiental (ECA), dónde estaría demostrando la hipótesis de la investigación de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú.

-**EL COBRE.**- Río Chillón en estación 10 es 0,069 mg/L y río Rímac es estación 21 es 0,091 mg/L, superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4, se puede ver los cuadros 5.3 y 5,4 (**Apéndice**), río Chillón en estación 9 es 0,0,075 mg/L y río Rímac es estación 21 es 0,0057 mg/L, superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4, de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro físico temperatura (**Figura 9**) existen diferencia



significativa entre parámetro cobre y el estándar de calidad ambiental (ECA), y el análisis de regresión lineal se trabajó con parámetro químico Demanda Bioquímica de Química y físico Cobre, donde resultó existían una correlación directa $r^2 = 0,8850$ (Figura 9), dónde estaría demostrando la hipótesis de la investigación de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú.

- El Zinc.- Río Chillón en estación 9 es 0,123 mg/L (Tabla 8) y río Rímac en estación 22 es 0,412 mg/L superaron normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4, de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro físico temperatura (Figura 9), existen diferencia significativa entre parámetro zinc y el estándar de calidad ambiental (ECA), y el análisis de regresión lineal se trabajó con parámetro químico Demanda Bioquímica de Química y físico Zinc, donde resultó existían una correlación directa $r^2 = 0,9767$ (Figura 13), dónde estaría demostrando la hipótesis de la investigación de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao.

TABLA N° 3

CADMIO DE LAS ESTACIONES BAHÍA DEL CALLAO, RÍO RÍMAC Y CHILLÓN

ESTACIONES	CADMIO (mg/L)	CATEGORIA 4 ECA (mg/L) 0,005
E - 3	0,060	
E - 10	0,057	
E - 12	0,068	
E - 23	0,010	
E - 11	0,010	

Fuente: Elaboración propia

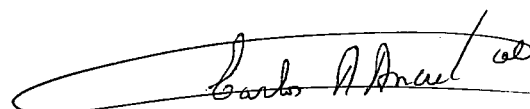


TABLA N° 4

PLOMO DE LAS ESTACIONES BAHÍA DEL CALLAO, RÍO RÍMAC Y RÍO CHILLÓN, Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETRO PLOMO

ESTACIONES	PLOMO (mg/L)	CATEGORIA 4 ECA PLOMO (mg/L) 0,03
E-3	0,010	
E-10	0,010	
E-12	0,060	
E-23	0,018	
E-11	0,052	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5

HIERRO DE LA ESTACIÓN RÍO CHILLÓN Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETRO HIERRO

ESTACIONES	HIERRO (mg/Lt)	CATEGORIA 4 ECA HIERRO (mg/L) 1,00
E - 8	4,7	
E - 8A	5,1	
E - 09	4,3	
E - 10	3,7	
E - 11	5,0	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 6

HIERRO DE LA ESTACIÓN RÍO RÍMAC Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETRO HIERRO

ESTACIONES	HIERRO (mg/Lt)	CATEGORIA 4 ECA HIERRO (mg/L) 1,00
E - 21	3,901	
E - 22	3,749	
E - 22A	2,982	
E - 23	2.918	

Fuente: Elaboración propia

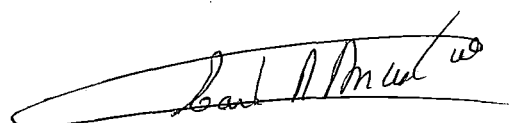


TABLA N° 7
ZINC DE LA ESTACIÓN RÍO RÍMAC Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETRO ZINC

ESTACIONES	HIERRO (mg/L)	CATEGORIA 4 ECA ZINC (mg/L) 0,03
E - 21	0,396	
E - 22	0,412	
E - 22A	0,391	
E - 23	0,324	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 8
ZINC DE LA ESTACIÓN RÍO CHILLÓN Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETRO ZINC

ESTACIONES	HIERRO (mg/L)	CATEGORIA 4 ECA ZINC (mg/L) 0,03
E - 8	0,078	
E - 8A	0,120	
E - 09	0,123	
E - 10	0,101	
E - 11	0,100	

Fuente: Elaboración propia

Barbo A. Maut

TABLA N° 9

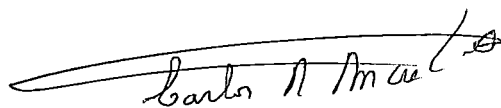
CADMIO, COBRE Y PLOMO (PROMEDIOS) DE LAS ESTACIONES BAHÍA DEL CALLAO, RÍO RÍMAC Y RÍO CHILLÓN Y VALORES ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETROS CADMIO, COBRE Y PLOMO

ESTACIONES	(mg/L)	CATEGORIA 4 ECA CADMIO 0,005 (mg/L) COBRE 0,05 (mg/L) PLOMO 0,03 (mg/L)
E - 03, E - 10, E - 12, E - 11, E - 23	0,010 CADMIO	
E - 03, E - 10, E - 12, E - 11, E - 23	0,064 COBRE	
E - 03, E - 10, E - 12, E - 11, E - 23	0,030 PLOMO	

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

- **Indicadores Microbiológicos.**- La línea costera se encuentra afectada por fuentes de contaminación por colectores de aguas residuales domésticas e industriales y la desembocadura de los ríos Rímac y Chillón, así como las actividades del Terminal pesquero y la rada del Callao según Sánchez (2002). Los coliformes totales en el presente valores en el rango de 6×10^7 NMP/100mL a valores mayores a 2×10^8 NMP/100mL registrándose valores máximos río Rímac el estación 21; de igual manera los coliformes termotolerantes también presentaron valores que superan, con el estándar de calidad ambiental (ECA), de 3×10^5 NMP/100mL río Rímac y en la estación 9 río Chillón 2×10^6 NMP/100mL. Reportes realizados por IMARPE (2006), indican que los coliformes totales y termotolerantes fluctuaron entre $1,5 \times 10^2$ NMP/100mL hasta $2,4 \times 10^{12}$ NMP/100mL, lo que demuestran que el agua de mar de la Bahía del Callao en la zona de estudio, no cumple con el estándar de calidad



ambiental (ECA), de acuerdo Análisis de varianza ANOVA para parámetro microbiológico, no existen diferencia significativa entre los valores coliformes totales, coliformes termotolerantes y escherichia coli de la bahía del Callao, ríos Rímac y chillón acerca de la calidad del agua de mar en la bahía del Callao, Perú (Figuras 13, 14, 15, 16, y 17).

TABLA N° 10

COLIFORMES TOTALES (PROMEDIOS) DE LAS ESTACIONES BAHÍA DEL CALLAO, RÍO RÍMAC Y RÍO CHILLÓN Y VALOR ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETROS COLIFORMES TOTALES

ESTACIONES	NMP/100 mL	CATEGORIA 4 ECA COLIFORMES TOTALES 2000 NMP/100 mL
E-03, E-10 E-12, E-11, E-23	360000	

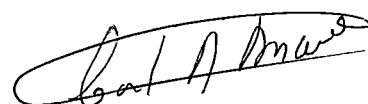
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 11

COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y ESCHERICHIA COLI (PROMEDIOS) DE LAS ESTACIONES BAHÍA DEL CALLAO, RÍO RÍMAC Y RÍO CHILLÓN Y VALORES ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LA CATEGORÍA 4 DE PARÁMETROS COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y ESCHERICHIA COLI

ESTACIONES	NMP/100mL	CATEGORIA 4 ECA Coliformes totales 2000 NMP/100 mL Coliformes termotolerantes 1 000 NMP/100 mL Escherichia coli 0 NMP/100 mL
E – 03, E – 10, E – 12, E – 11, E – 23	Coliformes totales 360000	
E – 03, E – 10, E – 12, E – 11, E – 23	Coliformes termotolerantes 362000	
E – 03, E – 10, E – 12, E – 11, E – 23	Escherichia coli 292000	

Fuente: Elaboración propia



4.4.4. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

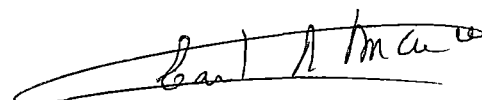
Entre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encuentran parámetros temperaturas, aceites y grasas, demanda bioquímica oxígeno, cadmio, cobre, plomo coliformes totales, coliformes termotolerantes y escherichia coli de las estaciones de la bahía del Callao y de los ríos Rímac y Chillón.

TABLA N° 12

LAS ESTACIONES E – 03, E – 10, E – 12 (BAHÍA CALLAO) E – 11 (RÍO CHILLÓN), E – 23 (RÍO RÍMAC) Y PARÁMETROS TEMPERATURAS, ACEITES Y GRASAS, DEMANDA BIOQUÍMICA OXÍGENO, CADMIO, COBRE, PLOMO COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y ESCHERICHIA COLI (PROMEDIOS)

ESTACIONES	E – 03	E – 10	E – 12	E – 11	E – 23
TEMPERATURA	16,7	16,8	16,7		
ACEITES Y GRASAS	1,8	1,8	4,3	3,6	1,8
DEMANDA BIOQUÍMICA OXÍGENO	19,2	21,5	23,2	22,62	21,7
CADMIO	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
COBRE	0,060	0,057	0,068	0,059	0,076
PLOMO	0,010	0,010	0,060	0,018	0,052
COLIFORMES TOTALES	1,3E + 05	1,3E + 04	3,5E + 07	3E + 05	6E + 07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	1,3E + 05	7,9E + 05	4,9E + 06	2E + 05	2E + 07
ESCHERICHIA COLI	2,1E + 04	1,7E + 03	3,3E + 06	3E + 06	2E + 07

Fuente: Elaboración propia



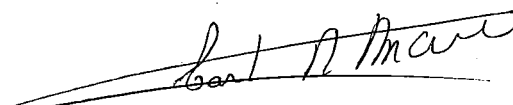
V DISCUSIÓN

5.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE LA BAHÍA DEL CALLAO

Evaluaciones realizada por el Instituto del Mar del Perú (*IMARPE*) 2006 en la línea costera (playas) de la Bahía del Callao Convenio Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL y El Instituto del Mar del Perú (*IMARPE*) (Verano- Invierno 2006), el 70 % de la DBO, de los valores obtenidos estuvieron por encima de valor Estándares Nacionales Ambientales (ECA) para el agua categoría 4 conservación del ambiente acuático. Asimismo indican que la zona presenta valores elevados de coliformes totales y termotolerantes, encontrando los valores más elevados en zona de ríos Rímac y chillón.

5.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA

Las playas de la bahía del Callao se encuentran altamente contaminadas presencia de colectores urbanos y por las descargas de los efluentes de la actividad industrial; estas pueden considerarse como las principales fuentes que provocan la contaminación de las aguas costeras. Sánchez (2006), indica que la bahía del Callao presenta una zona crítica de contaminación fecal, especialmente en la franja costera entre el río Chillón hasta río Rímac, influenciada por la desembocadura del emisor Callao y colectores. Evaluaciones realizadas tanto, en el mes de septiembre 1998 y en agosto 1999 dieron valores de coliformes termotolerantes de $1,0 \times 10^8$ a $1,0 \times 10^9$ NMP/100mL respectivamente, sobrepasando ampliamente el límite fijado por la Ley General de Aguas para los usos del agua de mar de las clases IV, V y VI. Tendiendo a crear un ambiente anóxico, que llevaría

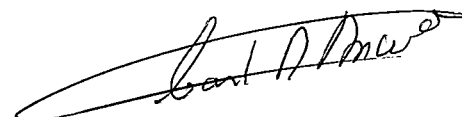


a tener un ecosistema biodegradado con tendencia a la eutricación y con posibles cambios en las estructuras celulares de la biomasa.

La calidad del agua de mar en la zona de estudio es producida por presencia de niveles altos de carga orgánica y microorganismos del grupo coliforme: Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia Coli*, no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA) lo que altera y crea un desequilibrio en la vida acuática de los ríos y el mar, de acuerdo a los gráficos 10 y 11 existen diferencias significativas $p < 0,05$, entre los parámetros Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia Coli*, y los valores estándar de calidad ambiental (ECA).

5.3 INFLUENCIA DE LOS RÍOS QUE DESCARGAN SUS AGUAS EN LA ZONA

Las aguas provenientes de estaciones E – 3, E – 10 y E – 12 de la bahía del Callao, descargadas en el mar por los ríos Rímac E – 23 y Chillón E – 11, presentan un alto grado de contaminación orgánica, con valores de aceites y grasas y valores de DBO_5 que superan los LMP establecidos estándar de calidad ambiental (ECA), de acuerdo a la figura N° 2 existen diferencias significativas $p < 0,05$, entre el parámetro aceites y grasas y el valor estándar de calidad ambiental (ECA), y la figura 17 donde existe una relación directa entre las concentraciones de demanda biológica química y aceites grasas, ecuación lineal $y = 0,612332 + 0,061878x$, valor de coeficiente de regresión lineal igual 0,67. Características que alteran los procesos naturales, disminuyendo la posibilidad de recuperación del ambiente marino costero.



5.4 CALIDAD DEL AGUA DE MAR EN LA ZONA COSTERA DE LA BAHÍA DEL CALLAO (ZONA DE ESTUDIO)

La calidad del agua de mar está determinada por la presencia y la cantidad de contaminante factores físico-químicos como Temperatura y aceites y grasa compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. Las actividades antropogénicas son las responsables de la alteración de estos factores, por la disposición de residuos líquidos y sólidos en los cursos de aguas superficiales continentales y marinos.

La calidad del agua de mar en la zona de estudio presenta concentraciones de metales (Plomo, Zinc, Hierro y Cobre), superan normado estándar de calidad ambiental (ECA) en la categoría 4 (**Tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9**), de acuerdo a las **figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9** existen diferencia significativa $p < 0,05$, entre los parámetros Plomo, Zinc y Hierro, y valores estándar de calidad ambiental (ECA), ecuación lineal Demanda Biológica de Química y Plomo $y = -128,59915 + 5,990499 X$, donde resultó existían una correlación directa $r^2 = 0,9968$ (**Figura 14**); ecuación lineal Demanda Biológica de Química y Zinc $y = -0,671112 + 0,033586X$, donde resultó existían una correlación directa $r^2 = 0,9767$ (**Figura 13**), ecuación lineal demanda Biológica de Química y Hierro $y = -22,808972 + 1,121186X$, donde resultó existían una correlación directa $r^2 = 0,9220$ (**Figura 15**); ecuación lineal Demanda Biológica de Química y Cobre $y = -0,102393 + 0,006877X$, donde resultó existían una correlación directa $r^2 = 0,8850$ (**Figura 9**) Así mismo, la presencia de compuestos metálicos como plomo, cadmio y zinc en los ecosistemas acuáticos, pueden ser transferidos de un nivel trófico a otro y afectar directamente la salud humana.

Formando un punto crítico en la zona costera de la Bahía del Callao con correlaciones estaciones 3, 10 y 12, comprendida entre la desembocadura del río Rímac



con estación 23 y del río Chillón con estación 11, parámetros (promedios): temperaturas, aceites y grasas, demanda bioquímica oxígeno, cadmio, cobre, plomo coliformes totales, coliformes termotolerantes y escherichia coli (**Tabla 12**) de acuerdo **figura 12** no existen diferencia significativa $p < 0,05$, entre parámetro indicadores que demuestran que la calidad agua de mar de la Bahía del Callao en la zona de estudio de la bahía del Callao, comprendida entre la desembocadura del Río Rímac y del Río Chillón, no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA).

La falta de educación sanitaria de los pobladores de las riberas en muchos casos genera la contaminación de los ríos, puesto que arrojan residuos sólidos y líquidos que causan el incremento de los microorganismos fecales, con la consiguiente contaminación y deterioro de la vida en los ríos.

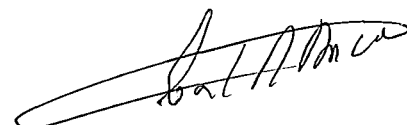


VI REFERENCIALES

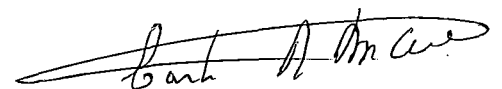
1. Aprocallao. (2006). Calidad del agua del mar en la Bahía del Callao. Informe Anual del Monitoreo de efluentes y Cuerpo Marino Receptor, 50.
2. Aznar, Pilar. LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA SOCIEDAD GLOBAL, Valencia, España: Editorial Universidad de Valencia, primera edición, 1998.
3. Barreto, C., & Carranza, R. Efecto de los efluentes domésticos en la calidad del agua de mar para uso en la industria pesquera. Trabajo de Investigación UNAC, 2009.
4. Cabrera, C. (2003). Estudio de la Contaminación de las aguas costeras de la Bahía de Chancay, Tesis UNMSM, 400.
5. Conopuma, C. (1991). Las actividades antropogénicas y su incidencia en la pesca artesanal. En libro de resúmenes. III Seminario Latinoamericano de Pesca Artesanal. Imarpe-CIID. Canadá.
6. CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA. Informe Bahía del Callao. Web <http://www.contraloria.gob.pe/nea/interiores/cbach.marinas.htm>. Octubre, (2008).
7. Chung. B. (2008). Control de los Contaminantes químicos en el Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 25(4), 413–418.
8. Díaz, C., Carrión, J., & González, J. (2006). Estudio de la Contaminación por Hg, Pb, Cd, y Zn en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 72 (1), 19–31.
9. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL, *Monitoreo de la Bahía del Callao*, Informe DIGESA, 2005.
10. Echegaray, M., Guerin, C., Hinojosa, I., Zambrano, W., & Taype, L. (1988). Vigilancia de la contaminación marina por metales pesados en áreas críticas (moluscos bivalvos como indicadores). Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar.
11. Glynn, H. & Gary, H. (1999). Ingeniería Ambiental. Ed. Prentice Hall, México, 390.
12. Guillén, O., Asthu, V., & Aquino, R. (1980). Contaminación marina en el Perú. Informe IMARPE-PERÚ N° 77:70.
13. Guillén et al. 1978. Contaminación en el puerto del Callao. Informe N°62.IMARPE. Callao.
14. Guzmán. M. (1996). Trazas de metales en elementos superficiales en la Bahía del Callao – Ventanilla. Informe Progresivo de IMARPE – PERÚ N° 37.



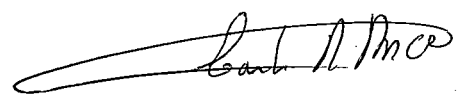
15. Helmer, Richard y Hespanhol, Ivanildo. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Lima: Editorial Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS, OPS/OMS, primera edición, 1999.
16. Kiely, Gerard. INGENIERÍA AMBIENTAL: FUNDAMENTOS, ENTORNOS, TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE GESTIÓN. Madrid, España: Editorial Mc Graw Hill, sexta edición, 1999.
17. Metcalf, Eddy. TRATAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES, Madrid, España: Editorial Labor S.A., quinta edición, 1977.
18. Orozco, R., Cordova, J., & Moren, O. (1998). Estado de la contaminación marina en la Bahía de Chancay entre 1995 – 1997. En Informe interno IMARPE.
19. PNUMA/CPPS. (1981). Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en el Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur Colombia, Chile, Ecuador, Perú. En Serie Seminarios y estudios, Lima – Perú, 2.
20. Pinzón, M.L., García, A.K., & Cassanova, R.F. (2007). Seguimiento a la influencia de la marea, condiciones meteorológicas y factores antropogénicas sobre la variabilidad diaria de parámetros fisicoquímicos en la Bahía de Tumaco (Colombia). Bistua: *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas Universidad de Pamplona*, 5(5), 5 – 16.
21. Pis, M., Delgado, G., Martínez, S., Hernández, A., & Diez, J. (2008). Efecto de la emisión de residuales urbano – industriales en la ensenada de la Coloma, Costa Sur de Pinar del Río, Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(5), 1 – 9.
22. Romero, C., García A., Mendoza, G., Torres, C. & Ramírez, N. (2009) Contaminación por Toxacara spp. en Parques de Tulyehualco, México. *Revista Científica. (Maracaibo)*, 19 (3), 253 – 256.
23. Romero, M., Colin, A., Sánchez, E., & Ortiz, Ma. L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 25 (3), 157 – 167.
24. Sedapal. (2006). Estudio de impacto Ambiental de las Aguas de la Bahía de Callao.
25. TARAZONA, J., PAREDES, G., ROMERO, VL, BLASKOWICH, V., GUZMÁN, S., & SÁNCHEZ., S. (1985). Características de la vida planctónica y colonización de los organismos bentónicos durante el Fenómeno El Niño, 4, 55 – 63.
26. Teves, N. (1993). Erosion and accretion processes during the Niño Phenomenon of 1982 – 1983 and its relation to previous events. En Boletín del Instituto de Estudios Andinos, 22 (1), 99 – 111.
27. Tyler, Miller. INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA AMBIENTAL, Madrid, España: Editorial Thomson, quinta edición, 2002.



28. Valle, SONIA. (1998). Estructura del Macrobentos Marino frente a Lima y sus factores condicionantes. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. 97 Pág.
29. Vega, J.C. (2002). Química del Medio Ambiente y de los recursos Naturales. Ed. Universidad Católica de Chile.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Barb A. M. C.", is located in the bottom right corner of the page.

VII APÉNDICE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luis A. Moe", is written over a horizontal line.

CUADRO N° 7.1

**UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO
(COORDENADAS UTM)
BAHIA DEL CALLAO**

N° Estación	Origen de la Fuente	Punto de Muestreo	Descripción Punto de Muestreo	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas UTM	
								Este	Norte
1	Bahía del Callao	E - 1	Zona de Influencia Norte Refinería La Pampilla	Ventanilla	Ventanilla	Callao	Provincia Constitucional del Callao	265729	8681420
2		E - 2	Altura Refinería La Pampilla	Ventanilla	Ventanilla			265958	8680948
3		E - 3	Altura Desembocadura Río Chillón	Ventanilla	Ventanilla			266697	8679372
4		E - 4	Altura Pesquera TASA	Márquez	Callao			267130	8677526
5		E - 5	Altura TRALSA.	Oquendo	Callao			267313	8675640
6		E - 6	Altura QUIMPAC	Oquendo	Callao			267312	8675271
7		E - 7	Altura Instituto Tecnológico Pesquero	Oquendo	Callao			267291	8674021
8		E - 8	Altura Los Ferroles	Callao	Callao			267052	8672656
9		E - 9	Altura Ex FERTISA	Callao	Callao			268883	8672032
10		E - 10	Altura Desembocadura Río Rímac.	Callao	Callao			265946	8670210
11		E - 11	Altura Zona El Camotal	La Punta	La Punta			263860	8665321
12		E - 12	Colector Taboada	Callao	Callao				

AUTORIA: Propia

RÍO RIMAC

Estación	Ubicación	Este	Norte
E - 21	Altura de la Av. Belaunde Margen Izquierda - Carmen de la Legua	272420	8668373
E - 22	A 50m del Puente Faucett Margen Izquierda - Callao	271331	8668126
E - 22A	Altura de la Av. Santa Rosa - Margen Izquierda - Gambeta - Callao	269591	8668228
E - 23	Puente Gambeta - Margen Izquierda - Ramón Castilla - Callao.	268491	8668437

AUTORIA: Propia

Carl A. Mera

RÍO CHILLÓN

Estación	Ubicación	Este	Norte
E - 08	Límite con San Diego - Margen Derecha - Ventanilla	271801	8678150
E - 08A	AA. HH. Mariano Ignacio Prado - Margen Derecha - Parque Porcino - Ventanilla	268879	8678791
E - 09	A 50m aguas arriba del Puente Chillón - Margen Izquierda - Callao	268031	8679540
E - 10	AA. HH. Haya de la Torre - Margen Derecha - Ventanilla	267117	8679345
E - 11	A 200 m de la Desembocadura en línea de playa (mar)	266919	8679797

AUTORIA: Propia

CUADRO N° 7.2 EVALUACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL CUERPO RECEPTOR EN LA ZONA DE DESCARGA DE LOS CONTAMINANTES EN LA BAHÍA DEL CALLAO

Parámetro Estación	T °C agua	T °C aire	A y G mg/L	DBO mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Pb mg/L	C. tot NMP / dL	C term NMP / dL	E. Coli NMP / dL
CATEGORIA 4 ECA	---	---	1.0	15	0.005	0,05	0.03	2,000	1,000	---
E - 01	16,9		<1,8	19,2	<0,010	0,055	<0,010	4,9E+02	2,2E+02	4,5E+01
E - 02	16,8		<1,8		<0,010		0,014	1,3E+04	7,9E+03	4,9E+03
E - 03	16,7		<1,8	20,8	<0,010	0,060	<0,010	1,3E+05	1,3E+05	2,1E+04
E - 04	16,8		<1,8		<0,010		<0,010	1,1E+04	4,9E+02	2,1E+02
E - 05	16,7		<1,8		<0,010		<0,010	1,3E+03	4,5E+02	4,5E+02
E - 06	16,9		<1,8		<0,010		<0,010	4,9E+04	1,1E+04	3,3E+03
E - 07	16,8		<1,8		<0,010		0,028	2,4E+06	2,4E+06	1,3E+06
E - 08	16,7		<1,8		<0,010		<0,010	2,4E+06	1,3E+06	4,9E+05
E - 09	16,9		<1,8		<0,010		<0,010	2,4E+06	1,3E+06	4,9E+05
E - 10	16,8		<1,8	21,5	<0,010	0,057	<0,010	1,3E+04	7,9E+03	1,7E+03
E - 11	16,9		<1,8		<0,010		<0,010	7,8E+00	4,5E+00	4,5E+00
E - 12	16,7		4,3	23,2	<0,010	0,068	<0,010	3,5E+07	4,9E+06	3,3E+06

AUTORIA: Propia

Barl N. Inca

CUADRO N° 7.3

EVALUACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA RÍO CHILLÓN

CATEGORIA 4 ECA	A y G (mg/L) 1,00				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
sep - 10	1,8	3,6	4,6	4,7	65
oct - 10	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
nov - 10	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
dic - 10	1,8	9,1	3,0	2,3	1,8
ene - 11	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8
feb - 11	1,0	1,0	1,0	2,1	7,8
jul - 11	1,0	4,1	3,5	2,4	1,0
ago - 11					
sep - 10	2,2	1,9	1,0	1,0	1,0
oct - 11					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	1,9	3,4	2,8	2,4	3,6

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	Cd (mg/L) 0,005 Río Chillón				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
Sep - 10	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
oct - 10	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
nov - 10	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
dic - 10	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
ene - 11	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
feb - 11	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
jul - 11	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
ago - 11					
sep - 10	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
oct - 10					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

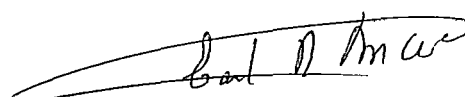
AUTORIA: Propia

Carl R. M. C.

ATEGORIA 4 ECA	Cu (mg/L) 0,050 Río Chillón				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
Sep - 10	0,049	0,064	0,048	0,052	
oct - 10	0,025	0,025	0,044	0,046	0,059
nov - 10	0,083	0,075	0,046	0,049	
dic - 10	0,010	0,119	0,740	0,068	
ene - 11	0,037	0,171	0,170	0,077	
feb - 11	0,010	0,341	0,557	0,679	
Jul - 11	0,011	0,106	0,091	0,089	
ago - 11					
sep - 11	0,010	0,010	0,090	0,100	
oct - 11					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	0,030	0,114	0,223	0,069	0,059
CATEGORIA 4 ECA	Fe (mg/L) 1,0R Río Chillón				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
sep - 10	9,63	12,60	12,17	13,41	
oct - 10	12,46	12,57	10,32	8,28	5,04
nov - 10	10,93	8,38	6,37	2,46	
dic - 10	1,072	2,369	0,603	0,074	
ene - 11	2,64	2,-10	1,70	1,15	
feb - 11	0,65	1,41	1,82	2,54	
jul - 11	0,195	1,070	0,952	0,956	
ago - 11					
sep - 11	0,277	0,142	0,474	0,553	
oct - 11					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	4,7	5,1	4,3	3,7	5,0

ATEGORIA 4 ECA	Pb(mg/L) 0,10 Río Chillón				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
sep - 10	0,02	0,03	0,025	0,02	0,01
oct - 10	####	0,02	0,02	0,02	0,02
nov - 10	0,035	0,02	0,027	0,02	0,028
dic - 10	0,02	0,042	0,034	0,02	
ene - 11	0,02	####	0,066	0,02	0,016
feb - 11	0,02	####	0,326	###	0,015
jul - 11	0,02	####	0,045	0,044	0,025
ago - 11					
sep - 11	0,02	0,02	0,054	0,056	0,01
oct - 11					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	0,02	0,026	0,075	0,029	0,018

AUTORIA: Propia



CATEGORIA 4 ECA	Zn(mg/L) 0,03 Río Chillón				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
Sep - 10	####	0,140	0,098	0,112	
oct - 10	####	####	0,089	###	0,108
nov - 10	0,274	####	0,082	###	
dic - 10	0,021	0,101	0,059	###	
ene - 11	0,106	0,119	0,125	###	
feb - 11	0,018	####	0,342	###	
jul - 11	0,015	####	0,086	0,085	
ago - 11					
sep - 11	0,035	####	0,101	0,107	
oct - 11					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	0,078	0,12	0,123	0,101	0,1

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	DBO (mg/L) 15,0				
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
Sep - 10	22,0	21,6	24,3	25,3	22,0
oct - 10	22,0	23,9	22,0	22,0	22,0
nov - 10	22,0	22,7	23,0	23,0	22,0
dic - 10					
ene - 11	28,7	27,7	20,1	24,5	25,1
feb - 11					
jul - 11					
ago - 11					
sep - 10	22,0	22,0	21,8	29,9	22,0
oct - 11					
nov - 11					
dic - 11					
Promedio	23,4	29,12	22,4	24,94	22,62

AUTORIA: Propia

Carh A. Muro

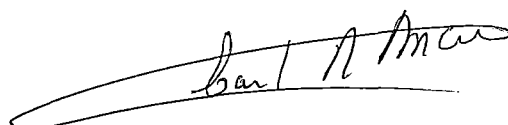
C.totales NMP/dL 2000 Río Chillón					
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
Sep - 10	9,E+05	2,E+06	5,E+05	2,E+06	1,E+05
oct - 10	3,E+05	3,E+05	1,E+05	3,E+05	1,E+05
nov - 10	7,E+05	3,E+05	4,E+05	5,E+05	5,E+03
	6,E+05	5,E+04	5,E+05	4,E+05	1,E+04
ene - 11	1,7E+06	1,7E+06	1,3E+06	1,7E+06	1,6E+06
feb - 11	2,4E+06	5,4E+06	2,2E+06	2,8E+06	1,3E+06
jul - 11	3,5E+06	5,4E+06	2,4E+06	7,9E+05	1,3E+04
ago - 11	2,4E+05	5,4E+06	9,2E+06	5,4E+06	2,6E+04
sep - 11	1,3E+04	7,8E+03	3,5E+06	1,7E+06	7,9E+03
oct - 11	1,6E+04	2,4E+05	2,2E+06	2,2E+06	4,9E+03
nov - 11	7,9E+05	4,9E+05	7,9E+05	7,9E+05	4,9E+04
dic - 11	1,1E+06	7,0E+05	3,3E+05	1,1E+05	1,7E+05
Promedio	1,E+06	2,E+06	2,E+06	2,E+06	3,E+05

AUTORIA: Propia

C,termot NMP/dL 1000 Río Chillón					
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
Sep - 10	7,E+04	8,E+05	2,E+05	5,E+05	5,E+04
oct - 10	3,E+04	5,E+04	3,E+04	2,E+05	2,E+04
nov - 10	7,E+05	1,E+05	3,E+04	2,E+05	8,E+02
dic - 10	5,E+04	7,E+03	4,E+05	3,E+04	1,E+04
ene - 11	4,6E+05	2,7E+05	3,3E+05	1,7E+05	1,6E+06
feb - 11	7,9E+05	1,1E+06	7,0E+05	2,1E+05	1,3E+04
jul - 11	3,5E+06	1,7E+06	7,9E+05	2,7E+05	4,9E+03
ago - 11	2,0E+03	7,0E+05	2,4E+06	5,4E+06	1,7E+04
sep - 11	4,5E+03	2,0E+03	2,2E+05	1,1E+06	7,9E+03
oct - 11	7,0E+04	7,9E+04	1,7E+06	1,1E+06	2,2E+03
nov - 11	1,3E+05	3,3E+05	7,9E+05	3,3E+05	2,3E+04
dic - 11	1,7E+05	1,7E+05	3,3E+05	4,9E+05	7,0E+04
Promedio	5,E+05	4,E+05	7,E+05	8,E+05	2,E+05

E. Coli NMP/dL Río Chillón					
	E - 08	E - 08A	E - 09	E - 10	E - 11
sep - 10	1,1,E+04	5,1E+04	5,2E+03	5,1,E+03	2,1,E+04
oct - 10	1,E+04	5,E+04	5,E+03	5,E+03	2,E+04
Nov - 10	4,E+04	1,E+04	2,E+04	3,E+04	1,E+01
dic - 10	2,E+04	4,E+03	2,E+04	2,E+04	3,E+03
ene - 11	7,8E+04	1,4E+05	1,7E+05	9,3E+04	1,7E+05
feb - 11	1,2E+05	2,2E+05	2,6E+05	1,7E+05	2,2E+03
jul - 11	4,8E+05	7,0E+05	4,9E+05	2,7E+05	4,9E+03
ago - 11	2,0E+03	7,0E+05	1,3E+06	5,4E+06	1,3E+04
sep - 11	2,0E+03	2,0E+03	2,2E+05	1,1E+06	7,9E+03
oct - 11	2,1E+04	7,9E+04	2,4E+05	2,2E+05	3,3E+02
nov - 11	7,9E+04	4,9E+04	1,7E+05	1,3E+05	2,3E+04
dic - 11	1,7E+05	1,7E+05	2,3E+05	3,3E+05	7,0E+04
Promedio	9,E+04	2,E+05	3,E+05	7,E+05	3,E+04

AUTORIA: Propia



CUADRO N° 7.4

EVALUACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA RÍO RÍMAC

CATEGORIA 4 ECA	A y G (mg/L) 1,00			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
Sep - 10	10,8	9,7	6,7	14,0
oct - 10	4,4	2,9	4,4	3,4
nov - 10	3,7	3,2	2,7	2,6
dic - 10	70,4	71,2	8,1	8,9
ene - 11	5,1	6,9	3,9	3,7
feb - 11	6,4	9,2	4,9	4,8
jul - 11	1,8	1,8	7,7	8,9
ago - 11	5,3	2	20,3	29,4
sep - 11	13,2	21,6	30,9	23,8
oct - 11	57	63,1	99,6	65,9
nov - 11	12,5	30,9	47,2	38,3
dic - 11	2,8	4	8,2	10,3
Promedio	16	19	20	18

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	Cd (mg/L) 0,005 Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
Sep - 10	0,010	0,010	0,010	0,010
oct - 10	0,010	0,010	0,010	0,010
nov - 10	0,010	0,010	0,010	0,010
dic - 10	0,010	0,010	0,010	0,010
ene - 11	0,012	0,011	0,010	0,010
feb - 11	0,010	0,010	0,010	0,010
jul - 11	0,010	0,010	0,010	0,010
ago - 11	0,011	0,010	0,010	0,010
sep - 11	0,010	0,010	0,010	0,010
oct - 11	0,010	0,010	0,010	0,010
nov - 11	0,010	0,010	0,010	0,010
dic - 11	0,010	0,010	0,010	0,010
Promedio	0,010	0,010	0,010	0,010

AUTORIA: Propia

Carl A. Muro

CATEGORIA 4 ECA	Cu (mg/L) 0,050 Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
Sep - 10	0,121	0,058	0,062	0,047
oct - 10	0,045	0,058	0,045	0,058
nov - 10	0,172	0,181	0,192	0,162
dic - 10	0,086	0,034	0,033	0,037
ene - 11	0,076	0,069	0,059	0,078
feb - 11	0,060	0,057	0,027	0,021
jul - 11	0,076	0,069	0,059	0,078
ago - 11	0,125	0,117	0,086	0,077
sep - 11	0,169	0,078	0,126	0,122
oct - 11	0,074	0,111	0,120	0,124
nov - 11	0,060	0,052	0,047	0,073
dic - 11	0,026	0,027	0,030	0,033
Promedio	0,091	0,076	0,074	0,076

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	Fe (mg/L) 1,0R Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
Sep - 10	4,070	1,600	1,80	1,250
oct - 10	7,78	8,73	5,55	0, 10
nov - 10	17,400	20,500	18,0	21,00
dic - 10	4,440	1,300	1, 100	1,290
ene - 11	2,150	2,00	1,750	2,4
feb - 11	2,130	2,000	1,400	1,20
jul - 11	1,880	1,990	2,050	1,800
ago - 11	2,480	2,330	2,020	1,670
sep - 11	2,31	1,33	1,81	1,86
oct - 11	1,37	2,38	2,22	1,43
nov - 11	0,366	0,360	0,281	0,358
dic - 11	0,441	0,472	0,603	0,616
Promedio	3,901	3,749	2,982	2,915

AUTORIA: Propia

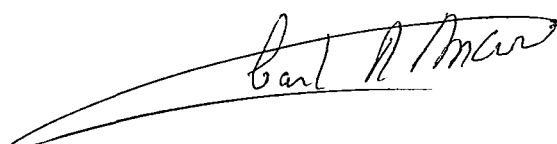
Carl D. Mares

CATEGORIA 4 ECA	Pb (mg/L) 0,10 Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
sep - 10	0,037	0,025	0,027	0,025
oct - 11	0,063	0,086	0,052	0,069
nov - 10	0,138	0,146	0,156	0,132
dic - 10	0,080	0,025	0,025	0,025
ene - 11	0,11	0,079	0,066	0,120
feb - 11	0,025	0,025	0,025	0,032
jul - 11	0,033	0,037	0,026	0,025
ago - 11	0,063	0,060	0,086	0,058
sep - 11	0,029	0,025	0,025	0,025
oct - 11	0,052	0,066	0,084	0,058
nov - 11	0,025	0,025	0,025	0,025
dic - 11	0,025	0,025	0,026	0,025
Promedio	0,057	0,044	0,052	0,052

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	Zn (mg/L) 0,03 Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
sep - 10	0,326	0,236	0,256	0,171
oct. - 10	0,358	0,635	0,332	0,755
nov - 10	1,24	1,47	1,55	0,45
dic - 10	0,431	0,255	0,236	0,270
ene - 11	0,464	0,424	0,379	0,430
feb - 11	0,290	0,279	0,214	0,190
jul - 11	0,284	0,287	0,300	0,279
ago - 11	0,355	0,333	0,337	0,293
sep - 11	0,383	0,263	0,304	0,302
oct - 11	0,201	0,335	0,294	0,272
nov - 11	0,230	0,200	0,203	0,189
dic - 11	0,187	0,221	0,285	0,284
Promedio	0,396	0,412	0,391	0,324

AUTORIA: Propia

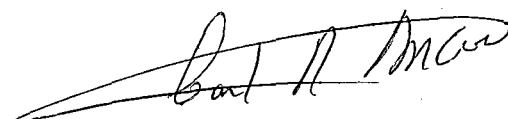


PARÁMETRO ESTACIÓN	UTM		DBO mg/L
	ESTE	NORTE	
CATEGORIA 4 ECA			15
E - 21	272420	8668373	21,7
E - 22	271331	8668126	19,5
E - 22A	269591	8668228	20,4
E - 23	268491	8668437	21,7

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	C. tot (mg/L) 2000 Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
sep - 10	2,4E+07	3,3E+07	5,4E+07	3,3E+07
oct - 10	7,0E+06	1,3E+07	1,7E+07	1,7E+07
nov - 11	4,9E+06	1,7E+06	4,9E+06	1,7E+07
dic - 10	9,2E+08	3,3E+06	1,4E+07	2,4E+07
ene - 11	7,9E+07	7,9E+07	4,9E+07	3,3E+07
feb - 11	2,4E+08	1,3E+08	7,0E+07	1,1E+08
jul - 11	2,4E+07	2,4E+07	4,9E+07	3,3E+07
ago - 11	7,0E+07	7,9E+07	1,1E+08	7,9E+07
sep - 11	2,4E+08	4,9E+07	1,1E+08	1,7E+08
oct - 11	1,1E+08	1,4E+08	4,9E+07	4,6E+07
nov - 11	7,9E+07	1,1E+08	2,4E+08	1,1E+08
dic - 11	2,2E+06	1,7E+06	3,3E+06	4,9E+06
Promedio	2,E+08	6,E+07	6,E+07	6,E+07

AUTORIA: Propia



CATEGORIA 4 ECA	C. term (mg/L) 1000 Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
sep - 10	7,9E+06	1,7E+07	6,3E+06	1,3E+07
oct - 10	1,7E+06	4,9E+06	7,0E+06	3,4E+06
nov - 10	2,2E+06	1,1E+06	1,7E+06	6,8E+05
dic - 11	3,2E+06	3,3E+06	3,2E+06	4,9E+06
ene - 11	2,7E+07	1,1E+07	1,7E+07	1,7E+07
feb - 11	7,9E+07	4,9E+07	7,0E+06	2,6E+07
jul - 11	2,4E+07	4,9E+06	3,3E+07	2,4E+07
ago - 11	2,3E+07	1,7E+07	2,2E+07	3,3E+07
sep - 11	4,9E+07	4,9E+07	3,3E+07	4,9E+07
oct - 11	2,1E+07	3,3E+07	3,3E+07	2,4E+07
Nov - 11	4,9E+07	1,1E+08	7,9E+07	7,9E+07
dic - 11	1,4E+06	1,1E+06	3,3E+06	2,3E+06
Promedio	2,E+07	3,E+07	2,E+07	2,E+07

AUTORIA: Propia

CATEGORIA 4 ECA	E. Coli (mg/L) Río Rímac			
	E - 21	E - 22	E - 22A	E - 23
sep - 10	1,8 E+06	4,8 E+06	7,1 E+06	2,7E+06
oct - 10	1,7E+06	4,9E+06	7,0E+06	2,7E+06
nov - 10	2,0E+05	6,8E+05	1,8E+05	1,8E+05
dic - 10	3,2E+06	1,1E+06	9,2E+05	3,3E+06
ene - 11	1,7E+07	2,7E+06	1,3E+07	1,0E+06
feb - 11	1,7E+07	3,4E+06	7,0E+06	2,1E+06
jul - 11	1,3E+07	4,9E+06	1,7E+07	2,4E+07
ago - 11	2,3E+07	1,1E+07	2,2E+07	2,3E+07
sep - 11	4,9E+07	4,9E+07	3,3E+07	4,9E+07
oct - 11	1,4E+07	3,3E+07	3,3E+07	2,4E+07
nov - 11	4,9E+07	2,6E+07	2,2E+07	7,9E+07
dic - 11	1,4E+06	1,1E+06	3,3E+06	2,3E+06
Promedio	2,E+07	1,E+07	1,E+07	2,E+07

AUTORIA: Propia

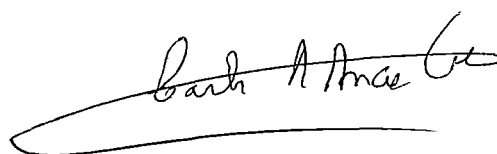


FIGURA N° 1

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 01, E - 02, E - 03, E - 04, E - 05, E - 06, E - 07, E - 08, E - 09, E - 10, E - 11, E - 12 (BAHIA DEL CALLAO) Y PARAMETRO TEMPERATURA

OptiCad 2012 - [Análisis ANVA]

Archivo Ver Herramientas Ventana Aplicaciones-Ingeniería Momento lineal O. Unit. Tecnología Aplicada Ayuda

ANVA Buscar M. Num. P. Lineal Psicom. Prop. Fis. T. Conge. Co. Quim. Score Q. Concent. React. F. Fluid. T. Seca Admin. Salir

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)

Numero de Tratamientos: 2

Numero de Repeticiones (Bloques): 12

Realizar el análisis para 1% y 5%

Nuevo Hallar Exp. Excel Atras

Rep	16,5	16,7	33,6	16,8	1128,96
Rep 1	16,5	16,7	33,6	16,8	1128,96
Rep 2	16,8	16,7	33,5	16,75	1122,25
Rep 3	16,7	16,7	33,4	16,7	1115,56
Rep 4	16,8	16,7	33,5	16,75	1122,25
Rep 5	16,7	16,7	33,4	16,7	1115,56
Rep 6	16,9	16,7	33,6	16,8	1128,96
Rep 7	16,8	16,7	33,5	16,75	1122,25
Rep 8	16,7	16,7	33,4	16,7	1115,56
Rep 9	16,9	16,7	33,6	16,8	1128,96
Rep 10	16,8	16,7	33,5	16,75	1122,25
Rep 11	16,9	16,7	33,6	16,8	1128,96
Rep 12	16,7	16,7	33,4	16,7	1115,56
*Tot	201,6	200,4	402		

CUADRO ANVA

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Signif
Tratam	1	0,06	0,06	16,6667	4,8443	Muy Signif
Repet.	11	0,04	0,0036		1	
Error	11	0,04	0,0036			
Tot	23	0,14				

Export. Tabla del 5%

Existe diferencia significativa, la Hipotesis Nula se rechaza y se acepta la hipótesis alterna (Depende del planteamiento), el estudio se debe replantearse o de preferencia seguir la Prueba de DUNCAN...

OptiCad V. 1.5 | Optim. en Tecnología e Ing. de Alim. | Versión: 1.5 Beta | Cop. Usuz: Programas | Wilson Urutia Gutiérrez | wilson_urutia@hotmail.com | Quedan 21

Fuente: Elaboración propia

Estadística

FIGURA N° 2

**CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 3, E - 10, E - 12, E - 23, E - 11 Y
PARAMETRO ACEITES Y GRASAS**

OptiCad 2012 - [Análisis ANVA]

Archivo Ver Herramientas Ventana Aplicaciones-Ingeniería Momento lineal O. Unit. Tecnología Aplicada Ayuda

Ayuda ANVA Buscar M. Num. P. Lineal Psicrom. PropFis. T. Conge. Co. Quim. Score0. Concent. React. F. Fluid. T. Seca. Admin. Salir

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)

Numero de Tratamientos: Realizar el análisis para 1% y 5%

Número de Repeticiones (Bloques):

	ol	*Prom	*Sum.Cuad
Rep 1	1,5	1,0	2,9
Rep 2	3,4	1,0	4,4
Rep 3	2,8	1,0	3,8
Rep 4	2,4	1,0	3,4
Rep 5	3,6	1,0	4,6
*Tot	14,1	5	19,1
*Prom	2,82	1	1,91
*Sum.Cuad	198,81	25	

CUADRO ANVA

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Signif
Tratam	1	8,281	8,281	33,6626	7,7086	Muy Signif
Repet	4	0,984	0,246	1		
Error	4	0,984	0,246			
Tot	9	10,249				

Existe diferencia significativa, la Hipotesis Nula se rechaza y se acepta la hipótesis alterna (Depende del planteamiento), el estudio se debe replantearse o de preferencia seguir la Prueba de DUNCAN...

GL E = Grado de libertad de error GL T = Grado de libertad de tratamiento (Ambas obtenidas del cuadro de ANOVA)

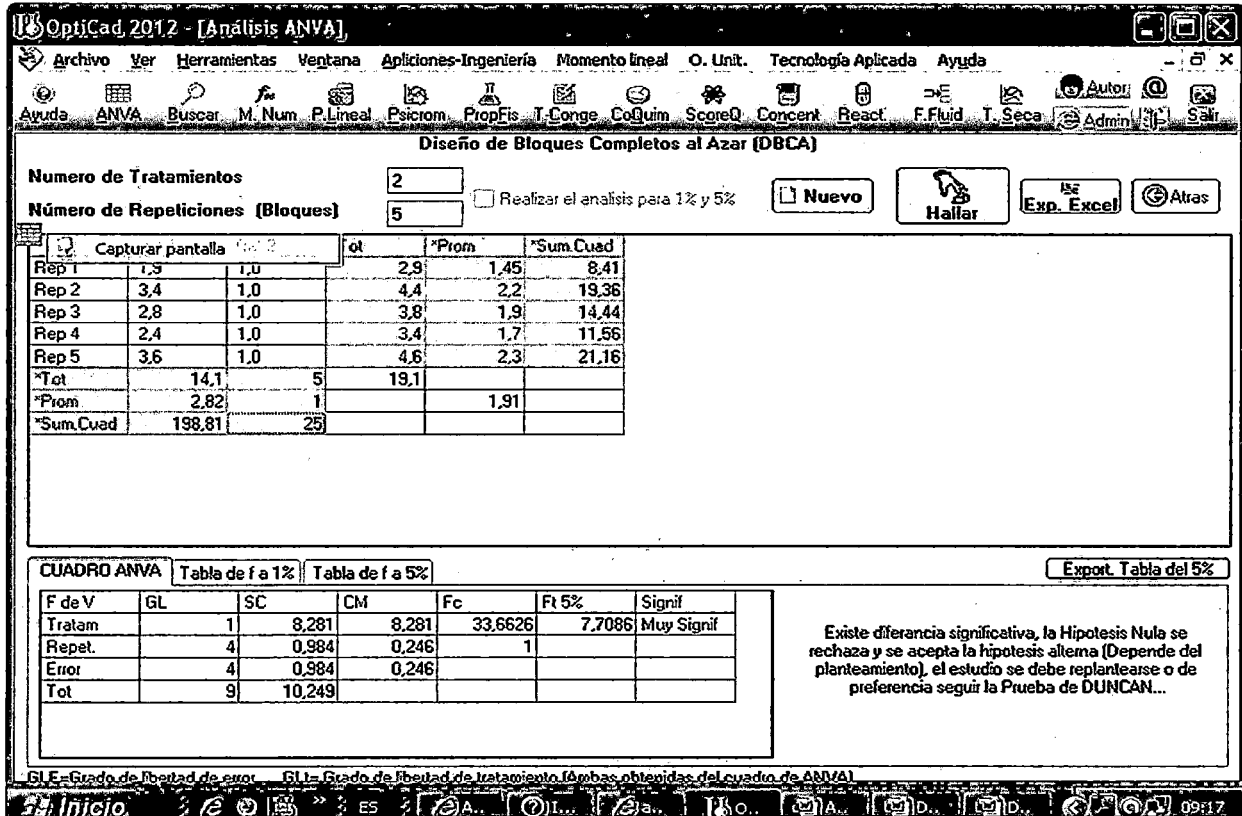
Inicio ES

Fuente: Elaboración propia

Carl A. Duncanson

FIGURA N° 3

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 3, E - 10, E - 12, E - 23, E - 11 Y
PARAMETRO CADMIO

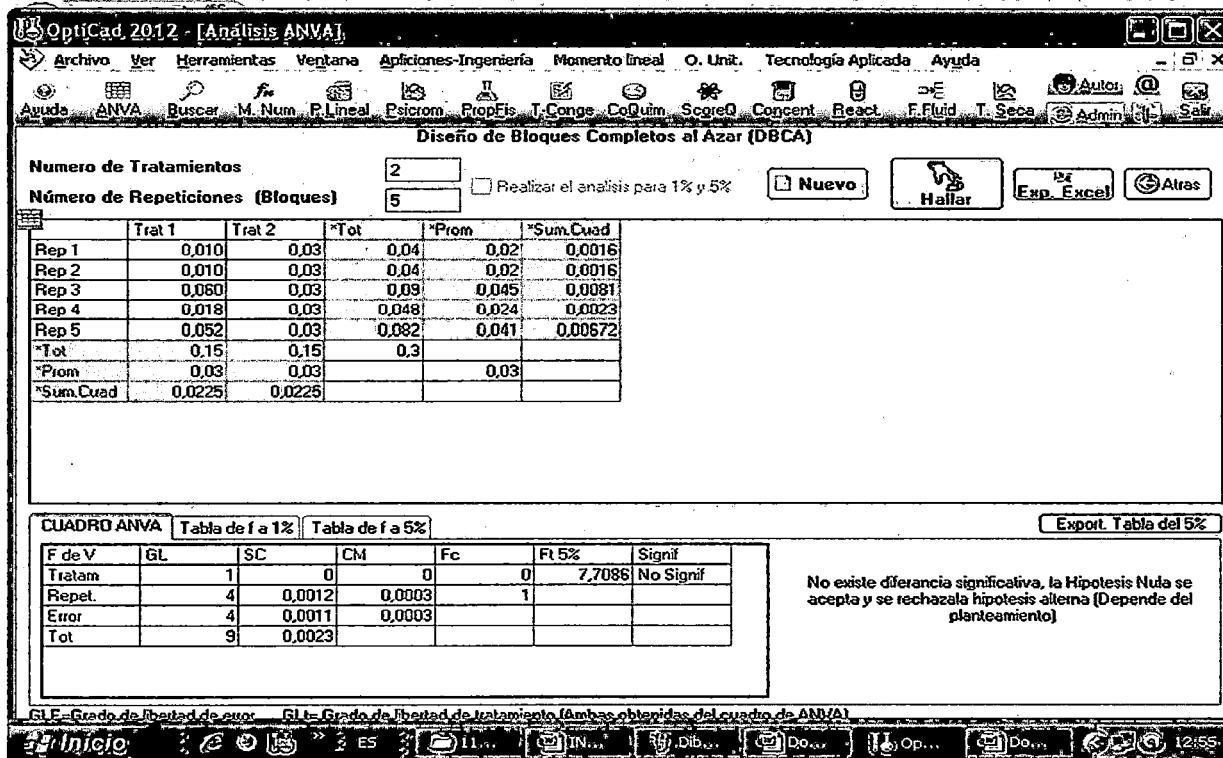


Fuente: Elaboración propia

Carla A. Amador

FIGURA Nº 4

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E-3, E-10, E-12, E-23, E-11 Y
PARAMETRO PLOMO

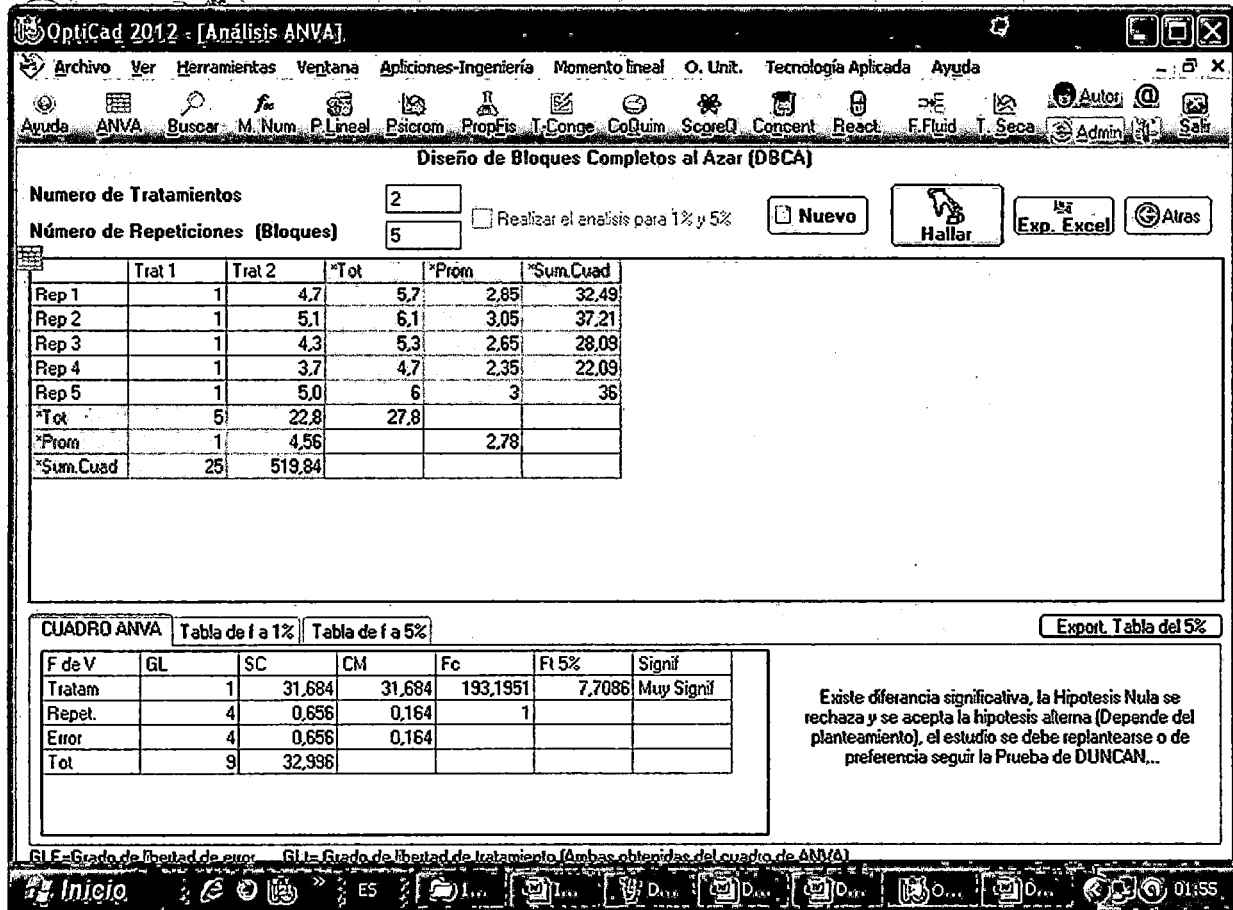


Fuente: Elaboración propia

Barb. A. Amato

FIGURA N° 5

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 8, E - 8A, E - 09, E - 10, E - 11 (RIO CHILLON) Y PARAMETRO HIERRO

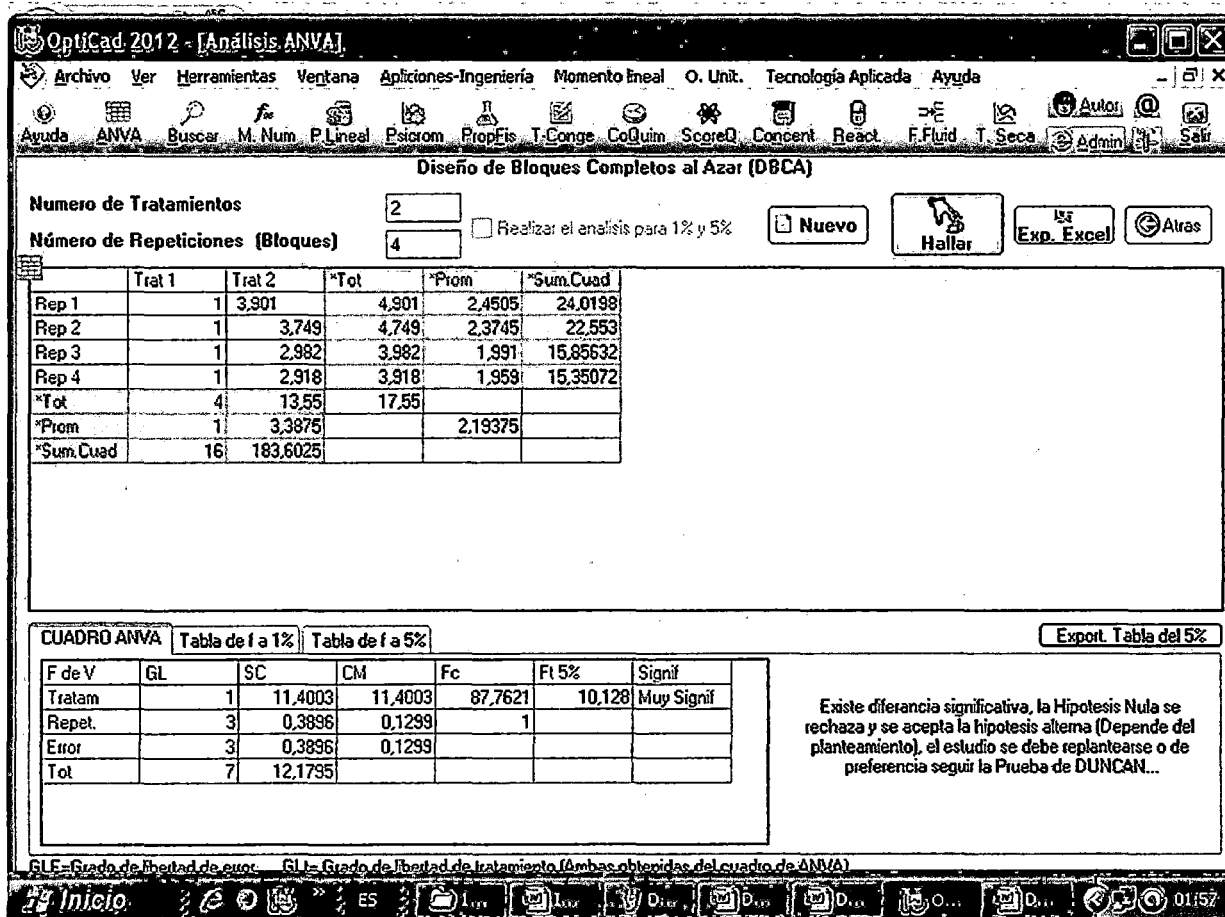


Fuente: Elaboración propia

Barb A. Maest

FIGURA N° 6

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 21, E - 22 E - 22.A, E - 23, (RIO RIMAC) Y PARAMETRO HIERRO

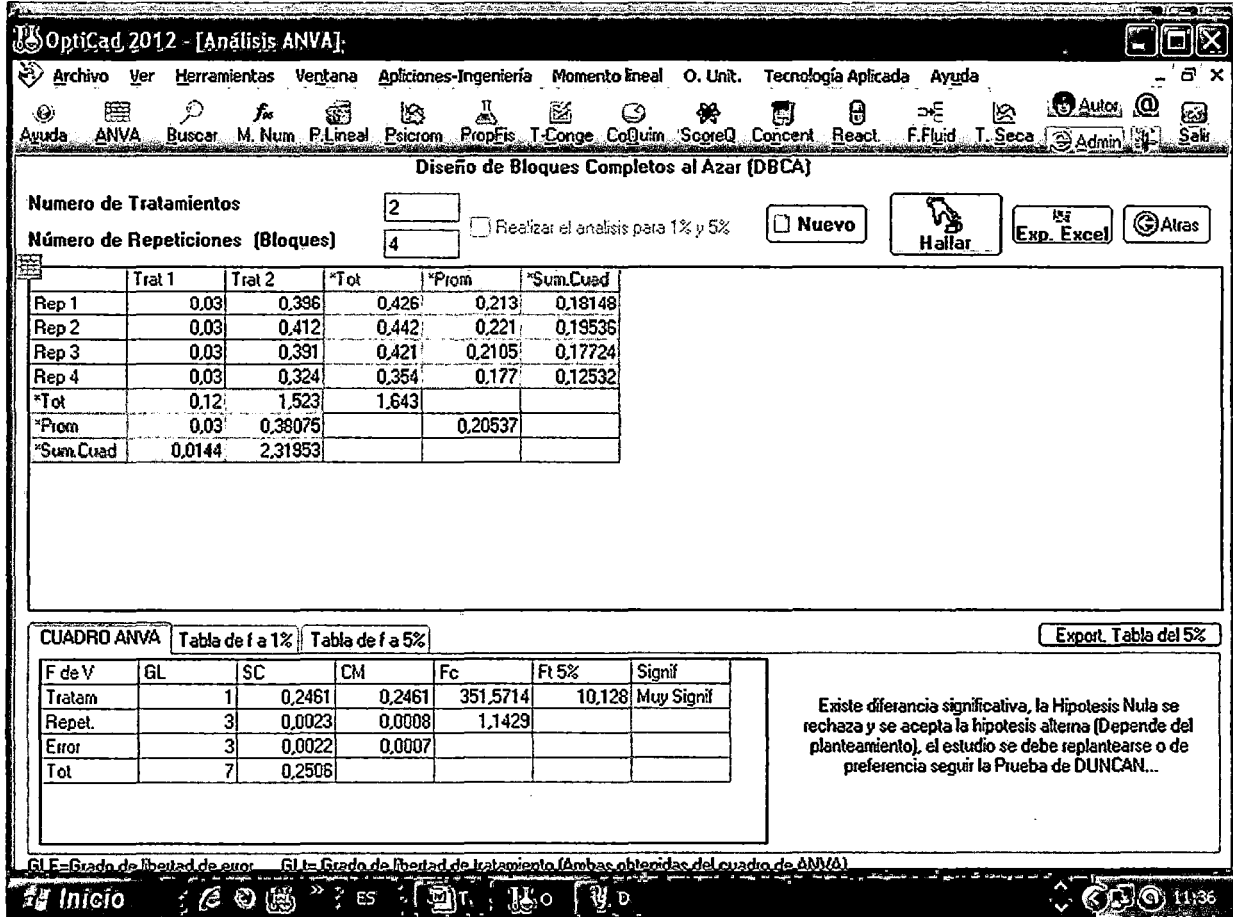


Fuente: Elaboración propia

Carl A. Mauer

FIGURA N° 7

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 21, E - 22 E - 22 - A, E - 23, (RIO RIMAC) Y PARAMETRO ZINC



Fuente: Elaboración propia

Ant. H. Mera

FIGURA N° 8

**CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 08, E - 08A, E - 09, E - 10, E - 11
(RIO CHILLON) Y PARAMETRO ZINC**

OptiCad 2012 - [Análisis ANVA]

Archivo Ver Herramientas Ventana Aplicaciones-Ingeniería Momento lineal O. Unit. Tecnología Aplicada Ayuda

ANVA Buscar M. Num P. Lineal Psicrom PropFis T. Conge CoQuim ScoreQ Concent React F. Fluid T. Seca Admini Sal

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)

Numero de Tratamientos: Realizar el análisis para 1% y 5%

Número de Repeticiones (Bloques):

	Trat 1	Trat 2	*Tot	*Prom	*Sum.Cuad
Rep 1	0.03	0.078	0.108	0.054	0.01166
Rep 2	0.03	0.12	0.15	0.075	0.0225
Rep 3	0.03	0.123	0.153	0.0765	0.02341
Rep 4	0.03	0.101	0.131	0.0655	0.01716
Rep 5	0.03	0.10	0.13	0.065	0.0169
*Tot	0.15	0.522	0.672		
*Prom	0.03	0.1044		0.0672	
*Sum.Cuad	0.0225	0.27248			

CUADRO ANVA

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Signif
Tratam	1	0,0138	0,0138	69	7,7086	Muy Signif
Repet	4	0,0007	0,0002			
Error	4	0,0007	0,0002			
Tot	9	0,0152				

Existe diferencia significativa, la Hipotesis Nula se rechaza y se acepta la hipótesis alterna (Depende del planteamiento), el estudio se debe replantearse o de preferencia seguir la Prueba de DUNCAN...

GL = Grado de libertad de error GL = Grado de libertad de Tratamiento (Ambas obtenidas del cuadro de ANVA)

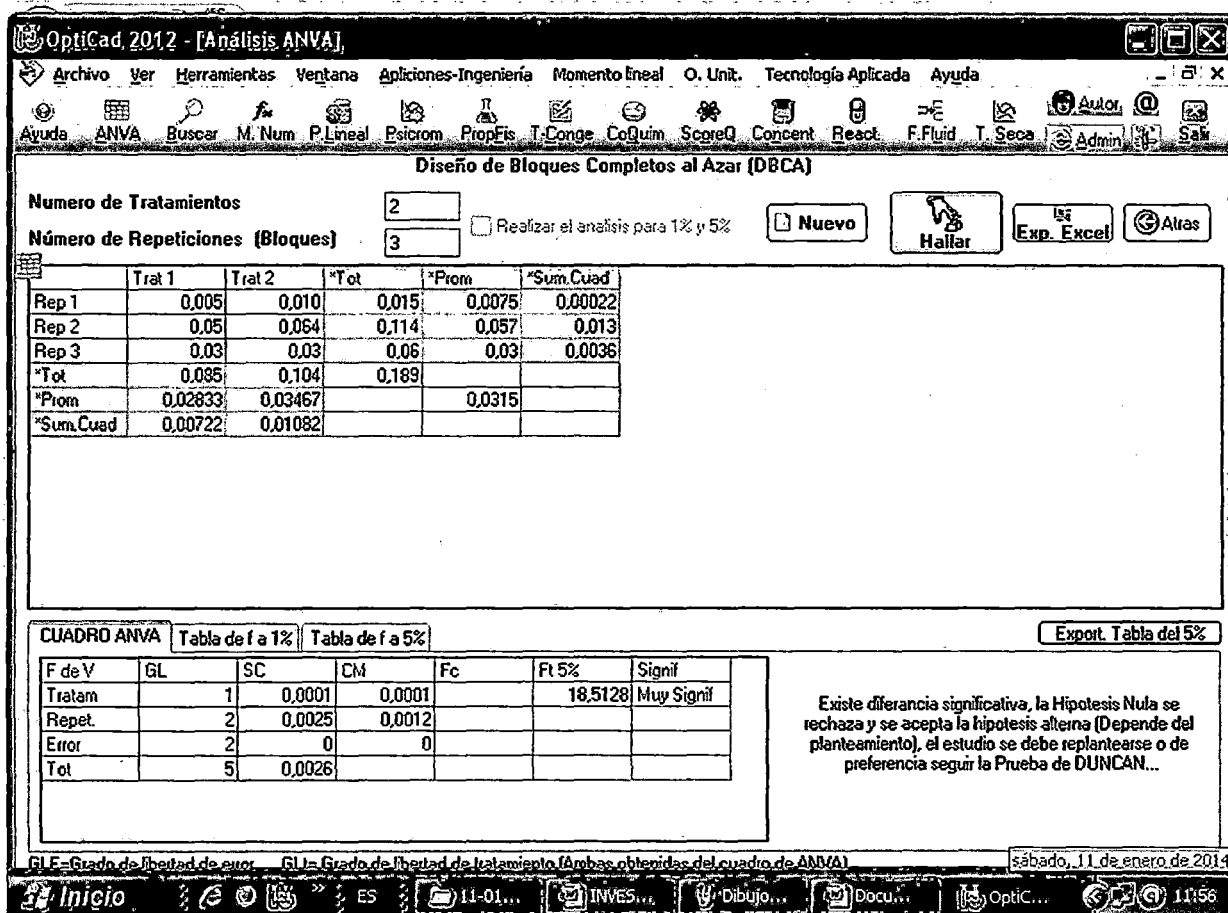
Inicio [Icons] 11:39

Fuente: Elaboración propia

Carl A. Muc...

FIGURA N° 9

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 03, E - 10, E - 12 (Bahia Callao) E - 11 (Rio Chillon), E - 23 (Rio Rimac) Y PARAMETROS CADMIO, COBRE Y PLOMO (PROMEDIOS)



Fuente: Elaboración propia

Barb D. M. C.

FIGURA N° 10

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 03, E - 10, E - 12 (Bahia Callao) E - 11 (Río Chillón), E - 23 (Río Rimac) Y PARAMETRO COLIFORMES TOTALES (PROMEDIOS)

OptiCad 2012 - [Análisis ANVA]

Archivo Ver Herramientas Ventana Aplicaciones-Ingeniería Momento lineal O. Unit. Tecnología Aplicada Ayuda

Ayuda ANVA Buscar M. Num. P. Lineal Psicrom PropFis T. Conge. CoQuim ScoreQ Concert React. F. Fluid. T. Seca Admin Salir

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)

Numero de Tratamientos: Realizar el análisis para 1% y 5%

Número de Repeticiones (Bloques):

	Trat 1	Trat 2	*Tot	*Prom	*Sum.Cuad
Rep 1	2000	360000	362000	181000	1044000000
*Tot	2000	360000	362000		
*Prom	2000	360000		181000	
*Sum.Cuad	4000000	3600000000			

CUADRO ANVA

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Signif
Tratam	1	4082000000	4082000000	6.1539		1 Muy Signif
Repet.	0	0	4082000000	6.1539		
Error	0	0	66666,6666			
Tot	1	4082000000				

Existe diferencia significativa, la Hipotesis Nula se rechaza y se acepta la hipótesis alterna (Depende del planteamiento), el estudio se debe replantearse o de preferencia seguir la Prueba de DUNCAN...

GLF=Grado de libertad de error GLT=Grado de libertad de tratamiento (ambos obtenidos del cuadro de ANVA)

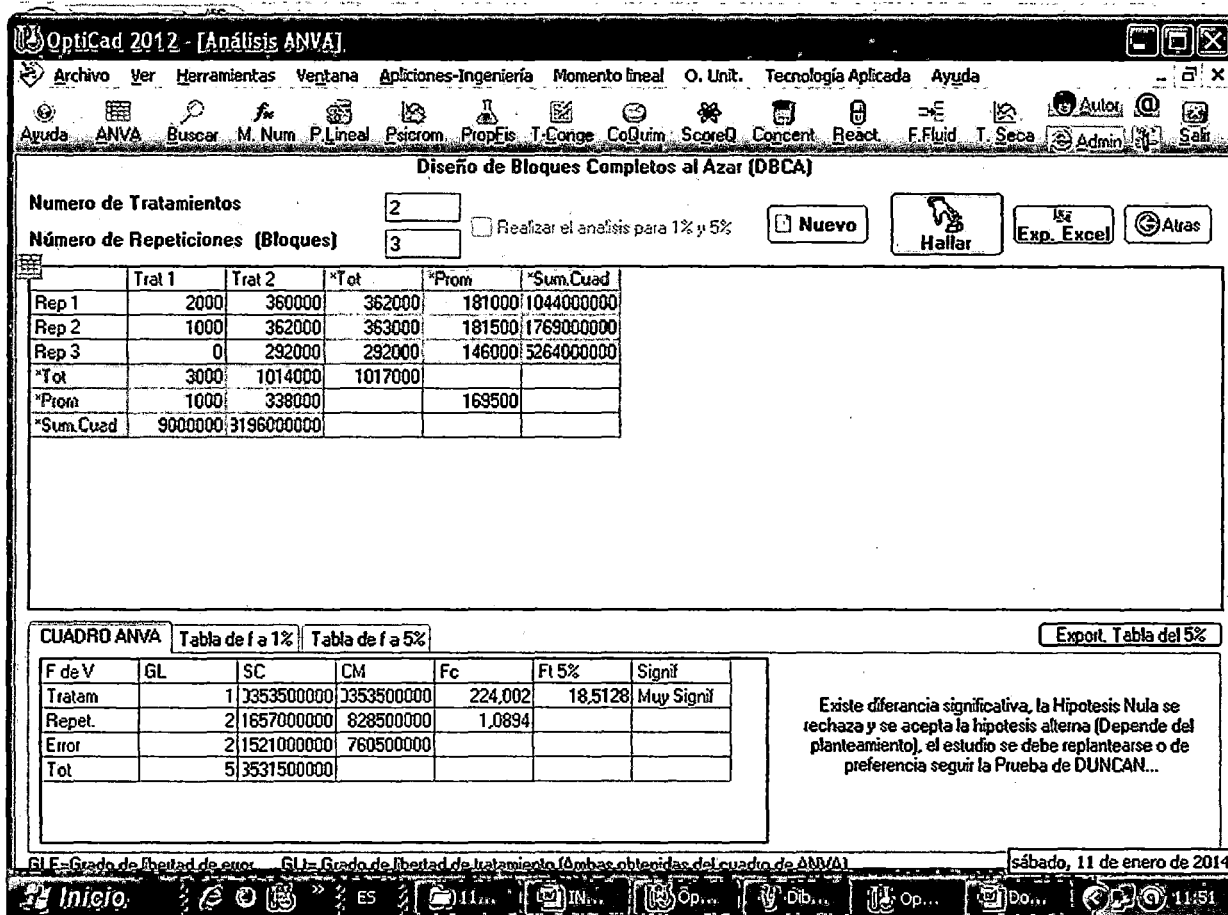
Inicio ES M-01... INVES... Ingre... OptiC... Dibujo... M:26

Fuente: Elaboración propia

Carl A. Mancoske

FIGURA N° 11

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 03, E - 10, E - 12 (Bahia Callao) E - 11 (Rio Chillón), E - 23 (Rio Rimac) Y PARAMETROS COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y ESCHERICHIA COLI (PROMEDIOS)

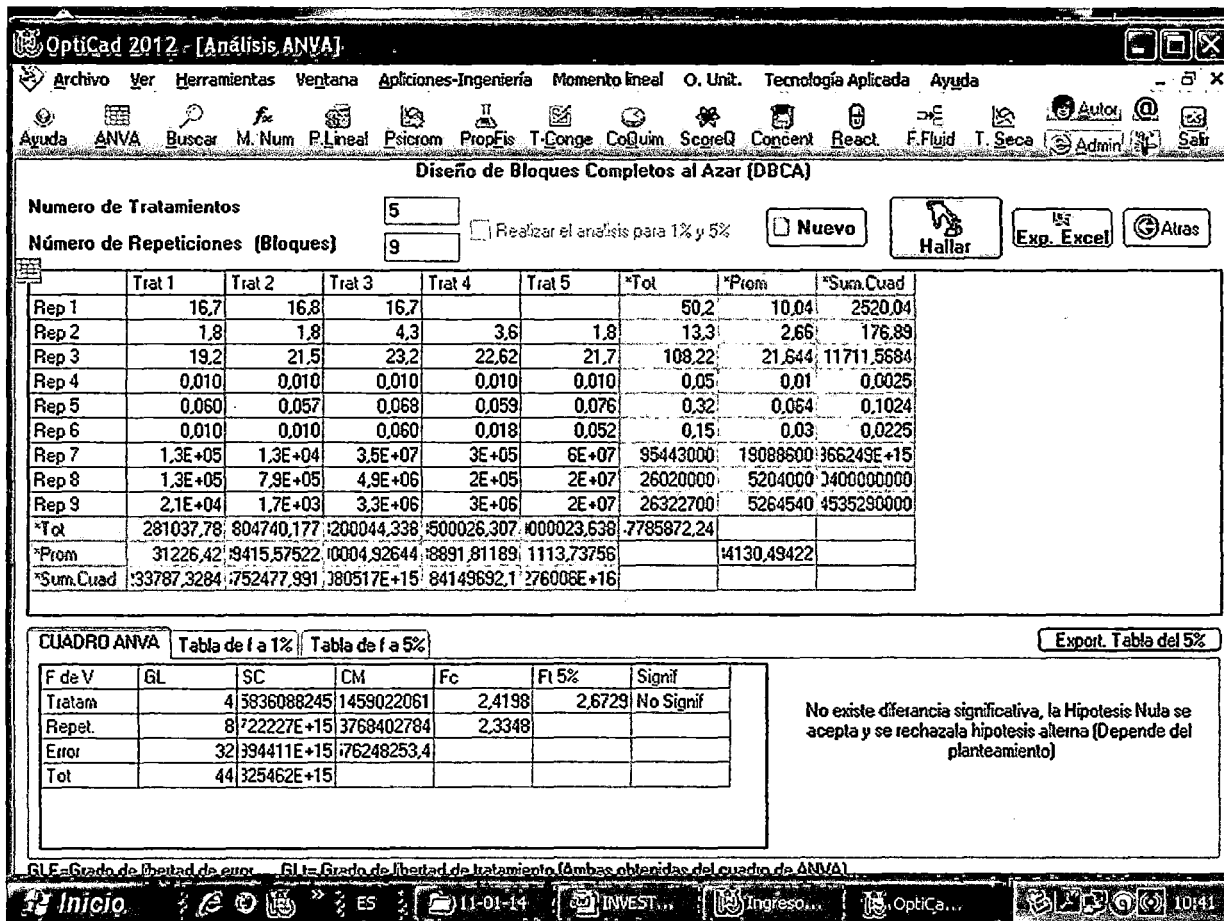


Fuente: Elaboración propia

Bart A. M...

FIGURA N° 12

CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES E - 03, E - 10, E - 12 (Bahia Callao) E - 11 (Rio Chillón), E - 23 (Rio Rimac) Y PARAMETROS TEMPERATURA, ACEITES Y GRASAS, DEMANDA BIOQUIMICA OXIGENO, CADMIO, COBRE, PLOMO, COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLEANTES Y ESCHERICHIA COLI (PROMEDIOS)

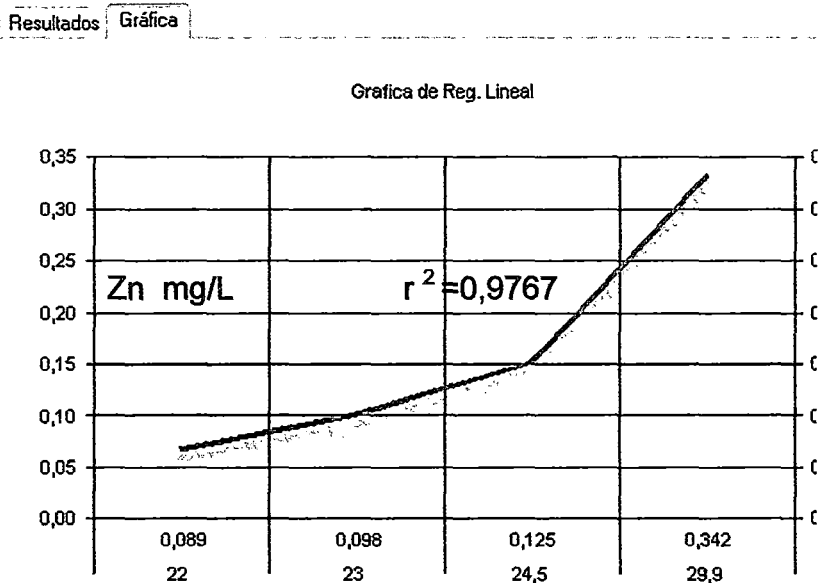
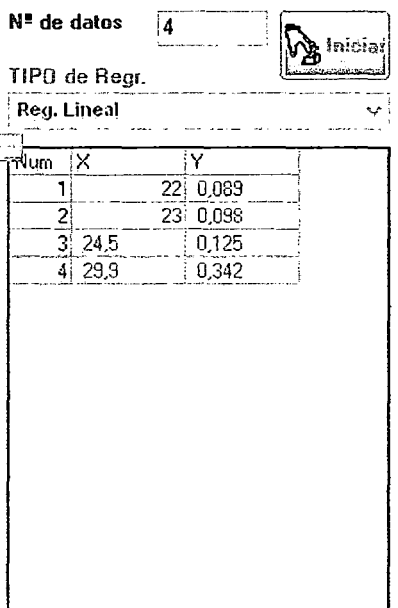
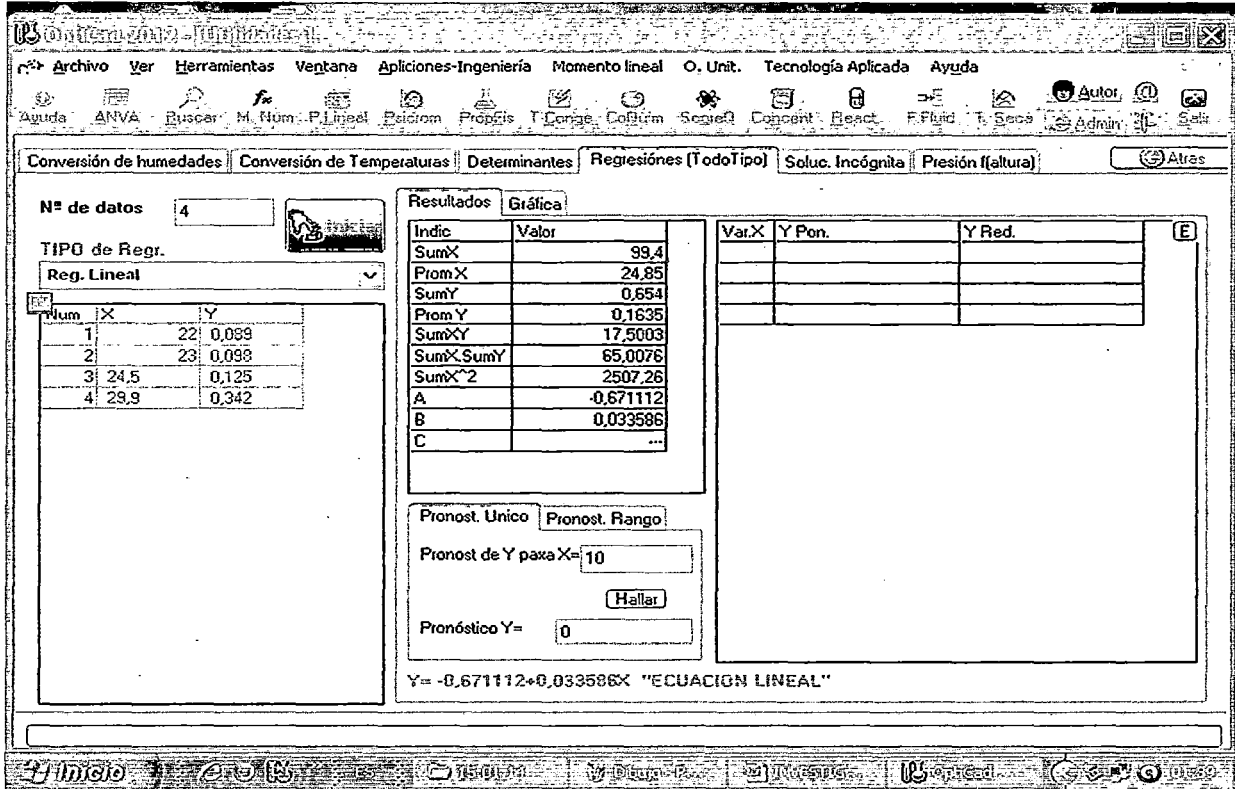


Fuente: Elaboración propia

Carl A. Morales

FIGURA N° 13

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS QUIMICOS DEMANDA BIOLOGICA
OXIGENO Y ZINC

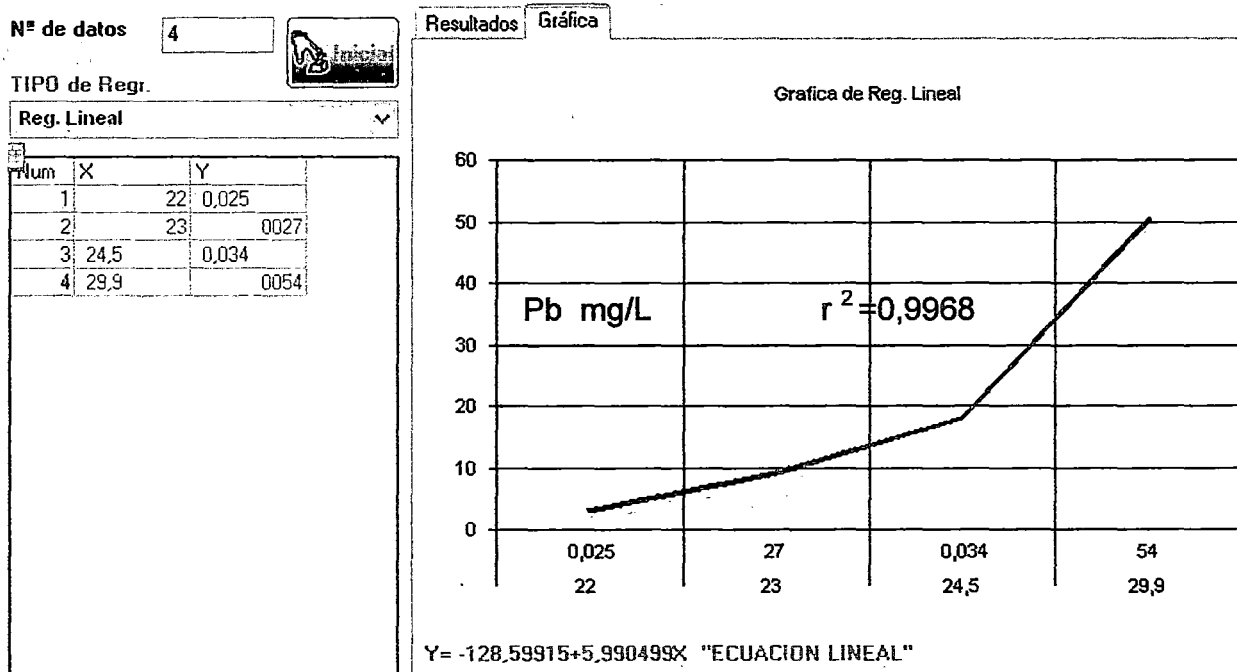
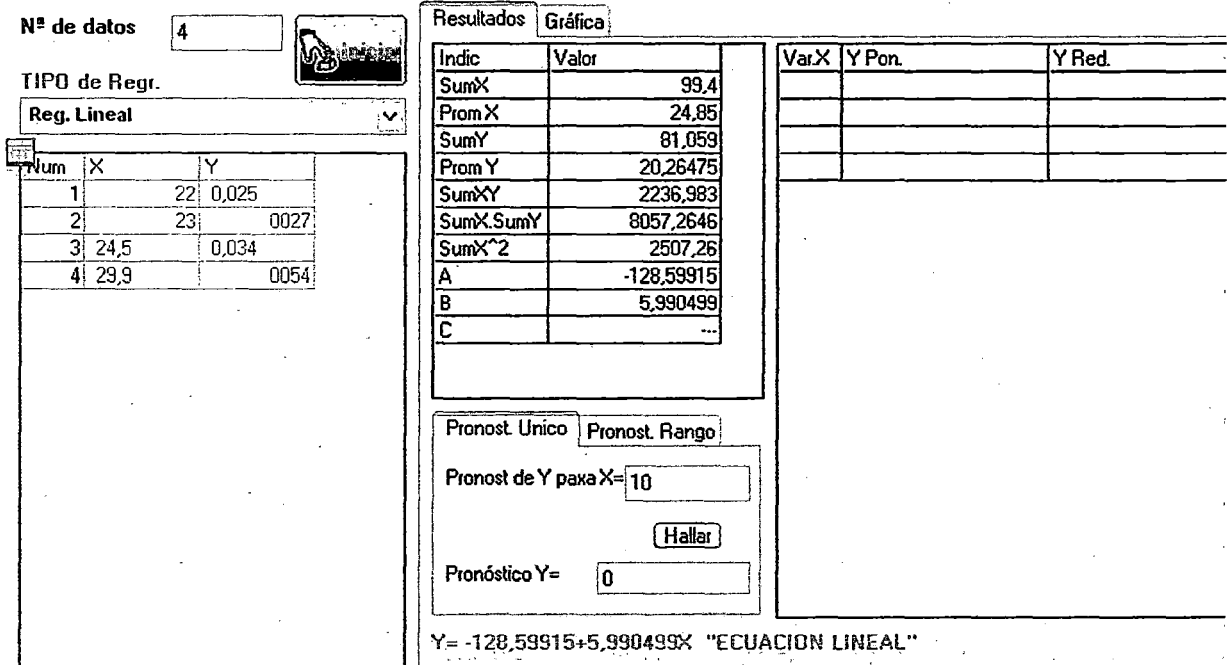


AUTORIA: Propia

DBO mg/L

FIGURA N° 14

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS QUIMICOS DEMANDA BIOLOGICA OXIGENO Y PLOMO

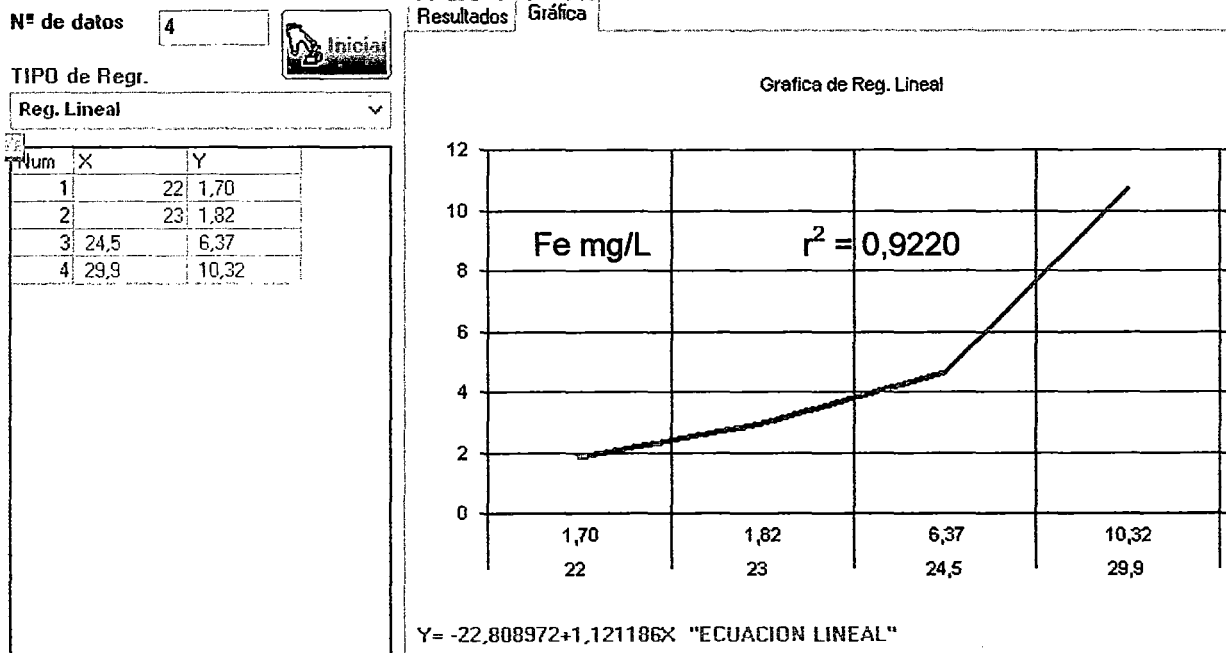
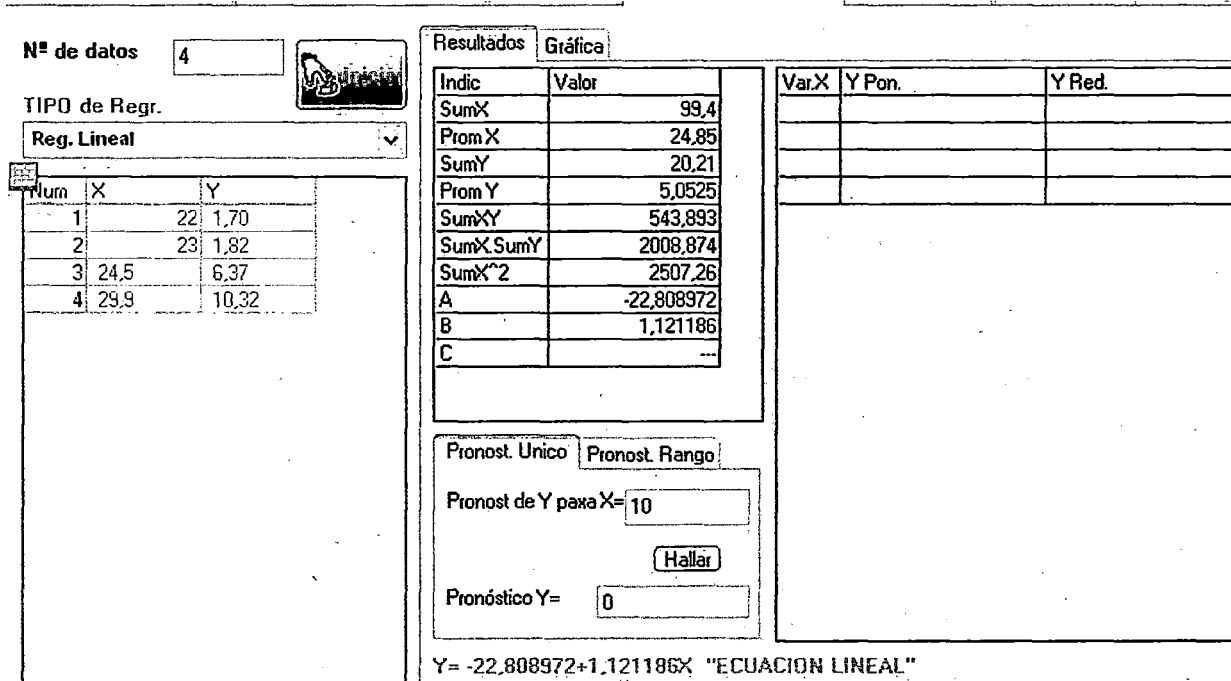


AUTORIA: Propia

DBO mg/L

FIGURA N° 15

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS QUIMICOS DEMANDA BIOLOGICA OXIGENO Y HIERRO



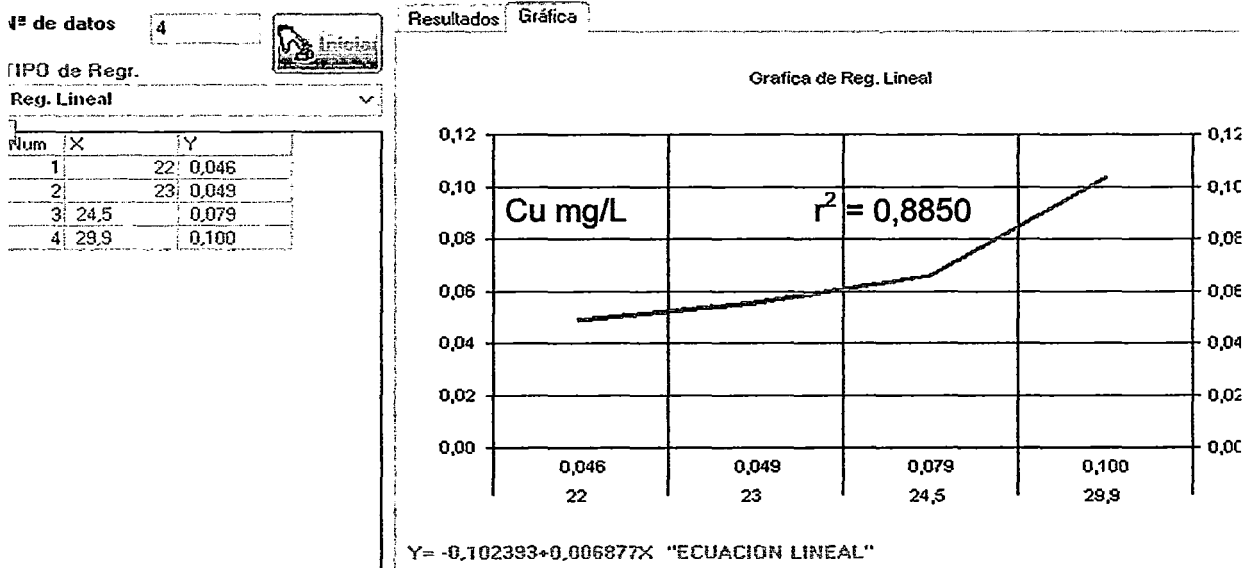
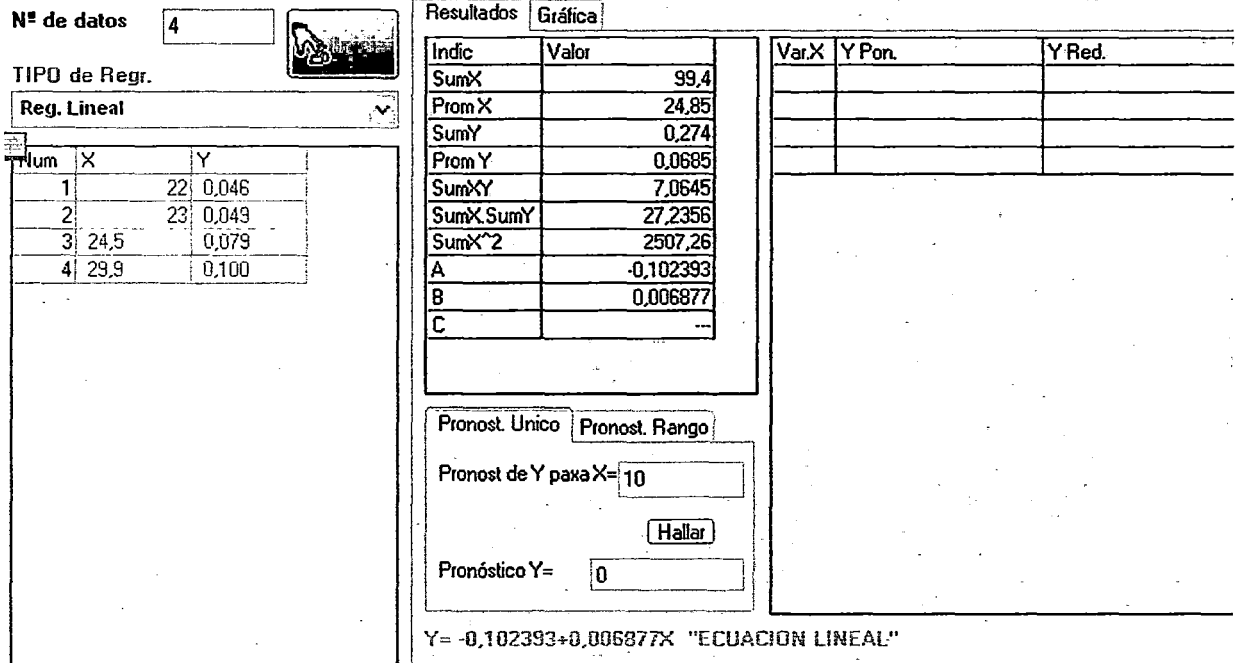
AUTORIA: Propia

DBO mg/L

Antonia

FIGURA N° 16

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS QUIMICOS DEMANDA BIOLOGICA OXIGENO Y COBRE



AUTORIA: Propia

DBO mg/L

Handwritten signature

FIGURA Nº 17

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS QUIMICO DEMANDA BIOLOGICA OXIGENO Y FISICO ACEITES Y GRASAS

Nº de datos

TIPO de Regr. **Reg. Lineal**

Num	X	Y
1	22	1,8
2	23	2,1
3	24,5	2,3
4	29,9	2,4

Resultados Gráfica

Indic	Valor
SumX	99,4
PromX	24,85
SumY	8,6
PromY	2,15
SumXY	216,01
SumX.SumY	854,84
SumX^2	2507,26
A	0,612332
B	0,061878
C	---

Pronost. Unico Pronost. Rango

Pronost de Y para X=

Pronóstico Y=

Y= 0,612332+0,061878X "ECUACION LINEAL"

Nº de datos

TIPO de Regr. **Reg. Lineal**

Num	X	Y
1	22	1,8
2	23	2,1
3	24,5	2,3
4	29,9	2,4

Resultados Gráfica

Grafica de Reg. Lineal

Y= 0,612332+0,061878X "ECUACION LINEAL"

AUTORIA: Propia

DBO mg/L

Carla A. Muñoz

ANEXOS

Bul / M u

CUADRO Nº 7.1

CLASIFICACIÓN DE LOS CURSOS DE AGUA (LEY GENERAL DE AGUAS DE D.L. Nº 17752) LÍMITES MÁXIMOS DE PERMISIBLES DE LAS SUSTANCIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS PARA LAS 6 CLASES

DENOMINACIÓN	CURSOS DE AGUAS					
	I	II	III	IV	V	VI
Aluminio	10	10	10	1,00	+1	10
Arsénico	0,10	0,10	0,20	1,00	0,01	0,05
Bario	0,10	0,10	10	0,50	+0,50	10
Cadmio	0,01	0,01	0,05	10	0,0002	0,004
Cianuro	0,20	0,20	+1	10	0,005	0,005
Cobalto	10	10	10	0,20	+0,20	10
Cobre	1,00	1,00	0,50	3,00	+0,01	10
COLOR	0	10	20	30	+30	10
Cromo Hexa	0,05	0,05	1,00	5,00	0,05	0,005
COLIFORMES TOTALES	8,8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
COLIFORMES FECALES	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000
Oxígeno Disuelto	3	3	3	3	5	4
D.B.O	5	5	15	10	10	10
Fenoles	0,0005	0,001	+0,001	10	0,002	0,002
Hierro	0,30	0,30	1,00	10	10	10
Fluoruros	1,50	1,50	2,00	10	10	10
Litio	10	10	10	5,00	+5,00	10
Magnesio	10	10	1,50	10	10	10
Manganeso	0,10	0,10	0,50	10	10	10
Material Ext en Hexano (grasas)	1,50	1,50	0,50	0,00	No perc	10
Mercurio	0,002	0,002	0,01	10	0,0001	0,0002
Nitratos	0,01	0,01	0,10	10	10	10
Níquel	0,002	0,002	0,002	0,050	0,002	10
pH	5109	5109	5109	5109	5109	10
Plata	0,05	0,05	0,05	10	10	10
Plomo	0,05	0,10	10	10	0,01	0,03
P.C.B.	0,001	0,001	+0,001	10	0,002	0,002
Selenio	0,01	0,01	0,05	0,05	0,005	0,01
Sólidos flotantes	0,00	0,00	0,00	Pequeña Cantidad	Cantidad Moderada	10
Sólidos Suspendedos	10	10	10	10	10	10
Sulfatos	10	10	400	10	10	10
Sulfuros	0.001	0.002	+0.005	10	0,002	0,002
Zinc	5	25	25	10	0,020	10

Fuente: Ley General de aguas

Paul R. M. ...

CLASE:

- I. **Aguas Abastecimiento doméstico con simple desinfección**

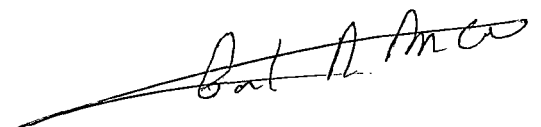
- II. **Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud**

- III. **Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales**

- IV. **Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baño y similares)**

- V. **Águas de zonas de pesca de mariscos bivalvos**

- VI. **Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gat H. Anca", is written over a horizontal line.

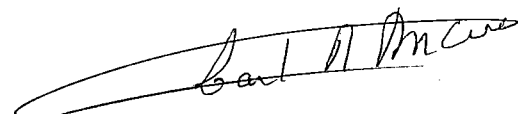
CUADRO N° 7.2

ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA DE CLASE VI

PARÁMETRO	UNIDADES	LMP	NORMA DE REFERENCIA
Plomo	mg/L	0,03	Ley General de Aguas (Clase VI) incluyendo las modificaciones de los Art. 81 y 82 de los Títulos I, II, III, según D.S. N° 007108310SA
Arsénico	mg/L	0,05	
Cadmio	mg/L	0,004	
Cromo	mg/L	0,05	
DBO ₅	mg/L	10	
Oxígeno Disuelto	mg/L	4	
Coniformes totales	NMP/100 mL	20000	
Coniformes Fecales	NMP/100 mL	4000	
Zinc	mg/L	0,17	RESOLUCIÓN CONAMA 10 BRASIL N° 20 (Clase V); 18 de junio de 1986
Cobre	mg/L	0,01	
Manganeso	mg/L	0,1	
Hierro	mg/L	0,3	
pH	1010	7,0108,7	Norma de Calidad de Agua y Control de Descargas; AG-CC1001(DIGESA)
Aceites y grasas	mg/L	0,3	
Temperatura	°C	CN+3	
Sólidos Totales Suspendidos	1010	1010	
Magnesio	1010	1010	

*CN condiciones normales: 171018 °C (Fuente IMARPE – Zona del Callao)

Fuente: 10Ley General de Aguas
 10Resolución CONAMA
 10Norma Calidad de Agua y Control de Descargas



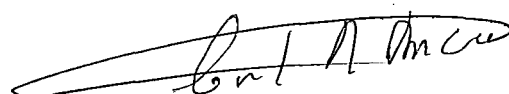
CUADRO N° 7.3

CATEGORÍA 4 : CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

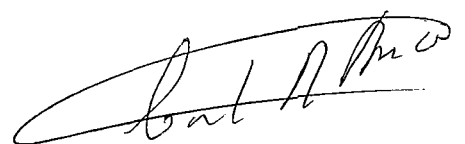
**APRUEBAN DISPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA
DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Físicos y químicos						
	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
"Temperatura"	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disueltos	mg/L	>5	>5	>5	>4	>4
pH	unidad	6,5108,5	6,5108,5		6,8 10 8,5	6,8 10 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<25	<510100	<510400	<2510100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	—
Clorofila A	mg/L	10	—	—	—	—
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N10N03)	mg/L	5	10	10	10	0,0710 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		—	—
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	—	0,14100,7
Sufuro de Hidrogeno	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termo tolerantes	(NMP/100 mL)	1000	2 000		1000	130
Coliformes Totales	(NMP/100 mL)	2 000	3000		2000	

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA)



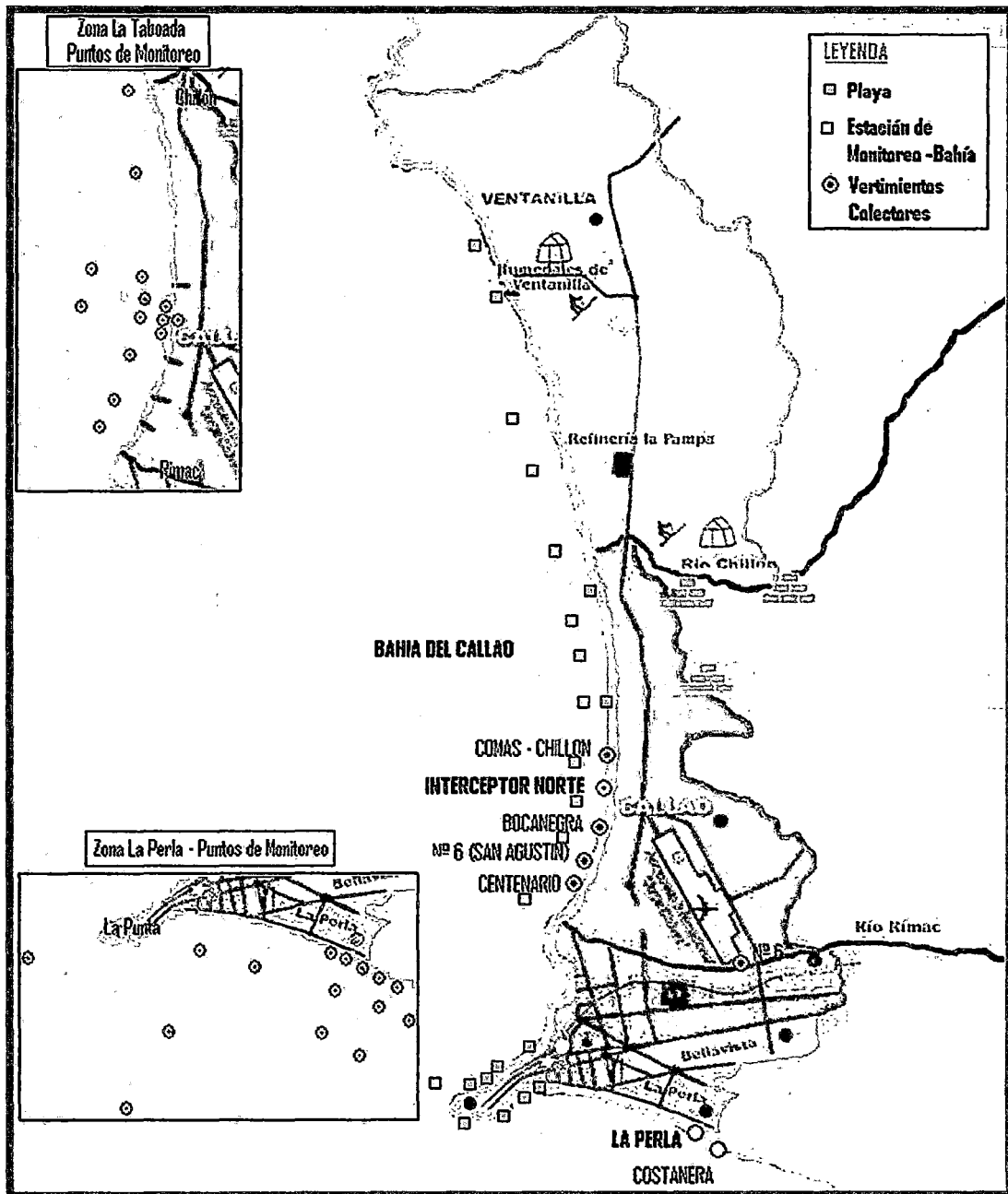
PLANOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carl A. [unclear]", enclosed within a large, horizontal, hand-drawn oval.

ÁREA DE ESTUDIO

PLANO Nº 1

BAHIA DEL CALLAO

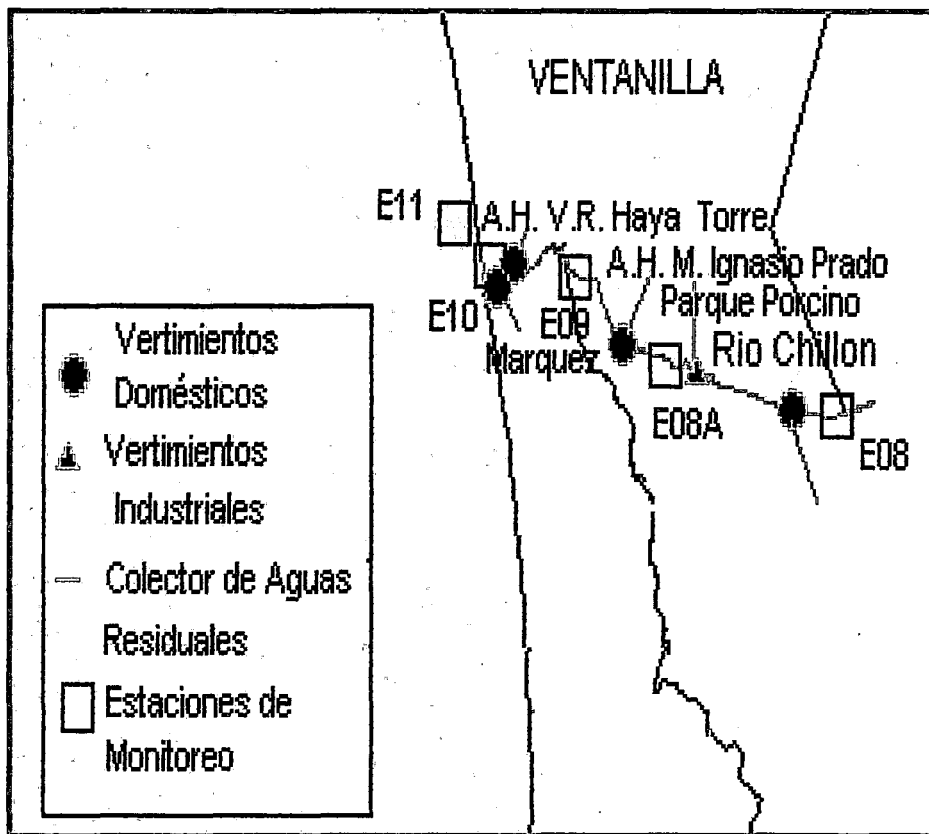


AUTORIA: Propia

Handwritten signature

PLANO N° 2

RÍO RIMAC

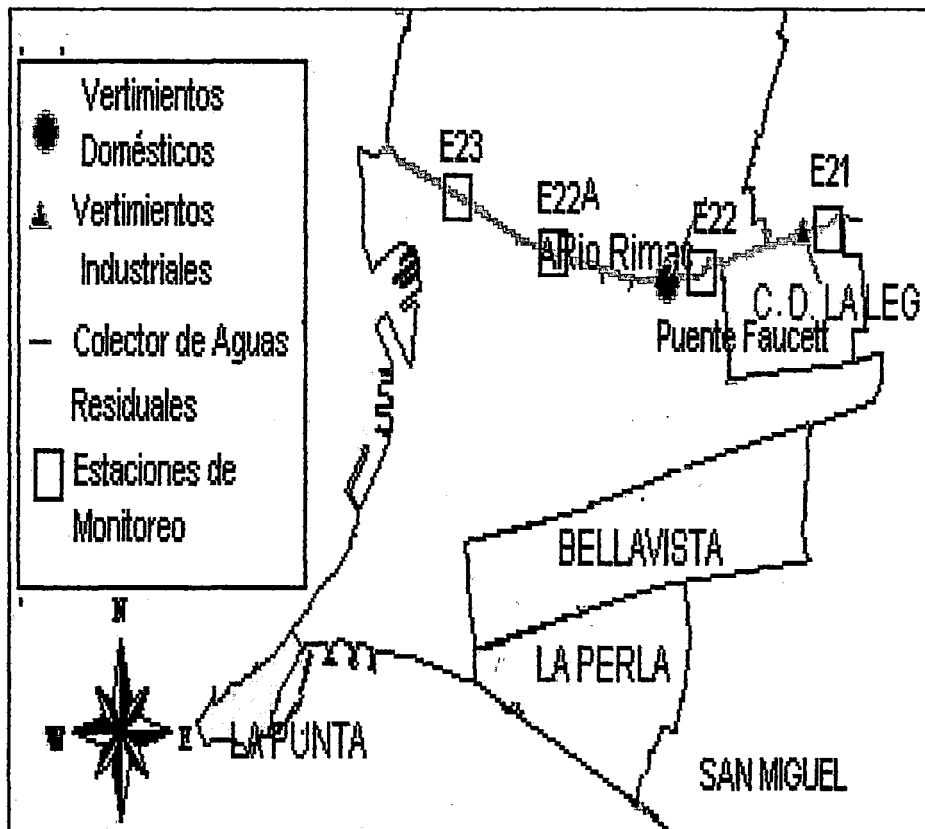


AUTORIA: Propia

Carl A. Donce

PLANO Nº 3

RÍO CHILLÓN



AUTORIA: Propia

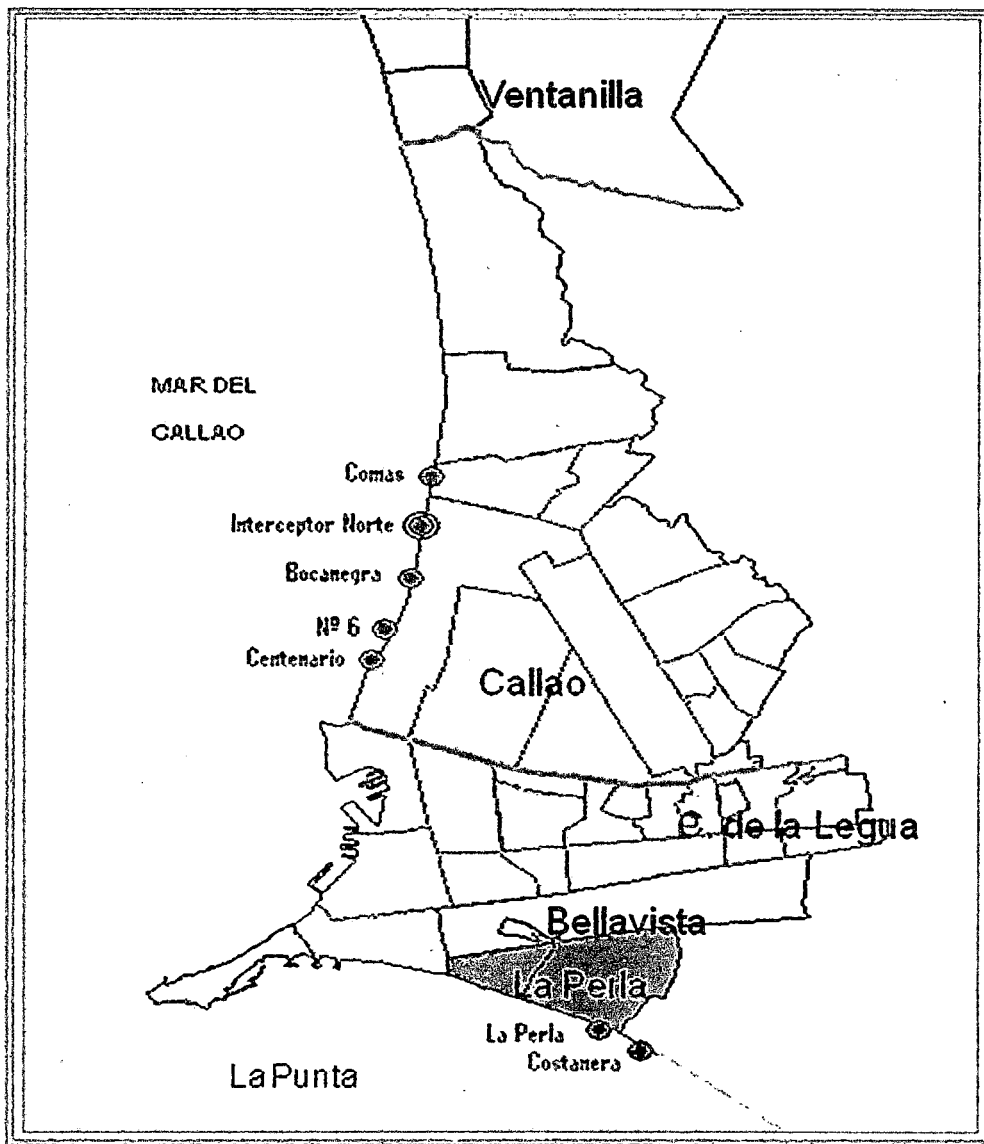
Carl A. Mauer

FIGURA

Carl A. Mancini

FIGURA N°1

ZONA DE ESTUDIO



AUTORIA: Propia

Carla D. M. Cruz