

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE CENTRAL
INGENIERÍA EN SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTE

Construcción de un Índice de Cumplimiento Normativo y un Índice de Potencial de Contaminación por Agua Residuales. “Elaboración de un Protocolo para la implementación de los índices y el Mapeo de Valoración Potencial de Contaminación” a partir de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales presentados a las Áreas Rectoras de Salud. Su aplicación al caso de los Reportes Operacionales de las industrias Tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela, en el periodo 2014-2015.

Por:

Ing. Cecilia Varela Rosabal 203280888

Ing. Bryan Arias Gutiérrez 401970731

Ing. Erick Silva Padilla 16025029

Alajuela, 22 abril 2019

Tesis sometida ante el Tribunal Examinador de la UTN sede Central, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Salud Ocupacional y Ambiente.

Hoja de aprobación

Proyecto de graduación, con presentación oral expuesto públicamente como requisito para optar al grado de Licenciatura de Ingeniera en Salud Ocupacional y Ambiente de la Universidad Técnica Nacional, sede Central, ante el Tribunal Evaluador, integrado por:

MSc. Carlos Mora Sánchez

Director de Carrera

MSc. Javier Chacón Barrantes

Profesor Tutor

MEL. Carlos Vargas Loáiciga

Profesor Lector

PhD. José Pablo Carvajal Sánchez

Profesor Lector.

Dr. Ronald Enrique Mora Solano

Representante del Sector Productivo

Alajuela, 22 de abril del 2019

Dedicatoria

A Dios por permitirme llegar a las reuniones programadas para avanzar en la investigación, a mi madre por eje fundamental de mi vida por su paciencia, apoyo estuvo en mis preocupaciones día con día y me ayudo todo el tiempo **Bryan Arias Gutiérrez.**

La sabiduría para desarrollar este proyecto, primero que todo me fue dado por ese Padre Celestial, que como hija me ayudó siempre en los momentos difíciles y a confiar que las metas que uno se propone, serán alcanzadas siempre y cuando estén en manos del Señor. Gracias familia por el apoyo incondicional a lo largo de todo el proceso, los amo..... **Victoria Cecilia Varela Rosabal.**

Primeramente gracias a Dios por permitirme el don de la salud, también agradecimiento especial a mi madre que me ayudó y apoyo en todas las etapas de mis estudios; y un agradecimiento muy especial a mi esposa por su paciencia y apoyo durante este tiempo de mucho trabajo y a mi hijo Arjen por darme las fuerzas para culminar esta meta tan anhelada..... **Erick Silva Padilla.**

Agradecimientos

Agradecimientos profundos a Dios que nos otorgó la sabiduría necesaria para desarrollar este proyecto, que como meta nos permitió culminar con éxito y satisfacción nuestro trabajo de investigación.

Gracias a la facilidad en el acceso de la información por parte de los Directores de las Área Rectoras de Salud Alajuela 1 y Alajuela 2 del Ministerio de Salud.

Queremos agradecer muy especialmente al Ing. Javier Chacón Barrantes como tutor de este proyecto, porque fue guía, fuente de conocimiento y experiencia, elementos indispensables para el desarrollo de este proyecto con la excelencia requerida.

Gracias al MEL. Carlos Vargas Loáiciga y al PhD. José Pablo Carvajal Sánchez, lectores; ya que, fueron brindando conocimientos en la elaboración del índice como para la estrategia metodológica, piezas fundamentales para culminar este proyecto.

Tabla de contenido

Hoja de aprobación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos	iv
Índice de figuras.....	viii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de gráficos.....	x
Resumen	xi
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Área de estudio.....	3
1.2 Delimitación del problema.....	3
1.3 Justificación	5
1.4 Estado del arte.....	7
1.5 Objetivos de la Investigación	10
1.5.1 Objetivo general.....	10
1.5.2 Objetivos específicos	10
Capítulo 2. Marco teórico.....	11
2.1 Contaminación en cuerpos de agua	12
2.2 Calidad del agua.....	20
2.2.1 Parámetros de calidad físicos:	20

2.2.2 Parámetros de calidad químicos.....	21
2.3 Autodepuración de los ríos	25
2.4 Índices de contaminación	27
2.5 Sistemas de Información Geográfica.....	31
2.5.1 Mapas de calor	32
Capítulo 3. Estrategia metodológica	43
3.1 Paradigma de investigación.....	43
3.2 Enfoque de la investigación	44
3.3 Diseño de la investigación	45
3.3.1 Investigación No experimental	45
3.3.2 Investigación tipo Longitudinal	46
3.4 Definición de Variables	48
3.5 Selección de la población	52
3.5.1 Recolección de datos: Fuente Primaria	54
3.6 Instrumentos	55
Capítulo 4. Construcción del Índice de contaminación por aguas residuales.	57
4.1 Normalización de los parámetros para el índice	58
4.2 Índices de aguas contaminación.....	60
4.2.1 Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales	61
4.2.2 Índice Potencial de contaminación por aguas residuales.....	62

	vii
4.3 Mapeo de los índices	63
Capítulo 5. Aplicación de los índices creados.....	66
5.1 Aplicación del ICNAR.....	68
5.2 Aplicación del IPCAR	69
5.3 Aplicación para generar los mapas de calor	72
Capítulo 6. Análisis de Resultados	80
6.1 Interpretación del Índice de cumplimiento normativo en ambos periodos:	80
6.2 Interpretación del Índice potencial de contaminación por aguas residuales en ambos periodos	82
6.3 Interpretación de los mapas calor	84
6.4 Interpretación del Índice potencial de contaminación por aguas residuales por cuerpos receptores en ambos periodos.....	85
6.5 Interpretación del Índice potencial de contaminación por aguas residuales por distrito en ambos periodos.....	86
Capítulo 7. Diseño del protocolo para la aplicación del índice y mapeo del IPCAR.....	87
7.1 Procedimiento de protocolo	88
7.2 Pasos a Seguir para colocar datos en la tabla Excel	90
Capítulo 8. Conclusiones y Recomendaciones.....	96
8.1 Conclusiones	96
8.2 Recomendaciones	99

Bibliografía.....	viii 101
Apéndice	109
Apéndice A	109
Apéndice B	112
Apéndice C	116
Anexo.....	120

Índice de figuras

Figura 1 Porcentaje de empresas por tipo de actividad	14
Figura 2 Vertidos de aguas residuales a cuerpo receptor.....	14
Figura 3. Marco Regulatorio en materia de aguas residuales.....	34
Figura 4. Construcción del Índice de contaminación por aguas residuales.....	60
Figura 5. Mapa de calor para ICNAR 2014.....	72
Figura 6. ICNAR 2014 de las actividades que superan el rango de 100.....	73
Figura 7. Mapa de calor para ICNAR 2015.....	74
Figura 8. ICNAR 2015 de las actividades que superan el rango de 100.....	75
Figura 9. Mapa de calor para IPCAR 2014	76
Figura 10. IPCAR 2014 de las actividades con mayor carga contaminante.....	77
Figura 11. Mapa de calor para IPCAR 2015	78
Figura 12. IPCAR 2015 de las actividades con mayor carga contaminante.....	79
Figura 13. Llenado de la hoja de Excel.....	89

Figura 14. Etapas claves de los cálculos del índice.....	90
--	----

Figura 15. Diagrama de Flujo de Protocolo para aplicación del ICNAR e IPCAR	
---	--

.....	94
-------	----

Índice de cuadros

Cuadro 1. Parámetros físicos, químicos y biológicos utilizados para caracterizar las aguas residuales.	17
Cuadro 2. Subcategorías de los sólidos en aguas residuales.....	21
Cuadro 3. Ejemplos de índices de contaminación	29
Cuadro 4. Áreas Rectoras de Salud por Direcciones Regionales.....	36
Cuadro 5. Clasificación de los establecimientos según riesgo según su riesgo sanitario y ambiental.....	37
Cuadro 6. Clasificación de actividades de acuerdo al CIU.	38
Cuadro 7. Variables de investigación acorde con el Objetivo #1	48
Cuadro 8. Variables de investigación acorde con el Objetivo #2	49
Cuadro 9. Variables de investigación acorde con el Objetivo #3	50
Cuadro 10. Variables de investigación acorde con el Objetivo #4	51
Cuadro 11. Actividades industriales tipo A de Alajuela.....	66
Cuadro 12. Procedimiento por nivel de gestión y unidad Organizativa.....	91
Cuadro 13. Pasos para diseñar los mapas de calor	95

Índice de gráficos

Gráfico 1. Aplicación del ICNAR en los periodos 2014-2015.....	68
Gráfico 2. Aplicación del IPCAR en los periodos 2014-2015	69
Gráfico 3. Potencial de contaminación por cuerpo receptor en los periodos 2014-2015	70
Gráfico 4. Potencial de contaminación por distrito en los periodos 2014-2015	71

Resumen

En Costa Rica, se ha venido presentando en los últimos años un problema grave con el manejo y vertido de aguas residuales sin control en nuestros diferentes ríos y acequias. El Ministerio de Salud mediante la aplicación del decreto N° 33601-MINAE-S a través de sus Área Rectoras de Salud realizan una vigilancia sobre esta problemática, no obstante el esfuerzo es insuficiente ya que dicho control se basa únicamente en la revisión de cumplimiento de los parámetros universales de vertido y no toman en cuenta la carga contaminante que llevan estas aguas a los cuerpos, lo que provoca un consecuente impacto ambiental ya que se están vertiendo sustancias que son ajenas al río alterando su composición. En la problemática de la carga contaminante antes mencionada, en este proyecto se elaboraron dos índices para aguas residuales, que permite a las Áreas Rectoras de Salud valorar tanto el cumplimiento normativo, como la cantidad de carga contaminante vertidas a los ríos y acequias procurando, que por medio del Ministerio de Salud y estos entes generadores (empresas) realicen acciones en mejoramiento del ambiente y la salud de la población.

Capítulo 1. Introducción

El Ministerio de Salud de Costa Rica (MINSA), como ente rector en materia de salud y prevención de la contaminación producida por la humanidad cuenta con distintas funciones, entre ellas monitorear el cumplimiento legal de una gran cantidad de empresas que impactan la salud y el ambiente. Desde la óptica de su afectación por generación de aguas residuales, dichas empresas analizan y reportan, ante este Ministerio, la calidad de sus aguas vertidas provenientes de sus procesos productivos.

Este monitoreo se estableció de manera obligatoria, a partir de la entrada en vigencia del Decreto N° 33601-MINAE-S: Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, en el año 2006, para todo ente generador de aguas residuales a nivel nacional. Tal reglamento incluye el control de la calidad de las aguas de reuso, las que se disponen en el alcantarillado sanitario y las que se disponen en cuerpos receptores acuáticos. El Ministerio de Salud, mediante los reportes operacionales, realiza un control de cumplimiento de esta normativa a través de la evaluación de los parámetros.

A raíz de la obligatoriedad de la presentación de los reportes operacionales, el Ministerio de Salud recibe gran cantidad de información, que actualmente no se aprovecha para análisis y toma de decisiones en temas de contaminación por aguas residuales, por lo que la presente investigación pretende establecer un protocolo para utilizar esta información y sintetizarla, con el fin de facilitar una investigación al respecto, procedimiento que se ejemplifica aplicado al caso de las actividades Tipo A que vierten a los ríos del Cantón Central de Alajuela 2014-

2015.

Para efectos de esta investigación, se seleccionó la DARS de Alajuela 1 (que abarca el Distrito Central) y Alajuela 2 (que abarca los distritos San Rafael, Turrúcares, Garita, San José, Tambor, San Antonio y Guácima).

Para analizar la carga contaminante de las aguas residuales de las Industrias Tipo A, se plantea elaborar y utilizar un Índice de Contaminación (IC), que permita cuantificar de forma conjunta los parámetros de vertido en un solo valor.

Con base en lo anterior, esta investigación pretende establecer un protocolo para evaluar de manera unificada los diferentes parámetros de vertido en forma de Índice de Contaminación y de esta forma mostrar un mapeo mediante los resultados obtenidos para realizar una valoración del potencial de contaminación por aguas residuales.

1.1 Área de estudio

Este estudio se realiza desde el punto de vista ambiental, considerando la contaminación por aguas residuales, aplicado específicamente a los procesos industriales, es decir, las actividades industriales Tipo A que poseen las Áreas Rectoras de Alajuela 1 y 2 del Ministerio de Salud, donde se registran 50 entes generadores que vierten sus aguas residuales a los ríos del Cantón Central de Alajuela.

1.2 Delimitación del problema

En la actualidad, el MINSA a través del Decreto N° 33601-MINAE-S solicita a los entes generadores de vertidos a cuerpo receptor, un documento nombrado Reporte Operacional de Aguas Residuales, cuyo propósito es presentar el cumplimiento de parámetros mediante un análisis de aguas residuales, elaborado por un laboratorio acreditado.

La función actual del MINSA en este tema, únicamente es obligar a los entes generadores de presentar este documento ante el Área Rectora de Salud correspondiente para posteriormente ingresarlo a la base de datos conocido como Sistema para el Registro de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales (SIRROAR), esta información se almacena y permite únicamente hacer estadísticas de cumplimiento de vertido. La información adquirida solo se presenta en el Comité Técnico del Nivel Central del MINSA junto con otras instituciones.

La información de los reportes operacionales es valiosa ya que en estos se indican los parámetros obligatorios y la calidad del agua residual (límites) que vierte la empresa, y esta información está disponible de manera directa en las Áreas Rectoras de Salud. Sin embargo, esta información actualmente solo se verifica que el reporte cumpla o no con los parámetros, posteriormente se incluyen en la base de datos SIRROAR y se almacena. Por tanto, esta información valiosa no es aprovechada para la toma de decisiones con criterio técnico.

Es por esto la importancia de esta investigación, ya que, al crear este protocolo, se dará a las Áreas Rectoras de Salud, una herramienta para ordenar y almacenar digitalmente esa información y con ello, sintetizarla cuantitativamente dentro de un índice de contaminación, que permita valorar el potencial de contaminación de las aguas residuales, para finalmente mapear los resultados.

Para efectos de esta investigación, se tomarán en cuenta empresas que posean actividades Tipo A (alto riesgo) ubicadas en el Cantón Central de Alajuela, que abarca distritos como San Rafael, Turrúcares, Garita, San José, Tambor, San Antonio y Guácima; que vierten sus aguas a cuerpos receptores cercanos, de ahí su pertinencia para esta investigación.

1.3 Justificación

El Ministerio de Salud (MINSA) como ente rector del sistema de producción social de la salud y, como tal, es el garante de la protección y mejoramiento del estado de salud de la población (MINSA Política institucional, 2011) a nivel nacional tiene una carencia de análisis de los datos que presentan las empresas mediante los reportes operacionales de aguas residuales ante las Áreas Rectoras de Salud, que tienen un gran potencial para sustentar investigaciones, toma de decisiones y reformas al reglamento, de manera fundamentada.

Con el paso del tiempo, el creciente desarrollo agrícola, ganadero e industrial, en las cercanías con las áreas urbanas como es el caso Alajuela mediante sus zonas francas e industriales, los ríos cercanos a estos se han visto afectados con un aumento significativo en los desfogues que se hacen a los cuerpos receptores de esta provincia. Esto genera un aumento en la contaminación de estos cuerpos impactando de manera directa e indirecta la salud de la población y el ambiente.

Otra institución que se involucra de manera indirecta es la Dirección de Aguas del MINAE, quien otorga los permisos de vertido de las empresas bajo el criterio de que el cuerpo receptor sea de caudal permanente y dominio público. Este criterio va de la mano con la presentación puntual de los reportes operacionales de estas empresas ante el MINSA.

Según el apartado de Considerando número dos del Decreto 33601-S se indica que la contaminación de los cuerpos receptores favorece la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica, reduce el número de fuentes disponibles,

eleva los costos para el abastecimiento de agua para consumo humano, y pone en peligro de extinción de gran cantidad de especies animal y vegetal (Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud, 2006).

Por tanto, las descargas de aguas residuales a estos cuerpos que realizan estas empresas, es carga contaminante, con un consecuente impacto ambiental; ya que se están vertiendo sustancias que son ajenas al río alterando su composición y lo perjudican cada vez que se vierte, aun cuando estén cumpliendo con sus límites de vertido.

Es debido a lo anterior que se sustenta el presente proyecto de investigación, cuyo fin es la creación de un índice de contaminación que permita a las entidades estatales como es el caso del MINSA y MINAE, identificar el ente generador y su carga contaminante vertida al cuerpo receptor.

Los entes generadores seleccionados en la investigación poseen actividades de impacto alto como lo son mataderos, industrias químicas, industrias de alimentos y fábricas de embutidos, entre otras, debido a que son actividades catalogadas como Tipo A acorde con el Decreto N° 39472-S, que las define como “aquellos establecimientos que por las características de las actividades que desarrollan pueden presentar un riesgo sanitario y ambiental alto, lo que podría eventualmente afectar la integridad de las personas y el ambiente” (Decreto 39472-S, 2016), que generan aguas residuales y las vierten a cuerpos receptores acuáticos.

1.4 Estado del arte

Nuestro país, que se encuentra en vías de desarrollo, posee procedimientos, en materia de aguas residuales, similares a países como España que ya cuenta con un desarrollo pleno al respecto; un claro ejemplo es el permiso de vertido a cuerpos receptores, que en dicho país se entiende como autorizaciones de vertido a Dominio Público Marítimo-Terrestre

En España se elabora periódicamente un documento llamado “Informe de autorizaciones de vertido a Dominio Público Marítimo-Terrestre” que tiene como objeto el estudio de los vertidos realizados a Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT) con el objetivo de reflejar una idea global de la totalidad de los vertidos que se realizan sobre el medio receptor (Gobierno de España, 2017, p. 6).

En España existen regulaciones para la autorización de vertido de aguas a cuerpos receptores, mediante una normativa de cumplimiento obligatorio denominada Reglamento del Dominio Público Hidráulico mediante autorizaciones de vertido a Dominio Público Marítimo-Terrestre; por otro lado, en Costa Rica existe una legislación aplicable mediante el Decreto 33601-S Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, además del permiso de vertido a cuerpo receptor otorgado por la Dirección de Aguas del MINAE (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017 p. 6).

Según la información recopilada en ambos países, se emplean legislaciones muy similares en materia de autorizaciones de vertido, sin embargo, en España se utiliza un mapeo por provincia y vertido donde se geo-referencian estos datos que van dirigidos a cuerpos receptores. No obstante, en nuestro país

se requiere la presentación ante el Ministerio de Salud de los reportes operacionales y se verifica únicamente el cumplimiento de la legislación en esta materia, pero no se realizan un mapeo ni una geo-referenciación ni mucho menos un análisis cuantitativo conjunto, mediante algún índice. De ahí la importancia de nuestro proyecto.

La revisión y verificación del cumplimiento de los reportes operacionales periódicos de las empresas ante el Ministerio de Salud, permite mantener monitoreadas a estas industrias, tanto a las que vierten sus aguas residuales tratadas a un cuerpo receptor, como las que se reúsan o las que se vierten en alcantarillado sanitario.

Actualmente, el MINSA no cuenta con una herramienta clara que permita analizar en conjunto la carga contaminante de vertido a cuerpos receptores; únicamente se verifica el cumplimiento de los límites de vertido a dichos cuerpos. Por tanto, mucha información generada de los reportes operaciones no se aprovecha.

El Décimo noveno Informe Estado De La Nación En Desarrollo Humano Sostenible 2013, indica que existen 5.028 generadores de aguas residuales en el país y solamente el 30% cuenta con reportes operacionales (p.30), de acuerdo con el Reglamento N° 33601-MINAE-S; por consiguiente, el 70% de las empresas generadoras no reportan la calidad de sus aguas residuales, por lo que no se conoce con certeza si estas empresas contaminan o no.

En el tema de tratamiento a las aguas residuales vertidas en ríos, según como indica el Estado de la Nación en su XIX informe “únicamente las descargas

de aguas residuales producidas por el 3,6% de la población recibieron tratamiento en 2012" (Ibid).

Según el MINAE mediante, Dirección de Aguas menciona que existen aproximadamente 1.749 puntos de vertido de aguas residuales distribuidos en todo el territorio nacional. De estos vertidos, 1.079 se encuentran en la cuenca del Río Grande de Tárcos. Un mapeo y análisis de carga contaminante sería recomendable y revelador, con el fin de tomar decisiones para el abordaje de la problemática.

En dicho informe se detalla que sectores como comercial, servicios, sector agropecuario, industria manufacturera y administradores de alcantarillado sanitario son los cuatro sectores dentro de los cuales se distribuyen los permisos de vertidos de aguas residuales por parte del MINAE (Estado de la Nación, 2017).

Además, los reportes operacionales (el cumplimiento de los límites permisibles) no son un indicador del potencial de contaminación de ese vertido, sino solamente un requisito normativo de cumplimiento, por ejemplo, un vertido con un caudal muy grande aún dentro de los parámetros permitido puede tener un potencial de contaminación mayor que un vertido pequeño que no esté cumpliendo, esto es parte de lo que se quiere analizar con esta investigación.

Por otro lado, el MINAE a través del permiso de vertido no garantiza la protección al cuerpo receptor, ya que este proceso de aprobación solo consiste en la contraprestación en dinero pagado por los usuarios del servicio ambiental de los cuerpos de agua. El canon, como tal, es un instrumento económico, que se basa en el principio de que quien contamina paga (proporcionalmente), y se cobra sobre la carga contaminante neta vertida, medida en kilogramos

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo general

Elaborar un protocolo para que las Áreas Rectoras de Salud sintetizen la información de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales a su cargo, y con él apliquen un Índice de Contaminación Potencial de dichas aguas residuales y lo puedan mapear para análisis. Aplicación del protocolo en las industrias Tipo A que vierten a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela, en el periodo 2014-2015.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual sobre el uso y manejo de la información construida a partir de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales del Área Rectora de Salud Alajuela tomando en cuenta las Industrias Tipo A, según el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, Decreto N° 33601-MINAE-S.

2. Evaluar los parámetros de análisis obligatorio de vertido de aguas residuales mediante los reportes operacionales de las actividades industriales Tipo A en los ríos del Cantón Central de Alajuela durante el 2014 y 2015.

3. Diseñar un índice de contaminación de aguas residuales que vierten a cuerpo receptor.

4. Diseñar un protocolo tanto para aplicar el índice de contaminación diseñado como para el mapeo de sus resultados con base en la información que se presentan en los reportes operacionales, y su respectiva validación con las actividades de tipo A del Cantón Central de Alajuela.

Capítulo 2. Marco teórico

El modelo económico actual prioriza lo económico e industrial lo cual, casi que inherentemente, conlleva una afectación del medio ambiente, se persigue principalmente el bien económico de personas, pero también debe de ir acorde a las normas ambientales para la protección y conservación del medio ambiente; sin embargo, estas pierden importancia y son casi ignoradas debido al propio modelo, al cual no se le establecen límites, esto conlleva a la sobreexplotación de los diferentes recursos que sean necesarios para satisfacer los altos porcentajes de demanda que acarrearán los consumidores e industrias que buscan satisfacer a estos.

La contaminación de agua y aire los últimos años, a pesar del impacto negativo que se ocasiona al medio ambiental, todavía no es un tema al que se le brinda la categoría que merece a nivel global; con el pasar del tiempo se evidencia el cambio en el entorno, afectación de ciclos biológicos, del clima y en la calidad de vida ya sea en nuestro lugar de residencia o lugar de trabajo.

La contaminación de los cuerpos de agua en la actualidad es una afectación negativa al medio ambiente y a su vez a la salud de las personas, a esto se puede agregar la incorrecta disposición de los desechos; Sarlingo (1998) menciona lo siguiente;

“La contaminación estaba básicamente localizada, en las primeras etapas del desarrollo urbano, a un asentamiento, un río cercano al espacio urbano, algún lugar que funcionara como vertedero de residuos o una mina. Tres mil quinientos años más tarde, a finales del siglo XX, la contaminación ha aumentado a un nivel

sin precedentes, afectando a todo el planeta, y especialmente a sus mecanismos reguladores globales. La comprensión humana de las consecuencias de la creación y la eliminación de desechos, siempre ha ido muy por detrás del vertido de contaminantes al ambiente”. (p.2)

2.1 Contaminación en cuerpos de agua

El agua posee diferentes usos, desde lo más básico como el consumo humano para la supervivencia, hasta usos más complejos como los diferentes procesos que manejan las industrias a nivel nacional que generan las aguas residuales provenientes de dichos procesos.

Dentro de los recursos naturales contaminados por el ser humano con aguas residuales, se encuentran los cuerpos de aguas; ya sean acequias, ríos, mantos acuíferos subterráneos o quebradas de distintos lugares, esta problemática afecta a toda la población. Actualmente, no le presta la atención que amerita, con respecto al tema de contaminación y se muestra indiferencia en la población, hasta que son afectados de forma directa, ya sea por malos olores, cultivos contaminados, escasez de agua para consumo y hasta por problemas de salud (enfermedades).

Por ello se puede entender la contaminación hídrica como el efecto de alterar el medio natural con sustancias o elementos que impactan de forma negativa este recurso, se explica de la siguiente manera:

“Se entiende por contaminación del medio hídrico o contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad

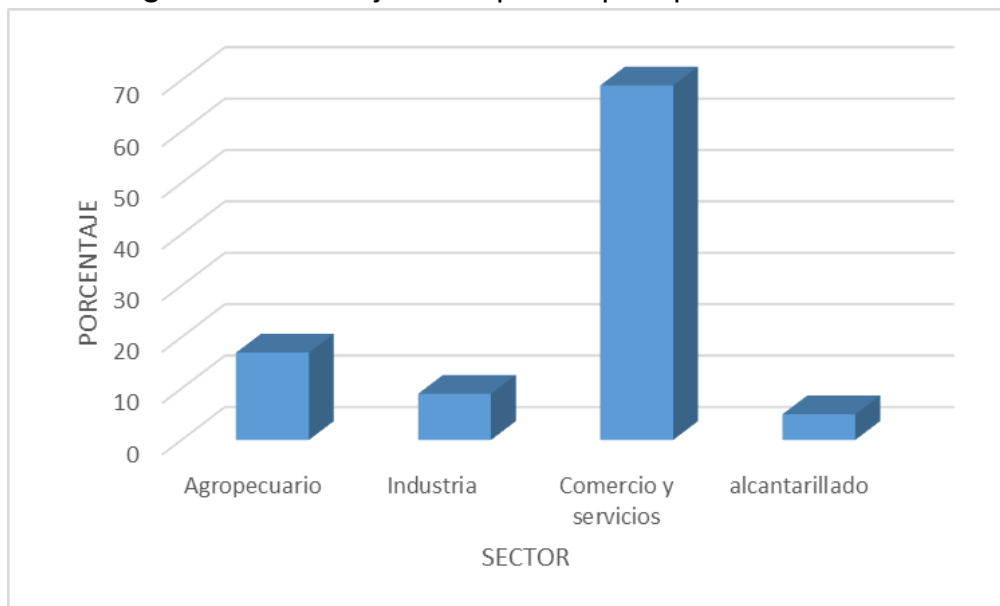
en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales”. (Bermúdez, 2010, p.6)

En Costa Rica uno de los principales problemas que ocasionan la contaminación en los cuerpos de agua y en el ambiente es el crecimiento y desarrollo acelerado de las empresas e industrias, sumado al interés de estas empresas de querer abastecer la demanda y consumo de las personas; sin medir el impacto que las empresas generan a corto, mediano y especialmente en un periodo de varios años al ambiente, especialmente a los cuerpos de agua.

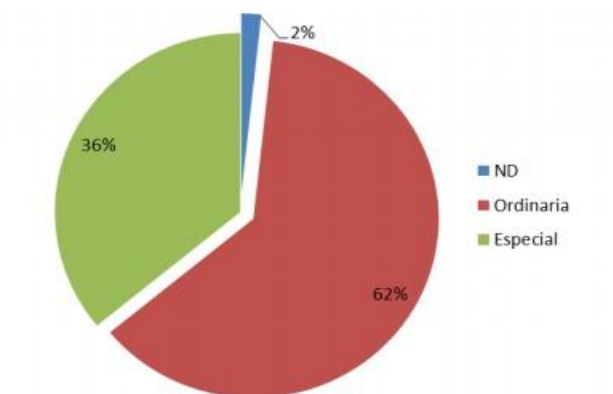
El control de la afectación por contaminación a los cuerpos de agua en el país no ha alcanzado a tener avances satisfactorios, esto lo pone en evidencia el Informe del Estado de la Nación 2017, ya que de las aguas residuales vertidas en los ríos durante el año 2016 solamente el 8,2% recibieron tratamiento.

La Dirección de Aguas del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) menciona que existen aproximadamente 1.749 puntos de vertido de aguas residuales distribuidos geográficamente en las cuencas hidrográficas de todo el país, de los cuales 1.079 se encuentran dentro de la cuenca del Río Grande de Tárcos.

Menciona además que el sector comercio y servicios, sector agropecuario, industria manufacturera y administradores de alcantarillado sanitario son los cuatro sectores dentro de los cuales se distribuyen los permisos de vertidos de aguas residuales por parte del MINAE (MINAE, 2016).

Figura 1 Porcentaje de empresas por tipo de actividad

Fuente: MINAE, 2016

Figura 2 Vertidos de aguas residuales a cuerpo receptor

Fuente: Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, Dr. Jorge Herrera Murillo, 2017.

De acuerdo con el informe Estado de la Nación el 62% de las aguas vertidas a cuerpo receptor, lo constituyen las aguas ordinarias. Por otra parte, un 36% de las aguas vertidas son de tipo especial, que corresponden a las aguas seleccionadas para analizar en esta investigación.

El impacto de estas empresas y el vertido de aguas residuales a ríos, acequias y quebradas, generadas por estas industrias, están, básicamente relacionados con su ubicación geográfica. Cabe enfatizar que algunas de las empresas del Cantón Central de Alajuela después de que vierten sus aguas hacia los cuerpos de aguas cercanos a ellas, las aguas sirven de riego para cultivos de hortalizas y vegetales.

En el Rio Bermúdez, en la zona de San Rafael de Alajuela, Costa Rica, se ha presentado un problema de contaminación industrial. Este rio se utiliza para la irrigación de cultivos de tomate, maíz, frijol, cebolla y camote, cultivos muy susceptibles a las aguas contaminadas. (Cordero, Chacón y Rodríguez, 1979, p. 110)

La contaminación a cuerpos de agua afecta a toda la población nacional de manera directa e indirecta, según Castillo (2016) los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana, por ejemplo la presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal.

El cadmio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente,

el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones (Ibid).

Los contaminantes en las aguas residuales son generalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos, dentro de este amplio espectro se incluyen carbohidratos, grasas animales, aceites, fenoles, proteínas, aminas, arenas, tensoactivos, compuestos nitrogenados y fosfatados, metales pesados, azufre, cloruros, compuestos orgánicos volátiles, levaduras, hongos, algas, virus, bacterias y muchos otros componentes adicionales (Metcalf y Eddy, 1995).

Según Hernández Muñoz (2014) el agua residual es portadora de materia orgánica, inorgánica y, microorganismos. A estos elementos aportados les pueden ocurrir tres cosas:

Parte de los elementos pasan a depositarse en el fondo como consecuencia de su diferencia de densidad con el agua, no pudiendo ser arrastrados por la corriente, son sólidos de cantables. Pueden ser productos orgánicos o inorgánicos.

Otros, orgánicos e inorgánicos, debido a la corriente y a su densidad similar a la del agua, permanecen en suspensión en la masa del agua.

Hay elementos que llegan a la superficie y se concentran en ella al cabo de un cierto tiempo (como las grasas, detergentes y flotantes) debido a su baja densidad.

A continuación se aprecia como los tipos de contaminantes actúan sobre un cuerpo receptor (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros físicos, químicos y biológicos utilizados para caracterizar las aguas residuales.

Contaminante	Razón de la importancia	Parámetro
Sólidos en suspensión	Pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático	Sólidos suspendidos totales (SST)
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno), si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.	Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días, 20°C (DBO5,20) Demanda química de oxígeno (DQO)
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.	Coliformes Nemátodos

Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada y no sustentable por el medio generando eutrofización. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, pueden provocar la contaminación del agua subterránea.	Nitrógeno Fósforo
Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados con base en su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad acuosa conocida o sospechada.	Compuestos específicos
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplo típico son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) Fenoles Compuestos específicos

Metales pesados	Son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual en riego, para evitar la absorción vegetal y posible envenenamiento.	Elemento s específicos (plomo, hierro, níquel, arsénico, cadmio, cromo)
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos, se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual en riego, por el daño que causaría sobre la vegetación.	iones específicos (calcio, sodio, sulfatos, amonio, cloruros)

Fuente:(Metcalf y Eddy, 1995 p.56)

Los parámetros de cumplimiento obligatorio de vertido son revisados y evaluados por el Ministerio de Salud (MINSA) en sus respectivas Direcciones de Áreas Rectoras de Salud (DARS) las cuáles están ubicadas en cada provincia y distrito en todo el territorio nacional.

2.2 Calidad del agua

Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales, por lo que no se caracterizan detalladamente (indicando cada uno de sus constituyentes) sino por parámetros físicos, químicos y biológicos que han demostrado ser representativos para evaluar la potencial contaminación y sus efectos sobre la salud humana de un agua residual (Ramalho, 1993).

Otra de las propiedades de las aguas residuales son las características organolépticas, tales como olor (inodoro), color (incoloro) y sabor, aunque no aplica a aguas residuales que permiten indicar la integridad de las aguas.

2.2.1 Parámetros de calidad físicos:

Para estos contaminantes se puede tener como referencia los objetos o sustancias que son desechados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, líquidos u otros, por diferentes actividades de los seres humanos que ocasiona la afectación directa a estos cuerpos de agua, lo cual provoca olores desagradables afectación visual, cambios de color de las aguas y variaciones en su temperatura.

Entre otros contaminantes físicos, de acuerdo con Jiménez (2012) que se pueden mencionar son los sólidos que poseen distintas características como la de los sólidos suspendidos totales que pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.

También existen sólidos sedimentables que son partículas pequeñas que se encuentran suspendidas, en este caso en los cuerpos de agua y al pasar de cierto tiempo bajan asentándose.

A continuación, se presentan las diferentes categorías de sólidos presentes en las aguas residuales (ver cuadro 2):

Cuadro 2. Subcategorías de los sólidos en aguas residuales.

Subcategorías de residuos sólidos en las aguas residuales		
Sólidos totales	Sólidos suspendidos	Sólidos sedimentables
Sólidos flotantes	Sólidos volátiles	

Fuente: Elaboración propia 2019.

Otra característica física que se encuentra en las aguas residuales es la temperatura, ya que al verter estas aguas a diferentes, estas causan un cambio brusco en los cuerpos receptores, lo que provoca contaminación térmica y ocasiona muerte masiva de los organismos que no pueden soportar los cambios bruscos de temperatura en su medio ambiente, afectando la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos.

2.2.2 Parámetros de calidad químicos

Los residuos orgánicos sin descomponer están formados por: hidratos de carbono simples y complejos, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico, succínico); polímeros y compuestos fenólicos (ligninas, taninos, etc.) y elementos

minerales. Todos estos componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica propiamente dicha. (Meléndez G y Soto G, 2003, p.1)

En el suelo coinciden los materiales orgánicos frescos, las sustancias en proceso de descomposición (hidratos de carbono, etc.) y los productos resultantes del proceso de humificación. Todos ellos forman la materia orgánica del suelo. (Ramírez et al. 1997).

Estas propiedades son también formadas por compuestos ajenos a un medio natural principal de sustancias, que, al entrar en contacto con cuerpos de agua, altera y afecta el ecosistema y los seres vivos.

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Colombia (IDEAM), la DBO se define como una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. Por otro lado la DQO determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Por tanto la DBO es una fracción de la DQO. (IDEAM, 2007)

Según Chacón (2012) dichos parámetros están compuestos principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas; si se descargan al ambiente sin tratar su estabilización biológica deriva en el agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo, por tanto, de condiciones sépticas.

Las grasas y aceites son de los parámetros orgánicos más estables y no son fácilmente biodegradables; no obstante, los ácidos minerales las atacan, dando origen a la formación de ácidos grasos y glicerina. (Jiménez, 2012 p.5).

Las grasas y aceites producen efectos porque son menos densos que el agua, lo que hace que se extiendan en la superficie creando películas que alteran los ciclos biológicos. El efecto más notable es la alteración de la oxigenación de los cuerpos de agua ya que esta película impide el intercambio del aire con el agua, lo que provoca la absorción de la radiación solar que afecta el ciclo fotosintético en el cuerpo receptor. Debido a la alteración de la fotosíntesis, la producción de oxígeno disuelto disminuye, haciendo que la vida en el cuerpo receptor se reduzca (Jiménez, 2012 p 5).

Otro parámetro químico son las sustancias activas al azul de metileno (SSAM), esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento, ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas (Ibid).

De acuerdo con Castañón (2012) el potencial de hidrógeno representa una estrecha dependencia entre grupos vegetales, animales y el medio acuático. Esto ocurre a medida que las comunidades acuáticas interfieren en el pH, así como el pH interfiere de diferentes maneras en el metabolismo de estas comunidades.

El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos, entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además, del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como nitrógeno, disuelto de la atmósfera, dióxido de carbono, sulfuro de

hidrógeno, amoníaco, metano, mercaptanos y otros resultantes de la descomposición de la materia orgánica (Metcalf y Eddy, 1995).

2.3 Autodepuración de los ríos

Los ríos pueden lograr asimilar una cantidad determinada de contaminantes antes de que estos efectos sean evidentes y va a depender de características como la velocidad, distancia de actividades industriales y de lo caudaloso que sea el río.

Esto permite que los ríos sean más capaces de tolerar una mayor cantidad de vertido de aguas residuales; no obstante, una cantidad excesiva produce daño a todo cuerpo de aguas y sistemas. (Suarez, 2008, p.2).

Hernández (1994) indica que existen etapas en las que un cuerpo receptor y la naturaleza en general luchan contra la contaminación por varias vías:

_Los elementos flotantes quedan retenidos por las plantas y el terreno en las orillas del río, así como los sectores con menos turbulencia en el cuerpo receptor colaboran con la autodepuración y poco la superficie del agua se filtra de elementos extraños.

_Los elementos más pesados de acuerdo con la corriente del agua se depositan en el fondo, con mayor cantidad en las secciones sin turbulencia, y mientras el cuerpo receptor fluye se liberan las aguas de partículas sedimentables.

_Los elementos ácidos y bases de las aguas residuales vertidas, debido al movimiento de estas aguas se homogenizan, es decir, se mezclan y de esta manera se neutralizan.

_Por último, los elementos presentes en las aguas como los microorganismos y/o incorporados en las aguas residuales, emplean la materia orgánica presente en estas aguas, metabolizándola y generando materia viva.

Existen diferentes ciclos que contribuyen en la autodepuración como lo son el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo y el ciclo del azufre, estas se sintetizan o transforman en el río.

Entre las consecuencias indicadas por Hernández (1994), por no haber una correcta autodepuración, se menciona que después del proceso de contaminación en los ríos a causa de los vertidos, surge el fenómeno de autodepuración natural, donde intervienen principios físicos (sedimentación y flotación), biológicos y químicos. La materia orgánica en su proceso metabólico transforma la materia viva (microorganismos) o la flocula generando una sedimentación posterior.

Según Hernández (1994) indica que las sustancias flotantes que no se mezclan reducen la capacidad de re aireación de las aguas con una degradación estética, tales como los aceites, grasas y espumas, ya que al ser tenso activo impiden el contacto aire-agua.

Así mismo manifiesta que, de acuerdo con las condiciones hidráulicas del cuerpo receptor, las sustancias sedimentables que se acumulan en las proximidades del punto de vertido, ocasionan importantes acumulaciones en el fondo de materia orgánica. Lo que ocasiona una mayor demanda del oxígeno del agua, generando condiciones anaerobias en el fondo lo que provoca una degradación del hábitat en estas zonas.

Una de las consecuencias indicadas por Hernández (1994) son las causadas por sustancias coloidales, disueltas o de densidad similar al agua, estas suceden aguas abajo del vertido, ya que uno de los efectos es el consumo de oxígeno del cuerpo receptor, la toxicidad para especies que habitan en dichos cuerpos y aparición de enfermedades. Los contenidos elevados de organoclorados y metales

pesados presentes en el agua residual, si son consumidos pueden ser altamente peligrosos para la salud y el río no podrá realizar la autodepuración.

2.4 Índices de contaminación

Según afirma Kizhisseri y Mostafa (2015) “uno de los retos más importantes del profesional es, para un agua residual, interpretar las características y clasificarlas en función de la calidad de estas aguas”. (p.1)

Al respecto Kizhisseri y Mostafa (2015) indica que un índice de calidad de agua residual permite al analista combinar la información de varios parámetros en un solo valor y comparar los diferentes tipos de aguas residuales, lo que ayuda a tomar decisiones para la gestión de aguas residuales e interpretación del cumplimiento de la normativa ambiental y de la carga contaminante en conjunto

En general, un Índice de Calidad de Aguas (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado, incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua (Yogendra y Puttaiah, 2008).

Otra de las ventajas que se tienen con el uso de ICAS, es que también se logra demostrar que se puede realizar un análisis general de la calidad del agua en diferentes niveles, y determinar la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales (Soni y Thomas, 2014). Inclusive personas con un manejo técnico no muy profundo puedan interpretar con mayor facilidad.

Según Barbiroli (1992) desde la década de 1960, se ha propuesto crear distintos índices de contaminación, que puedan analizar y sintetizar las

características ambientales de los recursos. Dichos índices surgieron por distintos cálculos químicos, biológicos o físicos que se encuentran en nuestro ambiente, lo que facilita determinar incidencias de contaminación.

También indica Barbiroli (1992 p.238) cuales son las condiciones y razones en las que se requiera un índice de contaminación ambiental, entre las cuales están:

1. Informar al público.
2. Verificar estándares normativos.
3. Asignar recurso de manera óptima.
4. Cuantificar costos y beneficios económicos de las estrategias de control ambiental.

Según Verlicchi, Masotti, Galletti 2010) proponen un índice que establece rangos que presentan diferentes tamaños y unidades heterogéneas y que un índice requiere una normalización para hacer que las variables cambien en el mismo intervalo.

Además indica que los índices son una buena herramienta para comparar la calidad del agua de diferentes secuencias de tratamiento, en particular los sistemas naturales. Otro beneficio es que se logra evaluar rápidamente la mejora en la calidad del agua que se vierte en los diferentes sistemas. Para estos investigadores los índices aportan una serie de beneficios para gerentes y encargados de tomar decisiones en las empresas.

Los índices de contaminación de valoración de la calidad de las aguas fueron estudiados por (Ramírez, Restrepo y Viña, 1997), han sido usados de manera recurrente en otras regiones y en Colombia para la caracterización de aguas.

Dichos autores son pioneros en los estudios relacionados a índices de contaminación de la región.

Desde hace varias décadas en países como Colombia se ha sugerido y empleado ICA que tienen como objetivo facilitar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (Martínez de Bascaran, 1976; Prat et al. 1986 y MOPT, 1992).

En Costa Rica no referencia de índices para las aguas residuales que permitan analizar la carga contaminante vertida a un cuerpo receptor.

En su estudio realizado en Colombia, Ramírez et al. (1997), plantea la formulación de cuatro índices de contaminación en el medio acuático, los cuales son ejemplos de índices, y se han tomado en consideración el tema de índices y han obteniendo información relevante. Actualmente en Costa Rica no se utilizan índices para analizar la carga contaminante a cuerpo receptor a partir de aguas residuales. Tampoco se tiene una herramienta que permita visualizar el impacto de carga contaminante vertida por ente generador a un cuerpo receptor. En el siguiente cuadro se muestra lo realizado en Colombia por Ramírez y se describen a continuación (ver cuadro 3):

Cuadro 3. Ejemplos de índices de contaminación.

Índice	Descripción	Fórmula
Índice de contaminación por mineralización, que integra conductividad, dureza y alcalinidad.		$=1/3*(I_{\text{conductividad}} + I_{\text{dureza}} + I_{\text{alcalinidad}})$
ICOMI		

Índice de contaminación por materia		
ICOMO	orgánica, conformado por demanda	$=1/3*(I_{BDO} + I_{\text{Coliformes totales}})$
	bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes	$+ I_{\text{Oxígeno\%}}$
	totales y porcentaje de saturación del oxígeno.	
ICOSUS	Índice de contaminación por sólidos suspendidos.	$=0,02+0,003$ sólidos suspendidos ($g*m^3$)
		Oligotrófico < 0.01 ($g*m^3$)
ICOTRO	Índice de contaminación trófico, el cual se calcula con base en la concentración de fósforo total.	Mesotrófico 0.01-0.02 ($g*m^3$)
		Eutrófico 0.02-1 ($g*m^3$)
		Hipereutrófico >1 ($g*m^3$)

Fuente: (Ramírez et al. 1997).

Según la investigación realizada por Giancarlo Barbiroli, Palmira Mazzaracchio, Andrea Raggi y Stefano Alliney, (1992) la selección de la función de normalización (estandarización de variables), es un aspecto que es necesario tenerlo en cuenta para poder comparar las variables. Por otra parte, en lo que respecta a la adopción de una función de normalización, es posible identificar algunos métodos de normalización como los siguientes:

Funciones de suma lineal: el índice final se obtiene a través de la simple adición de los subíndices iniciales. Este tipo de función tiene la debilidad de que los índices generadores cuyo valor está directamente influenciado por el número de parámetros iniciales.

Medio aritmético (simple o ponderado): Este es el tipo más común de función de agregación, tanto para índices de calidad del aire y para los índices de calidad del agua. Funciones de este tipo tienden a nivelar los valores extremos a veces asumidos por ciertos parámetros y para ocultar los casos donde los límites estándar son excedidos por uno o más parámetros.

Medios geométricos (simple o ponderados): Estos han sido propuestos en particular como alternativas a los medios aritméticos en la medida en que están sujetos a considerables variaciones, si ciertos parámetros asumen valores que están cerca de los extremos del intervalo de variabilidad.

Operador máximo (mínimo). Esta es la función según la cual el índice asume el valor de los subíndices iniciales (es decir, el valor máximo o mínimo según si los subíndices miden niveles de contaminación o niveles de calidad).

2.5 Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es una base de datos georreferenciada, diseñada para visualizar, editar, gestionar y analizar información geográfica con el fin de contribuir a resolver problemas complejos de planificación y gestión del territorio, entre otros. Las características particulares de estos sistemas junto con la creciente demanda a escala local por gestionar información territorial, producto de las políticas de descentralización, transferencia de

funciones y la asunción de un nuevo rol en la planificación urbana transforma al SIG en una potente herramienta para la gestión del territorio municipal (Scioli et al. 2011).

Un SIG funciona como una base de datos que administra información geográfica, este tipo de información posee una posición absoluta (coordenadas), una posición relativa (topología) y atributos (datos alfanuméricos). El SIG separa y almacena la información en diferentes layers o capas temáticas, la combinación de diferentes capas de información permite de manera rápida y sencilla visualizar distintos mapas, a la vez, permite producir nueva información mediante la fusión de las fuentes originales, y facilita al profesional establecer relaciones entre las distintas coberturas, por medio de determinados métodos de análisis espacial o la simple superposición de la información (Scioli et al. 2011).

Los (SIGs) se han desarrollado paralelamente a las técnicas aplicadas al cartografiado y análisis espacial. Estos han tenido gran demanda ya que, tienen interrelación a la topografía, cartografía, temática, fotogrametría, geografía, ingeniería civil, planificación rural y urbana, edafología, inventariado, entre otras. En la actualidad se han incorporado la utilización de redes informáticas, sensores remotos y análisis de imágenes satelitales (Peña, 2005).

2.5.1 Mapas de calor

Los mapas de calor son herramientas de visualización y cálculo de la densidad de datos de puntos; en otras palabras, los mapas de calor muestran las ubicaciones de las densidades más altas de las entidades geográficas, esta

metodología permite generar su agrupación geográfica (clusters) de un fenómeno que deseamos analizar (QuantumGis, 2019).

La aplicación de los mapas de calor ha variado debido a que permite visualizar geográficamente lugares en donde se presentan los patrones de ocurrencia más alta que la media de cosas como por ejemplo la actividad de la delincuencia, los accidentes de tráfico, o la ubicación de nuevas tiendas que pueden surgir (QuantumGis, 2019).

2.6 Marco regulatorio en materia de aguas residuales en Costa Rica

En el presente apartado se muestra una descripción acerca de la legislación y reglamentación existentes en materia de aguas residuales, sus objetivos, lineamientos y alcances.

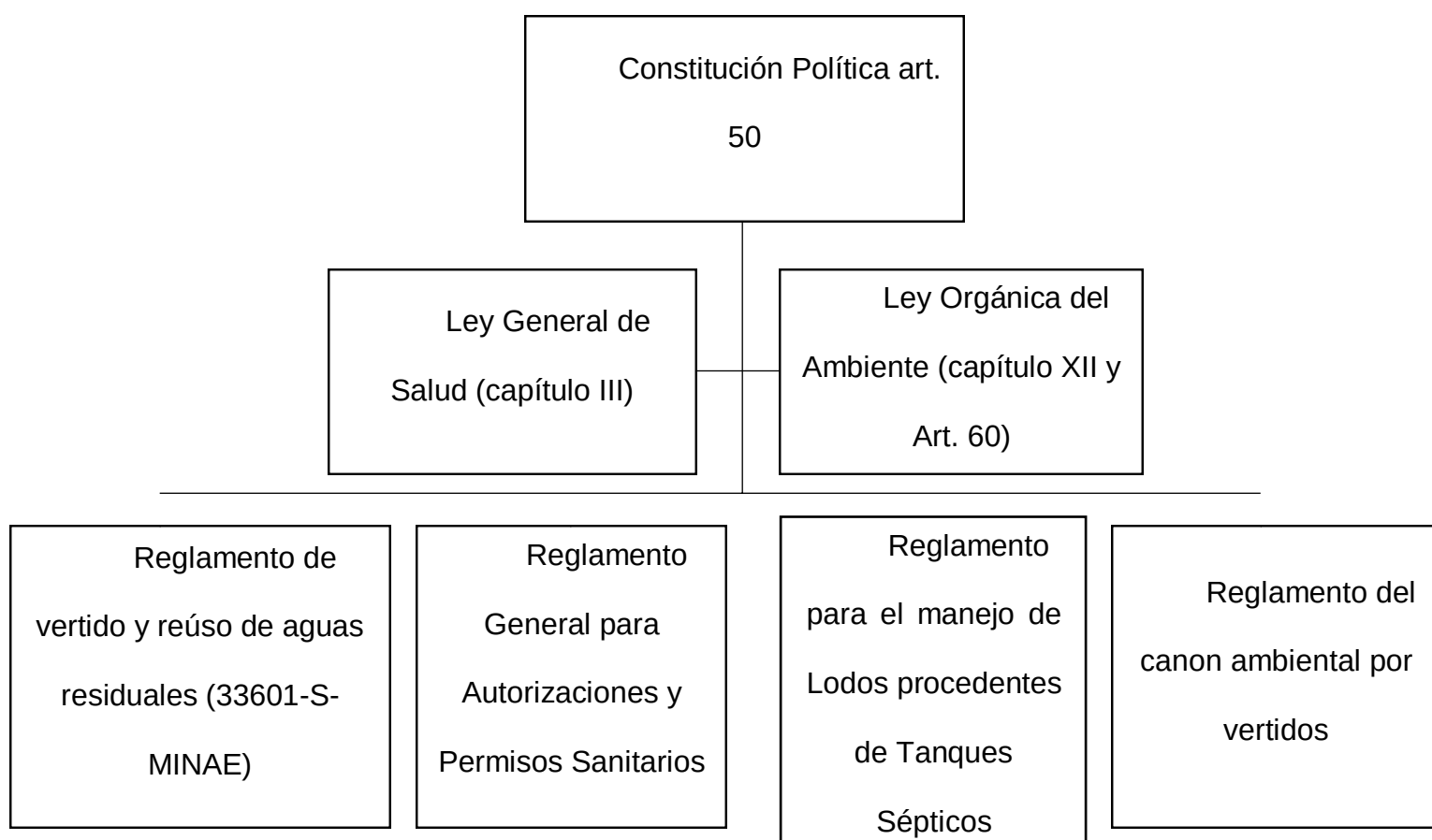
A nivel nacional se cuenta con la Ley 5395, que es la Ley General de Salud e indica el Artículo 2, que el Estado; mediante el Ministerio de Salud (MINSA) vela por la salud de la población y el ambiente (Ley 5395, 1974, art 2). Esta ley, en su artículo 285, también estipula que las aguas residuales deben ser dispuestas adecuada y sanitariamente a fin de evitar la contaminación de agua para el uso y consumo humano (Ley 5395, 1974).

En lo que respecta a aguas residuales, la Ley General de Salud (Nº 5395) dedica el capítulo III (artículos del 285 al 292) a las obligaciones y restricciones para la evacuación sanitaria. Estos artículos enuncian disposiciones generales, donde se obliga a toda persona física o jurídica a que elimine las aguas residuales adecuada y sanitariamente a través de un sistema de disposición aprobado por el Ministerio de Salud, y dicho sistema debe mantenerse en buenas condiciones de

funcionamiento.

A continuación se muestra un esquema que resume dicha normativa vigente (ver figura 1); además, cabe destacar que es válida a la fecha de publicación del presente proyecto, pues esta jurisdicción está sujeta a cambios y a la incorporación de nuevas normativas.

Figura 3. Marco Regulatorio en materia de aguas residuales



Fuente: Adaptador de Chacón (2012).

Según la Constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la dimensión positiva de la salud mental define a la salud como: “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. (Constitución de la Organización Mundial de la Salud, 1946, p.1).

Según Gavidia y Talabera, (2012) una persona sana no solo posee cierto bienestar físico sino también por sus disposiciones mentales y por las condiciones sociales en las que se desenvuelvan, esta concepción considera salud como un objetivo social que siempre debe estar presente.

En Costa Rica, el bienestar de la población debe ser garantizado por el Estado mediante la Constitución Política en su artículo 50, donde además menciona que debe existir un completo equilibrio entre un ambiente sano y ecológico.

De forma aclaratoria el MINSA posee una estructura organizacional compuesta por 3 niveles de gestión: Nivel Central, Nivel Regional y Nivel Local (MINSA, 2011). Según el (MINSA, 2011) hay un total de 82 Direcciones Regionales de Rectoría de Salud (DARS), las cuales están distribuidas en 9.

En el siguiente cuadro se aprecia la distribución de las DARS a nivel nacional (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Áreas Rectoras de Salud por Direcciones Regionales.

Dirección Regional de Rectoría de Salud	Total de DARS
Región Brunca	6
Región Central Este	7
Región Central Norte	12
Región Central Sur	19
Región Central Occidente	5
Región Chorotega	12
Región Huetar Caribe	6
Región Huetar Norte	6
Región Pacífico Central	9
TOTAL	82

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El MINSA cuenta con el Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el MINSA, Decreto N° 39472-S, en este se indica los requisitos y trámites que deben cumplir los establecimientos que desarrollan actividades industriales, comerciales y de servicios en Costa Rica (Decreto N° 39472-S, 2016), categorizando los tipos de actividades en A, B y C en función de su riesgo sanitario y ambiental (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de los establecimientos según riesgo según su riesgo sanitario y ambiental.

		Son aquellos establecimientos que por las
Grupo A		características de las actividades que desarrollan, pueden
(Riesgo Alto)		presentar un riesgo sanitario y ambiental alto, lo que podría
		eventualmente afectar la integridad de las personas y el
		ambiente.
		Son aquellos establecimientos que por las
Grupo B		características de las actividades que desarrollan, pueden
(Riesgo Moderado)		presentar un riesgo sanitario y ambiental moderado, por lo
		que eventualmente la integridad de las personas y el
		ambiente no estarían expuestos a daños significativos.
		Son aquellos establecimientos que por las
Grupo C		características de las actividades que desarrollan, presentan
(Riesgo Bajo)		un riesgo sanitario y ambiental bajo, por lo que la integridad
		de las personas y el ambiente eventualmente no se ven
		afectados.

Fuente: (Decreto 39472-S, artículo 5, 2016).

El Decreto N° 39472-S establece en su Anexo 1, la tabla de clasificación de actividades o establecimientos según riesgo sanitario, que se basa en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) por nivel de riesgo sanitario y ambiental, cuyo objetivo es fortalecer los procesos de ejecución, desarrollo, evaluación y control de las actividades que requieren el Permiso Sanitario de Funcionamiento (PSF) que el MINSA otorga.

Este anexo describe la clase, descripción y riesgo. La clase es el correspondiente CIIU otorgado; la descripción corresponde a la actividad que realiza la empresa y el riesgo es el grado con el cual la empresa impacta la salud y el ambiente.

El siguiente cuadro ejemplifica esta clasificación de establecimientos (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Clasificación de actividades de acuerdo al CIIU.

1072	Elaboración de azúcar (incluye ingenios)	A
2011	Fabricación de sustancias químicas básicas y biocombustibles	A
4730	Venta al por menor de combustibles para vehículos automotores comercios especializados (estaciones de servicio)	A

Fuente: Elaboración propia, 2018, a partir de Decreto 39472-S (2016).

El Reglamento de Permisos Sanitarios de Funcionamiento, en su artículo 4, establece qué criterios utiliza el MINSA para catalogar a una empresa que realiza actividades industriales, comerciales y de servicios ya sea como tipo A, B o C. Dichos criterios pueden ser aspectos tales como la naturaleza de la actividad que se realiza hasta las materias primas, equipos utilizados o cantidad de personas que trabajan en cualquier empresa (Decreto N° 39472-S, 2016). Según lo explicado previamente, de acuerdo a dicho reglamento, las actividades con mayor riesgo sanitario y ambiental son la denominadas tipo A.

Los entes generadores de aguas residuales que vierten a cuerpos receptores, deben reportar sus parámetros de control y presentar ante las Áreas Rectoras de Salud, mediante un documento denominado Reporte Operacional de Aguas Residuales definido en este reglamento como “Documento presentado periódicamente por los entes generadores elaborado por el responsable técnico que contiene información sobre el desempeño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y acciones correctivas efectuadas o por realizar” (Decreto 33601-MINAE-S, 2007). Estos reportes operacionales deben seguir un formato ya establecido, indicado en su Anexo 2, que debe adjuntar el análisis original realizado por un laboratorio acreditado por el MINSA y refrendado por el Colegio de Químicos de Costa Rica. (Ibid).

El MINSA como ente rector en este tema a partir del 9 de mayo del año 2016, implementó un sistema denominado “Sistema Informático para el Registro de Reportes Operacionales de Aguas Residuales (SIRROAR)” (Ibid), con el propósito de que los entes generadores presenten estos reportes de manera digital para verificar el cumplimiento de parámetros. Cabe mencionar que el SIRROAR presenta la limitante que los datos expuestos en los reportes operacionales se almacenan en una base de datos a nivel nacional y no poseen ninguna función adicional para ninguna institución del Estado.

El Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales establece la creación de un Comité Técnico, el cual está conformado por diferentes instituciones, donde el MINSA es el que preside dicho comité, entre las funciones de este comité se encuentran:

Conocer el Informe Estadístico actualizado de los Reportes Operacionales.

Recomendar, asesorar y proponer modificaciones, cambios, criterios que se deriven de la aplicación del presente Reglamento.

Facilitar la orientación técnica del reglamento ante los organismos superiores.

Otras que le asignen las instituciones involucradas o se deriven de sus obligaciones.

La Dirección de Protección del Ambiente Humano del Ministerio de Salud debe presentar ante un comité técnico, de acuerdo con el artículo 6 del decreto 33601-S, un informe estadístico con la información de los reportes operacionales presentados a las DARS, dicho informe debe incluir aspectos como el número de

reportes totales a nivel nacional y por actividad desarrollada, el porcentaje de cumplimiento en la presentación de los reportes operacionales, el número de entes generadores, el porcentaje de cumplimiento de los parámetros y los resultados del control estatal realizado por el MINSA de manera aleatoria.

En el tema de vertido de aguas residuales, nuestro país cuenta con el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales 33601-MINAE-S, el cual menciona que su ámbito de aplicación es a nivel nacional y se aplica en relación con las disposiciones de las aguas residuales (Decreto 33601-MINAE-S, 2007).

Este mismo decreto define el vertido hacia un cuerpo receptor como “todo aquel manantial, zonas de recarga, río, quebrada, arroyo permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, canal artificial, estuario, manglar, turbera, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales” (Ibid).

Además, este mismo decreto define las aguas residuales como “Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes. Para los efectos de este Reglamento, se reconocen dos tipos: ordinario y especial” (Ibid).

La legislación aplicable a nivel nacional define las aguas especiales como “Agua residual de tipo diferente al ordinario”, este tipo de aguas serán objeto de estudio de esta investigación. Otro término que se relaciona con las aguas residuales y es de importancia para este proyecto; es el agente contaminante que se define como “Toda aquella sustancia cuya incorporación al agua conlleve al deterioro de su calidad física, química o biológica” (Ibid).

El artículo 14 del reglamento mencionado establece que en las aguas residuales se deben analizar nueve parámetros universales, que son de carácter obligatorio para las empresas, estos son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial de Hidrógeno (pH), Grasas y Aceites (GyA), Sólidos Sedimentables (SSed), Sólidos suspendidos totales (SST), Sustancias activas al azul de metileno (SAAM), Temperatura (T) y Caudal (Q).

Sin embargo, la función del MINSA ha sido insuficiente en el manejo de la información de las aguas residuales provenientes de los reportes operacionales, establecidos en el marco regulatorio ya que según el informe de la Contraloría General de la República. (DFOE-AE-IF-01-2013, p 12.), el MINSA en la aplicación del Reglamento de Vertido su labor ha sido insuficiente detallando deficiencias como no analizar la información que contienen los reportes operacionales llevados por los entes generadores de aguas residuales ante las direcciones de Áreas Rectoras de Salud, lo que no permite contar con información fundamental como lo es: la cantidad de entes generadores que cumplen en la presentación de reportes operacionales, el promedio llevado por cada ente generador de acuerdo al CIIU, y su debida interpretación.

Como oportunidades de mejora por parte del MINSA que deben tomar en consideración, en el momento de recibir la información que poseen los reportes operacionales que son entregados a las respectivas DARS, es la falta de análisis y seguimiento a cada uno de los entes generadores, ya que en el pasar del tiempo puede que existan cambios en el nivel de carga contaminante vertida a cuerpo receptor.

Capítulo 3. Estrategia metodológica

La metodología entendida como un conjunto de aspectos operativos del proceso de investigación, se desarrolla a través de los siguientes componentes metodológicos que permiten el desarrollo de esta investigación.

3.1 Paradigma de investigación

Según Bernal (2010) el método analítico-sintético “Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis)”. (p.60)

En esta investigación el método analítico-sintético permite analizar los diferentes vertidos de aguas residuales a cuerpo receptor de las diferentes actividades industriales, mediante la aplicación de un índice de carga contaminante de las diferentes actividades industriales ubicadas en el cantón Central de Alajuela, que comprenden industrias alimenticias, granjas porcinas, industria de plástico, etc. Este índice permite comprender la complejidad de las industrias de manera individual, regional y nacional.

De esta forma el análisis integral de carga contaminante de las aguas residuales vertidas a cuerpo receptor de las actividades Tipo A, permite al Ministerio de Salud contar una herramienta de análisis de carga contaminante y mediante un protocolo, y las Áreas Rectoras de Salud cuenten con una herramienta de análisis que permita generar acciones de intervención a nivel regional y nacional. Es importante indicar que el Ministerio de Salud carece de una

herramienta de análisis dentro de su estructura como ente rector de la salud de la población y el ambiente.

Asimismo, el protocolo permite resolver una necesidad de contar con un índice que compruebe analíticamente lo que sucede con las descargas de aguas residuales vertidas a cuerpo receptor. Este protocolo estará al alcance de las Áreas Rectoras de Salud para que sea aplicado y estas logren tener conocimiento sobre la cantidad de carga contaminante vertidas por los entes generados que poseen en su marco geográfica y se tomen decisiones en ayuda a la salud y al ambiente.

3.2 Enfoque de la investigación

Según Hernández, Baptista y Fernández (2014) el enfoque cuantitativo posee características tales como:

(...) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos (...). (p. 4).

Por tanto para el presente proyecto de investigación se seleccionó el enfoque cuantitativo ya que se manejan datos de tipo numérico, al igual que el índice de contaminación por aguas residuales a diseñar.

En el presente proyecto los datos provenientes de los reportes operacionales, tablas Excel y el índice de contaminación de aguas residuales son valores cuantitativos, en este sentido, el uso de las hojas de Excel con las bases de datos del Área Rectora de Salud de Alajuela, corresponde efectivamente a lo indicado por Hernández et al. (2014) ya que son valores cuantitativos necesarios para realizar la investigación.

Entre las ventajas del enfoque cuantitativo en esta investigación encontramos que los niveles de afectación de carga contaminante a cuerpo receptor a través del índice permiten obtener datos generalizables que brindan una fotografía de la situación, además valida el protocolo que se pretende desarrollar y esto permite formalizar un instrumento que puede ser replicado en otras zonas del país en condiciones similares.

3.3 Diseño de la investigación

La presente investigación se caracteriza por el empleo por el empleo de un diseño no experimental de tipo longitudinal.

3.3.1 Investigación No experimental

Para esta investigación se seleccionó la investigación No Experimental donde según Hernández et al. (2014) la define como un estudio donde no se tiene ningún control sobre las variables, estas ya ocurrieron o simplemente no se puede influir sobre las mismas o sus consecuencias. Tomando en cuenta esta definición las variables de esta investigación son los parámetros de vertido de las aguas residuales de los distintos entes generadores, mismos que se reportan en el

Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales; por tanto, no existe manipulación hacia dichos registros.

3.3.2 Investigación tipo Longitudinal

Para el presente proyecto se seleccionó el tipo de investigación no experimental de tipo longitudinal ya que se obtienen datos de una misma población a través del tiempo y se valoran sus cambios (Bernal, 2010).

Por lo anterior y de acuerdo a este planteamiento expuesto por Bernal (2010), los entes generadores de aguas residuales son los mismos en dos años distintos y se busca identificar la cantidad de carga contaminante vertida a los cuerpos receptores en estos dos periodos.

Ahora bien, es de interés en la investigación construir un índice de contaminación que permita obtener valores cuantitativos para simplificar el análisis cualitativo, para ejemplificar el referente de los reportes operacionales del Área de Salud de Alajuela y realizar un mapeo de valoración de carga contaminante. Además, esta investigación se orienta más en el aspecto interpretativo buscando las causas que permitan identificar las zonas de mayor impacto de carga contaminante en los ríos del Cantón Central de Alajuela.

Cabe mencionar que los objetivos están ligados a un índice de contaminación a construir ya que arroja un resultado el cuál se va a comparar en los dos años seleccionados y así poder crear un protocolo para que las Áreas Rectoras de Salud puedan hacer uso de la herramienta estadística y así poder tener diagnósticos más rigurosos y con ello propiciar medidas más asertivas en materia de vertido de aguas residuales.

A continuación en el cuadro 7, se presenta las variables evaluadas según lo establecido en el objetivo #1.

3.4 Definición de Variables

Cuadro 7. Variables de investigación acorde con el Objetivo #1.

Objetivo Específico	Variables	Indicadores	Técnica de recolección
1. Diagnosticar la situación actual sobre el uso y manejo de la información construida a partir de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales del Área Rectora de Salud Alajuela tomando en cuenta las Industrias Tipo A, según el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, Decreto N° 33601-MINAE-S.	Riesgo sanitario ambiental Parámetros de vertido. Cuerpo Receptor.	Grupo de riesgo Tipo de parámetro Tipo de cuerpo receptor	Observación sistemática: revisión de expedientes de los entes generadores de aguas residuales de las actividades tipo A que viertan a cuerpo receptor mediante la recolección de información de los reportes operacionales de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia 2019.

En la revisión de expedientes de los entes generadores, se escogieron las actividades tipo A, y luego se seleccionaron los entes generadores que vierten a cuerpo receptor. Seguidamente se analizó el reporte operacional que contienen los parámetros de vertido y se tomaron los parámetros universales para su respectivo análisis (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Variables de investigación acorde con el Objetivo #2.

Objetivo Específico	Variable	Indicador	Técnica de recolección
2. Evaluar los parámetros de análisis sanitario obligatorio de vertido de aguas residuales de vertido. mediante los reportes operacionales de las actividades industriales Tipo A en los ríos del Cantón Central de Alajuela durante el 2014 y 2015.	Riesgo sanitario Parámetros de vertido. Cuerpo Receptor. Periodo	Tipo de riesgo Tipo de parámetro Tipo de cuerpo receptor Periodo reportado	Observación sistemática: elaboración de tabla de Excel de los parámetros de vertido de aguas residuales de las actividades tipo A.

Fuente: Elaboración propia 2019.

En la evaluación de los reportes operacionales seleccionados, se tomaron en cuenta los parámetros obligatorios de vertido, correspondientes a los periodos 2014 y 2015, que vierten a los cuerpos receptores del Cantón Central de Alajuela.

En el siguiente cuadro (cuadro 9) se muestran las variables investigadas correspondientes al objetivo #3.

Cuadro 9. Variables de investigación acorde con el Objetivo #3.

Objetivo Específico	Variables	Indicador	Técnica de recopilación
3. Diseñar un índice de contaminación de aguas residuales que vierten a cuerpo receptor.	Parámetros de vertido Caudal	Tipo de parámetros de vertido	Revisión bibliográfica: revisión de estudios sobre índices de contaminación de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia 2019.

A partir de los parámetros obligatorios seleccionados, se diseña un índice de contaminación por aguas residuales, tomando de referencia diferentes estudios en otros países.

En el siguiente cuadro se exponen las variables evaluadas en el objetivo #4 (ver cuadro 10).

Cuadro 10. Variables de investigación acorde con el Objetivo #4.

Objetivo Específico				Variable	Indicador es	Técnica de recopilación
4. Diseñar un protocolo tanto para sanitario aplicar el índice de contaminación diseñado como para el mapeo de sus resultados con base en la información que se presentan en los reportes operacionales, y su respectiva validación con las actividades de tipo A del Cantón Central de Alajuela.				Riesgo	Grupo de riesgo	Revisión bibliográfica
				Actividad ambiental	Tipo de actividad	Protocolo del Ministerio de Salud: ¿Cómo elaborar un protocolo? Norma
				industrial	industrial	Cero MS.NI.GN.13
				Parámetros de vertido.	Tipo de parámetro	
				Cuerpo Receptor.	Tipo de cuerpo receptor	

Fuente: Elaboración propia 2019.

Después de la creación del índice, se procede a establecer un protocolo que le permita a las Área Rectoras de Salud del MINSA aplicar dicho índice.

3.5 Selección de la población

En esta investigación se plantea seleccionar empresas con actividades que generan un mayor impacto al ambiente (potencial) y a la salud de las personas, en este caso las catalogadas como tipo A. Según Bernal (2010) menciona que el interés consiste en definir quiénes y qué características deberán tener los sujetos seleccionados como objeto de estudio (Bernal, 2010, p.160). Por lo que, en esta investigación, se seleccionó las Áreas Rectoras de Salud de Alajuela 1 (que abarca el Distrito Central) y Alajuela 2 (que abarca los distritos San Rafael, Turrúcares, Garita, San José, Tambor, San Antonio y Guácima), que albergan las empresas tipo A de la provincia de Alajuela.

Otro punto a mencionar es también que la escogencia de dichas actividades va de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), categorizadas como tipo A, lo que a nivel nacional son aquellos establecimientos que por las características de las actividades que desarrollan pueden presentar un riesgo sanitario y ambiental alto, lo que podría eventualmente afectar la integridad de las personas y el ambiente. (Decreto 39472-S).

Ahora bien, la escogencia de la provincia de Alajuela se hace en el marco de la presente investigación por cuanto posee actividades tipo A que vierten a cuerpos receptores ubicadas en zonas industriales y fuera de estas.

Asimismo se aclara que, en materia de uso y revisión de reportes operacionales en las áreas rectoras de salud, se requieren permisos especiales para tener acceso a dicha información. Para el caso del área rectora de Alajuela, se dirigió una carta al Director de Salud describiendo los objetivos del proyecto; a

lo cual se dio la aprobación respectiva (anexo 1). En este sentido se aprovechó la anuencia para tomar esta área como una primera muestra para la aplicación del índice de carga contaminante, y así, en futuras investigaciones o intereses de otras áreas rectoras, poder replicar el proceso realizado en este estudio.

En este mismo sentido, se debe tomar en cuenta que la Universidad Técnica Nacional se ha caracterizado por ser una institución educativa pública que hace énfasis en materia de ambiente, es decir, busca generar procesos que involucren a diversos actores sociales para el cuidado del ambiente, como lo son el programa bandera azul ecológica donde se obtuvo un galardón, además se realiza en la sede de Atenas una investigación del impacto de gases de efecto invernadero por parte del ganado.

De esta forma la investigación logra articular uno de los actores fundamentales para el alcance de estos objetivos, ya que se toma el área rectora más cercana a la Universidad, correspondiente al Área Rectora de Salud 1 y 2.

Cabe destacar que en las últimas décadas se han venido impulsando programas que permitan monitorear la situación ambiental del país, esto con el fin de tomar las mejores decisiones para mejorar los ambientes en los cuales se desenvuelve la población nacional. Lamentablemente, no es ningún secreto, que, en materia de contaminación por aguas residuales, el país debe hacer esfuerzos más pronunciados para mejorar un panorama que no se presenta muy alentador.

Según el Estado de la Nación (2012) menciona que 5028 generadores de agua residual solo el 30% cuenta con reportes operacionales y un porcentaje desconocido cumple con el Decreto 33601-MINAE-S, contamos con más que 3.519 generadores de agua residual que no presentan reportes operacionales

sobre la calidad de las aguas residuales (CGR, 2013). Asimismo, existen estudios del ITCR, la UCR, la UNA, el ICE, CNFL, la ESPH y organizaciones no gubernamentales, ha evidenciado una y otra vez la presencia de diferentes tipos de contaminantes orgánicos y químicos en las aguas residuales que caen en los cuerpos receptores.

De acuerdo al Estado de la Nación esta investigación forma parte de estos esfuerzos para analizar la problemática que se presenta con el vertido de las aguas residuales y poder monitorear las actividades industriales a lo largo de las cuencas hidrográficas.

3.5.1 Recolección de datos: Fuente Primaria

Para la recolección de los datos en esta investigación se tiene acceso a reportes operacionales que se mantienen en el Área Rectora de Salud Alajuela 1 y 2 del Ministerio de Salud, los cuales se reciben, registran y archivan en físico en los expedientes respectivos de cada empresa en Alajuela, siendo estos datos de dominio público.

Por lo tanto, la información se extraerá de los reportes operacionales de las empresas ya seleccionadas y será recopilada únicamente para el interés de esta investigación como base para la elaboración del protocolo.

Una vez recopilada la información de las distintas empresas, se implementará una hoja de cálculo (por ejemplo, en formato de Excel) que incluya todos los datos con los parámetros de vertido de las actividades tipo A de los dos periodos seleccionados (2014-2015). Seguidamente con los parámetros de vertido seleccionados estos se ingresarán en el índice de contaminación creado para

obtener el resultado esperado, dicho resultado se verá reflejado en un mapa calor que permita identificar los puntos con mayor o menor carga contaminante que vierten las empresas a los cuerpos receptores de una manera más concreta y referenciada por color.

Finalmente se creará el protocolo para proponer a toda persona que revise, elabore y apruebe reportes operacionales en las Área Rectoras de Salud del Ministerio de Salud aplicarlo en su respectiva área de trabajo.

3.6 Instrumentos

De acuerdo con el enfoque de investigación, se van a definir una serie de instrumentos para el trabajo de campo con base en los objetivos de la investigación, con mayor predominancia de instrumentos cuantitativos.

Según Barrantes, “Los instrumentos nacen de las variables y de los objetivos”, por esa razón se explican los instrumentos que se van a utilizar en la investigación, ya que para la construcción de los instrumentos se tomaron en cuenta los objetivos. (Barrantes, 2013, p. 191).

Un primer instrumento, será utilizar los reportes operacionales de aguas residuales contenidos en los expedientes de las empresas tipo A con que cuenta el Ministerio de Salud en el Área Rectora de Salud de Alajuela 1 y 2; dichos expedientes son de acceso público y contienen información del ente generador.

Para un segundo instrumento, se va confeccionar un cuadro en una hoja de cálculo en Excel de los períodos 2014-2015 que mostrará los parámetros de control obligatorio aplicado a cada industria tipo A, y permitirán conocer la

población de estudio y los parámetros reportados por estas empresas en estos dos periodos.

La tercera herramienta es la creación de un índice de contaminación potencial que dará un valor numérico que permitirá analizar el grado de contaminación vertida a un cuerpo receptor por parte del ente generador seleccionado. Para la creación de dicho índice se tomarán referencias utilizadas en otros países de Latinoamérica como Colombia por parte de Ramírez, donde se describen varios índices de contaminación que servirán de referencia para la creación del índice de este proyecto.

Capítulo 4. Construcción del Índice de contaminación por aguas residuales.

A continuación, se describe la creación del índice para aguas residuales, las variables de estudio para la creación son los parámetros universales de análisis obligatorio de aguas residuales vertidas en cuerpo receptor $DBO_{5,20}$, DQO, SST, SSed, GyA, SAAM y Caudal. Debido a que esos parámetros reflejan cada uno diferentes afectaciones a los ríos.

Los cuales poseen diferentes límites de cumplimiento, según el Decreto 33601- MINAE-S, por lo cual se estandarizan estos parámetros con el propósito que posean un valor de igual significancia dentro de la fórmula que se plantea.

Entre estos siete parámetros existe uno que es imprescindible denominado caudal, y se define como la cantidad de aguas residuales vertidas a cuerpos receptores por una unidad de tiempo (horas o días). Sin embargo, este parámetro en Costa Rica está regulado, pero no tiene un límite de vertido establecido en el Decreto 33601- MINAE-S, por lo que los entes generadores pueden verter sus aguas residuales a los ríos sin importar la cantidad que esta sea; independientemente si un ente generador cumple con los parámetros universales, no importa la cantidad de aguas residuales al cuerpo receptor.

Sin embargo, para la creación del índice propuesto se excluyen dos parámetros obligatorios, estos son pH (Potencial de Hidrógeno) y T (Temperatura). Lo anterior debido a que la temperatura y el PH se establecen como rangos de cumplimiento en el Decreto 33601- MINAE-S, no como valores máximos permisibles y por ende afecta la estandarización. Además de todos los casos

analizados y en general es la tendencia, tanto el pH como la temperatura están dentro del cumplimiento.

Además, el pH al ser una escala logarítmica no se puede estandarizar como el resto de los parámetros universales, por lo que no se será incluido en la creación del índice, pues un cambio unitario en esta escala no refleja lo mismo que un cambio unitario en los otros parámetros.

Como siguiente paso, se estandarizaron los parámetros universales de vertido que estarán en los índices donde se asigna un valor de 100 al cumplimiento máximo de cada una de estas variables, siendo este un dato numérico para otorgar un valor igual de importancia para todos, esto con el propósito de que el aporte de cada una sea independiente entre sí y no se cometan errores de omisión o significancia, al considerar que una u otra variable aporte más que las otras dentro del índice.

Pues como se explicó cada uno tiene una razón de ser en términos de afectación al medio ambiente y se estandariza para que cada variable aporte de igual manera. Cabe mencionar que se eligió la estandarización lineal debido a que los límites parámetros del Reglamento de Vertido y Rehúso de aguas residuales, ya fueron estandarizados en primera instancia.

4.1 Normalización de los parámetros para el índice

Los parámetros que son sujeto del índice y fueron escogidos presentes en el Decreto 33601- MINAE-S y en los reportes operacionales de los entes generadores, se encuentran en diferentes unidades de medida; por lo tanto, con el propósito de ser incorporados dentro del índice, deben someterse a una

normalización de unidades y convertirlas a un valor porcentual del límite de vertido permisible de los parámetros.

Lo que implica la normalización es un porcentaje del cumplimiento por lo que si da un resultado de 100 está al 100 % del límite, si da 50 está al 50% del límite y si da 200% está al doble del límite, e indica por debajo o encima del cumplimiento indica como esta ese valor.

La normalización lineal se aplica a los seis parámetros universales de los entes generadores seleccionados para el estudio. Más adelante se especificará los símbolos de cada fórmula.

$$P_{est} = \frac{P_{reportado}}{P_{límite}} * 100 \quad (4.1)$$

Donde:

P_{est} = Parámetro estandarizado, adim.

$P_{reportado}$ = Parámetro en el reporte operacional mg/L o (ml/L en SSed)

$P_{límite}$ = Parámetro límite según el reglamento mg/L o (ml/L en SSed)

En seguida se muestra la formulación del índice en un archivo Excel donde se observa la actividad de un ente generador y algunos parámetros universales con su debida normalización de unidades (ver figura 2).

Figura 4. Construcción del Índice de contaminación por aguas residuales

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales									
ACTIVIDAD	CAUDAL m³/d	TEMP °C	pH	DQO 150 mg/L		DBO _{5,20} 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L	
				Dato Reporte Operaciona	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona	Dato estandarizado
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	254,0	25,5	8,2	76,0	50,7	32,0	64,0	48,0	96,0

2014

2015

+

Fuente: Elaboración propia 2019.

4.2 Índices de aguas contaminación.

En el desarrollo del índice de aguas residuales, se evidencio la necesidad de crear dos índices, uno que determina el cumplimiento e incumplimiento normativo de los parámetros universales mediante un solo valor tomando la información de los reportes operacionales de aguas residuales, y otro que considera la magnitud del vertido, con lo cual no solo se supedita el análisis a indicar cumple o no cumple

(aunque es importante) en cuanto a límites, si no que se tiene más criterio técnico para la interpretación.

4.2.1 Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales

Este primer índice propuesto se denominará, “Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales” (ICNAR), cuyo objetivo será el incorporar los parámetros de vertido obligatorios dispuestos en el reglamento de vertido y analizar su cumplimiento o no cumplimiento respecto a los límites permisibles.

Ya obtenido cada parámetro escogido y normalizado se procede a sumar su aporte individual y puesto que en el límite permisible la sumatoria da 600 se divide entre 600 y se multiplica por 100 para referirse al porcentaje de cumplimiento

Como segundo, paso la sumatoria de estos parámetros se divide entre la cantidad de estos ponderados a 100, siendo este 600, el valor obtenido se multiplica por el valor de ponderación original que es 100 y el resultado final corresponde al nivel de cumplimiento normativo de parte del ente generador. Tal como se describe a continuación:

$$\text{ICNAR} = \frac{\text{DQO}_{\text{est}} + \text{DBO}_{\text{est}} + \text{SST}_{\text{est}} + \text{SSED}_{\text{est}} + \text{GyA}_{\text{est}} + \text{SAAM}_{\text{est}}}{600} * 100 \quad (4.2)$$

Donde:

ICNAR= Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales, adim.

DQO_{est}= Demanda Química de oxígeno estandarizado, adim.

DBO_{est}= Demanda Bioquímica de oxígeno estandarizado, adim.

SST_{est} =Sólidos suspendidos totales estandarizado, adim.

$SSED_{est}$ = Sólidos Sedimentables estandarizado, adim.

GyA_{est} = Grasas y Aceites estandarizado, adim.

$SAAM_{est}$ = Sustancias Activas al azul de metileno estandarizado, adim.

4.2.2 Índice Potencial de contaminación por aguas residuales

Para la creación de este índice propuesto este se denominó, “Índice Potencial de Contaminación por Aguas Residuales” (IPCAR), y nace de la necesidad de que reflejar la magnitud del impacto ambiental considerando el caudal, pues es directamente proporcional y no hay un límite para este.

Si así podría haber empresas que cumplen pero que viertan mucho, entonces el impacto ambiental derivado de verter mucho aun cuando estén en cumplimiento es muy fuerte o existen empresas que poseen una misma carga contaminante pero con distintos caudales, el impacto ambiental no es el mismo y por esa razón se crea este índice ya que se busca evidenciar al incorporar el parámetro de caudal, permite reflejar la carga contaminante vertida al río como un total de masa y no en concentraciones, pues son las afectaciones que existen por concentración o caudal.

Como primer paso para crear el IPCAR se usa el índice ICNAR y se multiplica por el caudal (Q) del ente generador. Tal como se describe a continuación:

$$IPCAR = \left(\frac{DQO_{est} + DBO_{est} + SST_{est} + SSE_{dest} + GyA_{est} + SAAM_{est}}{600} * 100 \right) * \frac{Q}{1m^3/día} \quad (4.3)$$

Donde:

IPCAR= Índice Potencial de contaminación por aguas residuales

DQO_{est}= Demanda Química de oxígeno estandarizado, adim.

DBO_{est}= Demanda Bioquímica de oxígeno estandarizado, adim.

SST_{est}=Sólidos suspendidos totales estandarizado, adim.

SSE_{dest}= Sólidos Sedimentables estandarizado, adim.

GyA_{est}= Grasas y Aceites estandarizado, adim.

SAAM_{est}= Sustancias Activas al azul de metileno estandarizado, adim.

Q= Caudal, m³/día

1=Referencia de caudal para estandarizar, 1 m³/día

4.3 Mapeo de los índices

Una vez obtenida la formula con los valores ya estandarizados, se somete a prueba con un software estadístico, los cuales permiten analizar cambios en el tiempo, conociendo valores teóricos exactos valorando el comportamiento de las variables, mediante un mapa de calor.

Para desarrollar el análisis de la data del Índice de aguas residuales (durante el periodo 2014-2015), en los mapas de calor; se desarrollaron los siguientes geo

procesos:

Exportación de la base de Excel: Para realizar este proceso, se ordenaron los datos del índice evaluado en la hoja electrónica de Excel (versión 2019) guardando el archivo como Texto Delimitado por Tabulaciones; posteriormente se exportó el mismo al software Quantum SIG (versión 2.18.16) con la herramienta Añadir Capa de Texto Delimitado, para ubicar espacialmente la información tabular contenida en dicho archivo y generar un nuevo archivo en formato Shapefile o Capa Vectorial, proyectado al Sistema de Proyección Geográfica para Costa Rica (CRTM05).

Elaboración del Mapa de Calor: Antes de realizar el proceso de rasterización de la capa vectorial creada anteriormente expuesto; se debe realizar la revisión de las variables contenidas en la tabla de atributos de la capa analizada (índices para los periodos 2014-2015) con el fin de determinar qué datos debo analizar mediante el geo proceso para crear el mapa de calor. Una vez seleccionados los atributos (datos), se inicia el geo proceso de rasterización o creación del mapa de calor.

Parámetros analizados: En el presente trabajo se analizaron los índices de la tabla de atributos aplicados en el presente proyecto de investigación (en el campo índice 2014 y 2015). Para cada uno de los índices se aplicó un *Radio a partir de campo* de densidad 500 (unidades del mapa en metros); este valor permite generar resultados con mayor suavizado en la capa de salida ráster.

Algoritmo Heatmap: Este algoritmo controla la velocidad a la que la influencia de un punto disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto. En este caso el algoritmo utiliza la estimación de *Kernel Density Estimation Epanechnikov*, el cual permite generar un ráster de densidad a partir de la capa de puntos vectoriales (QuantumGis, 2019).

Diseño de la Composición Cartográfica: Una vez se generó el mapa de calor, se procede a elaborar la composición cartográfica en el Diseñador de Impresiones en el mapa. Se cargan las capas de Open Street Map, Heatmap, y la capa de Red de los principales ríos; se resalta en el mapa los parámetros que sobrepasaron los rangos de los índices estudiados como datos sobresalientes. Se carga los elementos del mapa (simbología, escala, norte, coordenadas, proyección, fecha y otros). Terminado los mapas se exporta a un archivo en formato PDF y PNG.

Capítulo 5. Aplicación de los índices creados

A continuación se adjuntan las actividades de las empresas tipo A escogidas para sujeto de estudio y aplicación de los índices creados (ver cuadro 11).

Cuadro 11. Actividades industriales tipo A de Alajuela.

Lista de actividades industriales	
1. Deshuese, empaque de carnes.	16. Fábrica de harina de carne y hueso.
2. Planta procesadora de carne.	17. Almacenamiento y venta de combustibles.
3 Elaboración de embutidos.	18. Almacenamiento, envasado de gas LG
4 Elaboración embutidos.	19. Granja porcina.
5 Elaboración y venta de embutidos.	de 20. Planta procesadora de pollos.
6. Matadero de ganado y cerdos.	21. Venta de prefabricados de concreto pesado.
7 Procesamiento de azúcar.	22. Procesadora empacadora de carnes, embutidos y formados.
8 Granja porcina.	23. Producción y envasado de gases.
9 Parque industrial.	24. Empacadora, almacenamiento, distribución y ventas de derivados de aceite.

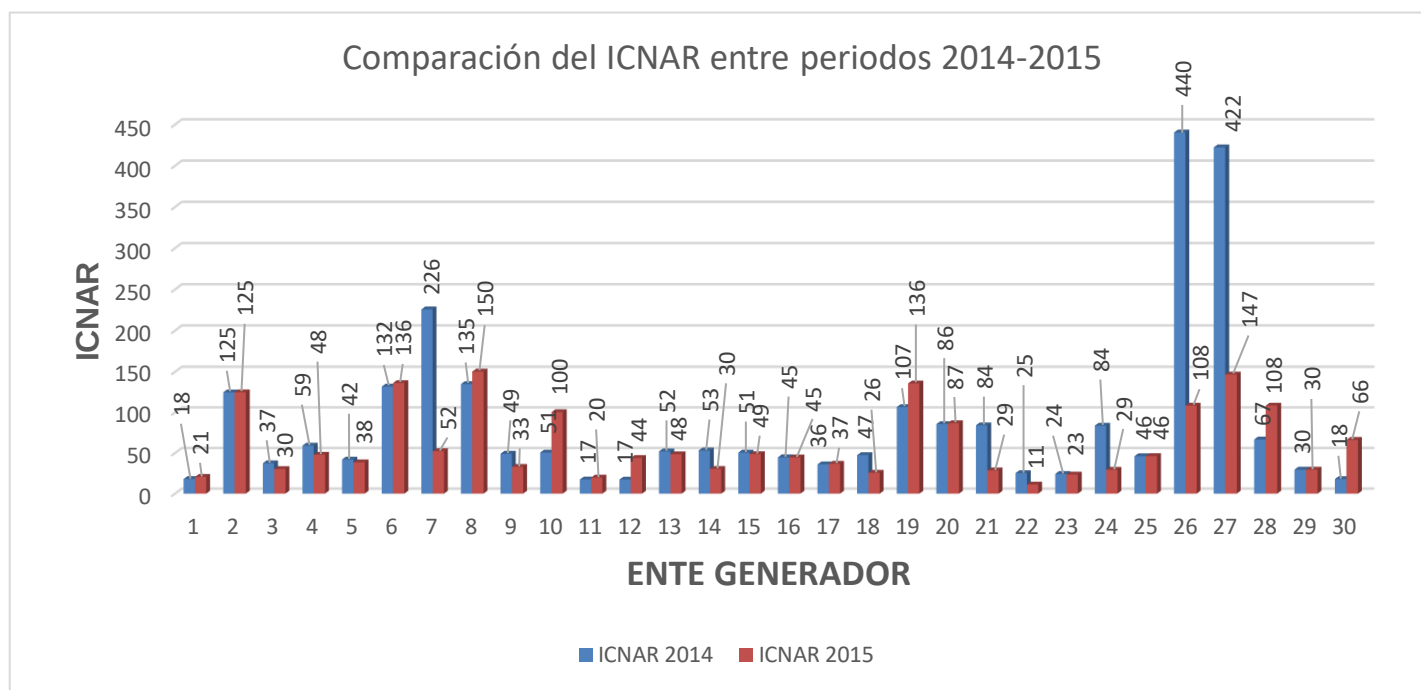
10 Elaboración y venta de embutidos.	25. Venta de combustible.
11 Producción de lácteos	26. Procesamiento de carnes.
12 Fabricación de productos plásticos.	27. Elaboración de embutidos.
13 Procesamiento de pescados y mariscos.	28. Granja porcina.
14 Productos químicos para el tratamiento agua industriales.	29. Procesamiento de carnes.
15 Preparación y conservación de carne.	30. Procesamiento y conservación cárnicos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1 Aplicación del ICNAR

Con el ICNAR diseñado, a continuación se muestran los resultados de la aplicación a los periodos (2014-2015) a las industrias Tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Aplicación del ICNAR en los periodos 2014-2015.

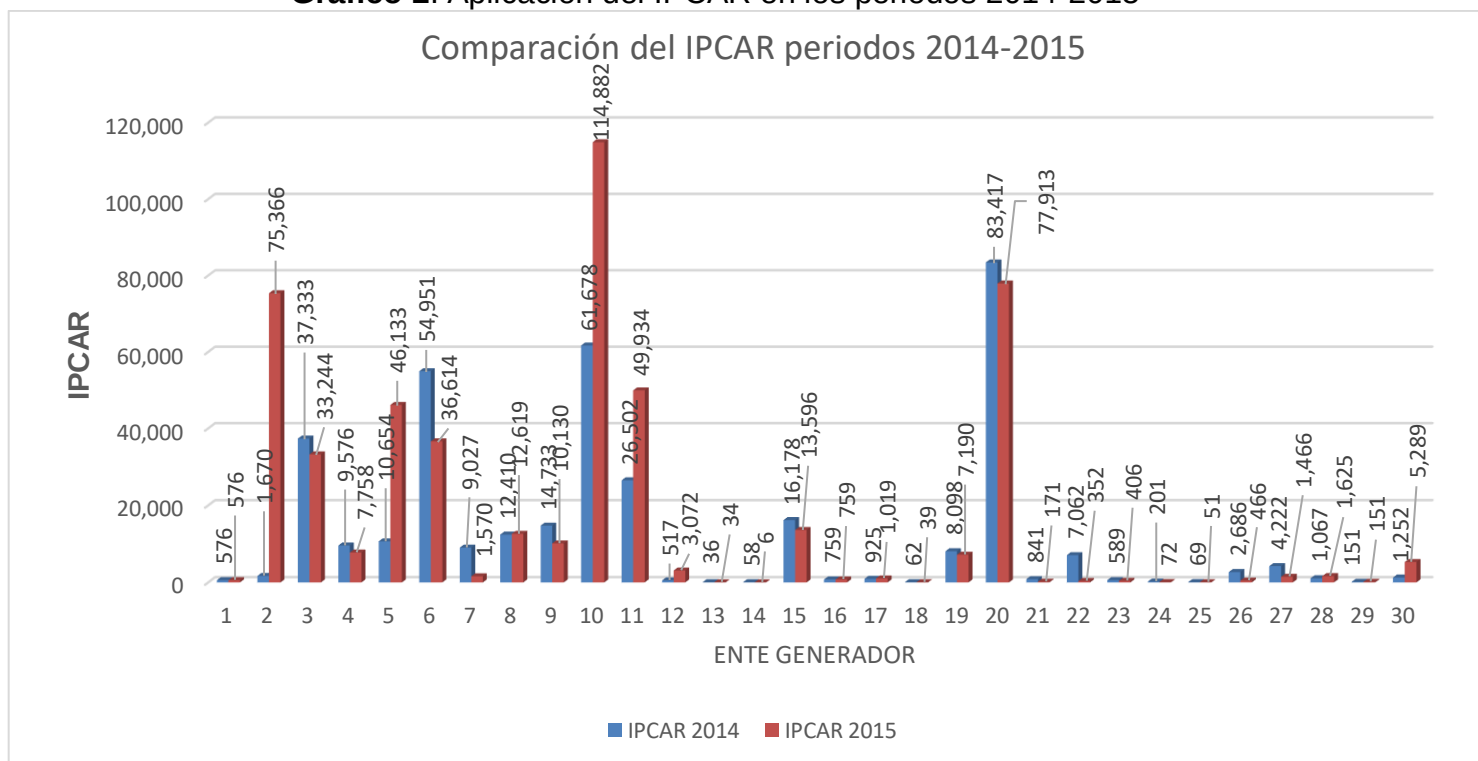


Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2 Aplicación del IPCAR

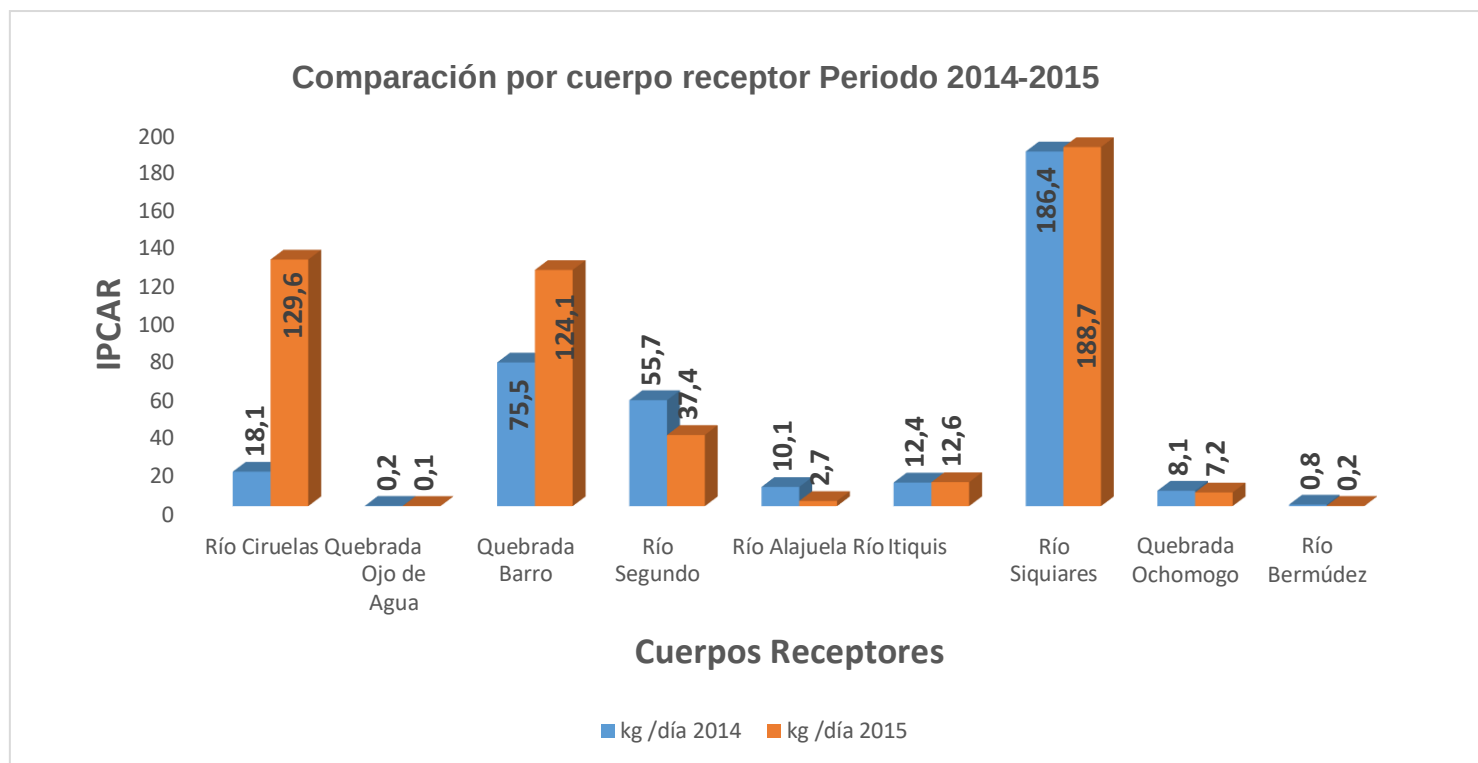
De igual forma con el IPCAR diseñado se aplica el índice a los periodos (2014-2015) a las industrias Tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela (ver gráfico 2).

Gráfico 2. Aplicación del IPCAR en los periodos 2014-2015

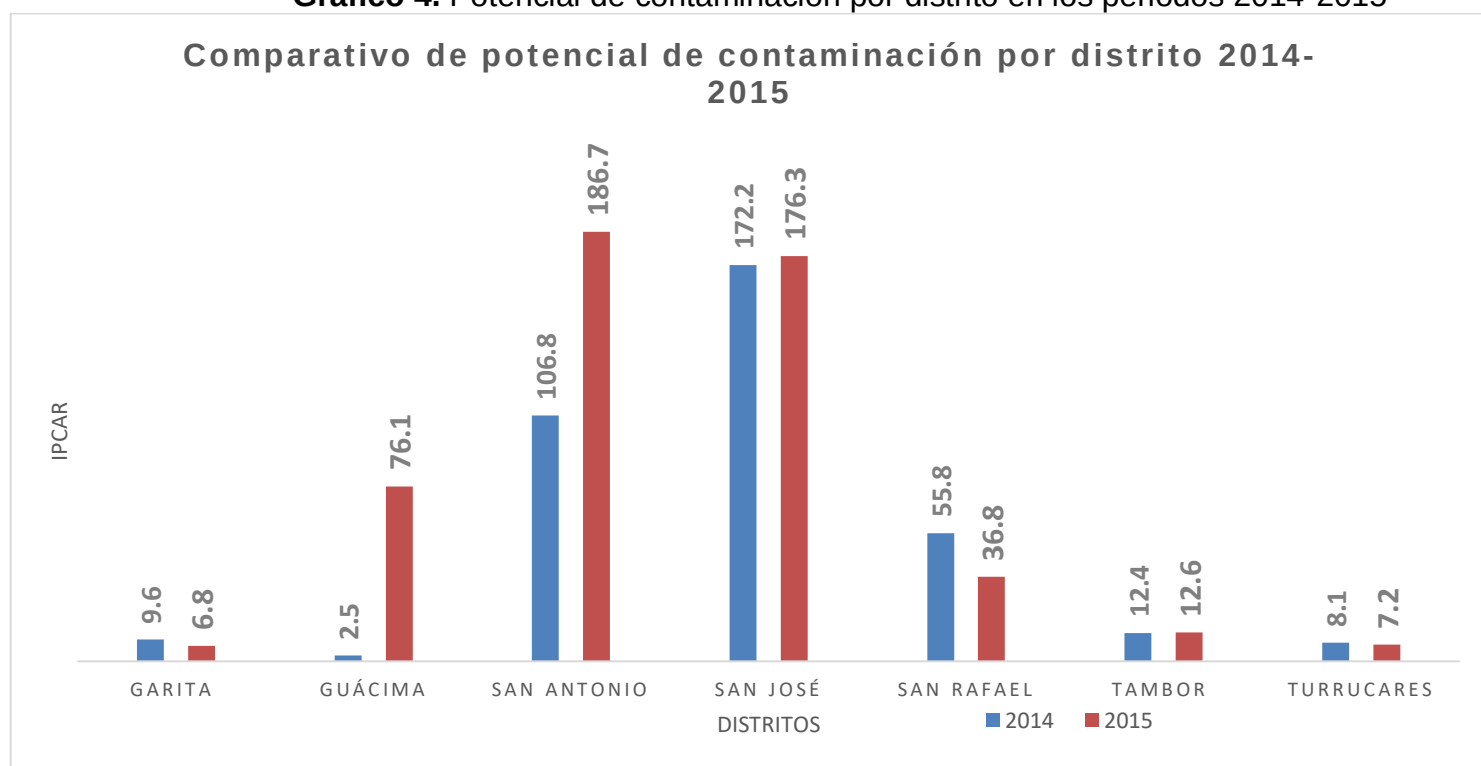


Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 3. Potencial de contaminación por cuerpo receptor en los periodos 2014-2015



Fuente: Elaboración propia, 2019.

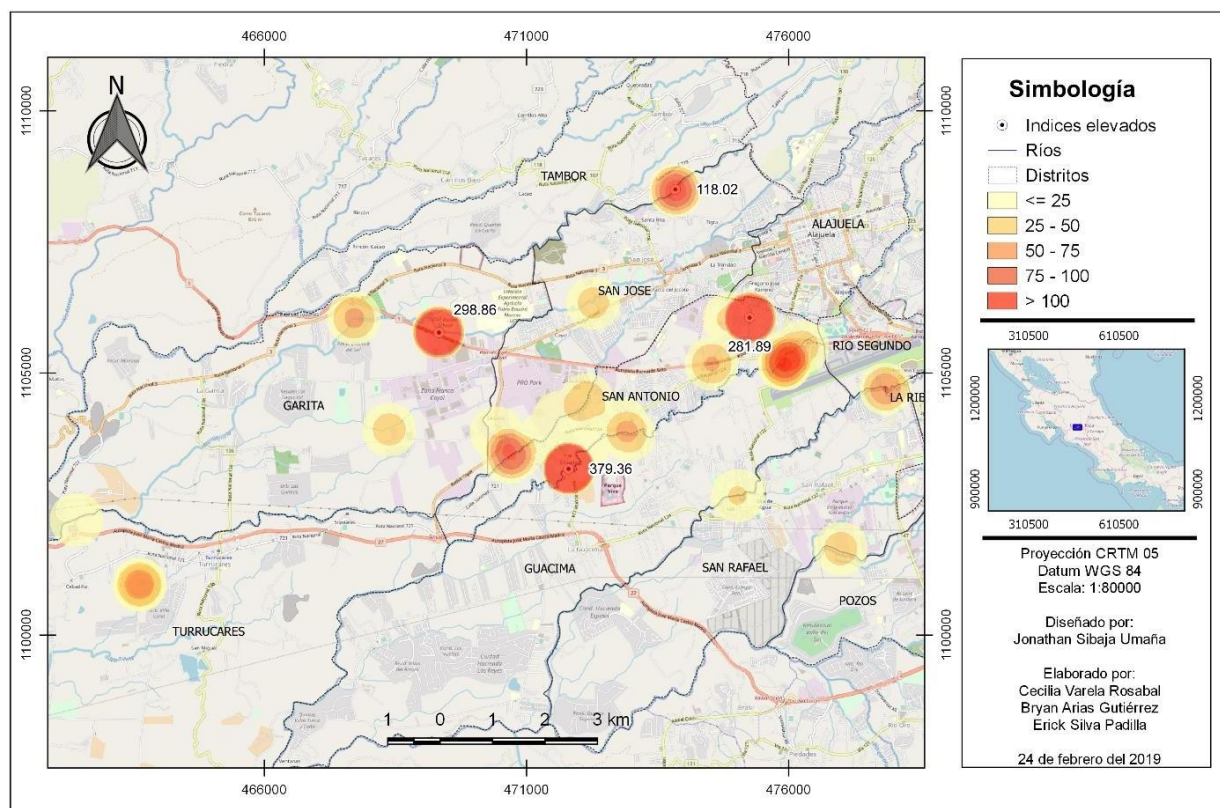
Gráfico 4. Potencial de contaminación por distrito en los periodos 2014-2015

Fuente: Elaboración propia 2019

5.3 Aplicación para generar los mapas de calor

Se generaron cuatro mapas de calor para los índices ICNAR e IPCAR, desarrollados en el periodo 2014-2015 en el proyecto final de graduación.

Figura 5. Mapa de calor para ICNAR 2014



Fuente: Elaboración propia 2019.

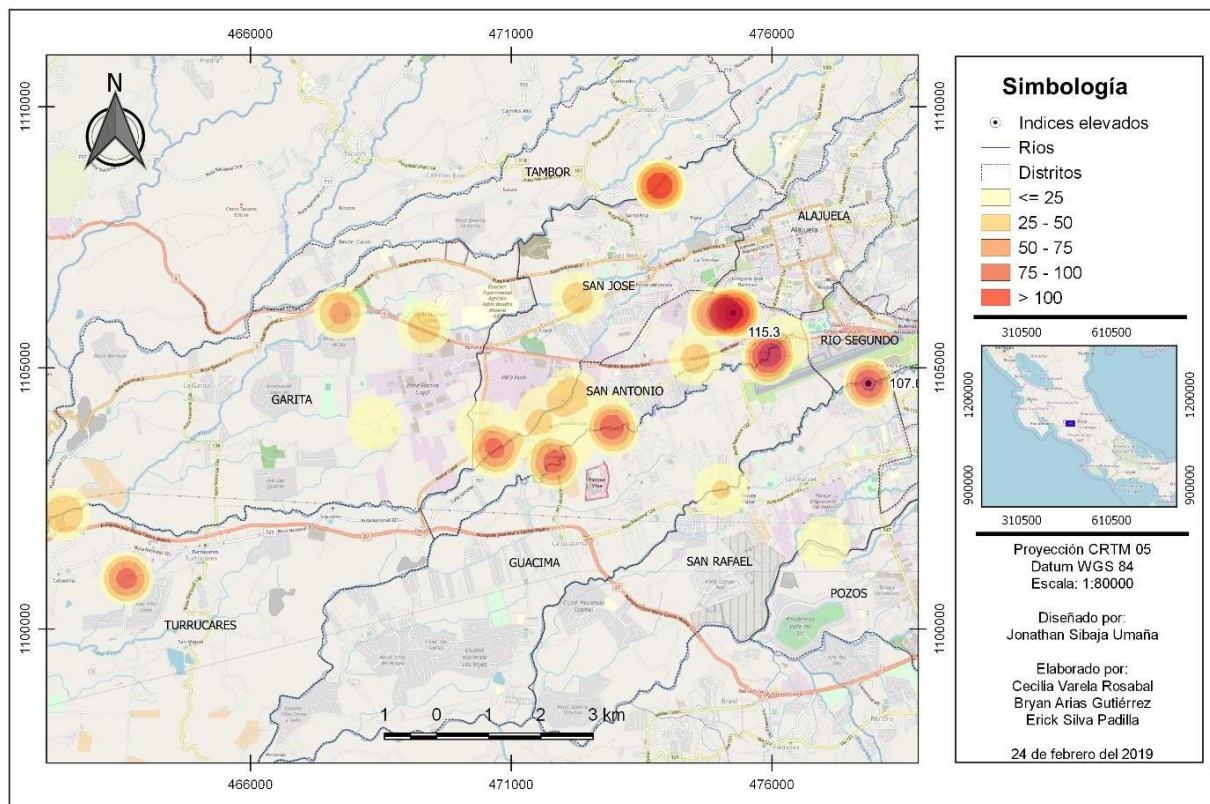
En la siguiente figura se presentan las siete actividades con rangos elevados del ICNAR periodo 2014, representados por los puntos de calor en el mapa anterior.

Figura 6. ICNAR 2014 de las actividades que superan el rango de 100

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales																	
ACTIVIDAD	CAUDAL m ³ /d	TEMP °C	pH	Dato Reporte Operaciona l	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona l	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona l	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona l	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona l	Dato estandarizado	Dato Reporte Operaciona l	Dato estandarizado	Sumatoria de datos estandarizados	ICNAR
PLANTA PROCESADORA DE CARNE	13,4	26,6	7,9	290,0	193,3	150,0	300,0	76,0	152,0	0,2	20,0	22,0	73,3	0,5	9,0	747,7	124,6
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	417,0	24,6	8,0	301,0	200,7	107,0	214,0	70,0	140,0	1,0	100,0	30,0	100,0	1,8	36,0	790,7	131,8
PROCESAMIENTO DE AZUCAR	40,0	29,2	7,5	1692,0	1128,0	38,0	76,0	54,0	108,0	0,1	10,0	9,0	30,0	0,1	2,0	1354,0	225,7
GRANJA PORCINA	92,0	26,2	8,6	490,0	328,7	125,0	250,0	84,0	168,0	0,2	20,0	8,0	26,7	0,9	18,0	809,3	134,9
GRANJA PORCINA	76,0	25,0	8,1	197,0	131,3	180,0	360,0	42,0	84,0	0,1	10,0	9,0	30,0	1,2	24,0	639,3	106,6
PROCESAMIENTO DE CARNES	6,1	24,0	8,1	1470,0	980,0	740,0	1480,0	56,0	112,0	0,2	20,0	9,0	30,0	1,0	20,0	2642,0	440,3
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	10,0	22,1	7,7	860,0	573,3	580,0	1160,0	216,0	432,0	2,0	200,0	30,0	100,0	3,4	68,0	2533,3	422,2

Fuente: Elaboración propia 2019.

Figura 7. Mapa de calor para ICNAR 2015.



Fuente: Elaboración propia 2019.

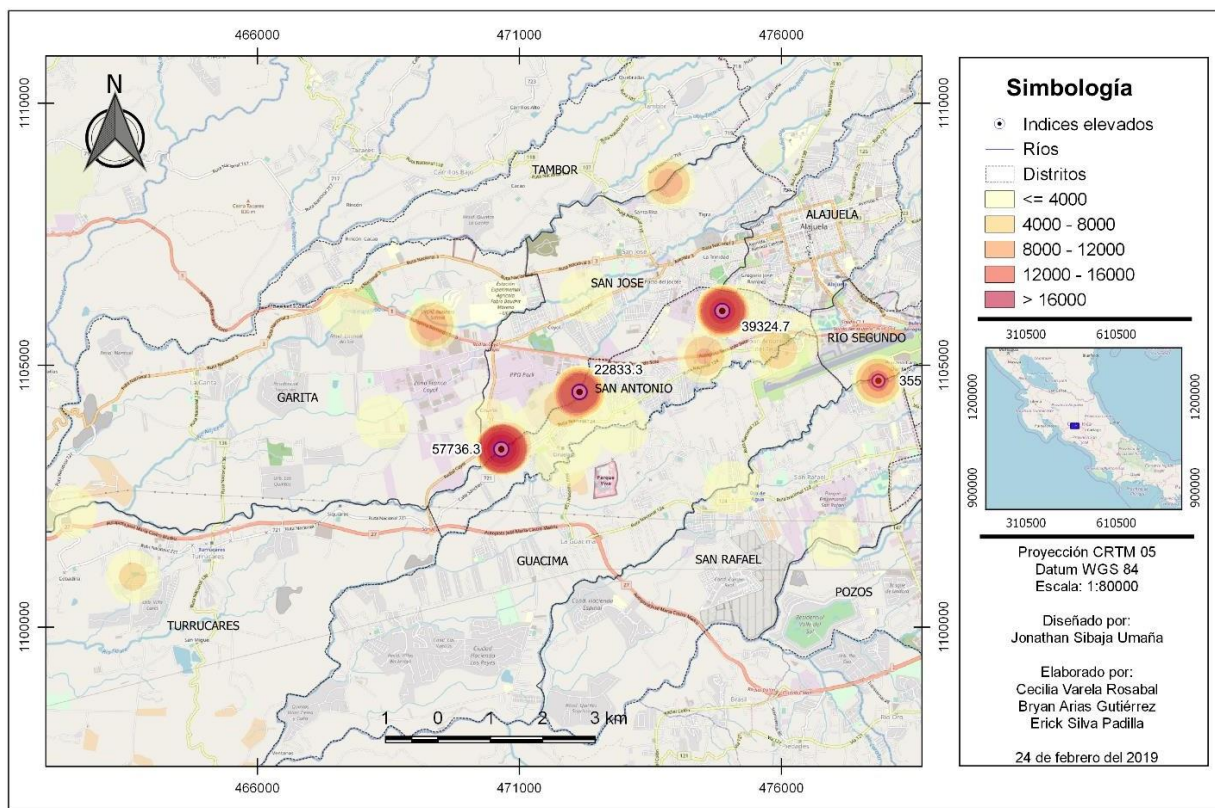
En la siguiente figura se presentan las ocho actividades con rangos elevados del ICNAR periodo 2015, representados por los puntos de calor en el mapa anterior.

Figura 8. ICNAR 2015 de las actividades que superan el rango de 100.

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales																	
ACTIVIDAD	CAUDAL m ³ /d	TE MP. °C	pH	DQO 150 mg/L		DBO ₅ 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		GYA 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos estandarizados	ICNAR
				Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado		
PROCESADORA DE CARNE	804,0	26,6	7,9	290,0	193,3	150,0	300,0	76,0	152,0	0,2	20,0	22,0	73,3	0,5	10,0	748,7	124,8
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	269,0	31,8	7,9	385,0	256,7	147,0	294,0	95,0	190,0	0,1	10,0	18,0	60,0	0,3	6,0	816,7	136,1
GRANJA PORCINA	84,0	25,0	7,0	312,0	208,0	175,0	350,0	96,0	192,0	1,1	110,0	10,0	33,3	0,4	8,0	901,3	150,2
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1145,0	27,5	7,6	310,0	206,7	67,0	134,0	94,0	188,0	0,2	20,0	13,0	43,3	0,5	10,0	602,0	100,3
GRANJA PORCINA	53,0	27,0	7,2	245,0	163,3	180,0	360,0	95,0	190,0	0,7	70,0	8,0	26,7	0,2	4,0	814,0	135,7
PROCESAMIENTO DE CARNES	4,3	25,0	8,5	327,0	218,0	139,0	278,0	40,0	80,0	0,2	20,0	15,0	50,0	0,2	4,0	650,0	108,3
ELABORACION DE EMBUTIDOS	10,0	22,1	8,4	432,0	288,0	65,0	130,0	184,0	368,0	0,5	50,0	10,0	33,3	0,5	10,0	879,3	146,6
GRANJA PORCINA	15,0	25,0	8,1	280,0	173,3	160,0	320,0	36,0	72,0	0,2	20,0	17,0	56,7	0,4	8,0	650,0	108,3

Fuente: Elaboración propia 2019.

Figura 9. Mapa de calor para IPCAR 2014.



Fuente: Elaboración propia 2019.

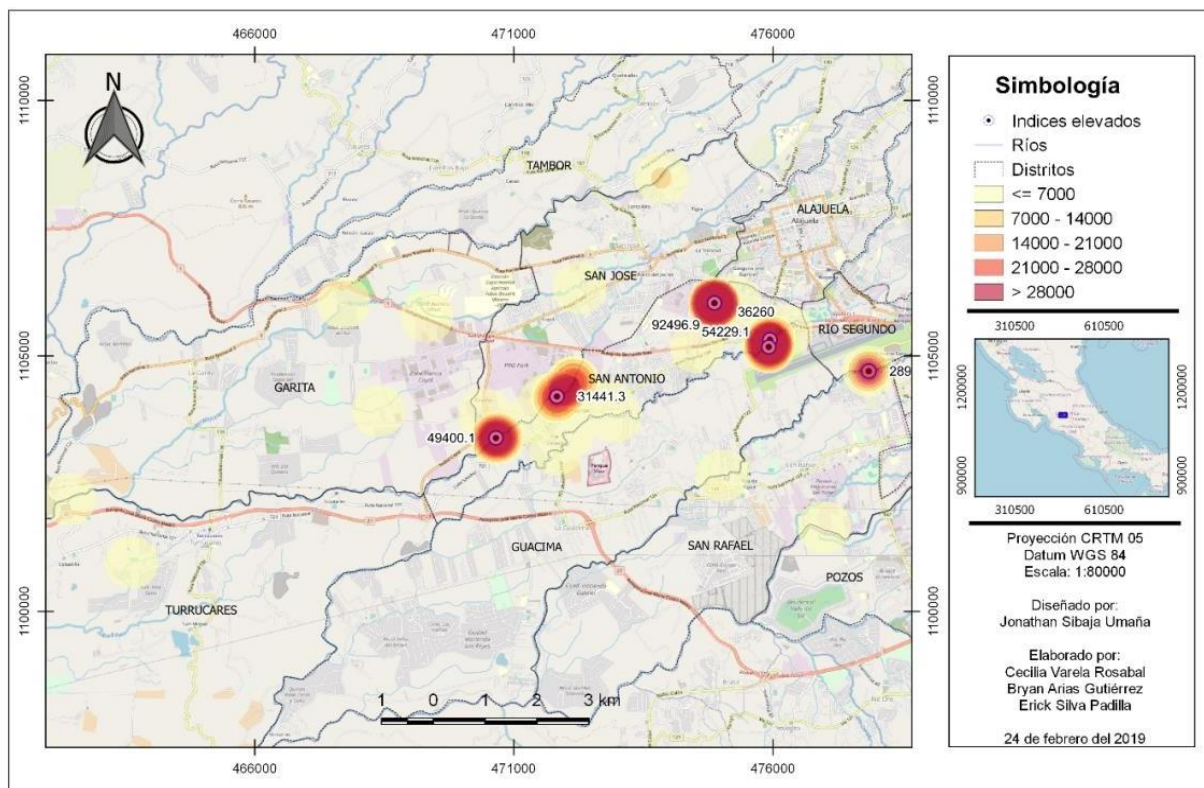
En la siguiente figura se presentan las cinco actividades con rangos elevados del IPCAR periodo 2014, representados por los puntos de calor en el mapa

Figura 10. IPCAR 2014 de las actividades con mayor carga contaminante. anterior.

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales																	
ACTIVIDAD	CAUDAL m ³ /d	TEMP °C	pH	DQO 150 mg/L		DBO ₅ 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 mL		GYA 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos estandarizados	IPCAR
				Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado		
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	1000,0	25,5	7,4	77,0	51,3	21,0	42,0	30,0	60,0	0,3	30,0	8,0	26,7	0,7	14,0	224,0	37333,3
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	417,0	24,6	8,0	301,0	200,7	107,0	214,0	70,0	140,0	1,0	100,0	30,0	100,0	1,8	36,0	790,7	54951,3
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1220,0	27,0	7,7	92,0	61,3	19,0	38,0	70,0	140,0	0,2	20,0	12,0	40,0	0,2	4,0	303,3	61677,8
PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS	1627,0	27,0	8,2	16,0	10,7	3,4	6,8	5,0	10,0	0,5	50,0	5,0	16,7	0,5	10,0	104,1	26501,9
PLANTA PROCESADORA DE POLLOS	975,0	25,0	7,8	180,0	120,0	69,0	138,0	90,0	180,0	0,2	20,0	16,0	53,3	0,1	2,0	513,3	83416,7

Fuente: Elaboración propia 2019.

Figura 11. Mapa de calor para IPCAR 2015.



Fuente: Elaboración propia 2019.

Figura 12. IPCAR 2015 de las actividades con mayor carga contaminante.

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales																	
ACTIVIDAD	CAUDAL m³/d	TE MP. °C	pH	DQO 150 mg/L		DBO _{5,20} 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos estandarizados	IPCAR
				Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado		
PROCESADORA DE CARNE	604,0	26,6	7,9	290,0	133,3	150,0	300,0	76,0	152,0	0,2	20,0	22,0	73,3	0,5	10,0	748,7	75365,8
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	1100,0	27,5	7,2	67,0	44,7	15,0	30,0	32,0	64,0	0,2	20,0	5,0	16,7	0,3	6,0	181,3	33244,4
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1200,0	22,0	7,4	120,0	80,0	20,0	40,0	36,0	72,0	0,2	20,0	5,0	16,7	0,1	2,0	230,7	46133,3
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	269,0	31,8	7,9	385,0	256,7	147,0	294,0	95,0	190,0	0,1	10,0	18,0	60,0	0,3	6,0	816,7	36613,9
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1145,0	27,5	7,6	310,0	206,7	67,0	134,0	94,0	188,0	0,2	20,0	13,0	43,3	0,5	10,0	602,0	114881,7
PRODUCCION DE LACTEOS	2539,0	28,3	7,7	41,0	27,3	3,0	6,0	28,0	56,0	0,2	20,0	2,0	6,7	0,1	2,0	118,0	49933,7
PROCESADORA DE POLLOS	899,0	25,5	7,7	140,0	93,3	87,0	174,0	88,0	176,0	0,2	20,0	14,0	46,7	0,5	10,0	520,0	77913,3

Fuente: Elaboración propia 2019.

Capítulo 6. Análisis de Resultados

A continuación se describe la aplicación de los índices creados ICNAR e IPCAR a los entes generadores (industrias tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela periodos 2014-2015) a partir de los reportes operacionales de aguas residuales presentados a las Áreas Rectoras de Salud.

6.1 Interpretación del Índice de cumplimiento normativo en ambos periodos:

Para el nivel de cumplimiento, el intervalo se interpreta que los valores menores a 100 están cumpliendo normativa y los valores por encima de 100 incumplen uno o más parámetros.

En aplicación del índice ICNAR, se logra evidenciar que en el año 2014 hay siete entes generadores que incumplen uno o más parámetros, de estos cinco corresponden a industrias de procesamientos de carnes, una porcina y una procesadora de azúcar.

El ICNAR para el año 2015 se logra evidenciar que se presentan ocho entes generadores que incumplen uno o más parámetros, de estos entes, seis son los mismos que en el 2014, de acuerdo con el Cuadro 11 Actividades Tipo A en Alajuela corresponden a las actividades número 2, 6, 8, 19, 26, 27 y todas corresponden a empresas que procesan carnes.

De los entes generadores que sobrepasan el ICNAR 2014, la elaboración de embutidos proveniente del procesamiento de carne, son las actividades que generan los niveles más altos en este periodo.

De los entes generadores que sobrepasan el ICNAR 2015, los mataderos, granjas porcinas y la elaboración de embutidos, son las actividades que generan los niveles más altos en este período.

En comparación del ICNAR en ambos periodos se determina que existen cinco entes generadores en el 2014 que presentan grandes variaciones mayores en un 50% respecto al periodo 2015, dichos entes corresponden a actividades alimenticias de diferente producción.

En comparación del ICNAR en ambos periodos se determina que existen tres entes generadores en el 2015 que presentan grandes variaciones mayores en un 50% respecto al periodo 2014. Dichos entes corresponde a un matadero, una industria de plástico y fabricación de embutidos.

Para el periodo 2014 existen entes generadores que su ICNAR está por debajo de 100, lo que indica que sus parámetros están cumpliendo, sin embargo su IPCAR están elevados y según el cuadro 11 corresponden a las actividades 3, 10 y 20 y corresponden a empresas que procesan carnes.

Para el periodo 2014 existen entes generadores que su ICNAR está por encima de 100, lo que indica que uno o más parámetros están incumpliendo, pero su IPCAR es bajo y según el cuadro 11 corresponden a las actividades 2, 26 y 27, y corresponden a empresas que procesan carnes.

Para el periodo 2015 existen entes generadores que su ICNAR está por

debajo de 100, lo que indica que sus parámetros están cumpliendo, sin embargo su IPCAR están elevados y según el cuadro 11 corresponden a las actividades 3, 5, 9, 11, 15, 20.

Para el periodo 2015 existen entes generadores que su ICNAR está por encima de 100, lo que indica que uno o más parámetros están incumpliendo, pero su IPCAR es bajo y según el cuadro 11 corresponden a las actividades 26, 27, y 28 y corresponden a empresas que procesan carnes.

Es importante destacar que el esquema tradicional que maneja el MINSA es determinar solamente cumplimiento o incumplimiento, y todo esfuerzo y control que realiza es solo a entes que sobrepasan el límite de 100. Contrariamente existen empresas que no superan el cumplimiento normativo de 100 pero poseen IPCAR elevados o bajos, siendo estos los entes que se deben regular.

Cabe mencionar que el análisis de cumplir o no cumplir, no debe ser lo único a analizar, si no también se debe tomar en cuenta caudal y la concertación (IPCAR), por lo que los entes generadores con mayor concentración y caudal son los que inciden más en coloraciones rojizas contempladas en los mapas de calor. A consecuencia de lo anteriormente expuesto, los cuerpos receptores afectados por los entes generadores analizados, depositan sus aguas en la cuenca del Río Grande de Tárcoles, provocando un impacto ambiental a esta.

6.2 Interpretación del Índice potencial de contaminación por aguas residuales en ambos periodos.

En la aplicación del IPCAR 2014, existen cinco entes generadores que tienen una mayor carga contaminante (mayor impacto ambiental al río), de estos cinco,

tres corresponden a mataderos, una de fabricación de embutidos y una productora de lácteos.

Dicho índice IPCAR 2014, se logró determinar que existen doce entes generadores que vierten muy poca carga contaminante a los cuerpos receptores, en su mayoría corresponden industrias químicas con cinco.

En la aplicación del IPCAR 2015, se logró evidencia que existen siete entes generadores que vierten una gran cantidad de carga contaminante a los cuerpos receptores y corresponden a industrias de alimentos (tres mataderos, tres de embutidos y una de lácteos).

Dicho índice IPCAR 2015, se logró determinar que existen doce entes generadores que vierten muy poca carga contaminante a los cuerpos receptores, en su mayoría corresponden industrias químicas con cuatro, debido a su bajo caudal.

Comparando el IPCAR en ambos periodos se determina que existen cinco entes generadores en el 2015 que presentan variaciones mayores en un 50% o más, respecto al periodo 2014, dichos entes corresponden a dos mataderos, una industria de plástico, una fabricación de embutidos y una de elaboración de lácteos.

El ente generador con la mayor variación de un año a otro es una planta procesadora de carne (matadero), que vierte una gran cantidad de carga contaminante al cuerpo receptor, ya que en el 2014 vertió un potencial de contaminación de 1.670 y en 2015 fue de 75.366, lo que refleja una variación significativa entre estos años.

El ente generador que vierte la menor cantidad de carga contaminante al cuerpo receptor corresponde a una industria química, y vertió un potencial de contaminación de 6.1.

6.3 Interpretación de los mapas calor

En la figura 3 de mapas de calor, se aprecia la distribución espacial de los eventos, donde los puntos calientes de color rojo intenso indican que los siete entes generadores incumplen con los límites de vertido y corresponden a actividades de las cuales cinco recaen a industrias de procesamientos de carnes, una porcina y una procesadora de azúcar. Los principales distritos que se ven afectados a causa de la influencia por estas actividades son principalmente: La Guácima, San Antonio, La Garita, San José y Tambor.

Con respecto a la figura 5 de mapas de calor, se observa una diferencia significativa en comparación con la imagen dos. En este mapa hay mayor cantidad de índices con rangos elevados (puntos calientes de coloración rojo); y hay ocho entes generadores que sobrepasan la escala de 100 otorgada a cada parámetro normalizado, todos estos entes corresponden a industrias de procesamiento de carne y granjas porcinas.

En la figura 7 de mapas de calor, se observa que existen cinco entes generadores que tienen una mayor carga contaminante, de estos cinco, tres corresponden a mataderos, una de fabricación de embutidos y una productora de lácteos. Los principales distritos que se ven afectados a causa de la influencia de los elevados índices generados por estas actividades son principalmente: San José, San Antonio, La Garita, Río Segundo y San Rafael.

En la figura 9 de mapas de calor, existen siete entes generadores que vierten una gran cantidad de carga contaminante a los cuerpos receptores y corresponden a industrias de alimentos (tres mataderos, tres de embutidos y una de lácteos). Los distritos que están influenciados durante este periodo fueron San José, San Antonio, La Garita, Río Segundo y San Rafael.

6.4 Interpretación del Índice potencial de contaminación por aguas residuales por cuerpos receptores en ambos periodos.

Existe un total de nueve cuerpos receptores de los cuáles cuatro presentan la mayor cantidad de carga contaminante; lo que refleja que el 44% de los cuerpos receptores investigados tienen una gran contaminación, estos son Río Ciruelas, Quebrada Barro, Río Segundo y Río Siquiares.

Se presentaron cuatro cuerpos receptores que presentan la menor cantidad de kilogramos vertidos en estos, los cuales son Río Bermúdez, Quebrada Ochomogo, Río Itiquis y el Río Alajuela.

En el periodo 2015 se vertió un total de 358.83 kg de carga contaminante mientras que en el periodo 2014 se vertió 238.28 kg, lo que refleja un aumento del 33.53% de carga contaminante.

El cuerpo receptor que presenta la mayor variación de carga contaminante entre un periodo y otro es el Río Ciruelas, donde en el 2014 fue de 18,1, mientras que en el año 2015 fue de 129.6.

Se determina que el Río Siquiares presenta la mayor cantidad de carga contaminante en ambos periodos con 186.4 y 188.7 respectivamente. Cabe mencionar que el Río Siquiares recibe los vertidos con mayor caudal proveniente

de un ente generador que procesan lácteos.

6.5 Interpretación del Índice potencial de contaminación por aguas residuales por distrito en ambos periodos.

En la imagen seis, se observa que los distritos en los que se genera el mayor potencial de contaminación, corresponden a los distritos de San Antonio y Barrio San José, en estos se encuentra la mayoría de mataderos y elaboración de embutidos.

En la imagen seis, se determina que el distrito de Turrúcares genera la menor cantidad de carga contaminante, debido a que posee un solo ente generador, el cual es una granja porcina.

El distrito con la mayor variación de un periodo a otro es La Guácima, ya que en 2014 genero un potencial de contaminación de 2,5, mientras que en el año 2015 fue de 76,1. Esto debido a que uno de sus entes generadores (matadero), vertió un caudal de 13 m³, no obstante en el 2015 vertió 604 m³.

Capítulo 7. Diseño del protocolo para la aplicación del índice y mapeo del IPCAR

Para la elaboración del protocolo antes mencionado se deberán seguir una serie de pasos, para que las Áreas Rectoras de Salud lo apliquen de manera sistemática, tomando de referencia la Norma Cero: ¿Cómo Elaborar Un Protocolo? MS.NI.GN.13 perteneciente al Ministerio de Salud.

Pasos a seguir:

Objetivo

Aplicar el Índice Potencial de Contaminación por Aguas Residuales (IPCAR) y mapeo de sus resultados con base en la información de los reportes operacionales con vertido a cuerpo receptor presentados ante las Áreas Rectoras de Salud del Ministerio de Salud.

Alcance

Ministerio de Salud de Costa Rica en el Nivel Local.

Productos Producto final:

Índice potencial de contaminación por aguas residuales obtenido y mapeo de su resultado.

Referencias

Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, decreto N° 33601-

MINAE-S.

Norma Cero: ¿Cómo Elaborar Un Protocolo? MS.NI.GN.13

Tabla Excel Aplicación del IPCAR

Responsables

Nivel Local

Nivel Regional

Nivel Central

7.1 Procedimiento de protocolo

Para dar inicio con el procedimiento se debe considerar el orden y pasos o actividades que se describen a continuación:

a) Solicitud de expediente del ente generador con vertido a cuerpo receptor, este documento se solicita al área de archivo.

b) Entrega de expediente, lo entrega el área de archivo al funcionario de regulación de la salud que lo solicita.

c) Revisión de reportes operacionales en el expediente, por parte de regulación de la salud.

d) Introducir los datos del ente generador en la tabla Excel para la aplicación del IPCAR, por parte de regulación de la salud.

e) Introducir los datos de los parámetros obligatorios en la tabla Excel para los cálculos y aplicación del IPCAR, sin la incertidumbre.

f) Introducir los datos de la ubicación geográfica del reporte en la tabla Excel aplicación del IPCAR

- g) Verificación del resultado obtenido en la tabla Excel y su correcta aplicación en la formula IPCAR por parte de Regulación.
- h) Elevar la información del IPCAR a la Dirección de Área
- i) Elevar la información del IPCAR a la Dirección Regional
- j) Elevar la información del IPCAR a la Comité Técnico del Nivel Central del MINSA, por parte de la Dirección Regional.
- k) Verificación y discusión de la información del IPCAR en el Comité Técnico del Nivel Central del MINSA, junto con otras instituciones que pertenecen al mismo Comité.

Para facilitar la colocación de los datos, el protocolo incluirá una tabla Excel con el IPCAR donde el personal del Ministerio de Salud simplemente incluirá los valores de los reportes operacionales y así obtendrá la cantidad de kilogramos vertida por las empresas que se deseen incluir en el IPCAR

Figura 13. Llenado de la hoja de Excel.

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales													
ACTIVIDAD	CAUDAL m ³ /d	DQO 150 mg/L		DBO _{5,20} 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L	
		Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado
													
Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA
En la presente imagen se muestran los pasos para llenar adecuadamente la hoja excel para realizar cálculos del índice.													

Fuente: Elaboración propia, 2019.

7.2 Pasos a Seguir para colocar datos en la tabla Excel

Como se muestra en la figura anterior con la flecha de color rojo se indica que se deben agregar los datos tal y como se encuentran en los reportes operacionales y anotarlos en la celda correspondiente.

Mientras tanto la flecha de color negro indica que la celda que está señalando tiene una fórmula ya pre-establecida para realizar cálculos de estandarización de los parámetros universales, que posteriormente corresponden al cálculo del índice ICNAR e IPCAR.

Figura 14. Etapas claves de los cálculos del índice.

SAAM 5 mg/L	Dato estandarizado	Sumatoria de datos estandarizados	ICNAR	IPCAR	KG CARGA CONTAMINANTE/DÍA	Cuerpo receptor	Distrito	LATITUD CRTM05	LONGITUD CRTM05
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la figura anterior dentro del círculo color rojo se logra observar tres celdas seleccionadas intencionalmente, para mostrar las etapas claves de los cálculos de los índices ICNAR e IPCAR, mediante la fórmula expuesta anteriormente.

En la celda de sumatoria de datos estandarizados, su función es ejecutar la acción de sumar los datos estandarizados que ya fueron anotados en la hoja de

cálculo a partir de los reportes operacionales.

La celda del ICNAR aplica la fórmula planteada para realizar el cálculo de este índice, tomando en cuenta la casilla sumatoria.

La celda del IPCAR depende de la formula anterior que es el ICNAR que se multiplica por el caudal y se obtiene el IPCAR.

Cuadro 12. Procedimiento por nivel de gestión y unidad Organizativa.

Código	Actividad	Nivel de Gestión	Unidad Organizativa Responsable
x-1	Solicitud de expediente del ente generador con vertido a cuerpo receptor	Nivel Local	Regulación de la Salud
x-2	Entrega de expediente	Nivel Local	Atención al Cliente
x-3	Revisión de reportes operacionales en el expediente	Nivel Local	Regulación de la Salud

x-4	Introducir los datos del ente generador en la tabla Excel aplicación del IPCAR	Nivel Local	Regulación de la Salud
x-5	Introducir los datos de los parámetros obligatorios en los cálculos obligatorios de la tabla Excel aplicación del IPCAR	Nivel Local	Regulación de la Salud
x-6	Introducir los datos de la ubicación geográfica del reporte en la tabla Excel aplicación del IPCAR	Nivel Local	Regulación de la Salud

x-7	Verificación del resultado obtenido en la tabla Excel por parte del ente generador escogido	Nivel Local	Regulación de la Salud
x-8	Elevar la información del IPCAR a la jefatura inmediata	Nivel Local	Regulación de la Salud
x-9	Elevar la información del IPCAR a la jefatura inmediata	Nivel Local	Jefatura del Área Rectora de Salud
x-10	Elevar la información del IPCAR a la Comité Técnico del Nivel Central del MINSA	Nivel Regional	Jefatura del Dirección Regional del Ministerio de Salud

x-11

Verificación
y discusión de la
información del
IPCAR en el
Comité Técnico
del Nivel Central
del MINSA junto
con otras
instituciones.

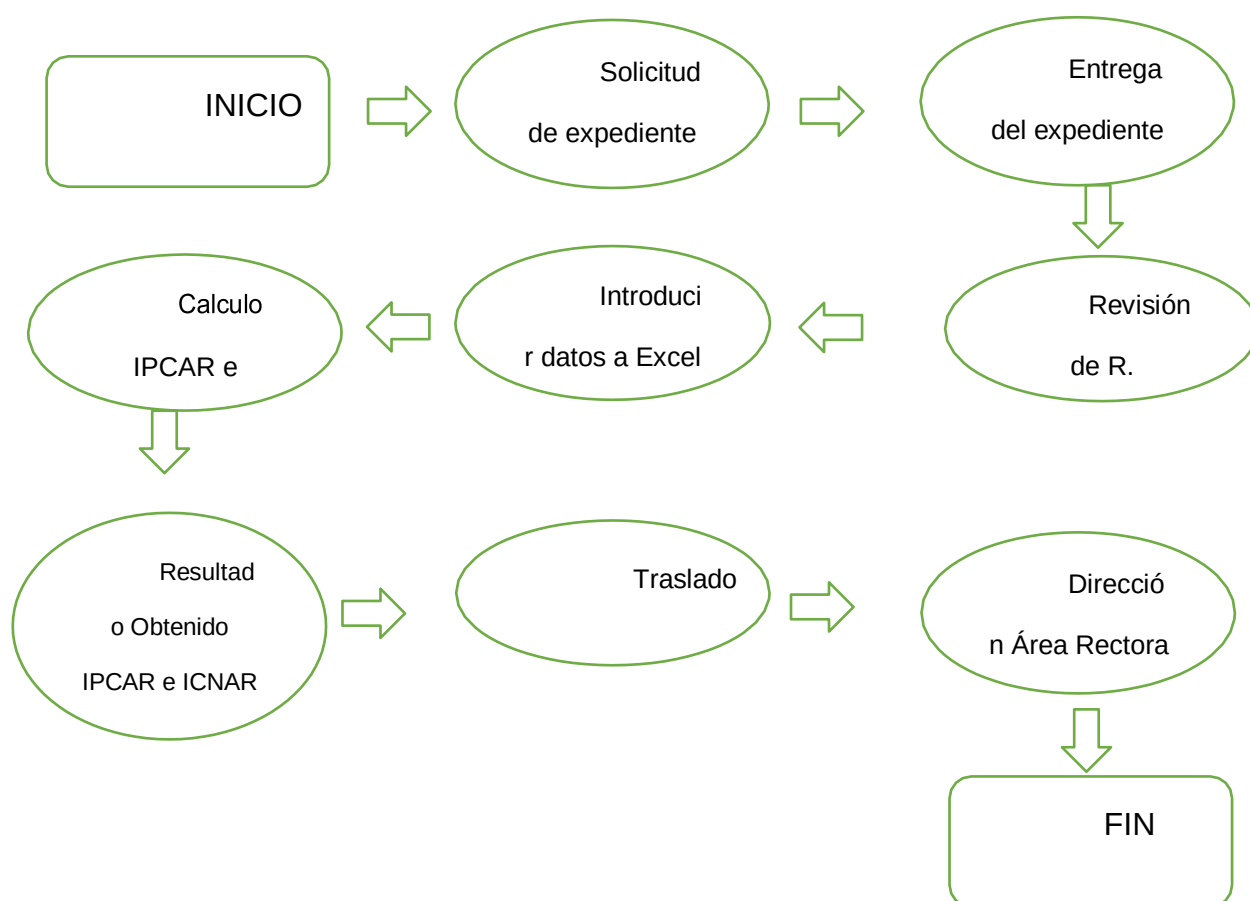
Nivel Central

Comité

Técnico del Nivel
Central del MINSA

Fuente: Elaboración propia 2019.

Figura 15. Diagrama de Flujo de Protocolo para aplicación del ICNAR e IPCAR



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 13. Pasos para diseñar los mapas de calor

Pasos para diseñar Mapas de Calor	
Pasos a seguir:	Descripción:
1. Descargar Software Libre Quantum SIG (QSIG) versión 2.18.16	https://qgis.org/es/site/forusers/download.html
2. Instalar Plugin Heatmap en el QSIG	En el menú de Herramientas en la opción Administrador de Complementos.
3. Ordenar la Data Base en Excel versión 2016 y Exportarla al QSIG	El archivo se guarda como Delimitado por Tabulaciones y se carga en el QSIG.
4. Análisis de la información contenida en la Tabla de Atributos en el QSIG	Se determina que Datos debo Analizar para generar el Mapa de Calor.
5. Diseño del Mapa de Calor	Se analiza los datos mediante el algoritmo <i>Heatmap</i> utilizando la estimación de <i>Kernel Density Estimation Epanechnikov</i> .
6. Diseño de Composiciones Cartográficas	Una vez se generó el mapa de calor, se elabora la composición cartográfica en el Diseñador de Impresiones de QSIG.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Capítulo 8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

Como se evidenció en este proyecto de investigación, los dos índices de contaminación para aguas residuales creados son funcionales para ser aplicados por el MINSA, mediante sus Áreas Rectora de Salud, para acatar lo dispuesto en el informe de la Contraloría General de la República. (DFOE-AE-IF-01-2013) ya que indica que su labor es insuficiente con deficiencias como no analizar la información que contienen los reportes operacionales llevados por los entes generadores de aguas residuales ante las direcciones de Áreas Rectoras de Salud.

El índice ICNAR diseñado en esta investigación permite reflejar el cumplimiento normativo de los parámetros de vertido obligatorio, dispuesto en el reglamento de vertido en un solo valor y su análisis posterior.

La aplicación del índice IPCAR diseñado en este proyecto, refleja la magnitud del impacto ambiental por el vertido de aguas residuales, al considerar el caudal, ya que es proporcional, además este parámetro no tiene un límite máximo.

En esta investigación se determinó que las Áreas Rectoras de Salud de Alajuela manejan una población meta de treinta entes generadores de actividades tipo A pero varia con los años, se observa y evidencia que existen entes generadores en el Cantón Central de Alajuela en los periodos 2014-2015 que vierten a nueve cuerpos receptores cercanos a estos. Sin embargo estas Áreas Rectoras de Salud manejan un corto alcance en el análisis de los reportes

operacionales ya que éstas únicamente determinan cumplimiento del Decreto 33601-S.

En la aplicación del índice ICNAR en ambos periodos, se logra evidenciar que los entes generadores con actividades de procesamiento de carnes son las que en su mayoría sobrepasan la escala de 100 otorgada a cada parámetro normalizado, que evidencia que está por encima del límite permitido en al menos un parámetro.

Se concluye además que los entes generadores con mayor índice de contaminación son aquellos cuyas actividades están relacionadas con el procesamiento de carnes, mataderos y granjas porcinas. Por otro lado los entes generadores con menor índice de contaminación lo constituye la industria química.

En la aplicación del IPCAR se evidencia que existe un total de nueve cuerpos receptores de los cuáles cuatro presentan la mayor cantidad de carga contaminante; lo que refleja que el 44% de los cuerpos receptores investigados tienen una gran contaminación, estos son Río Ciruelas, Quebrada Barro, Río Segundo y Río Siquiares.

En la investigación realizada y mediante los datos obtenidos se concluye que los principales distritos que se ven afectados (sus cuerpos de agua) por actividades industriales tipo A y con base en el IPCAR, son principalmente: Guácima, San Antonio, Garita, San José y Tambor, y que se ven influenciados por actividades como se reflejan en los mapas de calor. La carga contaminante en sectores del Cantón Central de Alajuela, con las actividades de mayor incidencia mediante coloraciones rojizas a rojos más intensos, recaen en siete entes generadores de los cuales cinco son industrias de procesamientos de carnes, una porcina y una procesadora de azúcar.

Se concluye además que el MINSA no posee un método para obtener los datos de los reportes operacionales, ya que después de ingresados al SIRROAR no se pueden analizar y ahí radica la importancia del protocolo propuesto para este Ministerio.

8.2 Recomendaciones

Se recomienda elevar el “Protocolo para la Aplicación del Índice de Contaminación de Aguas Residuales (ICNAR) y del Índice Potencial de Contaminación de Aguas Residuales (IPCAR)” ante el MINSA, para su valoración y aplicación en las diferentes Áreas Rectoras de Salud a nivel nacional, a su vez con su aplicación se espera que se pueda mejorar la vigilancia y cumplimiento de las empresas en el tema de vertido y carga contaminante, logrando que se reduzca esta afectación a los cuerpos de agua y que se cumpla lo indicado por la Contraloría General de la República en su informe (DFOE-AE-IF-01-2013).

Involucrar a la Municipalidad como institución gubernamental que regula el uso del suelo y la recuperación de los bosques, para que se ejecuten actividades y programas de recuperación de las cuencas hidrográficas.

Las industrias con actividades de procesamiento de carne presentan mayores valores del IPCAR vertida a cuerpos receptores, por tanto se recomienda que el MINSA en aplicación de este protocolo involucre a instituciones como el MAG y SENASA ya que dichas instituciones vigilan estas actividades.

El MINSA con la información de ICNAR y el IPCAR y al contar con los mapas de calor donde se visualiza los sectores con mayor carga contaminante, desarrolle estrategias preventivas para disminuir la problemática de malos olores.

Se recomienda que se realice una investigación complementaria al presente proyecto de investigación, para determinar escalas de color en el índice IPCAR para que sea más fácil su interpretación y no solo por numeración

Los mapas de calor obtenidos a partir de la base de datos de los reportes operacionales con vertido a cuerpos receptores pueden utilizarse para localizar los sitios con mayor carga contaminante y desarrollar estrategias preventivas y de control de la contaminación por vertido a cuerpos receptores por parte de las entidades generadoras y de instituciones públicas. Por tanto se recomienda que el MINSA genere estos mapas de calor de la mano con los datos de los reportes operacionales y los índices.

Se recomienda utilizar los índices creados en esta investigación para aguas ordinarias y también que se utilicen entes generadores tipo B y C, de acuerdo al Reglamento N° 39472-MINAE-S.

Se recomienda además que el protocolo diseñado se remita al Ministerio de Salud Nivel Central en sus direcciones DPAH y la Dirección de Planificación y Desarrollo Estratégico, para que estas unidades administrativas validen la propuesta.

Se recomienda que en investigaciones posteriores que se realicen a este proyecto investigación, se plantear la posibilidad de integrar los índices creados a la plataforma SIRROAR del Ministerio de Salud.

Bibliografía

- Álvarez A. (2013). Propuesta de procedimiento para el Ministerio de Salud en materia de gestión de vertidos con base en el caso de San Francisco de Heredia, Costa Rica. (Tesis licenciatura). Heredia, Costa Rica.
- Barbiroli, G., Mazzaracchio, P., Raggi, A., & Alliney, S. (1992). A proposal for a new method to develop synthetic quality indices for air and water. *Journal of Environmental Management*, 36(4), 237–252. Doi:10.1016/s0301-4797(08)80001-1
- Barrantes, R. (2013). A la búsqueda del conocimiento científico. San José: Editorial UNED
- Bermúdez, M. (2010). Contaminación y turismo sostenible. Recuperado de <http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>
- Bernal, C (2010), Metodología de la investigación, Bogotá Colombia: Editorial Pearson.
- Calvo, G. (2013). Modelo de predicción de la calidad del agua en ríos basado en índices e indicadores del recurso hídrico y el entorno socio ambiental (Tesis de grado) Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Castañon A. (2012). Blogger. Ecosistemas acuáticos. Consultado 22 de septiembre de 2018, de <http://ecosistemasingambiental.blogspot.com/>
- Chacón, J. (2012). Diseño detallado del sistema de tratamiento de aguas residuales de un condominio residencial de 30 fincas filiales, a ubicarse en San Juan de Santa Bárbara de Heredia. Memoria de cálculo, manual de operación y mantenimiento y planos constructivos (tesis de posgrado) Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Constitución Política. (1949). Título V Derechos y garantías individuales capítulo único. Costa Rica. Publicaciones Jurídicas.

Contraloría General de la República, Costa Rica. (2013). Informe acerca de la eficacia del Estado para garantizar la calidad del agua en sus diferentes usos: DFOE-AE-IF-01-2013. Recuperado de en http://webcache.googleusercontent.com/search?Q=cache:1oye67lyf_oj:www.cgr.go.cr/apex/see_own.See_Prc_Archivo_Expediente%3fp_fuente%3DSIGYD_D%26P_FILE%3D2013003326%26P_USER%3Dnobody+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk

Cordero A, Chacón B y Rodríguez A, (1979), “Contaminación del Río Bermúdez Alajuela”. Agronomía Costarricense, N° 3 (2), 109-113 Recuperado http://www.mag.go.cr/rev_agr/v03n02_109.pdf

Depuración. (n.d.) Gran diccionario de la lengua Española. (2016). Recuperado 23 de noviembre 18 de <https://es.thefreedictionary.com/depuraci%c3%b3n>

Diario Oficial La Gaceta (2016) Gaceta consultado 18 julio 2017 de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?Param1=NRTC&nvalor1=1&nvalor2=81043&nvalor3=103191&strtipm=TC

Dirección de Agua, MINAE (2016). Indicadores de la gestión del recurso hídrico. Sistema de Información para la gestión integral de recursos hídricos. MINAE, Costa Rica.

Espinoza, D. (2016). Propuesta de procedimiento de vigilancia estatal de los efluentes de aguas residuales provenientes de entes generadores para las Áreas Rectoras de Salud del Ministerio de Salud (tesis de licenciatura) Universidad Nacional, Heredia Costa Rica.

Estado de la Nación (2012) XIX informe capítulo 1 consultado 19 julio 2017 de
http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/019/cap%201-sinopsis19.pdf

Estado de la Nación (2013) consultado 12 marzo 2018 de Decimonoveno Informe Estado
 De La Nación En Desarrollo Humano Sostenible
 2013 https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/019/astorga_2013.pdf

Estado de la Nación (2014) XXI consultado 19 julio 2017 de
http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/021/ambiente/Angulo_RH_y_saneamiento.pdf

Estado de la Nación (2017) XXIV informe consultado 20 noviembre 2018 de
https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/023/Ambientales/Herrera_J_2017a.pdf

Gavidia, V y Talavera M., (2012), "La Construcción del concepto de salud". Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, N°26, 161-175 Valencia, España. Recuperado de <https://www.uv.es/comsal/pdf/Re-Esc12-Concepto-Salud.pdf>

Gobierno de España (2016) Informe de Autorizaciones de Vertido 2016. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/informeautorizacionesdevertidoaldph-2016_tcm7-475476.pdf

Hernández, A (1994), Depuración de Aguas Residuales, Madrid, España: Paraninfo.

Hernández, Baptista, Fernández (2014), Metodología de la investigación, México D.F, México: Editorial MC Graw Hill.

Jiménez S. (2012). Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios. (Tesis de

grado) Instituto Politécnico Nacional, México.

Kizhisseri, M. I., & Mohamed, M. M. A. (2015). Fuzzy-based wastewater quality indices for pollution classification: a case study in the United Arab Emirates. *Environment Systems and Decisions*, 36(1), 62–71. Doi:10.1007/s10669-015-9579-9

La Asamblea Legislativa. 1973. Ley General de Salud N° 5393 (en línea), San José Costa Rica. Recuperado 22 de setiembre de 2018, de <https://costarica.eregulations.org/media/l-5395.pdf>

Meléndez G y Soto G (2003). Taller de abonos orgánicos recuperado de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%a1nicos.pdf>

Metcalf & Eddy, INC. 1995. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. 3 ed. Mcgraw Hill-Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España

Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud (09 de agosto de 2006). Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales No. 33601. Obtenido de Sistema Costarricense de Información Jurídica: www.pgrweb.go.cr

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2007. demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2007. Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+d>

e+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb

Ministerio de Salud (2011), Estructura organizacional y funciones del Ministerio de Salud.

Consultado 12 de septiembre de 2018, de
https://www.ministeriodesalud.go.cr/images/stories/docs/DPI/2017/dpi_organigrama_roms_planificacio%CC%81n_oct_17_horizontal.pdf

Ministerio de Salud (2011), Política institucional Ministerio de Salud. Consultado 14 de septiembre 2018, https://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/memorias/memoria2012/UMI_politicas_institucionales_2011.pdf

Ministerio de Salud. 2007. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N° 33601 (en línea), (en línea). San José Costa Rica. Consultado 22 de septiembre de 2018, de
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?Param1=NRM&nvalor1=1&nvalor2=59524&nvalor3=110119&strtipm=FN

Ministerio de Salud. 2016. Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el Ministerio de Salud N° 39472-S (en línea). San José Costa Rica. Consultado 22 de septiembre de 2018, de
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?Param1=NRTC&nvalor1=1&nvalor2=81043&nvalor3=103191&strtipm=TC

Mora, D (15 junio 2017). Dos Grandes Ríos Contaminados. La Nación p. 30.

Navarro A. (2015). Profesor en línea: Contaminación térmica: Santiago de Chile. Recuperado de
http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/Contaminacion_termica.htm

Ochoa C. (2015, 25 de mayo). Consecuencias de la globalización en el manejo del medio ambiente. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/consecuencias-de-la-globalizacion-en-el-manejo-del-medio-ambiente/>

Organización Mundial de la Salud. (1946) Documentos básicos constitución de la

organización mundial de la salud. Recuperado

<http://apps.who.int/gb/bd/pdf/bd48/basic-documents-48th-edition-sp.pdf>

Organización Mundial de Salud, (2013). Salud mental: un estado de bienestar.

Consultado 22 de setiembre 2018, de

http://www.who.int/features/factfiles/mental_health/es/

Peña, L. J. (2005). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión de territorio. Club Universitario, 1-15 pp

Presidencia de la República (2006) Sistema de Información Jurídica consultado 18 julio 2017 de

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?Param1=NRTC&nvalor1=1&nvalor2=59524&nvalor3=83250&strtipm=TC

Procuraduría General de la República (1973) Sistema de Información Jurídica Ley 5395 capítulo 3, consultado 12 marzo 2018 artículos 285-al 292.

Procuraduría General de la República (2010) Sistema de Información Jurídica Decreto 33601-S, Consultado 18 julio 2017 artículo 3 definiciones “Reglamento de vertido y Rehúso de Aguas Residuales

Procuraduría General de la República (2010) Sistema de Información Jurídica Decreto 33601-S, Consultado 18 julio 2017 capitulo 4 definiciones “Reglamento de vertido y Rehúso de Aguas Residuales”.

Procuraduría General de la República (2010) Sistema de Información Jurídica Decreto 39472, consultado 12 marzo 2018 definición grupo de riesgo A

Quantumgis. (2019). Documentación de Qgis 2.14. Retrieved from Compemento Heatmap: Recuperado

https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/user_manual/plugins/plugins_heatmap.html

Ramírez, A., Restrepo, R. Y Viña, G., 1997. "Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación", Ciencia,

Tecnología y Futuro, 1 (3):135 – 153 recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262521562_Cuatro_indices_de_contaminacion_para_caracterizacion_de_aguas_continentalas_formulaciones_y_aplicacion

Sarlingo M. (1998). Venenos en la sangre. Breve descripción de la contribución de la especie humana a la contaminación del planeta. Newsletter. Recuperado de https://ferrusca.files.wordpress.com/2013/04/historia_de_la_contaminacion.pdf

Scioli, D. Á., Rodríguez, A., Rodríguez, V., Stancatti, L., & Ulacia, A. (2011). Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento territorial. Documentos de Gestión Urbana

Soni, H. B. & Thomas, S. (2014). Assessment of surface water quality in relation to water quality index of tropical lentic environment, Central Gujarat, India. International journal of environment, 3(1), 168-176.

Suares J. (2008). Calidad de aguas en ríos autodepuración. La Coruña, España.

Recuperado

ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Segundo_Curso/Modelos_de_Calidad_de_Aguas/material%202010-2011/MCA_Tema_5_Modelos_de_Calidad_de_Aguas_en_Rios.pdf

Verlicchi, P., Masotti, L., y Galletti, A. (2011). Wastewater polishing index: a tool for a rapid quality assessment of reclaimed wastewater. Environmental Monitoring & Assessment, 173(1–4), 267–277. recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1386-7>

Yogendra, K. & Puttaiah, E. T. (2008). Determination of water quality index and sustainability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka. En M. Sengupta

& R. Dalwani (Eds.), 2007: The 12th world lake conference, Jaipur, India:
Ministry of Environment and Forests, Government of India

Apéndice

Apéndice A

Cálculo de parámetros estandarizados del reglamento de vertido se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_{est} = \frac{P_{reportado}}{P_{límite}} * 100$$

Donde:

P_{est} = Parámetro estandarizado, adim.

$P_{reportado}$ = Parámetro en el reporte operacional mg/L o (ml/L en SSed)

$P_{límite}$ = Parámetro límite según el reglamento mg/L o (ml/L en SSed)

Utilizando los datos obtenidos del reporte operacional del ente generador número 26 de la lista de actividades industriales del año 2014, siendo esta la actividad de procesamiento de carnes.

$$DQO_{est} = \frac{1470 \text{ mg/L}}{150 \text{ mg/L}} * 100 = \mathbf{980}$$

$$DBO_{est} = \frac{740 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}} * 100 = \mathbf{1480}$$

$$SST_{est} = \frac{56 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}} * 100 = \mathbf{112}$$

$$SSED_{est} = \frac{0.2 \text{ ml/L}}{1 \text{ ml/L}} * 100 = \mathbf{20}$$

$$GyA_{est} = \frac{9 \text{ mg/L}}{30 \text{ mg/L}} * 100 = \mathbf{30}$$

$$\text{SAAM}_{\text{est}} = \frac{1 \text{ mg/L}}{5 \text{ mg/L}} * 100 = 20$$

Todos los resultados anteriores corresponden a los parámetros estandarizados que se encuentran en el reporte operacional

Cálculo y aplicación del Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales.

$$\text{ICNAR} = \frac{\text{DQO}_{\text{est}} + \text{DBO}_{\text{est}} + \text{SST}_{\text{est}} + \text{SSED}_{\text{est}} + \text{GyA}_{\text{est}} + \text{SAAM}_{\text{est}}}{600} * 100$$

Donde:

ICNAR= Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales.

DQO_{est} = Demanda Química de oxígeno estandarizado, adim.

DBO_{est} = Demanda Bioquímica de oxígeno estandarizado, adim.

SST_{est} =Sólidos suspendidos totales estandarizado, adim.

SSED_{est} = Sólidos Sedimentables estandarizado, adim.

GyA_{est} = Grasas y Aceites estandarizado, adim.

SAAM_{est} = Sustancias Activas al azul de metileno estandarizado, adim.

Aplicación del ICNAR con los datos del reporte operacional estandarizados

$$\text{ICNAR} = \frac{980+1480+112+20+30+20}{600} * 100 = 440.3$$

El resultado anterior corresponde al ICNAR que corresponde a la actividad número 26 de la lista de actividades industriales del año 2014, siendo esta la actividad de procesamiento de carnes.

Cálculo y aplicación del Índice Potencial de contaminación por aguas residuales

$$IPCAR = \left(\frac{DQO_{est} + DBO_{est} + SST_{est} + SSED_{est} + GyA_{est} + SAAM_{est}}{600} * 100 \right) * \frac{Q}{1 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Donde:

IPCAR= Índice Potencial de contaminación por aguas residuales

DQO_{est} = Demanda Química de oxígeno estandarizado, adim.

DBO_{est} = Demanda Bioquímica de oxígeno estandarizado, adim.

SST_{est} =Sólidos suspendidos totales estandarizado, adim.

$SSED_{est}$ = Sólidos Sedimentables estandarizado, adim.

GyA_{est} = Grasas y Aceites estandarizado, adim.

$SAAM_{est}$ = Sustancias Activas al azul de metileno estandarizado, adim.

Q= Caudal, m³/día

1

Aplicación del IPCAR con los datos del reporte operacional estandarizados

$$\text{IPCAR} = \left(\frac{980+1480+112+20+30+20}{600} * 100 \right) * \frac{6.1 \text{ m}^3/\text{día}}{1 \text{ m}^3/\text{día}} = 2686.0$$

El resultado anterior corresponde al IPCAR que corresponde a la actividad número 26 de la lista de actividades industriales del año 2014, siendo esta de procesamiento de carnes.

[illegible]

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales

[illegible]

Índice de cumplimiento normativo y pontencial de contaminación por aguas residuales

ACTIVIDAD	CAUDAL	DQO 150 mg/L		DBO ₅ 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 mL		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos Estandarizados	ICNAR	IPCAR	KG CARGA CONTAMINANTE/ DÍA	Cuerpor	Distrito		
		Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado								
DESHUESE, EMPAQUE DE CARNES	32.0	47.0	31.3	10.0	20.0	6.0	12.0	0.2	20.0	5.0	16.7	0.4	8.0	108.0	18.0	576.0	0.58	Río Ciruelas	San Antonio	1103506.9733	472040.4677
PLANTA PROCESADORA DE CARNE	13.4	290.0	193.3	150.0	300.0	76.0	152.0	0.2	20.0	22.0	73.3	0.5	9.0	747.7	124.6	1669.8	1.67	Río Ciruelas	Guácima	1105176.6221	475918.2712
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	1000.0	77.0	51.3	21.0	42.0	30.0	60.0	0.3	30.0	8.0	26.7	0.7	14.0	224.0	37.3	37333.3	37.33	Quebrada Ojo de Agua (Río Siquiáres)	San José	1104489.5220	472145.9380
ELABORACION EMBUTIDOS	162.0	240.0	160.0	74.0	148.0	5.0	10.0	0.1	10.0	5.0	16.7	0.5	10.0	354.7	59.1	9576.0	9.58	Quebrada Barro	San Antonio	1105177.0318	474533.4061
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	254.0	76.0	50.7	32.0	64.0	48.0	96.0	0.3	30.0	3.0	10.0	0.1	1.0	251.7	41.9	10653.9	10.65	Río Ciruelas	San Antonio	1105319.5866	475939.4148
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	417.0	301.0	200.7	107.0	214.0	70.0	140.0	1.0	100.0	30.0	100.0	1.8	36.0	790.7	131.8	54951.3	54.95	Río Segundo	San Rafael	1104703.7009	477847.5991
PROCESAMIENTO DE AZÚCAR	40.0	1692.0	1128.0	38.0	76.0	54.0	108.0	0.1	10.0	9.0	30.0	0.1	2.0	1354.0	225.7	9026.7	9.03	Río Alajuela	San José	1105772.2517	469329.5014
GRANJA PORCINA	92.0	490.0	326.7	125.0	250.0	84.0	168.0	0.2	20.0	8.0	26.7	0.9	18.0	809.3	134.9	12409.8	12.41	Río Itiquis	Tambor	1108502.6833	473836.5166
PARQUE INDUSTRIAL	300.0	68.0	45.3	18.0	36.0	48.0	96.0	1.0	100.0	4.0	13.3	0.2	4.0	294.7	49.1	14733.3	14.73	Río Siquiáres	San José	1104489.5220	472145.9380
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1220.0	92.0	61.3	19.0	38.0	70.0	140.0	0.2	20.0	12.0	40.0	0.2	4.0	303.3	50.6	61677.8	61.68	Quebrada El Barro	San Antonio	1106036.6073	474869.2484
PRODUCCIÓN DE LACTEOS	1527.0	16.0	10.7	3.4	6.8	5.0	10.0	0.5	50.0	5.0	16.7	0.5	10.0	104.1	17.4	26501.9	26.50	Río Siquiáres	San José	1104208.8693	471829.6840
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS	30.0	45.0	30.0	5.0	10.0	12.0	24.0	0.2	20.0	4.0	13.3	0.3	6.0	103.3	17.2	516.7	0.52	Río Siquiáres	San José	1103780.3848	471361.2953
PROCESAMIENTO DE PESCADOS Y MARISCOS	0.7	128.0	85.3	57.0	114.0	34.0	68.0	0.1	10.0	5.0	16.7	0.9	18.0	312.0	52.0	36.4	0.04	Río Alajuela	San José	1106333.2184	472272.7958
PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL TRATAMIENTO AGUA INDUSTRIALES	1.1	145.0	96.7	42.0	84.0	36.0	72.0	0.2	20.0	12.0	40.0	0.3	6.0	318.7	53.1	58.4	0.06	Río Ciruelas	Guácima	1105510.2407	476260.5779
PREPARACION Y CONSERVACION DE CARNE	320.0	57.0	38.0	35.0	70.0	40.0	80.0	0.8	80.0	10.0	33.3	0.1	2.0	303.3	50.6	16177.8	16.18	Río Siquiáres	San Antonio	1103489.0049	470776.0569
FABRICA DE HARINA DE CARNE Y HUESO	17.0	89.0	59.3	52.0	104.0	12.0	24.0	0.2	20.0	17.0	56.7	0.2	4.0	268.0	44.7	759.3	0.76	Río Segundo	Guácima	1102656.7815	475023.7958
ALMACENAMIENTO Y VENTA DE COMBUSTIBLES	25.7	80.0	53.3	21.0	42.0	41.0	82.0	0.2	20.0	5.0	16.7	0.1	2.0	216.0	36.0	925.2	0.93	Río Alajuela	Garita	1106051.8556	467715.9313
ALMACENAMIENTO, ENVASADO DE GAS LPG	1.3	38.4	25.6	27.1	54.2	67.5	135.0	0.3	30.0	10.0	33.3	0.3	6.0	284.1	47.4	61.6	0.06	Río Siquiáres	Garita	1103855.3120	470437.4597
GRANJA PORCINA	76.0	197.0	131.3	180.0	360.0	42.0	84.0	0.1	10.0	9.0	30.0	1.2	24.0	639.3	106.6	8098.2	8.10	Quebrada Ochomogo	Turrúcares	1100962.2693	463627.5571
PLANTA PROCESADORA DE POLLOS	975.0	180.0	120.0	69.0	138.0	90.0	180.0	0.2	20.0	16.0	53.3	0.1	2.0	513.3	85.6	83416.7	83.42	Río Siquiáres	San José	1103397.1381	470652.9759
VENTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO PESADO	10.0	161.0	107.3	64.0	128.0	8.0	16.0	1.5	150.0	4.0	13.3	4.5	90.0	504.7	84.1	841.1	0.84	Río Bermúdez	San Rafael	1101658.8793	476993.5807
PROCESADORA EMPACADORA DE CARNES, EMBUTIDOS Y FORMADOS	280.0	106.0	70.7	8.0	16.0	18.0	36.0	0.2	20.0	2.0	6.7	0.1	2.0	151.3	25.2	7062.2	7.06	Río Siquiáres	Garita	1103489.0049	470776.0569
ENVASADO DE GASES	24.3	40.0	26.7	22.0	44.0	16.0	32.0	0.2	20.0	5.0	16.7	0.3	6.0	145.3	24.2	588.6	0.59	Río Siquiáres	San José	1104156.0790	471627.6500
EMPACADORA, ALMACENAMIENTO, DISTRIBUCION Y VENTAS DE DERIVADOS DE ACEITE	2.4	63.0	42.0	158.0	316.0	8.0	16.0	1.0	100.0	7.8	26.0	0.1	2.0	502.0	83.7	200.8	0.20	Quebrada Ojo de Agua	Garita	1103933.3737	468387.7327
VENTA DE COMBUSTIBLE	1.5	132.0	88.0	17.4	34.8	25.0	50.0	0.2	20.0	25.0	83.3	0.0	0.0	276.1	46.0	69.0	0.07	Río Alajuela	Garita	1106051.8556	467715.9313
PROCESAMIENTO DE CARNES	6.1	1470.0	980.0	740.0	1480.0	56.0	112.0	0.2	20.0	9.0	30.0	1.0	20.0	2642.0	440.3	2686.0	2.69	Río Ciruelas	San Antonio	1103171.4317	471800.1550
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	10.0	860.0	573.3	580.0	1160.0	216.0	432.0	2.0	200.0	30.0	100.0	3.4	68.0	2533.3	422.2	4222.2	4.22	Quebrada El Barro	San Antonio	1106055.7460	475252.6635
GRANJA POCINA	16.0	123.0	82.0	75.0	150.0	56.0	112.0	0.2	20.0	9.0	30.0	0.3	6.0	400.0	66.7	1066.7	1.07	Río Ciruelas	San Antonio	1103831.7621	472958.1926
PROCESAMIENTO DE CARNES	5.1	62.0	41.3	10.0	20.0	42.0	84.0	0.2	20.0	3.0	10.0	0.1	2.0	177.3	29.6	150.7	0.15	Río Ciruelas	San Antonio	1104038.8847	472817.4164
PROCESAMIENTO Y CONSERVACION CARNICOS	70.0	37.0	24.7	22.0	44.0	4.0	8.0	0.1	10.0	5.0	16.7	0.2	4.0	107.3	17.9	1252.2	1.25	Río Ciruelas	Garita	1102196.5404	462402.5442

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales

ACTIVIDAD	CAUDAL m³/d	DQO 150 mg/L		DBO _{5,20} 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 m/L		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos estandarizados	ICNAR	IPCAR	KG CARGA CONTAMINANT E/DÍA	Cuerpor receptor	Distrito	LATITUD CRTM05	ONGITUD CRTM
		Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado								
DESHUESE, EMPAQUE DE CARNES	28.4	23.4	15.4	10.4	20.4	28.4	56.4	0.4	20.4	3.4	10.4	0.4	2.4	123.4	20.4	575.4	0.54	Río Ciruelas	San Antonio		
PLANTA PROCESADORA DE CARNE	604.0	290.4	193.4	150.4	300.4	76.4	152.0	0.4	20.4	22.4	73.4	0.4	10.4	748.7	124.4	75365.4	75.34	Río Ciruelas	Guácima	1105176.6221	475918.2711
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	1100.0	67.4	44.4	15.4	30.4	32.4	64.4	0.4	20.4	5.4	16.4	0.4	6.4	181.4	30.4	33244.4	33.24	Quebrada Ojode Agua (Río Siquiáres)	San José	1104489.5224	472145.9384
ELABORACION EMBUTIDOS	162.0	125.4	83.4	16.4	32.4	64.4	128.0	0.4	10.4	7.4	24.4	0.4	10.4	287.4	47.4	7758.4	7.74	Quebrada Barro	San Antonio	1105177.0318	474533.4064
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1200.0	120.4	80.4	20.4	40.4	36.4	72.4	0.4	20.4	5.4	16.4	0.4	2.4	230.7	38.4	46133.4	46.14	Río Ciruelas	San Antonio	1105319.5864	475939.4144
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	269.0	385.4	256.4	147.4	294.4	95.4	190.0	0.4	10.4	18.4	60.4	0.4	6.4	816.4	136.4	36613.4	36.64	Río Segundo	San Rafael	1104703.7009	477847.5994
PROCESAMIENTO DE AZUCAR	30.4	142.4	94.4	34.4	68.4	48.4	96.4	0.4	20.4	10.4	33.4	0.4	2.4	314.0	52.4	1570.4	1.54	Río Alajuela	San José	1105772.2514	469329.5014
GRANJA PORCINA	84.4	312.4	208.4	175.4	350.4	96.4	192.0	1.4	110.4	10.4	33.4	0.4	8.4	901.3	150.4	12618.4	12.64	Río Iquís	Tambor		
PARQUE INDUSTRIAL	308.0	80.4	53.4	16.4	32.4	32.4	64.4	0.4	30.4	3.4	10.4	0.4	8.4	197.4	32.4	10129.4	10.14	Río Siquiáres	San José	1104489.5224	472145.9384
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	1145.0	310.4	206.4	67.4	134.4	94.4	188.0	0.4	20.4	13.4	43.4	0.4	10.4	602.0	100.4	114881.4	114.84	Quebrada El Barro	San Antonio	1106036.6073	474869.2484
PRODUCCION DE LACTEOS	2539.0	41.4	27.4	3.4	6.4	28.4	56.4	0.4	20.4	2.4	6.4	0.4	2.4	118.4	19.4	49933.4	49.94	Río Siquiáres	San José	1104208.8694	471829.6844
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS	70.4	74.4	49.4	17.4	34.4	48.4	96.4	0.4	70.4	3.4	10.4	0.4	4.4	263.4	43.4	3072.4	3.04	Río Siquiáres	San José	1103780.3844	471361.2954
PESCADOS Y MARISCOS	0.4	138.4	92.4	43.4	86.4	36.4	72.4	0.4	10.4	5.4	16.4	0.4	14.4	290.4	48.4	33.4	0.04	Río Alajuela	San José	1106333.2184	472272.7954
PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL TRATAMIENTO AGUA INDUSTRIALES	0.4	62.4	41.4	19.4	38.4	28.4	56.4	0.4	20.4	7.4	23.4	0.4	4.4	182.4	30.4	6.4	0.04	Río Ciruelas	Guácima	1105510.2404	476260.5774
CONSERVACION DE CARNE	280.0	59.4	39.4	38.4	76.4	42.4	84.4	0.4	60.4	9.4	30.4	0.4	2.4	291.4	48.4	13595.4	13.64	Río Siquiáres	San Antonio	1103489.0049	470776.0564
FABRICA DE HARINA DE CARNE Y HUESO	17.4	89.4	59.4	52.4	104.4	12.4	24.4	0.4	20.4	17.4	56.4	0.4	3.4	267.8	44.4	758.4	0.74	Río Segundo	Guácima	1102656.7815	475023.7954
ALMACENAMIENTO Y VENTA DE COMBUSTIBLES	27.4	90.4	60.4	21.4	42.4	40.4	80.4	0.4	20.4	5.4	16.4	0.4	2.4	220.4	36.4	1018.4	1.04	Río Alajuela	Garita	1106051.8554	467715.9314
ALMACENAMIENTO, ENVASADO DE GAS LPG	1.4	48.4	32.4	18.4	36.4	12.4	24.4	0.4	10.4	15.4	50.4	0.4	2.4	154.0	25.4	38.4	0.04	Río Siquiáres	Garita	1103855.3124	470437.4594
GRANJA PORCINA	53.4	245.4	163.4	180.4	360.4	95.4	190.0	0.4	70.4	8.4	26.4	0.4	4.4	814.0	135.4	7190.4	7.14	Quebrada Ochomogo	Turrucares	1100962.2684	463627.5574
PLANTA PROCESADORA DE POLLOS	899.0	140.4	93.4	87.4	174.4	88.4	176.0	0.4	20.4	14.4	46.4	0.4	10.4	520.0	86.4	77913.4	77.94	Río Siquiáres	San José	1103397.1384	470652.9754
VENTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO PESADO	6.4	78.4	52.4	34.4	68.4	11.4	22.4	0.4	10.4	4.4	13.4	0.4	6.4	171.4	28.4	171.4	0.14	Río Bermúdez	San Rafael	1101658.8794	476993.5804
EMPACADORA DE CARNES, EMBUTIDOS Y FORMADOS	31.4	16.4	10.4	8.4	16.4	6.4	12.4	0.4	20.4	2.4	6.4	0.4	2.4	67.4	11.4	352.4	0.34	Río Siquiáres	Garita	1103489.0049	470776.0564
	17.4	40.4	26.4	22.4	44.4	18.4	36.4	0.4	20.4	3.4	10.4	0.4	4.4	140.4	23.4	405.4	0.44	Río Siquiáres	San José	1104156.0794	471627.6504
DISTRIBUCION Y VENTAS DE DERIVADOS DE ACEITE	2.4	17.4	11.4	15.4	30.4	9.4	18.4	1.4	100.4	5.4	16.4	0.4	0.4	176.4	29.4	71.4	0.04	Quebrada Ojode Agua	Garita	1103933.3734	468387.7324
VENTA DE COMBUSTIBLE	1.4	142.4	94.4	15.4	30.4	24.4	48.4	0.4	20.4	25.4	83.4	0.4	0.4	276.8	46.4	50.4	0.04	Río Alajuela	Garita	1106051.8554	467715.9314
PROCESAMIENTO DE CARNES	4.4	327.4	218.4	139.4	278.4	40.4	80.4	0.4	20.4	15.4	50.4	0.4	4.4	650.0	108.4	465.4	0.44	Río Ciruelas	San Antonio	1103171.4314	471800.1554
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	10.4	432.4	288.4	65.4	130.4	184.4	368.0	0.4	50.4	10.4	33.4	0.4	10.4	879.3	146.4	1465.4	1.44	Quebrada El Barro	San Antonio	1106055.7464	475252.6634
GRANJA POCINA	15.4	260.4	173.4	160.4	320.4	36.4	72.4	0.4	20.4	17.4	56.4	0.4	8.4	650.0	108.4	1625.4	1.64	Río Ciruelas	San Antonio	1103831.7624	472958.1924
PROCESAMIENTO DE CARNES	5.4	62.4	41.4	10.4	20.4	42.4	84.4	0.4	20.4	3.4	10.4	0.4	2.4	177.4	29.4	150.4	0.14	Río Ciruelas	San Antonio	1104038.8844	472817.4164
PROCESAMIENTO Y CONSERVACION CARNICOS	80.4	174.4	116.4	85.4	170.4	23.4	46.4	0.4	10.4	11.4	36.4	0.4	18.4	396.4	66.4	5288.4	5.24	Río Ciruelas	Garita	1102196.5404	462402.5444

Apéndice C

Guía de llenado rápido del protocolo para la aplicación del ICNAR y el IPCAR, el cual es un archivo Excel que se adjunta con el proyecto de investigación.

Tabla base de Excel en la hoja 1 para incluir datos

Índice (2) - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Calibri 11 Fuente A A⁺

N K S Fuente Alineación Número

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celdas Insertar Eliminar Formato Celdas

Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

Modificar

E4

Índice de cumplimiento normativo y pontencial de contaminación por aguas residuales																	
ACTIVIDAD	CAUDAL m³/d	DQO 150 mg/L		DBO ₅ 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		GYA 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos Estandarizados	ICNAR	IPCAR	KG CARGA CONTAMINAN DÍA
		Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado				
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
			0,0		0,0		0,0		0,0</								

Índice (2) - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Calibri 20 A⁺ General Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato

Portapapeles Fuente Alineación Número Autosuma Rellenar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales																			
1	ACTIVIDAD		CAUDAL m ³ /d		DQO 150 mg/L		DBO ₅ 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos estandarizados	ICNAR	IPC
	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado					
2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
3	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	Aquí agregar Dato del Reporte operacional	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA	LLENADO CON FÓRMULA AUTOMÁTICA
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			

Tabla base Paso a Paso 2014 2015

En la hoja 3 se presenta la hoja de Excel con los cálculos de los entes generadores para el periodo 2014.

índice (2) - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

C4 DESHUESE, EMPAQUE DE CARNES

índice de cumplimiento normativo y pontencial de contaminación por aguas residuales

ACTIVIDAD	CAUDAL m³/d	DQO 150 mg/L		DBO _{5,20} 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria datos Estandariza
		Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	
DESHUESE, EMPAQUE DE CARNES	32,0	47,0	31,3	10,0	20,0	6,0	12,0	0,2	20,0	5,0	16,7	0,4	8,0	108,0
PLANTA PROCESADORA DE CARNE	13,4	290,0	193,3	150,0	300,0	76,0	152,0	0,2	20,0	22,0	73,3	0,5	9,0	747,7
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	1000,0	77,0	51,3	21,0	42,0	30,0	60,0	0,3	30,0	8,0	26,7	0,7	14,0	224,0
ELABORACION EMBUTIDOS	162,0	240,0	160,0	74,0	148,0	5,0	10,0	0,1	10,0	5,0	16,7	0,5	10,0	354,7
ELABORACIÓN Y VENTA DE EMBUTIDOS	254,0	76,0	50,7	32,0	64,0	48,0	96,0	0,3	30,0	3,0	10,0	0,1	1,0	251,7
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	417,0	301,0	200,7	107,0	214,0	70,0	140,0	1,0	100,0	30,0	100,0	1,8	36,0	790,7
PROCESAMIENTO DE AZUCAR	40,0	1692,0	1128,0	38,0	76,0	54,0	108,0	0,1	10,0	9,0	30,0	0,1	2,0	1354,0
GRANJA PORCINA	92,0	490,0	326,7	125,0	250,0	84,0	168,0	0,2	20,0	8,0	26,7	0,9	18,0	809,3
PARQUE INDUSTRIAL	300,0	68,0	45,3	18,0	36,0	48,0	96,0	1,0	100,0	4,0	13,3	0,2	4,0	294,7

Tabla base Paso a Paso 2014 2015

Listo

En la hoja 4 se presenta la hoja de Excel con los cálculos de los entes generadores para el periodo 2015.

Construcción del índice de contaminación por aguas residuales															
ACTIVIDAD	CAUDAL m³/d	DQO 150 mg/L		DBO _{5,20} 50 mg/L		S.S.T 50 mg/L		S. SED. 1 ml/L		G Y A 30 mg/L		SAAM 5 mg/L		Sumatoria de datos estandarizados	
		Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado	Dato Reporte Operacional	Dato estandarizado		
DESHUESE, EMPAQUE DE CARNES	28,0	23,0	15,3	10,0	20,0	28,0	56,0	0,2	20,0	3,0	10,0	0,1	2,0	123,3	
PLANTA PROCESADORA DE CARNE	604,0	290,0	193,3	150,0	300,0	76,0	152,0	0,2	20,0	22,0	73,3	0,5	10,0	748,7	
ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS	1100,0	67,0	44,7	15,0	30,0	32,0	64,0	0,2	20,0	5,0	16,7	0,3	6,0	181,3	
ELABORACION EMBUTIDOS	162,0	125,0	83,3	16,0	32,0	64,0	128,0	0,1	10,0	7,2	24,0	0,5	10,0	287,3	
VENTA DE EMBUTIDOS	1200,0	120,0	80,0	20,0	40,0	36,0	72,0	0,2	20,0	5,0	16,7	0,1	2,0	230,7	
MATADERO DE GANADO Y CERDOS	269,0	385,0	256,7	147,0	294,0	95,0	190,0	0,1	10,0	18,0	60,0	0,3	6,0	816,7	
PROCESAMIENTO DE AZUCAR	30,0	142,0	94,7	34,0	68,0	48,0	96,0	0,2	20,0	10,0	33,3	0,1	2,0	314,0	
GRANJA PORCINA	84,0	312,0	208,0	175,0	350,0	96,0	192,0	1,1	110,0	10,0	33,3	0,4	8,0	901,3	
PARQUE INDUSTRIAL	308,0	80,0	53,3	16,0	32,0	32,0	64,0	0,3	30,0	3,0	10,0	0,4	8,0	197,3	

Anexo



1 / 2

REPORTE OPERACIONAL AGUAS RESIDUALES

(DECRETO EJECUTIVO Nº 33601-S-MINAE)

1. DATOS GENERALES

Ente Generador: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	CIU:1010
Actividad(es):Procesamiento de Carnes	
Provincia: Alajuela	Cantón: Central
Dirección: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	
Página en Internet:	

Permiso Sanitario de Funcionamiento:	No. xxxxxxxx	Rige:13 enero 2014	Vence:12 enero 2015
--------------------------------------	--------------	--------------------	---------------------

Patente Municipal:	No. xxxxxxxx	Rige:xxxxxxxxxx	Vence:xxxxxxxxxx
--------------------	--------------	-----------------	------------------

Número del Reporte:1	Fecha del Reporte:07 enero 2015
Periodo reportado: del 01 enero 2015	al 31 diciembre 2015

Frecuencia de presentación del Reporte:	Semestral ()	Trimestral ()	Anual (x)
---	---------------	----------------	-------------

Propietario o Representante del Ente Generador:xxxx xxxxxxxx		
Tel:xxxxxxx	Fax:xxxxxx	Apartado Postal:xxxxxxx
Correo Electrónico:xxxxxxxxxx		

Responsable Técnico del Reporte:xxxxxx		
Tel:xxxxxxx	Fax:xxxxxx	Apartado Postal:xxxxxxx
Correo Electrónico:xxxxxx		N°_Registro MS:xxxxxx

2. DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

- ☒ Vertidas al cuerpo receptor: Nombre del cuerpo receptor: **Rio Ciruelas**
- ☐ Vertidas al Alcantarillado Sanitario: Nombre del EAAS:


☐ Reusadas. Tipo N° __

2 / 2

3. MEDICIÓN DE CAUDALES

Método empleado:

La medición de caudales debe hacerse en la salida de la última unidad de tratamiento.

4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES POR PARTE DEL ENTE GENERADOR

TABLA 1. ESTADÍSTICA DEL MONITOREO						
	N° de veces	Promedio	Desvio Estándar	Mínimo	Máximo	Valor *LMP
Caudal (m ³ /día)	1/día	85	n/a	78	102	n/a
pH	1/día	7	1	6	9	6-9
-Sólidos Sedimentables.	1/día	45	5	40	51	50
Temperatura	1/día	27	6	18	34	15-40

La información de la tabla No. 4, corresponde a los valores de los parámetros medidos por el ente generador y anotados en la bitácora de manejo de las aguas residuales.

En caso de que se cuente con un sistema de tratamiento, debe indicar el caudal de diseño, en m³/día: 85 m³/día

5. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Nombre del Laboratorio: Labin

Numero de Permiso Sanitario de Funcionamiento: XXXXX

Rige: XXXX Vence: XXXXX

N° Análisis Físico-químico: n/a N° Análisis Microbiológico: n/a

Muestreo: _____

Tiempo de Duración (indicar el número de muestras por tiempo de muestreo): _____

TABLA 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO									
Parámetro	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	T (°C)	SST (mg/l)	SSed (ml/l)	GyA (mg/l)	SAAM (mg/l)	-
Valor	150	290	7,8	28	76	0,2	22	0,5	
Incertidumbre	2	0,3	0,5	4	6	0,01	1,6	0,02	
Valor *LMP	50	150	6-9	15-40	50	1	22	5	

Ajustar los originales de los análisis de laboratorio con su respectivo refrendo del Colegio Federado de Químicos e Ingenieros en Química de Costa Rica.

** Límites Máximos Permitibles.*



3 / 2

6. EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

Debido a un problema en los aireadores los parámetros de DBO, DQO T SST sobrepasan los límites permisibles del Decreto 33601-Minae-S

7. PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Se comprara un aireador para cumplir con el decreto.

8. REGISTRO DE PRODUCCIÓN

Como producción, o población servida, durante el período reportado: _____ xxxxxx _____

9. NOMBRE y FIRMA:

RESPONSABLE TÉCNICO
DEL REPORTE

REPRESENTANTE LEGAL DEL
ENTE GENERADOR

Carta de autorización por parte del Ministerio de Salud, para la elaboración del proyecto de investigación.



Ministerio
de Salud



MINISTERIO DE SALUD
DIRECCIÓN DE RECTORÍA DE LA SALUD CENTRAL NORTE
DIRECCIÓN ÁREA RECTORA DE SALUD ALAJUELA 2
Alajuela, Calle 1, Avenidas 7 y 9

Alajuela 4 de junio del 2018
CN-ARS-A2-840-2018

Ingeniero
Javier Chacón Barrantes
Profesor tutor
Universidad Técnica Nacional

Asunto: Aprobación para el acceso de la información de los reportes operacionales.

Reciba un cordial saludo, respecto de su solicitud de autorización para acceder a los expedientes tipo A que se registran en el Ministerio de Salud de Alajuela, para realizar el proyecto de investigación denominado "Construcción de Protocolo para la elaboración de un Índice de Contaminación de Aguas Residuales y para Mapeo de valoración potencial de contaminación", por tanto, se aprueba el acceso a los reportes operacionales de las actividades tipo A.

Atentamente

Área Rectora de Salud Alajuela 2

Dr. Ronald Enrique Mora Solano
Director



cc: Archivo

REMS/cvr

ACTA

En la ciudad de Alajuela, a los 22 días del mes de abril del año 2019, estando presentes en la Sede Central de la Universidad Técnica Nacional, las siguientes personas: Sr. José Pablo Carvajal Sánchez, Sr. Javier Chacón Barrantes, Sr. Carlos Mora Sánchez, Sr. Ronald Enrique Mora Solano en su condición de miembros del Tribunal Evaluador, para evaluar el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Salud Ocupacional y Ambiente, de los estudiantes: Cecilia Varela Rosabal; cédula 203280888, Bryan Arias Gutiérrez; cédula 401970731 y Erick Silva Padilla; cédula 16025029.

Reunido el Tribunal Evaluador y las aspirantes, procedieron a defender su Trabajo Final de Graduación "Construcción de un "Protocolo para la elaboración de un Índice de Contaminación de Agua Residuales y para el Mapeo de Valoración Potencial de Contaminación" a partir de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales presentados a las Áreas Rectoras de Salud. Su aplicación al caso de los Reportes Operacionales de las industrias Tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela, en el periodo 2014-2015."

Concluida la defensa del Trabajo Final de Graduación, el Tribunal Evaluador consideró que, de conformidad con la normativa en la materia, los estudiantes obtuvieron una calificación de 10.0 diez punto cero, cumpliendo con las exigencias requeridas para la aprobación del Trabajo Final de Graduación y le es conferido el grado de Licenciatura en Ingeniería en Salud Ocupacional y Ambiente con mención Summa Cum Laude.



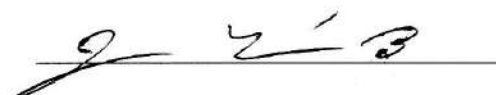
Sra. Cecilia Varela Rosabal
Estudiante



Sr. Bryan Arias Gutiérrez
Estudiante



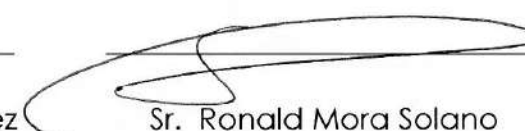
Sr. Erick Silva Padilla
Estudiante



Sr. Javier Chacón Barrantes
Miembro del Tribunal Evaluador
Tutor



Sr. Jose Pablo Carvajal Sánchez
Miembro del Tribunal Evaluador
Lector



Sr. Ronald Mora Solano
Miembro del Tribunal
Evaluador
Lector



Sr. Carlos Mora Sánchez
Director de Carrera
Presidente Tribunal Evaluador

Anexo IV
**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES DE
GRADUACIÓN
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
(Trabajo colectivo)**

Alajuela, 29 abril 2019.

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Nombre de sustentantes	Cédula
Cecilia Varela Rosabal	203280888
Bryan Arias Gutiérrez	401970731
Erick Silva Padilla	16025029

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado: ***_Construcción de un Índice de Cumplimiento Normativo y un Índice de Potencial de Contaminación por Aguas Residuales. "Elaboración de un Protocolo para la implementación de los índices y el Mapeo de Valoración Potencial de Contaminación" a partir de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales presentados a las Áreas Rectoras de Salud. Su aplicación al caso de los Reportes Operacionales de las industrias Tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela, en el periodo 2014-2015_***

El cual se presenta bajo la modalidad de:

☐ Seminario de Graduación

☒ Proyecto de Graduación

☐ Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 29 de abril, 2019, autorizamos a la Universidad Técnica Nacional, sede Central, para que nuestro trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Autorizamos**SI****No**

Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca

X

Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)

X

Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional

X

Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)

X

Consulta electrónica con texto protegido

X

Descarga electrónica del documento en texto completo protegido

X

Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.

X

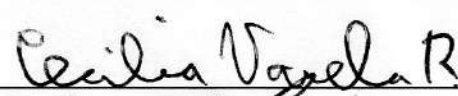
Por otra parte declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante**Cédula****Firma**

Cecilia Varela Rosabal

203280888



Bryan Arias Gutiérrez

401970731



Erick Silva Padilla

16025029



Día: __29 abril 2019__

Resumen

Título del Proyecto: Construcción de un Índice de Cumplimiento Normativo y un Índice de Potencial de Contaminación por Agua Residuales. “Elaboración de un Protocolo para la implementación de los índices y el Mapeo de Valoración Potencial de Contaminación” a partir de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales presentados a las Áreas Rectoras de Salud. Su aplicación al caso de los Reportes Operacionales de las industrias Tipo A con vertido a cuerpo receptor, en el Área Rectora de Salud Alajuela, en el periodo 2014-2015.

Autores: Cecilia Varela Rosabal, Bryan Arias Gutiérrez y Erick Silva Padilla.

En Costa Rica, se ha venido presentando en los últimos años un problema grave con el manejo y vertido de aguas residuales sin control en nuestros diferentes ríos y acequias. El Ministerio de Salud mediante la aplicación del decreto N^o 33601-MINAE-S a través de sus Área Rectoras de Salud realizan una vigilancia sobre esta problemática, no obstante el esfuerzo es insuficiente ya que dicho control se basa únicamente en la revisión de cumplimiento de los parámetros universales de vertido y no toman en cuenta la carga contaminante que llevan estas aguas a los cuerpos, lo que provoca un consecuente impacto ambiental ya que se están vertiendo sustancias que son ajenas al río alterando su composición.

En la problemática de la carga contaminante antes mencionada, para este proyecto se elaboraron dos índices para aguas residuales, uno denominado Índice de Cumplimiento Normativo por Aguas Residuales (ICNAR) y un Índice Potencial de Contaminación (IPCAR), que permiten a las Áreas Rectoras de Salud reflejar

mediante un valor numérico el cumplimiento normativo como la cantidad de carga contaminante vertidas a cuerpos receptores, procurando que por medio del Ministerio de Salud y estos entes generadores (empresas) realicen acciones en mejoramiento del ambiente y la salud de la población.

Palabras Claves: Índices de Contaminación, Aguas Residuales, Cuerpo Receptor, Decreto N° 33601-MINAE-S, Parámetros de Vertido.