

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Escuela de Ciencias Ambientales

Ingeniería en Gestión Ambiental

Título:

Propuesta de un plan de acción cantonal para el mejoramiento de la calidad del agua superficial en la parte media de la microcuenca del río Torres en el sector de Goicoechea, como parte del Corredor Biológico Interurbano

Trabajo Final de Graduación

Modalidad:

Proyecto de Graduación

Autor:

Laura Melissa Núñez Valverde

Comité asesor:

Tutora: M.Sc. Ligia Dina Solís Torres

Lectora: M.Sc. María Álvarez Jiménez

Lector: M. Sc. Gustavo Herrera Ledezma

Heredia, Costa Rica

2023

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Costa Rica, para optar al grado de Licenciatura en **Ingeniería en Gestión Ambiental**.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

.....

Dra. Marilyn Romero Vargas

Representante Decanato de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

.....

M.Sc. José Castro Solís

Representante de Dirección de EDECA

.....

M.Sc. Ligia Dina Solís Torres

Tutora

NSP

.....

M.Sc. María Álvarez Jiménez

Lectora

.....

M. Sc. Gustavo Herrera Ledezma

Lector

.....

Laura Melissa Núñez Valverde

Postulante del trabajo

Dedicatoria

A mi familia, que siempre ha estado a mi lado y ha sido mi respaldo durante estos años para terminar mi carrera.

A mis compañeros y colegas, que al igual que yo, han superado retos y limitantes para conseguir terminar la licenciatura.

A todas esas personas que han sido valientes y han levantado la voz, pero principalmente a las que, por miedo, han tenido que callar.

Agradecimientos

A Dios, por nunca abandonarme y permitirme alcanzar un logro más.

A mi Comité asesor, tutora (Ligia Solís) y lectores (María Álvarez y Gustavo Herrera), que me han brindado apoyo fundamental para lograr culminar este proyecto de graduación.

A la contraparte de este proyecto y encargado del Departamento de Gestión Ambiental, don Gustavo Herrera, por la confianza puesta en mí y el apoyo brindado para ejecutar este proyecto, como también al personal municipal que me brindó su colaboración para ejecutar los muestreos y el trabajo de campo.

A todos los actores sociales que participaron y sus aportes fueron claves para la ejecución del proyecto.

A todos mis amigos, amigas, colegas y a mi familia, que me han dado palabras de aliento para seguir adelante.

Resumen

Costa Rica cuenta con un importante atraso respecto al tema de infraestructura y saneamiento de las aguas residuales, en el que la calidad del recurso hídrico, mayoritariamente en las zonas urbanas del país, se encuentra en un deterioro progresivo. La microcuenca del río Torres se ubica dentro de la subcuenca del río Virilla, la cual pertenece a la cuenca del río Grande de Tárcoles. Esta cuenca es una de las principales del país, ya que representa un 4,2 % del territorio nacional, y es la cuenca principal del país en recibir la mayor parte de sus aguas residuales sin tratamiento, convirtiéndose en la cuenca más contaminada del país y de Centroamérica.

En el este trabajo se realizó una caracterización y estudio de la calidad de las aguas superficiales en la parte media de la microcuenca del río Torres, específicamente en el sector del río Purral y en el río Torres (en el sector que recorre en el cantón de Goicoechea). Se trabaja en conjunto con la Municipalidad de Goicoechea y, además, este proyecto tiene un gran aporte al Proyecto Nacional de Corredores Biológicos, debido a que la microcuenca del río Torres es un Corredor Biológico Interurbano, asimismo, como gobierno local, pues el proyecto tiene gran valor para la estrategia Ríos Limpios: Estrategia Nacional para la recuperación de cuencas urbanas 2020-2030, en el que parte de las acciones estratégicas de este plan radican en el apoyo que deben brindar las organizaciones locales. De igual forma, contribuye al accionar que debe tomar la Municipalidad de Goicoechea para el mejoramiento del recurso hídrico de la cuenca del río Grande de Tárcoles, al tratarse de uno de los 34 municipios involucrados en el recurso de amparo impuesto en el año 2007, conocida como Voto Garabito.

Con estas premisas, se ejecutó una caracterización de la composición biofísica y socioeconómica de la microcuenca del sector de estudio para el conocimiento de su estado actual. Por tanto, se procede a realizar una evaluación de la calidad del agua del río Purral y el río Torres, mediante la recolección de muestras y análisis físicos, químicos y biológico del agua superficial, a lo que los resultados condujeron a la clasificación de la calidad del cuerpo superficial como contaminación incipiente y moderada (en época lluviosa) y contaminación severa (en época seca).

Finalmente, con los resultados obtenidos, se efectuó una propuesta cantonal que permite brindar un mejoramiento progresivo en la calidad de las aguas superficiales del cantón y que conlleve a la recuperación de los ríos urbano, de los servicios ecosistémicos, brindando una mayor adaptación y mitigación ante las consecuencias del cambio climático.

Tabla de contenido

Resumen	4
Índice de figuras	7
Índice de cuadros.....	9
1. Introducción.....	11
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Problema.....	14
1.3 Justificación.....	17
2. Objetivos	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3. Marco conceptual	22
3.1 Cuenca y microcuenca hidrográfica: agua superficial, río urbano	22
3.2 Corredor Biológico Interurbano: enfoque de los servicios ecosistémicos	25
3.3 Contaminación, fuentes de contaminantes y la calidad del agua	26
3.4 Legislación que compete a la calidad del agua: parámetros e índices.....	29
3.5 Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua.....	33
4. Metodología.....	35
4.1 Enfoque y diseño de investigación	35
4.2 Alcance de estudio.....	35
4.3 Descripción del proceso metodológico.....	37
5. Resultados y discusión.....	54
5.1 Fase I: Caracterización demográfica y biofísica del sector de estudio.....	54
5.2 Fase II: Evaluación de la calidad del agua del río Purral y el río Torres.....	82
Oxígeno Disuelto (OD)	90
Porcentaje de Saturación de Oxígeno (PSO).....	91
Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	92
Nitrógeno Amoniacal N-N ⁴	94
Parámetros complementarios.....	95
Restricciones de los usos potenciales	97
5.3 Fase III. Plan de acción para el mejoramiento de la calidad del agua	97
Plan de acción	98
Plan de monitoreo.....	102
6. Conclusiones	116

7. Recomendaciones	119
8. Referencias bibliográficas.....	120
9. Apéndices.....	128
10. Anexos.....	135

Índice de figuras

Figura 1. Composición del marco conceptual.....	22
Figura 2. Mapa de la zona estudio, microcuenca del río Torres, San José	36
Figura 3. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo, microcuenca del río Torres, San José	40
Figura 4. Punto de muestreo #1: Cafetal, distrito Purral, Goicoechea	41
Figura 5. Punto de muestreo #2: Entrada del Súper Jumbo Purral, distrito Purral, Goicoechea	41
Figura 6. Punto de muestreo #3: Puente peatonal. Calle 53-A, distrito Guadalupe, Goicoechea.....	42
Figura 7. Punto de muestreo #4: Calle 29, distrito Guadalupe, Goicoechea.....	42
Figura 8. Punto de muestreo #5: Avenida 17, distrito San Francisco, Goicoechea	43
Figura 9. Punto de muestreo #6: Avenida 13, Calle 3A, distrito San Francisco, Goicoechea	43
Figura 10. Muestra físico-química de las aguas superficiales, época lluvioso, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.....	45
Figura 11. Muestra físico-química de las aguas superficiales, época seca, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.....	46
Figura 12. Toma de parámetros medidos en campo en el muestreo de las aguas superficiales, época lluviosa, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José	46
Figura 13. Toma de parámetros medidos en campo en el muestreo de las aguas superficiales, época seca, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.....	47
Figura 14. Cantidad de muestras recolectadas en cada punto de muestreo.....	47
Figura 15. Muestras de agua superficial tomadas en cada punto de muestro para el análisis de coliformes fecales.....	48
Figura 16. Hieleras utilizadas para preservar las muestras	48
Figura 17. Mapa de la superficie (km ²) de cada distrito, cantón de Goicoechea, San José.	54
Figura 18. Población de los distritos del cantón de Goicoechea	55
Figura 19. Porcentaje de personas encuestadas según el rango de edad	65
Figura 20. Distrito donde habita la persona participante	66
Figura 21. Situación laboral de los encuestados.	67
Figura 22. Evacuación de las aguas grises de las viviendas de las personas encuestadas	68
Figura 23. Evacuación de las aguas negras de las viviendas de las personas encuestadas	68
Figura 24. Percepción de olores en el río según personas encuestadas.....	69
Figura 25. Percepción de colores en el río según personas encuestadas.....	70
Figura 26. Percepción de espumas en el río según personas encuestadas.....	70
Figura 27. Clasificación de la problemática de vertido de residuos sólidos según personas encuestadas.....	71

Figura 28. Consideración del estado del río según personas encuestadas.	72
Figura 29. Afectaciones ocasionadas por el desbordamiento del río a personas encuestadas	73
Figura 30. Mapa de la composición geológica del cantón, Goicoechea, San José	75
Figura 31. Mapa de ubicación del cantón y distritos, Goicoechea, San José.....	77
Figura 32. Mapa de la Red hidrográfica del cantón de Goicoechea, San José.....	78
Figura 33. Concentración de Oxígeno disuelto de cada punto de muestreo en la época lluviosa.....	91
Figura 34. Concentración del Porcentaje de Saturación de Oxígeno de cada punto por época muestreada.....	92
Figura 35. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de cada punto por época muestreada.....	94
Figura 36. Concentración de Nitrógeno Amoniacal de cada punto por época de muestreada.....	95

Índice de cuadros

Cuadro 1. Descripción de parámetros físico-químicos y biológicos y su afectación en el medio.	30
Cuadro 2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	39
Cuadro 3. Asignación de puntajes según el Sistema Holandés para cuerpos receptores.	49
Cuadro 4. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés.	49
Cuadro 5. Parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas en el Reglamento.	50
Cuadro 6. Clasificación de los Cuerpos de Agua según el uso potencial y tratamiento que requiera.	50
Cuadro 7. Indicadores económicos por distrito.	57
Cuadro 8. Indicadores de vivienda y disponibilidad de servicios básicos y TIC.	60
Cuadro 9. Indicadores de condiciones de vida según cantón y distrito.	61
Cuadro 12. Índice de Calidad del Ecosistema Urbano del río Torres (ICEURT).	81
Cuadro 13. Datos de los Parámetros medidos in situ, en época lluviosa, en la parte media de la Microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.	83
Cuadro 14. Datos de los Parámetros medidos in situ, en época seca, en la parte media de la Microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.	83
Cuadro 15. Datos de los resultados de los análisis físico-químicos de parámetros principales y complementarios para la época lluviosa.	83
Cuadro 16. Datos de los resultados de los análisis físico-químicos de parámetros principales y complementarios para la época seca.	85
Cuadro 17. Asignación de puntaje según Índice Holandés de acuerdo con la concentración de los parámetros analizados para la época lluviosa.	86
Cuadro 18. Asignación de clase de calidad del agua según Índice Holandés de codificación por colores para la época lluviosa.	87
Cuadro 19. Asignación de puntaje según Índice Holandés de acuerdo con la concentración de los parámetros analizados para la época seca.	87
Cuadro 20. Asignación de clase de calidad del agua según Índice Holandés de codificación por colores para la época seca.	87
Cuadro 21. Resultados del Índice Holandés de la calidad del agua (IHCA-CR) y los valores de PSO, DBO y N-NH ⁴⁺ , por sitio y época.	88
Cuadro 22. Usos potenciales del agua superficial de acuerdo con el Índice Holandés de Valoración de la Calidad para los Cuerpos de Aguas Superficiales del área de estudio con resultados de época lluviosa.	88
Cuadro 23. Plan de acción Programa #1.	97
Cuadro 24. Plan de acción Programa #2.	98

Cuadro 25. Plan de acción Programa #3.	100
Cuadro 26. Plan de acción Programa #4.	101
Cuadro 27. Plan de monitoreo Programa #1.	102
Cuadro 28. Plan de monitoreo Programa #2.	103
Cuadro 29. Plan de monitoreo Programa #3.	104
Cuadro 30. Plan de monitoreo Programa #4.	105
Cuadro 31. Plan de acción (actividades plus) Programa #1.	106
Cuadro 32. Plan de acción (actividades plus) Programa #2.	109
Cuadro 33. Plan de acción (actividades plus) Programa #3.	110
Cuadro 34. Plan de monitoreo (actividades plus) Programa #1.	111
Cuadro 35. Plan de monitoreo (actividades plus) Programa #2.	114
Cuadro 36. Plan de monitoreo (actividades plus) Programa #3.	115

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En la actualidad muchos países del mundo hacen grandes esfuerzos para satisfacer la demanda de bienes y servicios que requieren sus habitantes. Sin embargo, en muchos de ellos, el modelo de desarrollo implementado no cuenta con un proceso de planificación adecuado, puesto que no han adoptado tecnologías de producción sostenibles, lo que ha generado un uso irracional de las materias primas y un manejo inadecuado de los residuos generados, comprometiendo de esta manera la calidad y la disponibilidad los recursos naturales, y por consiguiente, la contaminación de los cuerpos hídricos es una de las principales consecuencias de este mal manejo.

Según la WWAP (en español Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos) (2019), en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019, “en el mundo el uso del agua ha ido aumentando aproximadamente un 1% por año desde la década de 1980. Este es impulsado por una combinación de crecimiento poblacional, desarrollo socioeconómico y patrones de consumo en evolución” (p. 14).

Lo anterior conduce a un aumento del estrés hídrico y a una severa afectación en la calidad del recurso. Los problemas de calidad del agua no solo incluyen la pérdida de cuerpos de agua de calidad óptima, sino, también, al aumento de contaminantes emergentes y la propagación de especies invasoras. Esto afecta directamente a las personas que dependen de estas fuentes como su principal suministro, limitando su disponibilidad y aumentando los riesgos para la salud (WWAP, 2019, p.17).

La calidad de los cuerpos se ve afectada por una gran serie de compuestos orgánicos e inorgánicos que proceden de fuentes puntuales que pueden ser urbanas, industriales y de áreas de ganadería; o de nutrientes de origen difuso en áreas agrícolas y urbanas; también de contaminantes derivados de problemas de eutrofización, acidificación o filtraciones de vertederos de escombros (basureros), filtraciones de embalses, entre otros (Soto, 2019).

A nivel mundial existen múltiples estudios sobre la calidad de agua superficial y en los últimos años se ha dado una mayor importancia al tema en Centroamérica, por lo que se creó una guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), misma que fue creada por Global Water Partnership Centroamérica en el año 2013 (GWP). Este es un instrumento metodológico dirigido a técnicos y facilitadores que trabajan a nivel local y municipal, que sugiere líneas de acción para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos y evitar o minimizar los

impactos negativos que causan los procesos sociales, económicos y productivos a nivel local (GWP, 2013).

Según Araya y Calvo (2017), Costa Rica es considerado un país de oferta hídrica, cuyo capital estimado es de 31 318 m³ per cápita y su extracción representa apenas un 5,1 % del total disponible en el país. Sin embargo, los ríos que atraviesan zonas de alta densidad poblacional se encuentran con altos niveles de contaminación. Ahora bien, “para el año 2016, la disponibilidad de recurso renovable de agua dulce con que se contó fue de 103 120 millones de m³, un 2,64 % menos que el año anterior” (Soto, 2019, p.15).

En el país, las precipitaciones anuales que recibe son más del 167 km³, dispone 112,4 km² de recurso hídrico y posee 34 cuencas hidrográficas. Sin embargo, los cuerpos de agua superficial presentan un porcentaje importante de contaminación, en los que se estima que están conformados por un 20 % de aguas residuales urbanas, 40 % de desechos sólidos e industriales y un 40 % proveniente del sector agrícola (Hernández y Ulate, 2016). A parte de esto, se debe considerar el aporte del cambio climático que incide en los cambios en los patrones de precipitaciones, las temperaturas y periodos secos más extensos (Mora-Aparicio, Alfaro-Chinchilla, Pérez-Molina, y Vega-Guzmán, 2022).

Costa Rica cuenta con un atraso importante en el tema de infraestructura y tecnologías de tratamiento de aguas residuales, lo que ha presentado una persistente contaminación de los cuerpos receptores.

Los cuerpos de agua superficiales reciben descargas de: sistemas de tratamiento disfuncionales, aguas sin tratamiento previo, aguas de alcantarillado o cloaca sin tratamiento previo o población sin sistema de tratamiento. Actualmente, en la tendencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales doméstica sigue prevaleciendo el uso de tanques séptico sobre el alcantarillado (con y sin tratamiento), con un 76,9 % y 21,1 % respectivamente. El porcentaje de cobertura con tanque séptico paso de un 73 % en el 2013 a un 76 % para el 2015. El manejo de alcantarillado sanitario sigue siendo deficiente en zonas rurales (5 %) en comparación con zonas urbanas (27,7 %). (Herrera, 2017).

A nivel nacional se han realizado diversos estudios en múltiples cuencas, subcuencas y microcuencas de ríos, con el fin de identificar fuentes y principales focos de contaminación y analizar la calidad del agua superficial. Algunos de estos estudios relacionados con el tema son: el Análisis del nivel de contaminación en la cuenca media alta del río Guápiles, Pococí, que tuvo por objetivo general analizar la mencionada cuenca para la definición de una línea base respecto a los

niveles de contaminación (Soto, 2019); La Propuesta de Estrategia de Intervención para mejorar la calidad de las aguas superficiales en la parte baja de la Microcuenca del río Bermúdez, cantón de Belén, Heredia, cuyo objetivo fue realizar un diagnóstico de la calidad del agua superficial de la parte baja de la microcuenca del río Bermúdez, con el fin de diseñar una estrategia de intervención para su mejoramiento (Segura y Fernández, 2015); y, por último, Determinación del impacto en la calidad del agua en la parte alta de la microcuenca del río Porrosatí, por vertido de aguas residuales, para la realización de planes y acciones de manejo de recursos hídricos, que se enfocó en analizar la calidad del agua de la microcuenca mencionada, por medio de análisis físicos químicos y microbiológicos para la determinación de la concentración de contaminantes y el discernimiento de posibles fuentes contaminantes (Hernández y Ulate, 2016).

En el presente trabajo se llevó a cabo una caracterización de las aguas superficiales en la parte media de la microcuenca del río Torres, contemplando la época seca y la época lluviosa, específicamente en el sector del río Purral (afluente del río Torres) y en el río Torres (en el sector que recorre en el cantón de Goicoechea), para posteriormente realizar una propuesta que permita brindar un mejoramiento progresivo en la calidad de las aguas superficiales del cantón.

Como parte de los antecedentes locales, esta microcuenca no cuenta con estudios previos en la zona específica que se analiza. Sin embargo, en el año 2020, el Viceministerio de Agua y Mares del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) lideran la estrategia: Ríos Limpios: Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030, en junto con distintos entes y organizaciones a nivel nacional. Este proyecto ejecutará un plan piloto de tres años en las microcuencas de los ríos Torres y María Aguilar, por lo que se necesita tomar medidas de acción y compromiso por parte de los gobiernos locales para lograr las metas planeadas.

Esta estrategia pretende lograr una recuperación de los ríos urbanos, mediante la implementación de acciones en 5 ejes principales: i) el fortalecimiento de los mecanismos de gobernanza de la gestión territorial existentes, ii) el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico, iii) la gestión integral de residuos sólidos, iv) la recuperación de los ecosistemas ribereños y la reducción del impacto de las áreas de protección invadidas, y la v) implementación de una estrategia de comunicación. (Rodríguez y Sáez, 2020, p.7).

1.2 Problema

En el país, respecto al tema de la gestión del recurso hídrico, se han creado leyes que lo regulan, entre ellas, la Ley General de Aguas N.º 276, publicada en 1942; la Ley Forestal N.º 7575, publicada en 1997. También, se cuenta con el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N.º 33903 y con el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N.º 33601. De igual manera, en el país se creó el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH), que busca promover el desarrollo de las sociedades a partir de criterios de sostenibilidad y de manera respetuosa con la naturaleza; desarrollar e impulsar una gestión del agua participativa, eficiente y solidaria; establecer compromisos y normas para la mitigación de los efectos negativos causados por el cambio climático y por los fenómenos extremos (MINAE, 2008).

Más recientemente, en el 2022, se presentó un proyecto de ley, llamado Ley Marco para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Esta ley tiene como objeto regular y tutelar el aprovechamiento y el uso sostenible del recurso hídrico continental, insular y marino, por considerarlo un recurso fundamental para la vida, limitado y vulnerable. Este proyecto de ley, en el presente año (2023) se encuentra pendiente de aprobación por parte de la Asamblea Legislativa. Esta ley, para la GIRH, adiciona elementos técnicos del ciclo hidrológico, del cambio climático, de la gestión y administración del agua por cuenca hidrográfica, de la participación ciudadana a través de la conformación de los Consejos de Unidades Hidrológicas, del caudal ambiental, de la clasificación de los cuerpos de agua en función de la calidad hídrica y biológica (Astorga, 2016).

A pesar de esta legislación, la calidad del recurso hídrico, mayoritariamente en las zonas urbanas del país, se encuentra en un deterioro progresivo. Asimismo, Costa Rica está rezagada en el tema de alcantarillado sanitario que, en junto con el aumento de la población, de la industria y la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales y de control de la legislación por parte de las autoridades gubernamentales, contribuyen a que se genere un aumento en la contaminación de los ríos (AyA, MINAE y MS, 2016).

Esta situación no es diferente en el cantón de Goicochea, es necesario indicar que este pertenece a la provincia de San José, cuyo sistema fluvial es parte de la vertiente del Pacífico y una de sus microcuencas es la del río Torres, la cual es una de las más contaminadas de la Gran Área Metropolitana (GAM), específicamente la parte media de la microcuenca, y corresponde al objeto de estudio del este proyecto.

De manera general, la microcuenca del río Torres se ubica dentro de la Subcuenca del río Virilla, que pertenece a la Cuenca del río Grande de Tárcoles. Según Rodríguez y Sáez (2020), esta cuenca tiene una extensión territorial de 2 165,99 km², que la convierte en una de las principales del país. Asimismo, representa un 4,2 % del territorio nacional y se extiende por cinco de las siete provincias: San José, Alajuela, Heredia, Cartago y Puntarenas. La cuenca se forma mediante la confluencia entre el río Virilla y el río Grande (Apéndice 1).

De acuerdo con Mena (2015): “en esta cuenca, se ubica el 55 % de la población nacional y el 80 % de las industrias, y las principales actividades productivas y económicas del país” (p. 2). De esta manera, el río Tárcoles se convierte en la cuenca principal del país en recibir la mayor parte de sus aguas residuales, lo que lo convierte en no solo la cuenca más contaminada del país, sino de toda Centroamérica. No obstante, solamente el 5 % del total de vertidos a cuerpos de agua recibe tratamiento previo (Briceño, 2014).

La microcuenca del río Torres nace en Rancho Redondo, en Goicoechea y desemboca en el río Virilla en la Planta Hidroeléctrica Electriona, en el sector de La Carpio. Posee una longitud de 26 km y se encuentra a una elevación entre los 900 y los 2 040 m. Esta recoge los residuos de aproximadamente 327 000 casas, siguiendo lo expuesto por Gastezzi, Alvarado y Pérez (2017).

Específicamente en el sector de la microcuenca que atraviesa el cantón de Goicoechea corresponde a la parte alta y media de la microcuenca. Con ello, la parte alta recorre el distrito de Rancho Redondo y la parte media recorre los distritos de Purral, Mata de Plátano, Guadalupe y San Francisco. Por lo tanto, el río Torres marca el límite geográfico entre Goicoechea-San José y entre Goicoechea-Montes de Oca.

En el este trabajo, se realizó un estudio de la calidad del agua superficial en la parte media de la microcuenca del río Torres, específicamente en el sector del cantón de Goicoechea, involucrando el río Purral (afluente del río Torres) y el río Torres, contemplando la época seca y lluviosa. Se investiga debido a que actualmente se carece de información en dichos sectores de la microcuenca, que sirva de línea base y brinde información al municipio local sobre las fuentes y focos de contaminación y que permita posteriormente elaborar medidas de acción para atender la problemática. El proyecto se realizará con apoyo de la Municipalidad de Goicoechea.

Por lo tanto, en esta investigación se plantea una serie de preguntas iniciales como: ¿Cuáles son los principales vertidos al río en la zona de estudio de la microcuenca de río Torres y sus características?, ¿Cuál es la calidad del agua de los ríos de estudio respecto a los análisis físicos, químicos y biológicos?, ¿Cuál es la afectación de los vertidos sólidos con relación a la calidad del

agua de los ríos?, ¿Cuáles son las características socio-culturales más relevantes de la población aledaña que puede generar afectaciones en la calidad del agua de cuerpo receptor?, ¿Cuáles son las principales barreras sociales, ambientales, políticas, económicas que afectan el manejo del recurso hídrico del sitio?

Pese a que la microcuenca atraviesa todo el cantón, por aspectos de acceso y seguridad en la zona que cubre el río Rancho Redondo y Mata de Plátano, se decide delimitar el estudio a la parte media de la microcuenca del río Torres, enfocando la zona de estudio en los distritos de Purral, Guadalupe y San Francisco, sitio donde atraviesan los mencionados río Purral y río Torres.

Cabe mencionar que, en el año 2013, como parte del Informe de Calidad de las Aguas Superficiales realizado por la Municipalidad de San José junto con el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional (UNA), se monitorea la calidad del agua en los cuerpos de agua superficiales que atraviesan el cantón de San José y de los dieciocho sitios de muestreo seleccionados. Por lo tanto, el río Torres fue parte de este estudio, sin embargo, los puntos analizados se realizaron en Barrio Aranjuez, en el Museo de los Niños y en el puente del Bajo de Los Ledezma. Por esto en el área del río a investigar no se cuenta con datos de análisis previos, ya que corresponden al sector de la cuenca que compete al cantón de Goicoechea.

A raíz de los estudios de calidad de agua mencionados, se analizó la condición ambiental de la subcuenca del río Virilla, incluyendo al río Torres (2006 y 2010), estableciendo que este se considera un cuerpo de agua severamente contaminado, considerando como posibles razones el aporte de minerales según el tipo de suelo y descargas de aguas residuales crudas (Mora-Aparicio *et al.*, 2022).

1.3 Justificación

Según Gastezzi, Alvarado y Pérez (2017): “los ríos urbanos tienen gran importancia en el ámbito social y de desarrollo económico, así mismo producen seguridad a la sociedad frente a las amenazas naturales, tales como inundaciones, control de escorrentías y en especial, los efectos del cambio climático” (p. 40).

La recuperación de los ríos urbanos trae consigo múltiples beneficios no solo ambientales sino también sociales y económicos y hasta culturales, ya que estos son altamente valorados por los bienes y servicios ecosistémicos que proveen entre ellos: la aportación de agua dulce para el consumo humano, la conservación de flora y fauna mediante la conformación de cadenas tróficas y ciclo de nutrientes, la regulación de microclimas y el control de inundaciones; así como las actividades sociales vinculadas a la recreación y el turismo (Zamora, Mazari y Almeida, 2017).

Asimismo, las ciudades manifiestan una vulnerabilidad mayor ante los efectos del cambio climático en función de su escasez y el alto grado de contaminación de las fuentes de abastecimiento. Además, la mala gestión de los cauces hídricos hace que las zonas urbanas sean lugares más propensos a sufrir deslaves e inundaciones (Cevallos y Parrado, 2018). Por estas razones se prioriza la importancia de contar con medidas para reducir impactos, ocasionados por fenómenos naturales asociados al cambio climático.

Razón por la cual, a partir del año 2008, entes públicos del país lideraron un movimiento para la creación del primer Corredor Biológico Interurbano (CBI) y la microcuenca del río Torres fue seleccionado debido a sus características físicas, sociales y de paisaje. Los CBI brindan servicios ecosistémicos, tales como la obtención de agua y alimento. También, regulan inundaciones y sequías, controlan la calidad del agua, los deslizamientos de la tierra y secuestro de carbono (Gastezzi, Alvarado y Pérez, 2017). Dentro de la microcuenca, el Corredor Biológico Interurbano río Torres (CBIRT), comprende los 300 m a cada lado del río Torres dentro de la subcuenca del río Virilla, abarca los cantones de Tibás, Montes de Oca, San José y Goicoechea (Trujillo-Acosta, Peraza-Estrella, Marina-Hipólito, Feoli-Borasch, 2016). Por lo tanto, este proyecto tiene un gran aporte al Proyecto Nacional de Corredores Biológicos, que es una Estrategia de Conservación de la Biodiversidad creado por medio del Decreto N.º 33106-MINAE, pues declara que los corredores biológicos son de interés público y en los que cada gobierno local involucrado debe de tomar medidas para la protección del tramo del río que le compete (MINAE, 2006).

Uno de los esfuerzos realizados en el país, con la intención de prevenir la contaminación del recurso hídrico, es el proyecto denominado Saneamiento Ambiental del Área Metropolitana de San José del AYA. Este proyecto consiste en la construcción de colectores y redes de alcantarillado que trasladarán las aguas residuales del GAM directo a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Los Tajos, para que reciban un tratamiento antes de ser descartadas al río. La población beneficiada son los habitantes de los cantones de San José, Desamparados, Escazú, Goicoechea, Alajuelita, Vásquez de Coronado, Tibás, Moravia, Montes de Oca, Curridabat y la Unión (Mora-Aparicio *et al.*, 2022).

Actualmente la microcuenca del río Torres está siendo intervenida por una serie de obras de alcantarillado sanitario, ya que es parte del proyecto indicado. Según Rodríguez y Sáez (2020): “estas suman en total 80 554,95 metros de longitud dentro del área de las cuencas” y se espera que se presente un impacto positivo gradual en el mejoramiento del estado de las aguas superficiales en el periodo comprendido desde el año 2018 al 2023, lapso en el que se espera que se terminen las obras en su totalidad. Dicho sistema de alcantarillado se conectará con la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos.

Según una investigación realizada con el fin de establecer el aporte del tratamiento primario realizado por la PTAR al río Torres, en el año 2021, se analizaron los resultados de muestreos realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA de este río, llevados a cabo aguas arriba de la PTAR, aguas abajo de la descarga de la PTAR y en el Bajo Los Ledezma, antes de la puesta en marcha de la PTAR y posterior a esta, utilizando la Metodología del Sistema Holandés (MIH), aplicada en el país según artículo 4 del Decreto N.º 33903, en el que se concluyen que el río Torres ya presentaba un nivel de contaminación severo antes de la construcción de la PTAR, sin embargo, durante los muestreos aguas arriba y aguas abajo se comprobó que la calidad del río no cambia en época seca, pero sí lo hace en época lluviosa, aumentando su nivel de contaminación. De igual forma, se comprobó que la PTAR remueve efectivamente los contaminantes esperados para un tratamiento primario, superando el rango esperado según la literatura para DBO (52,2%), DQO (49,8 %) y SST (68,5 %), se deja en evidencia la necesidad de continuar con el Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José y construir la etapa intermedia y segunda etapa de la PTAR con tratamiento secundario, esto con el fin de mejorar la remoción de materia orgánica (DBO y DQO), surfactantes (SAAM) y nutrientes (N-NH_4^+ , P-PO_4^{3-}), aportando así positivamente la calidad del río Torres como cuerpo receptor (Mora-Aparicio *et al.*, 2022).

Este proyecto es de suma importancia, pues la Municipalidad de Goicoechea es parte del Gobierno Local involucrado en Ríos Limpios: Estrategia Nacional para la recuperación de cuencas urbanas 2020-2030, en el que parte de las acciones estratégicas de este plan radican en el apoyo que deben brindar las organizaciones locales, detallando acciones de recuperación en el trayecto de la cuenca involucrado. Por lo que se necesita realizar un gran esfuerzo municipal y mediante los resultados de análisis se obtendrá información que servirá de guía municipal para observar el nivel y puntos focales de contaminación, además de ejecutar las medidas puntuales para la gestión del recurso y recuperación del recurso hídrico desde un enfoque más cantonal. De esta manera se podrá medir las mejoras en la calidad del agua debido no solo a los avances del sistema de alcantarillado, sino, también, a las medidas de acción tomadas, pretendiendo así múltiples beneficios para el ecosistema de la zona, para sus habitantes en temas de seguridad social, ambientales, cultura, salud y bienestar.

De igual modo, esta investigación responde al accionar para mejorar el recurso hídrico de la cuenca del río Grande de Tárcoles, que atañe a la Municipalidad de Goicoechea, al ser parte de uno de los 34 municipios involucrados en el recurso de amparo impuesto en el año 2007, establecido en la Resolución N.º 5894-07 de la Sala Constitucional, mejor conocida como Voto Garabito, que fue interpuesto por el presidente del Partido Garabito Ecológico contra el Presidente de la República y otras instituciones del estado. En este se señalan las causas principales dadas por el gran impacto negativo, el daño ecológico y la disminución o inhibición del desarrollo turístico en el cantón de Garabito de Puntarenas y zonas cercanas afectadas, provocadas por la deficiencia sanitaria en relación con la cuenca del río Grande de Tárcoles, así como la violación del Derecho a la salud y al ambiente ecológicamente equilibrado (Poder Judicial, 2007).

Para el año 2020, el MINAE formuló la Política Nacional de Áreas de Protección de ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, esta aspira a generar el marco estratégico y de acción nacional para la recuperación de la cobertura arbórea y resguardo de las áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes, con el propósito de facilitar los espacios y los mecanismos para un trabajo conjunto entre los diferentes actores sociales e institucionales que permitan la sostenibilidad ambiental, la protección de estas áreas y la generación de múltiples beneficios para la población.

La misma establece la generación de información precisa para la toma de decisiones basada en evidencia, permitiendo la recuperación y rehabilitación de las áreas de protección y contribuir al control y seguimiento del cumplimiento de la normativa vigente respecto a esta materia, como también propiciar cambios necesarios para su protección (MINAE, 2020). Una de las metas de esta

política es que los gobiernos locales implementen acciones de sensibilización y trabajo conjunto intersectorial para la gestión y resguardo de las Áreas de Protección, que brinden servicios ecosistémicos a la población; por lo tanto, el presente es de suma importancia para el cumplimiento de dicha Política.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta cantonal de mejoramiento de la calidad del agua superficial en la parte media de la microcuenca del río Torres en el sector del cantón de Goicoechea mediante la caracterización de las aguas superficiales para contribuir a la reducción de la contaminación y la mejora en los servicios ecosistémicos.

2.2 Objetivos específicos

- 1.** Caracterizar las variables biofísica y socioeconómica del área de estudio, mediante información existente que sirva de contexto en la interpretación de los resultados de los focos de contaminación y de la calidad del agua, para el conocimiento de su estado actual.
- 2.** Evaluar la calidad del agua del río Purrál y el río Torres, mediante la toma de muestras y análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua superficial, para la determinación de los focos de contaminación y puntos criterios de intervención.
- 3.** Elaborar una propuesta para el cantón de Goicoechea que atienda los puntos criterio de contaminación, mediante acciones de corto, mediano y largo plazo, para el mejoramiento de la calidad del agua y los servicios ecosistémicos de los ríos.

3. Marco conceptual

En esta sección se presentan los enfoques conceptuales más importantes para el desarrollo del proyecto, los cuales muestran diferentes conceptos basados en el problema y en los objetivos del estudio. Este apartado tiene una secuencia lógica en el orden de los conceptos, en la que se empieza con los conceptos más generales del tema y, progresivamente, se incorporan los más específicos. Ahora bien, este marco conceptual está organizado en cinco grandes temas, son los siguientes:

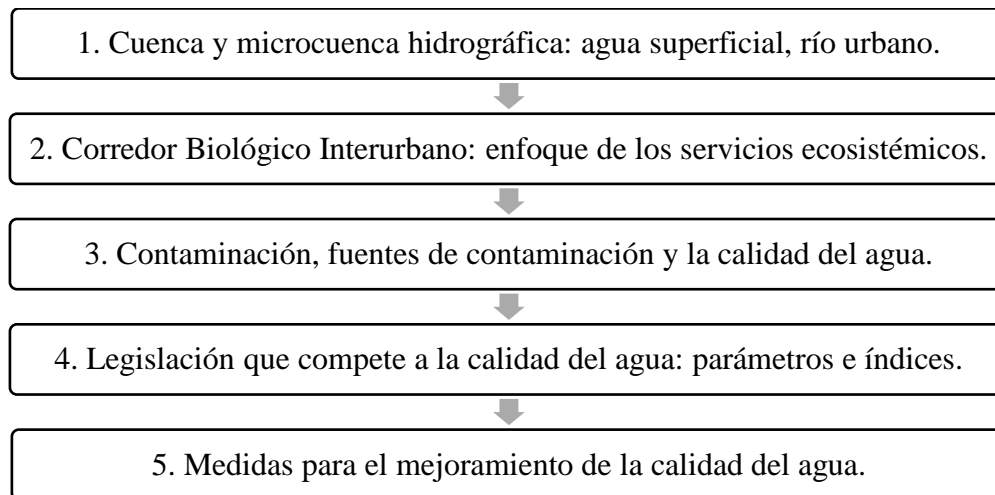


Figura 1. Composición del marco conceptual.

Nota: Elaboración propia.

3.1 Cuenca y microcuenca hidrográfica: agua superficial, río urbano

El concepto de cuencas hidrográficas se enfatizó desde la perspectiva biofísica tal y como lo define la FAO (2009): “la delimitación física de una superficie o territorio natural que permitía diferenciar la distribución de las vertientes de agua, es decir, una porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural” (p. 15). Sin embargo, en la actualidad el concepto de cuenca tiene un significado más amplio, en el que se involucra la parte biofísica, por lo tanto, se ha establecido que es un espacio social producido por el conjunto de las relaciones e interacciones sociales de apropiación y uso de los recursos que ella contiene (FAO, 2009). Es decir, en estos territorios hay interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (entre ellos el suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), el medio económico y modos de apropiación, y entre los aspectos sociales (organización cultura, institucional, o por reglas y/o leyes) (Cotler, Galindo, González, Pineda y Ríos, 2013).

En la legislación nacional, específicamente en el Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N.º 29375 (1998), también se toma en cuenta los elementos ya mencionados para definir la cuenca hidrográfica. Esta la define como “el área geográfica cuyas aguas superficiales se vierten a un sistema de desagüe o red hidrológica común, confluyen a su vez en un cauce mayor, que puede desembocar en un río principal, lago, pantano, marisma embalse o directamente en el mar. Está delimitada por la línea divisoria de aguas y puede constituir una unidad para la planificación integral del desarrollo socioeconómico y la utilización y conservación de los recursos agua, suelo, flora y fauna”.

Las cuencas hidrográficas se componen de tres partes: alta, media, baja. La parte alta o también llamada zona de captación de precipitación, son áreas aledañas a la divisoria de aguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca. En esta zona se forman los primeros escurrimientos luego de que los suelos han absorbido y retenido el agua según su capacidad. La parte media es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen aportando diferentes caudales cuyas concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica diferirán en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca. Aquí las divisoras se cierran y forman un único drenaje. La parte baja o zona de descarga es el sitio en el que el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Esta se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas y aquí es donde se acumulan los impactos de toda la cuenca (Cotler *et al.*, 2013).

Asimismo, las cuencas se encuentran estructuradas jerárquicamente según su red hidrográfica según Fallas (2015), pues estas se dividen en subcuencas y microcuencas: “la subcuenca hace referencia a cuando al cauce principal llega a un afluente secundario y la microcuenca representa la agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o parte de ella” (p.6), correspondiendo la microcuenca de esta manera en el afluente terciario.

Por lo tanto, este proyecto de investigación se enfoca en la parte media de una microcuenca (área de estudio) y esta se entiende, según lo mencionado, como la agrupación de pequeñas áreas (ríos) que integran la subcuenca en la zona de transición y está caracterizada por la integración de mayores cantidades de contaminantes y materia orgánica. En Costa Rica se consideran aquellas áreas que ocupan un área menor a 1 000 ha (Solano, 2011, p 27). Por consiguiente, este estudio se realizó en esta parte de la microcuenca debido a la carencia de datos sobre el estado actual y medidas de acciones en este sitio. Por ello, la importancia de conocer con claridad la división de las cuencas. De igual manera, es importante mencionar que el trabajar en la parte media de la

microcuenca implica tomar en cuenta las actividades que se realizan en la parte alta de las microcuencas y cuencas, ya que esta es un solo sistema, por lo tanto, todo lo que se realiza en la parte alta tiene implicaciones importantes en la parte media y baja de la cuenca.

De acuerdo con las definiciones de cuenca, es necesario vincular las variables que influyen directamente en el desarrollo de la relación entre la cuenca con la comunidad, y lo mismo aplica para una microcuenca, por lo que en esta investigación se considera el estudio de los aspectos sociales, económicos y las características biofísicas de la zona de estudio, las cuales son fundamentales para conseguir el desarrollo de los objetivos de una manera más holística.

Para la contextualización de este proyecto es importante mencionar que el agua superficial, de acuerdo con Segura y Fernández (2015), es “la fracción del agua sobre la superficie de la tierra que se encuentra en quebradas, ríos, lagos, embalses y otras escorrentías, y que también es producida por la precipitación sujetas a fluir sobre la superficie” (p.19).

También, se debe tener en cuenta que un río, según Briceño (2014), es un ecosistema fluvial de carácter longitudinal que desemboca en un cuerpo de agua mayor. Su extensión está constituida por: su cuenca alta (donde nace), su cuenca media y su cuenca baja (donde desemboca). Su espacio está compuesto por: cause, que es el espacio que recorrido por las aguas en su totalidad; sus riberas o márgenes, que es el espacio adyacente a su cauce determinado por el cambio abrupto en la topografía; su llanura de inundación, que es el espacio de amortiguamiento del río antes de la crecida de cause y un territorio-cuenca el cual alimenta sus aguas.

Al ser el área de estudio un sector urbano, se interpretará que un río urbano es el tramo del río que atraviesa un espacio en condiciones urbanas. Los ríos urbanos se convierten en un cuerpo receptor, ya que es un medio acuático que recibe la descarga residual generada por alguna actividad producida en la zona (GWP, 2013, p.73).

Finalmente, en esta investigación se usará la definición de río urbano brindada por Gastezzi, Alvarado y Pérez (2017), en la que se establecen como “ecosistemas complejos y dinámicos, donde el agua, la flora y la fauna son recursos que juegan un papel importante en el equilibrio y funcionalidad del ambiente” (p.40). Además, se toma en consideración debido a las variables que lo conforman de manera más integral, como el ecosistema que lo conforma y no solo por el cuerpo receptor de las aguas residuales de la zona urbana.

3.2 Corredor Biológico Interurbano: enfoque de los servicios ecosistémicos

Como se hizo mención en la justificación de este proyecto, la microcuenca del río Torres fue decretado como un Corredor Biológico Interurbano (CBI), por lo tanto, se debe tener claro lo que esto significa. Para ello, se toma en cuenta el Reglamento del Programa Nacional de Corredores Biológicos N.º 40043, MINAE, donde se define:

Una extensión territorial urbana que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats modificados o naturales, que interconectan microcuencas, con tramo verde de las ciudades (parques urbanos, áreas verdes, calles y avenidas arborizadas, línea férrea, isletas y bosque a orilla del río, otros) o áreas silvestres protegidas. Estos espacios contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad, posibilitando la migración, dispersión de especies de flora y fauna e incluyen las dimensiones culturales, socioeconómicas y políticas. (2017)

Adicionalmente, es importante considerar que la microcuenca y el CBI del río Torres brindan múltiples servicios ecosistémicos que, de acuerdo con Mora, Le Coq y Sáenz (2013), “los servicios ecosistémicos son todos los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Entre estos se contemplan: los servicios de suministro, como los alimentos y el agua; los servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; los servicios base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y los servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales, religiosos y otros beneficios intangibles” (p.35).

Además, para los fines de esta investigación se toma que cuenta que los servicios ecosistémicos son contextuales y se encuentran heterogéneamente distribuidos en el territorio. De tal manera, los servicios ecosistémicos considerados como socialmente relevantes pueden variar entre escalas, así como la temporalidad (Lorca, Soley y Boyando, 2015).

Cabe mencionar que los beneficios de los servicios ecosistémicos tienen varios alcances y estos pueden ser: a nivel local, donde los servicios son consumidos en el área donde se producen; a nivel regional, donde, además de satisfacer el área donde se originan, también se consumen en el resto de una cuenca, microcuenca o sobrepasan los límites de la misma; a nivel nacional, aquí la población general obtiene un beneficio de ellos y los consume más allá del área donde se generan (tales como la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad); y a nivel global debido a que la sociedad humana se ve beneficiada gracias a su adecuada conservación (Mokondoko, Flores, González, González, Machorro y Ríos, 2018).

A pesar de que el CBI del río Torres tiene una gran extensión, mismo que atraviesa los cantones de San José, Goicoechea, Montes de Oca y Tibás, se propone mediante la realización de

una propuesta cantonal en el mejoramiento de la calidad del agua del río para el cantón de Goicoechea que se obtengan múltiples beneficios en la zona de estudio (servicios ecosistémicos). Por tanto, se beneficiaría la microcuenca en general y, por consiguiente, se producirían beneficios en el funcionamiento del CBI, es decir, el cantón al encabezar la microcuenca (parte alta y parte media) se generaría un beneficio a nivel regional.

Con esto claro, se trabajará en mejorar la calidad del agua y mejorar los servicios de regulación en el área de estudio, además de mejorar los servicios base, se trabajará por mejorar los servicios culturales, despertando la identidad cultural de los habitantes mediante la educación ambiental, considerando el valor social que los cuerpos de agua brindan.

3.3 Contaminación, fuentes de contaminantes y la calidad del agua

La alteración de las cuencas o microcuencas es un tema primordial en este estudio, por lo que se debe especificar que la cuenca (microcuenca en este caso) intervenida cuenta con un grado de afectación en su estado natural, siguiendo a Briceño (2014), los ecosistemas han sido modificados antropológicamente y su sistema hidrográfico ha sido adaptado a nuevas condiciones en las que el flujo natural del agua se ve influenciado por una serie de adaptaciones del terreno y condiciones de sistemas artificiales.

Con este panorama, estos sistemas responden a las necesidades urbanas de distribución y evacuación de aguas, entre ellas: la red vial, que es la trama urbana que conecta distintos espacios y vías entre distintas poblaciones, esta modifica la morfología de la cuenca o microcuenca; sistemas de aguas pluviales, por medios de los cuales se redirige y evacúa las aguas pluviales, acá se presentan modificaciones en el terreno y cambios en la cobertura del suelo, sellamiento e impermeabilidad; sistemas de agua potable que satisface las necesidad de suministrar agua apta para el consumo humano y actividades de producción; y sistemas de aguas residuales, como resultado ante la necesidad de evacuar las aguas producto de su utilización en procesos productivos o domésticos (Briceño, 2014).

Por ende, esta alteración provoca la contaminación del agua superficial de los ríos; se entiende por contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir algún material o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o sus servicios ambientales (Ibañez, 2012).

Ahora bien, la calidad de las aguas superficiales dependerá de las condiciones naturales o antropológicas, por lo que afecta considerablemente la intervención del río, lo que repercute en la

calidad del cuerpo hídrico. Los análisis recientes demuestran que otros aspectos de índole económico, social, cultural y ambiental están ligados con la calidad del agua en los ríos, por lo tanto, el crecimiento o el cambio acelerado de estos aspectos producen importantes cambios en la calidad del agua. De la misma manera, el uso del suelo en la parte alta de la cuenca está estrechamente ligado a la calidad del agua y su posible uso aguas abajo, por medio del ciclo hidrológico (Robleto, 2018).

La calidad del agua describe las características físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico, dependiendo generalmente del uso al que se destina (Soto, 2019). Sin importar el uso que se le dé al agua, cada vez que el ser humano hace uso de la misma la afecta en mayor o menor medida y, dado que la calidad del agua se correlaciona directamente con la biodiversidad, se entiende que toda degradación en la calidad del agua conduce a una pérdida en la biodiversidad y que, por ende, genera una amenaza para la vida humana, de modo que es muy relevante monitorear esta calidad (Vázquez, 2019).

Por lo que para establecer la clasificación de la calidad del agua de un río se comparan los valores medidos de la concentración de un parámetro fisicoquímico o biológico con los estándares de calidad establecidos en los instrumentos legales y definidos de acuerdo con criterios de uso del agua (Beita, 2008).

Para este proyecto, la calidad del agua es una variable fundamental y es el centro de la investigación, por consiguiente, se entiende que hay contaminación del agua superficial del río cuando sus características se ven modificadas y es degradada por causas externas al ciclo hidrológico, por lo cual, se procederá a identificar estos factores contaminantes y fuentes de ingreso. Asimismo, es importante reconocer cuáles son los diferentes tipos de contaminantes y tomar en consideración que muchos provienen de aguas residuales sin previo tratamiento adecuado.

Se debe tomar en cuenta el concepto de agua residual, según el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N.º 33601, el agua residual “es toda el agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes”. Para efectos de este Reglamento, se reconocen dos tipos: ordinario y especial. El agua residual de tipo ordinario corresponde al agua residual generada por las actividades domésticas del ser humano y el agua residual de tipo especial corresponde al agua residual de tipo diferente al ordinario (MINAE, 2007).

Sumado a esto, en la literatura, existen caracterizaciones que se le dan al agua residual y, según Ángulo (2015), existen cuatro caracterizaciones del agua residual: la doméstica, que es usada para actividades diarias; la industrial, que proviene de procesos de producción; la de infiltraciones o

aportaciones incontroladas, que son los orígenes de agua residual desconocido o no controlable, como derrames; las pluviales, que son las que incluye los contaminantes que acarrea el agua de lluvia como fertilizantes, plaguicidas y otros vertidos como derrames químicos, tóxicos, biológicos y otros en las calles. Por lo que, para fines de este trabajo, se utiliza como guía la clasificación en dos tipos de las aguas residuales tal y como lo establece el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales.

El agua residual sin previo tratamiento adecuado puede contener sustancias químicas utilizadas en los hogares como limpiadores, disolventes, gasolina. De acuerdo con Soto (2019), otros contaminantes orgánicos comúnmente presentes en áreas urbanas son: compuestos orgánicos volátiles (COV), líquidos de fase no acuosa densa, líquidos ligeros en fase no acuosa, hidrocarburos aromáticos polinucleares, compuestos orgánicos semivolátiles (COVS), bifenilos policlorados (PCB), plaguicidas y herbicidas, metales pesados, fertilizantes comunes que incluyen nitratos, fósforo y potasio, gases de invernadero, monóxido de carbono, partículas (polvo), ozono, bacterias como bacterias coliformes, virus, productos farmacéuticos, cianuro. Además, se deben considerar los residuos sólidos mal gestionados que llegan a los cuerpos de aguas ocasionando fuertes impactos ambientales.

Para este estudio es importante identificar las fuentes de descarga de contaminantes al cuerpo receptor. La investigación se enfoca en las fuentes que se clasifican como las puntuales y las no puntuales. Las descargas puntuales de contaminantes son continuas y relativamente simples de identificar. Las fuentes no puntuales surgen de un conjunto de actividades en grandes áreas y son más difíciles de controlar (Robleto, 2018). Por lo tanto, las fuentes puntuales se recolectan por medio de una red de tubos o canales y se conducen hasta un solo punto de descarga en el agua receptora y las fuentes no puntuales se refieren a cuando el agua contaminada pasa sobre la superficie del terreno o a lo largo de canales de drenado natural y de esta manera llegan hasta el cuerpo de agua más cercano por medio de la escorrentía o infiltraciones (Segura y Fernández, 2015).

Para conocer el estado de contaminación del sitio a analizar se debe realizar el monitoreo del lugar, lo que implica realizar la caracterización del sitio, es decir, identificar el área y/o el volumen del medio ambiente potencialmente contaminado y establecer regímenes de muestreo adecuados para la muestra en particular y de esta manera identificar las fuentes de contaminación y los posibles lugares con mayor contaminación (Soto, 2019).

3.4 Legislación que compete a la calidad del agua: parámetros e índices

A continuación, se presentan las principales regulaciones con que cuenta el país en este tema, entre ellas se encuentran: “Ley General de Aguas N.º 276, publicada en 1942, establece un área de protección de cinco metros de ancho a ambos lados del río y para fines de este proyecto se recalcan los artículos 32 y 57, que hacen énfasis respecto a la contaminación de las aguas superficiales. La Ley Forestal, publicada en 1996, y establece una zona de protección en ambos lados del río de 10 metros en terreno plano y de 50 metros en terreno quebrado” (Gastezzi, Alvarado y Pérez, 2017).

Se cuenta también con el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N.º 33903, que es fundamental para el desarrollo de este estudio. Por medio de este se busca reglamentar los criterios y la metodología que se utiliza para la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales y que permitan su clasificación para los diferentes usos que pueda dársele (MINAE, 2007).

Para evaluar las diferentes alteraciones y el estado de la calidad de un cuerpo de agua se hace uso de parámetros físico-químicos y biológicos. Para esto se debe cumplir con el análisis de parámetros de carácter obligatorio establecidos en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales en el artículo 4, en el que se establecen como parámetros físicos-químicos de análisis requeridos para la clasificación inicial o reclasificación de un cuerpo de agua, el Porcentaje de Saturación de Oxígeno, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y el Nitrógeno Amoniacal, los cuales son los parámetros utilizados para la aplicación del Índice Holandés de Valoración de la Calidad para los cuerpos de agua superficiales (MINAE, 2007).

Del mismo modo, se establecen parámetros físicos, químicos y biológicos complementarios, entre ellos: la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Grasas y Aceites, Potencial de Hidrógeno (pH), Temperatura (T), Sólidos Disueltos (SD), Sólidos suspendidos totales (SST), Sustancias activas de azul de metileno (SAAM), metales pesados, cloruros, fluoruros, sulfatos, nitrógeno total, nitritos, turbiedad y color, así como los análisis microbiológicos y de organismos bentónicos (MINAE, 2007). La descripción más detallada de cada parámetro y su afectación en el cuerpo receptor se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 1).

Cuadro 1.

Descripción de parámetros físico-químicos y biológicos y su afectación en el medio

Parámetro	Descripción	Referencia
Físico-químicos		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅):	Es una medida aproximada de la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable presente en una muestra de agua, se define por la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos aeróbicos presentes en la muestra para oxidar la materia orgánica a una forma inorgánica estable. Debe ser medido a los cinco días y a 20 grados centígrados. Por lo tanto, si el río tiene altos niveles de DBO, los microorganismos que ahí habitan degradarán la materia orgánica y consumirán el oxígeno del agua necesario para la vida de los demás organismos. Es la medida de la contaminación del agua por materia orgánica.	(MINAE, 2007).
Demanda Química de Oxígeno (DQO):	Es una medida equivalente al oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica, en una muestra de agua que es susceptible a oxidación por un oxidante químico fuerte como el dicromato (en medio ácido y en presencia de una fuente de calor). Se diferencia de la BDO por el uso de la sustancia química.	(MINAE, 2007).
Grasas y Aceites:	Se define como sustancias solubles en hexano. Se consideran grasas y aceites los compuestos de carbón, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual. Estos compuestos recubren las superficies con los cuales entran en contacto, interfiriendo con la actividad biológica. Generalmente provienen de la mantequilla, manteca, margarina, aceites vegetales, hidrocarburos y carnes ¹ . En un cuerpo de agua, la presencia de grasas inhibe el paso de la luz y del oxígeno disuelto en el agua, también se adhieren a las branquias de los peces ² .	(Romero, 2010). ¹ (Sierra, 2011). ²
Potencial de Hidrógeno (pH):	Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno. Aguas residuales en concentración adversa de ion hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, son fatales de tratar biológicamente.	(Romero, 2010, p 66).
Temperatura (T):	Este parámetro afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana.	(Romero, 2010, p 70).
Sólidos Disueltos (SD):	Representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente, para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación. los sólidos disueltos son aquellos con tamaño menor de 1,2 µm.	(Romero, 2010, p 68).
Sólidos suspendidos totales (SST):	Se definen como todos los sólidos suspendidos en agua que no pasarán por un filtro de fibra de vidrio de 2,0 µm, el filtro se seca en un horno entre 103 y 105 °C, y es pesado. El aumento en peso del filtro representa la cantidad de SST.	(Soto, 2019).
Sustancias activas de azul de metileno	Son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceite, que tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos que se hallan disuelto. Generalmente	(Romero, 2010).

(SAAM):	se fabrican mediante la mezcla de detergente o agente tenso activo con sales sódicas como sulfatos, fosfatos, carbonatos, silicatos o boratos. Su presencia disminuye la tensión superficial del agua y favorece la formación de espumas, aún en bajas concentraciones, cuando se acumula en la interfaz aire-agua, gracias a la presencia de proteínas, partículas sólidas finas y sales minerales disueltas. Además, inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno.	
Metales pesados:	Algunos criterios usados para definirlos son: la densidad relativa del metal mayor de 4 o de 5, la localización dentro de la tabla periódica de los elementos, la respuesta específica zoológica o botánica, la toxicidad del elemento. Entre los metales pesados se incluyen la plata, bario, cadmio, cromo, cobre, cobalto, níquel, plomo, zinc, hierro, mercurio, titanio, vanadio, niobio, molibdeno y manganeso. Los metales pesados, en altas concentraciones, son todos tóxicos, aunque algunos de ellos, como el cobre, zinc y molibdeno son esenciales para los organismos vivos; el mercurio, cadmio y plomo son, en general, tóxicos y reciben gran atención por ser elementos que se magnifican biológicamente, en medio natural, a través de la cadena alimenticia ¹ . La alta presencia de metales pesados en las aguas naturales se debe únicamente al vertimiento de aguas residuales industriales.	(Romero, 2010). ¹ (Sierra, 2011). ²
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄ ⁺):	Es un indicador de contaminación orgánica. Es uno de los componentes transitorios en el agua, al ser parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Se puede presentar en condiciones normales (bajas concentraciones) al provenir de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. Altas concentraciones provocan la disminución del nivel de oxígeno disuelto, el cual es consumido en los procesos de degradación bacteriana de nitrógeno amoniacal.	(Soto, 2019).
Oxígeno Disuelto:	El oxígeno disuelto es el parámetro más importante para la vida acuática y la ecología de un río ¹ . La presencia de oxígeno disuelto en el agua resulta de la contribución de dos fuentes: la difusión del aire del entorno, favorecida por el paso del agua por saltos o rápidos, y la fotosíntesis de organismos acuáticos productores primarios (plantas y algas) ² .	(Siles, 2020). ¹ (Arias, 2016). ²
Porcentaje de Saturación de Oxígeno:	Es el porcentaje máximo de oxígeno que puede disolverse en el agua a una presión y temperatura determinadas. Las aguas residuales vertidas, consumen el oxígeno en su degradación que al llegar a altos contenidos vuelven el ambiente anóxico, generando la proliferación de bacterias anaeróbicas, turbidez y malos olores ¹ . Este parámetro es muy importante porque refleja la capacidad recuperadora de la corriente del río ² .	(Soto, 2019). ¹ (Sierra, 2011). ²
Turbiedad:	La capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. Es ocasionada por: la erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos, o por la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos.	(Sierra, 2011).
Color	El color del agua se asocia comúnmente a la materia orgánica. En el caso de las aguas superficiales, estas pueden presentar cambios de color evidentes producto de la presencia natural de iones metálicos (principalmente hierro y manganeso), materia vegetal en	(González, 2019)

descomposición y contaminantes provenientes de la industria o vertidos domésticos.

Biológicos

Coliformes fecales	Son Bacilos gramnegativos no esporulados, que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con propiedades similares de inhibición de crecimiento; no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a temperaturas de 44 o 44,5 °C, en un período de 24 a 48 horas. ¹ Por lo tanto, son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama <i>Escherichia coli</i> y se transmiten, normalmente, en el intestino del ser humano y en el de otros animales. Hay diversos tipos de <i>Escherichia</i> ; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden, incluso, ocasionar la muerte; se transmiten, a través de las excretas, y comúnmente, por la ingestión o el contacto con agua contaminada ² . El procedimiento de determinación se basa principalmente en el número más probable.	(MINAE, 2007). ¹ (Mora y Calvo, 2010). ²
--------------------	---	---

En esta investigación se analizan los parámetros establecidos en el Reglamento como obligatorios y, posteriormente, se definen los parámetros complementarios según las actividades comerciales e industriales que se realizan en el área. Con el fin de realizar un análisis e interpretación más completa de cada uno de los parámetros anteriores se hace uso de índices. Según García, (2012), entre las ventajas de hacer uso de índices para la determinación de la calidad del agua sobresalen: que es un método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio; permite mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua; permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos; mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua; y ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión.

Además, se utilizaron los índices que establece el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, específicamente el Índice Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua. Este es un modelo de clasificación que permite trasladar información de concentraciones de las 3 variables utilizadas de mayor importancia en la valoración de la contaminación orgánica en una corriente de agua, estas son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno, el Nitrógeno Amoniacal y el Oxígeno disuelto convertido en Porcentaje de saturación de Oxígeno por medio del Oxígeno Real *In Situ* y el valor teórico dado por la temperatura y la presión atmosférica en el sitio de estudio, otorgándole una puntuación y trasladándolo el total de la puntuación a un código de colores asignado a cada clase. Esto sirve para situar un tramo particular del río en una clasificación específica y temporalmente dependiente (MINAE, 2007).

3.5 Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua

Como se indica en la Ley Orgánica del Ambiente, en su artículo 65, “las aguas residuales deberán recibir tratamiento antes de ser descargadas en ríos, lagos, mares y demás cuerpos de agua; además, deberán alcanzar la calidad establecida para el cuerpo receptor”. El grado de tratamiento requerido para la recuperación del agua residual varía de acuerdo a las especificaciones de aplicación y está asociada a la calidad requerida del agua. El sistema de transporte predominante en el país es el alcantarillado sanitario, por medio de este se gestionan las aguas residuales y excretas. En el país predomina el sistema de alcantarillado sin tratamiento y con tratamiento, así como el uso de tanques sépticos. A pesar de los esfuerzos que ha realizado el país estos últimos años respecto a la infraestructura de saneamiento de las aguas y poder así evitar la contaminación de los cuerpos de agua superficial, aún se tiene un rezago en el tema, por lo que se deben tomar medidas cantonales que ayuden a mejorar esta situación.

Ahora bien, para implementar planes o proyectos que establezcan medidas para el mejoramiento en la calidad del agua es importante considerar las estrategias existentes, algunas de ellas son: las estrategias espaciales, las estrategias organizacionales, las estrategias operativas, las financieras y las estrategias políticas e institucionales.

Las estrategias espaciales están orientadas a integrar el espacio tridimensionalmente en su contexto físico y biológico, con las actividades socioeconómicas de la zona. Estas consideran las áreas críticas, zonas vulnerables o de mayor prioridad. Las organizacionales son aquellas orientadas a buscar la participación y movilización social de los actores, usuarios o beneficiarios de las cuencas, y desde el inicio del proyecto se deben contemplar los procesos para que las organizaciones locales adopten el proyecto, lo que permite desarrollar la continuidad. Las estrategias operativas son aquellas relacionadas con el trabajo a nivel de área demostrativa y/o microcuenca e implica la aplicación de tecnologías y prácticas. Las estrategias financieras están orientadas a lograr los recursos necesarios para garantizar la ejecución del proyecto y sus actividades en el corto, mediano y largo plazo. Por su parte, las estrategias políticas e institucionales son las que están dirigidas a lograr el respaldo para la gestión de las actividades directas e indirectas (World Vision, 2004).

En este proyecto se consideran las diferentes estrategias para lograr implementar medidas precisas y apropiadas que logren el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico, mejorando así los servicios ecosistémicos de regulación y culturales. Por tanto, para lograr establecer medidas adecuadas se debe considerar aquellas que tengan un enfoque que sea participativo, adaptativo, sistemático, flexible y con visión a largo plazo, por lo tanto, este puede estar formado por distintas

etapas o fases. Siguiendo a Cotler *et al.* (2013), se pueden distinguir al menos cuatro principales fases: Fase 1: diagnóstico o identificación del problema; Fase 2: planeación (acciones prioritarias, involucramiento de la población); Fase 3: interpretación de las acciones; Fase 4: Evaluación de las acciones. Es decir, en el desarrollo de estas cuatro fases se busca identificar las causas del problema que se pretende resolver junto con los actores involucrados y generar la información necesaria tanto para plantear acciones alternativas como para evaluarlas, lo que permite corregir los problemas en función de los resultados obtenidos.

Además, es importante tener presente lo que menciona Madroñero (2006), la participación social en la planificación en un plan o estrategias de este tipo es un objetivo importante para determinar las necesidades y preocupaciones de todos los involucrados y afectados directa e indirectamente, en los que una colaboración efectiva entre los organismos y la población local aumenta las posibilidades de instituir planes eficaces. Así, con los resultados se pueden lograr acciones enfocadas que progresen gradualmente (Cap-Net y GWP, 2006).

4. Metodología

4.1 Enfoque y diseño de investigación

Esta investigación tiene un enfoque mixto, pues, primeramente, se realizó una recolección y análisis de la información de datos bibliográficos y, segundo, se hizo una recopilación de los datos cuantitativos obtenidos por medio del trabajo de campo, técnicas de observación, toma y análisis de muestras.

El alcance de esta metodología es descriptivo, explicativo y correlacional: es descriptivo debido a que se considera que la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos (primer objetivo). Es explicativo debido a que su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (segundo objetivo). Es correlacional, ya que pretende responder a preguntas de investigación como las planteadas acá y, además, tiene como fin conocer la relación que existe entre dos o más conceptos o variables en una muestra o en un contexto en particular (tercer objetivo) (Hernández, 2014). De esta manera, el proyecto busca describir la situación de la problemática de contaminación de los ríos Purral y Torres, determinar su calidad mediante el análisis de parámetros y de los contextos de la sociedad, correlacionando conceptos y variables como la social, ambiental y económicas, como también explicar la manera en que estas se relacionan en función a la afectación del recurso hídrico.

Por lo que el proyecto tiene un diseño de investigación de tipo exploratorio secuencial, puesto que este diseño de investigación, según lo señala Hernández (2014): “implica de una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan los datos cuantitativos” (p. 551), y es gracias a esto que se plantean las fases en el proceso metodológico. Asimismo, es exploratorio debido a que los resultados finales pueden llegar a servir como base para posteriores estudios en el área de interés.

4.2 Alcance de estudio

Para definir el área de estudio se contó con el apoyo del director del Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Goicoechea, el Ing. Gustavo Herrera Ledezma, que mediante su conocimiento de las problemáticas socioambientales del cantón propuso la posible área de estudio. Posteriormente, se coordinó y se estableció la zona de estudio delimitada por razones de seguridad y accesibilidad anteriormente mencionadas.

El área de estudio es el río Purral y el río Torres, pertenecientes a la microcuenca del río Torres, dado a que sus características de entorno y ubicación se consideran ríos urbanos intervenidos, por lo que es de suma importancia la determinación de la calidad actual del agua para el posterior desarrollo de un plan de acción para las mejoras en su calidad. Como se mencionó, el estudio se delimitó a realizar en la parte media de la microcuenca, es decir, lo que corresponde al río Purral en el distrito de Purral y en el río Torres en los distritos de Purral, Guadalupe y San Francisco, por tanto, el estudio se realizó en un recorrido de aproximadamente 8 km de longitud del total de la microcuenca (Figura 2). Se estudió esta zona debido a que actualmente se cuenta con escasos estudios en este sector de la microcuenca, sirviendo de línea base y brindará información al municipio local sobre los focos de contaminación, para que permita analizar con mayor profundidad y tomar acciones que contribuyan a mejorar la calidad del agua del cuerpo superficial.

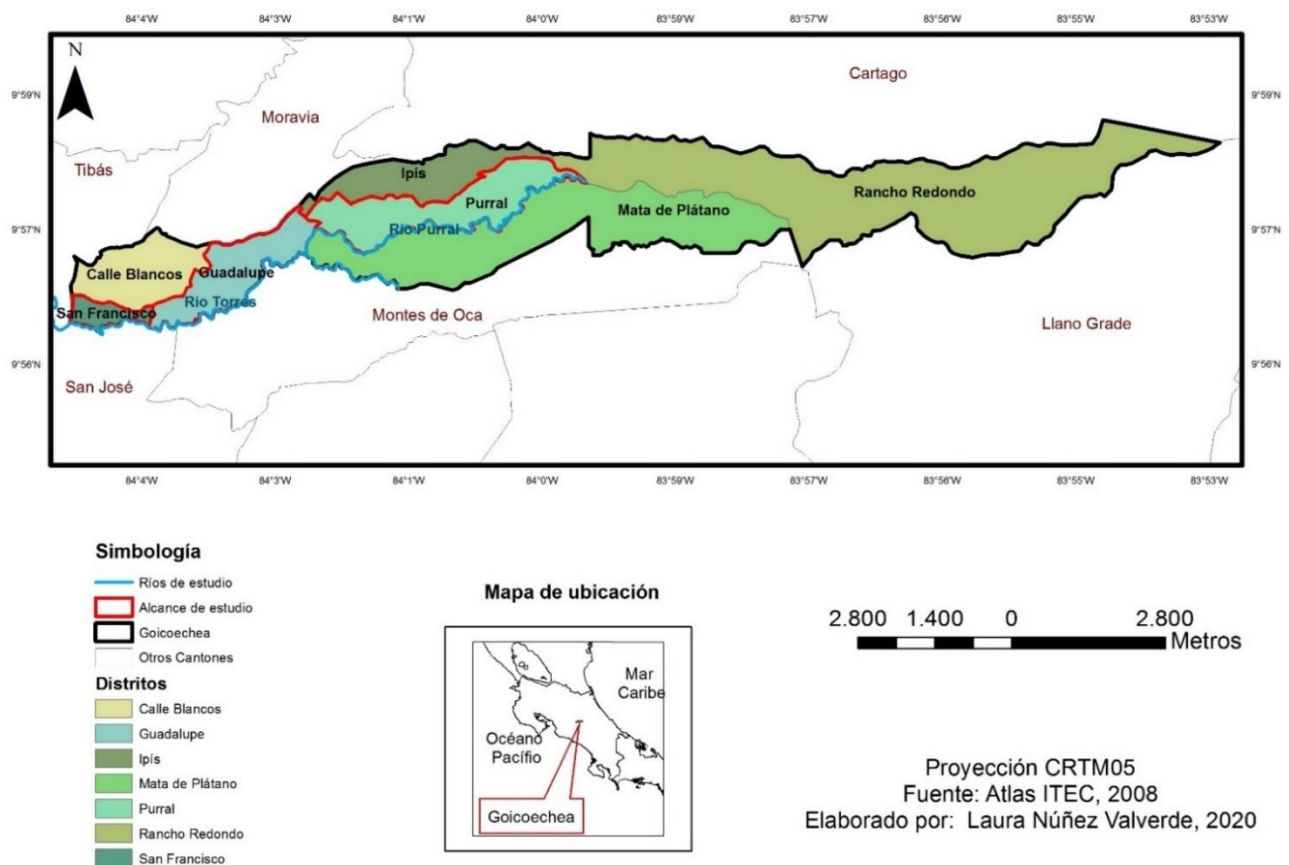


Figura 2. Mapa de la zona estudio, microcuenca del río Torres, San José.

4.3 Descripción del proceso metodológico

El proceso de la metodología sigue un orden secuencial lógico que responde a cada objetivo específico con el fin de lograr el desarrollo de cada uno de estos. A continuación, se describen por medio de tres fases:

4.3.1 Fase I. Caracterizar la composición biofísica y socioeconómica de la microcuenca del sector de estudio mediante la información existente que sirva de contexto en la interpretación de los resultados de los focos de contaminación y de la calidad del agua, para el conocimiento de su estado actual.

- Para el desarrollo de esta primera fase se realizó una recopilación de material bibliográfico de estudios previos en la zona de interés para su posterior análisis. Para esto, se consultó los estudios e indicadores socioeconómicos del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC), documentos o informes realizados por la Municipalidad de Goicoechea, de esta manera se recopiló información para analizar las características socioeconómicas y socioculturales de los distritos implicados en el estudio, haciendo uso de la herramienta ofimática Excel.
- Se realizaron encuestas a la población aledaña a la zona de estudio como instrumento de recolección de información primaria, con la finalidad de conocer la percepción, el nivel de participación comunal y de concientización ante la problemática socioambiental. Para determinar el cálculo de la población se utilizó el número de viviendas de los vecinos del cantón de Purrál, Guadalupe y San Francisco ubicadas alrededor del río Purrál y el río Torres. La encuesta estuvo constituida por 4 secciones: datos de la persona encuestada, disposición de las aguas residuales, la percepción sobre el río en cuestión y la percepción sobre el entorno. Además, se realizó un muestreo probabilístico aleatorio, de manera que todas las unidades elementales tuviesen la probabilidad de ser seleccionadas y se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra (n):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}; \text{ (Oyasa, 2017).}$$

Donde:

- N = población = total de las viviendas cercanas al río.
- Z_{α} = 1.65 (para una seguridad es del 90%).
- p = proporción esperada (en este caso es desconocida), se utilizó 0,5.

- $q =$ en este caso $p=q=0,5$.
- $d =$ precisión (en este caso se desea un 10%, para tener un valor de n manejable).

El número de la cantidad de muestra fue de 68 encuestas (Apéndice 2).

- Para la aplicación, recolección y sistematización de la información se utilizó la herramienta Formulario de Google, mediante la que se estableció contacto con las asociaciones de desarrollo comunal, los Comités Cantonales, diferentes Asociaciones y grupos pertenecientes a los distritos de área de estudio, a quienes se le solicitó la colaboración en la distribución de los formularios de encuestas. Además, se utilizaron redes sociales para hacer llegar el formulario de Google a los vecinos de las comunidades.
- Seguidamente, se analizaron las variables biofísicas, considerando las características físicas de la zona, las geográficas, las hidrográficas y las del uso de suelo. Se utilizó información geoespacial disponible en el portal del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y principalmente del Atlas Digital de Costa Rica desarrollado por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y del Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Esto para la contextualización del área de estudio.
- Posteriormente, para el análisis y gestión de la información se utilizó del programa de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS para la generación de mapas que permitan una visualización gráfica de algunas de las características mencionadas en el punto anterior y de esta manera tener una mejor comprensión de las mismas. Al final de esta fase se obtuvo una contextualización demográfica y biofísica de la zona de estudio.

4.3.2 Fase II. Evaluación de la calidad del agua del río Purral y el río Torres mediante la recolección de muestras y análisis físicos, químicos y biológico del agua superficial.

Primeramente, se analizó el área de estudio por medio de las herramientas ArcGIS y Google Earth; con el uso de imágenes satelitales se realizó un estudio previo de las características físicas de la zona, posteriormente se continúa con los siguientes lineamientos:

- Realización de visita de campo para evaluar los focos de contaminación más significativos del cuerpo receptor y las rutas de acceso al río correspondiente. Esto se hizo mediante la técnica de observación no estructurada de campo, identificando las distintas fuentes de contaminación puntuales y posibles difusas encontradas, y así todas las observaciones

realizadas en el área, considerando la presencia y ubicación de los residuos sólidos vertidos en el río.

- Identificación de los sitios de muestreo. La selección se hizo principalmente según criterios de accesibilidad al sitio (ya sea por ser una propiedad privada o por las características morfológicas que posee el cauce del río) y criterios según los focos de contaminación más severos encontrados, como también la seguridad social del lugar. Para ello, se tomaron las coordenadas exactas de los puntos definitivos haciendo uso del GPS y se detallaron tanto la dirección como la descripción del sitio (Cuadro 2). En la Figura 3 se muestra la ubicación de cada punto de muestreo en el mapa del cantón.

Cuadro 2.

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Punto	Ubicación/Descripción	Coordenadas
P1	Río Purral, Distrito Purral. Dentro de propiedad privada sobre calle Purral (Cafetal).	Latitud: 9°57'20.60"N Longitud: 84°1'2.13"O
P2	Río Purral, Distrito Purral. Avenida 55, entrada del Súper Jumbo Purral.	Latitud: 9°57'19.49"N Longitud: 84°2'11.84"O
P3	Río Torres, Distrito Guadalupe. Puente peatonal. Calle 53-A, Avenida 23.	Latitud: 9°56'58.38"N Longitud: 84°2'40.50"O
P4	Río Torres, Distrito Guadalupe. Avenida 2, Calle 29. Calle sin salida.	Latitud: 9°56'30.49"N Longitud: 84°3'9.71"O
P5	Río Torres, Distrito San Francisco. Avenida 17. Debajo de la línea férrea.	Latitud: 9°56'27.06"N Longitud: 84°4'9.04"O
P6	Río Torres, Distrito San Francisco. Avenida 13, Calle 3A.	Latitud: 9°56'21.46"N Longitud: 84°4'27.88"O

Nota: Elaboración propia.

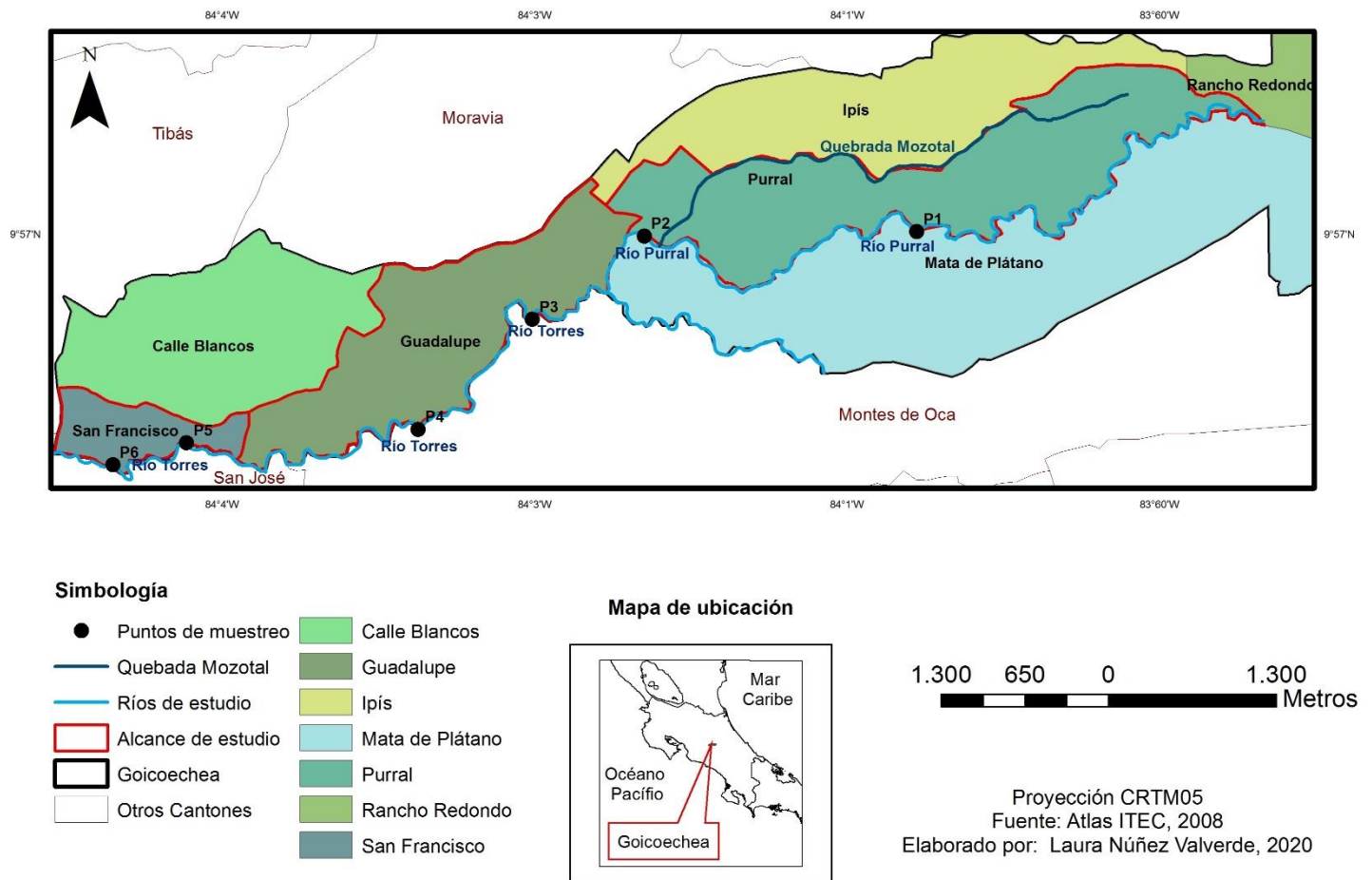


Figura 3. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo, microcuenca del río Torres, San José.

Seguidamente, se muestra la descripción de los puntos de muestreo. Cabe mencionar que se observaron muchos residuos sólidos y residuos no tradicionales en el cauce y a las orillas de ambos ríos:

- Punto 1: Este se ubica en el río Purral, en el distrito de Purral, es el distrito más alto de la zona de estudio. La zona es periurbana. Este punto se encuentra dentro de un cafetal. Es el punto donde se evidencia mayor cobertura forestal, pero también hay urbanización fuera de la zona de protección del río (Figura 4).



Figura 4. Punto de muestreo #1: Cafetal, distrito Purral, Goicoechea.

- Punto 2: Este punto se encuentra en el distrito de Purral, se encuentra a una distancia aproximada de 2 km del punto anterior, en este punto el río Purral se une con la Quebrada Mozotal (Figura 3). Este punto de muestreo se ubica entre el Parque el Ocho, y viviendas. Es una zona totalmente urbana, y se observa que algunas de las casas alrededor del río Purral no cumplen con el área de protección de los ríos (10 metros a cada lado del cauce en zona urbana) (Figura 5).

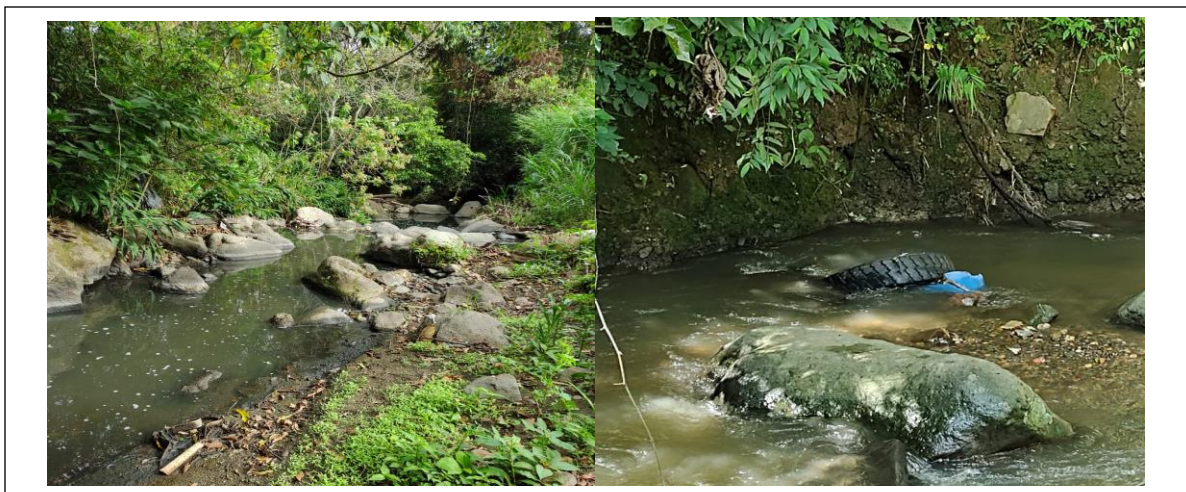


Figura 5. Punto de muestreo #2: Entrada del Súper Jumbo Purral, distrito Purral, Goicoechea.

- Punto 3: Este punto de muestreo su ubica en el distrito de Guadalupe, aproximadamente a 1,2 km de distancia del punto 2 y corresponde al río Torres. A una distancia aproximada de 80 m antes de llegar a este punto se une el río Torres con el río Purral (Figura 3). Este fue el punto de muestreo donde se observó mayor cantidad de residuos sólidos en el cauce del río y en el área de protección del río (Figura 6).



Figura 6. Punto de muestreo #3: Puente peatonal. Calle 53-A, distrito Guadalupe, Goicoechea.

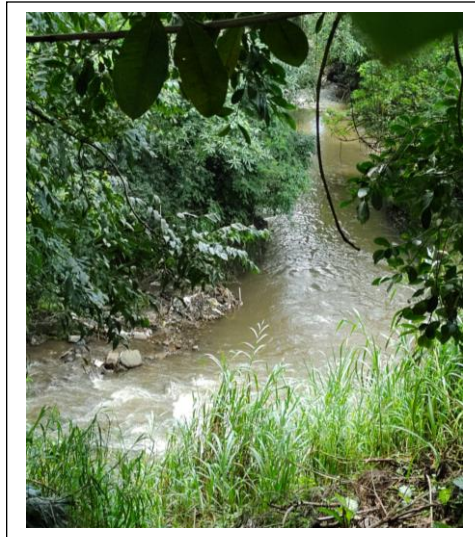


Figura 7. Punto de muestreo #4: Calle 29, distrito Guadalupe, Goicoechea.

- Punto 4: Este punto se encuentra en el distrito de Guadalupe (Figura 7). Se encuentra aproximadamente a 1,2 km de distancia al punto 3. Es importante recalcar que el punto 3 y 4 limitan con el cantón de Montes de Oca (figura 3).

- Punto 5: Este punto de muestreo se ubica el distrito de San Francisco, aproximadamente a 1,8 km de distancia del punto 4. Un aspecto por señalar es que a partir de este punto (el día de la vista al campo) se notó un cambio físico en el color del agua del río Torres (Figura 8).



Figura 8. Punto de muestreo #5: Avenida 17, distrito San Francisco, Goicoechea.

- Punto 6: Este corresponde al último y más bajo punto de muestreo, este punto (al igual que el punto 5) es límite entre el distrito de San Francisco y San José, se ubica aproximadamente a 1 km del punto 5 (Figura 9).

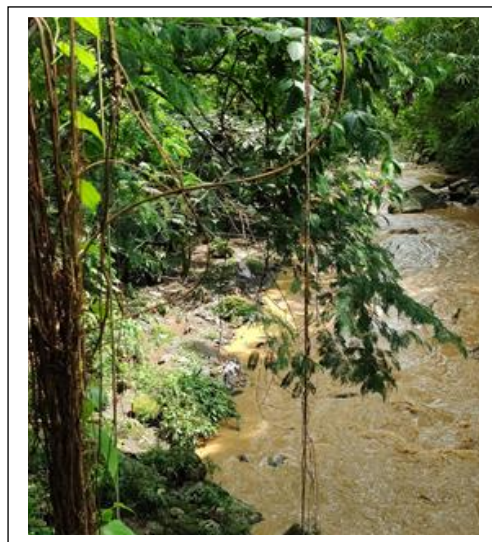


Figura 9. Punto de muestreo #6: Avenida 13, Calle 3A, distrito San Francisco, Goicoechea.

- Definición de los parámetros a analizar. Se definieron los siguientes parámetros: el porcentaje de saturación de Oxígeno, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y el Nitrógeno Amoniacal (como parámetros de carácter obligatorio). Entre los parámetros de carácter complementario se definió los siguientes: Demanda Química de Oxígeno, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables y Suspendidos Totales, Cloruro, Fluoruro, Sulfato, Nitrógeno total, Nitrato, Sustancias Activas de Azul de Metileno, Amonio, Turbiedad, Color, y como análisis biológico se analizaron coliformes fecales (se analizaron solo en época seca por limitación de recursos, sin embargo, se obtuvo datos valiosos para tomar en cuenta en futuros análisis en la zona). Entre los parámetros realizadas *in situ* se definen: oxígeno disuelto, pH, conductividad y temperatura.
- Toma de muestras. Para esto se requirió del análisis de información de la última edición del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, tal y como se establece en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (MINAE, 2006), para el aseguramiento del protocolo de muestreo. Primeramente, se realizó la correcta identificación y rotulación de cada muestra, con fecha, hora y punto específico de recolección. Las muestras fueron recolectadas entre las 6:00 a.m. y la 1:00 p.m. Se aseguró el previo lavado triple del recipiente (según el parámetro a analizar) antes de la toma de la muestra de agua de mezcla completa, en dirección opuesta al flujo del agua y de preferencia en la zona central del río o donde fluya el agua, pero donde no hubiese turbulencia fuerte (figuras 11 y 12). Las mediciones de campo se realizaron según lo establece la metodología oficial de estos análisis (Figura 13 y 14).
- En cada muestreo se recolectó un total de 36 muestras, de las cuales 6 fueron tomadas en galones de plástico (Polietileno de Alta Densidad o HDPE por sus siglas en inglés) de 3,7 l cada uno, 6 en botellas de vidrio ámbar de 1000 mL cada una previamente lavadas con Ácido Nítrico; 6 en botellas de plástico (Polietileno de Alta Densidad o HDPE por sus siglas en inglés) de 250 mL cada una previamente lavadas con Ácido Nítrico; 6 botellas de vidrio ámbar de 100 mL cada una previamente lavadas con Ácido Nítrico; 12 en recipientes esterilizados de plástico de 250 mL cada uno (figura 14). Para el análisis de coliformes fecales se tomaron 3 muestras de 100 mL en cada punto de muestreo, en recipientes esterilizados (Figura 15).
- Después de cada muestreo los recipientes fueron almacenados en la hielera para preservar la muestra a una temperatura aproximada de 4°C (Figura 16). Cabe mencionar que la investigadora

realizó la toma de muestras con ayuda de miembros de la Dirección Ambiental de la Municipalidad de Goicoechea.

- Luego de la toma de muestras se procedió inmediatamente a trasladarlas al Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA) de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional en Heredia, y las muestras para el análisis de Coliformes fecales se llevaron al Laboratorio San Martín en San José, donde fueron analizadas. El muestreo se realizó en dos épocas del año, en la lluviosa y en la seca, de esta manera se pudo comparar las variaciones del estado del agua superficial del río. Se muestreó en época lluviosa del año 2020 (noviembre) y en la época seca del año 2021 (marzo).



Figura 10. Muestro físico-químico de las aguas superficiales, época lluviosa, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.



Figura 11. Muestro físico-químico de las aguas superficiales, época seca, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.



Figura 12. Toma de parámetros medidos en campo en el muestreo de las aguas superficiales, época lluviosa, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.



Figura 13. Toma de parámetros medidos en campo en el muestreo de las aguas superficiales, época seca, en la parte media de la microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José.



Figura 14. Cantidad de muestras recolectadas en cada punto de muestreo.



Figura 15. Muestras de agua superficial tomadas en cada punto de muestro para el análisis de coliformes fecales.



Figura 16. Hieleras utilizadas para preservar las muestras.

- Análisis y discusión de los resultados. Una vez obtenidos los resultados de los análisis físico-químicos y biológicos de laboratorio de ambas épocas, se procedió a analizar los resultados de las muestras de agua superficial de cada época obtenidos en el LAA, siguiendo lo establecido en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N°33903-MINAE-S, se consultaron las variables para determinar la calidad del agua por medio del Índice Holandés de Valoración de la Calidad Físico-Química del Agua. Por lo tanto, se sumaron los puntos correspondientes en cada uno de los ámbitos de concentración respectiva para cada uno de los parámetros que utilizaron el índice (Cuadro 5) y, dependiendo de la suma obtenida de puntos, se trasladó a un código de colores con el que se clasificó la calidad del agua del cuerpo receptor de acuerdo con el grado de contaminación (Cuadro 6) (MINAE, 2006). Con la información obtenida de ambos índices,

se analizó la información y se definió la línea base del nivel de contaminación del área de estudio.

Cuadro 3.

Asignación de puntajes según el Sistema Holandés para cuerpos receptores

PUNTOS	PSO (%)	DBO (mg/l)	N-NH ⁴⁺ (mg/l)
1	91 – 100	<= 3	< 0.50
2	71 – 90 111 – 120	3.1 – 6.0	0.50 – 1.0
3	51 – 70 121 – 130	6.1 – 9.0	1.1 – 2.0
4	31 - 50	9.1 – 15	2.1 – 5.0
5	<= 30 y > 130	> 15	> 5.0

Nota: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N°33903-MINAE-S, 2006.

Cuadro 4.

Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés

Clase	Sumatoria de puntos	Código de Color	Interpretación de Calidad
1	3	Azul	Sin contaminación
2	4 - 6	Verde	Contaminación incipiente
3	7 - 9	Amarillo	Contaminación moderada
4	10 - 12	Anaranjado	Contaminación severa
5	13 - 15	Rojo	Contaminación muy severa

Nota: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N°33903-MINAE-S, 2006.

Seguidamente, se definió el uso potencial de acuerdo con los valores registrados para los análisis de coliformes fecales, según cada una de las clases establecidos en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Aguas Superficiales, se pueden observar en el Cuadro 5 y 6.

Cuadro 5.

Parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas en el Reglamento

Parámetros Complementarios (Unidades)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	< 20	20 a 1000	1000 a 2000	2000 a 5000	>5000

Nota: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N.º 33903-MINAE-S, 2006.

Cuadro 6.

Clasificación de los Cuerpos de Agua según el uso potencial y tratamiento que requiera

Usos*	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Abastecimiento de agua para uso y consumo humano (A)	Con tratamiento simple con desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano (B)	Sin tratamiento previo o con tratamiento simple de desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias (C)	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Con limitaciones	No utilizable
Actividades recreativas de contacto primario (D)	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Acuicultura (E)	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas (F)	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable

Fuente para la protección de las comunidades acuáticas (G)	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Generación hidroeléctrica (H)	Utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable con limitaciones	Utilizable con limitaciones
Navegación (I)	No utilizable	No utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable
Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras (J)	Utilizable	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable
Riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara (K).	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable

Nota: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N.º 33903-MINAE-S, 2006.

*En cada uno de los usos se establecen letras para simplificar el manejo de la información en futuros usos de este trabajo.

4.3.3 Fase III. Formulación de acciones concretas para el desarrollo de una propuesta cantonal de mejoramiento de la calidad del agua que atienda los puntos criterio de contaminación y otorgue mejoras en los servicios ecosistémicos:

- Se procede a analizar los resultados obtenidos en las fases anteriores y con base en estos se inicia esta última fase.
- Se indagó sobre posibles medidas que ayuden con la recuperación de las zonas ribereñas, considerando las características que posee el río Purral y el río Torres como parte del CBI. Mediante una revisión bibliográfica de estudios y proyectos exitosos, se pretendió analizar diferentes soluciones que permitan contribuir a mejorar la calidad del agua y, consecuentemente, mejorar los servicios ecosistémicos que brinda el río. Para esto se consultó principalmente informes realizados por la UICN, ONU, PNUMA, y diferentes tesis.
- Se realizaron entrevistas a expertos en el tema para ampliar el conocimiento y las posibles opciones de las acciones a definir en la propuesta, basadas en experiencias de terceros. Para esto, se contactó con el apoyo de actores claves importantes, como lo son: líderes de Comités de Bandera Azul Ecológica (categoría de Microcuencas) aledañas a la zona de estudio, coordinadores del Comité Local del Corredor Biológico Interurbano (CBI) del río Torres.

Con estos actores, se tuvieron sesiones de trabajo y giras de campo para identificar las principales problemáticas, necesidades y acciones que se han realizado, así como las posibles acciones a realizar en del área de estudio. Se levantó una lista de los principales resultados obtenidos en estos espacios y se tomaron en cuenta para la redacción de la propuesta.

- Así mismo, se realizaron talleres con actores sociales de la comunidad, las invitaciones a la actividad se compartieron con ayuda de los síndicos del cantón, por medio de redes sociales de la Municipalidad de Goicoechea, y por medio de correo electrónico a diferentes Asociaciones de Desarrollo Integral. Se realizó un taller virtual y otro presencial. En estas sesiones se presentaron los resultados obtenidos en la Fase II, y se abrió un espacio para que las personas asistentes expusieran las principales problemáticas identificadas según su perspectiva de los ríos aledaños y posibles medidas a tomar.
- Se presentaron los resultados obtenidos de la Fase II al encargado del Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Goicoechea, con el fin de plantear objetivamente acciones puntuales involucrando la participación social de la comunidad y de los diferentes organismos y de esta manera lograr que los diferentes entes involucrados se apropien de la propuesta desde sus inicios.
- Se procedió con el desarrollo y redacción de la propuesta cantonal para mejorar la calidad del recurso hídrico del río Purrul y río Torres, para lo cual se estableció medidas o acciones concretas. De acuerdo con los resultados de los objetivos específicos 1 y 2 se definió las áreas estratégicas de la propuesta, para lo cual se planteó objetivos, acciones o medidas a corto, mediano y largo plazo. Se tomó en cuenta los actores involucrados, los responsables y los recursos necesarios para cada medida propuesta. Los principales componentes de la propuesta se ven reflejados en el plan de acción y monitoreo. Es importante mencionar que, durante la presentación de resultados a actores claves de la comunidad, se buscó que las ideas planteadas tuvieran una apropiación por parte de los involucrados con cada uno de los accionares.
- Para establecer las propuestas se tomó en cuenta los siguientes criterios: Plantear alternativas sencillas y participativas; ser económicamente viables; sociocultural e institucionalmente aceptables; administrativamente factibles y operables. Para planearlas se hizo uso de estrategias espaciales (considerando las zonas de mayor prioridad), estrategias organizacionales (buscando aumentar el nivel de participación de la población), estrategias

operativas (trabajo de campo en la microcuenca) y estrategias institucionales (a nivel de municipio) que apoyen la gestión de las propuestas.

- Al realizar la propuesta se hizo uso de herramientas para lograr la implementación de las mejoras, una de ellas es el desarrollo de capacidades. Esta abarca una mayor comunicación, educación, formación y sensibilización a la comunidad. La otra herramienta clave fue la elaboración de un plan para la gestión sectorial de los ríos con el fin de mejoramiento y aprovechamiento de servicios ecosistémicos de regulación y culturales, el cual permite el desarrollo de programas y técnicas de reforestación ribereña, de conservación y regeneración; otra herramienta utilizada fue el desarrollo de esquemas de monitoreo en los puntos críticos (principales desfuegos). Al final de esta fase se obtuvo la propuesta cantonal con el fin de que se logre una recuperación progresiva de la calidad del recurso hídrico del cuerpo hídrico.

5. Resultados y discusión

5. 1. Fase I: Caracterización demográfica y biofísica del sector de estudio

Aspectos generales del cantón

El cantón de Goicoechea se creó en el año 1891 mediante el Decreto N.º 66 y es el cantón número ocho de la provincia de San José. Está ubicado en las coordenadas geográficas dadas por 09° 57'31" latitud norte y 83° 59'26" longitud oeste. Limita al este con los cantones de Cartago y Vázquez de Coronado, al oeste con los cantones de Moravia, Tibás y San José, al norte con los cantones de Tibás, Moravia y Vázquez de Coronado y al sur con San José, Montes de Oca y Cartago (Figura 3). Se creó con seis distritos, el distrito de Purral se unió al cantón en 1991 como el distrito número 7.

Goicoechea tiene una superficie de 31, 62 km² y posee actualmente 7 distritos. Estos son (Figura 17): Guadalupe con 2,48 km², San Francisco con 0,50 km², Calle Blancos 2,39 km², Mata de Plátano con 7,85 km², Ipís con 2,77 km², Rancho Redondo con 12,52 km² y Purral con una extensión de 3,11 km² (INEC, 2011).

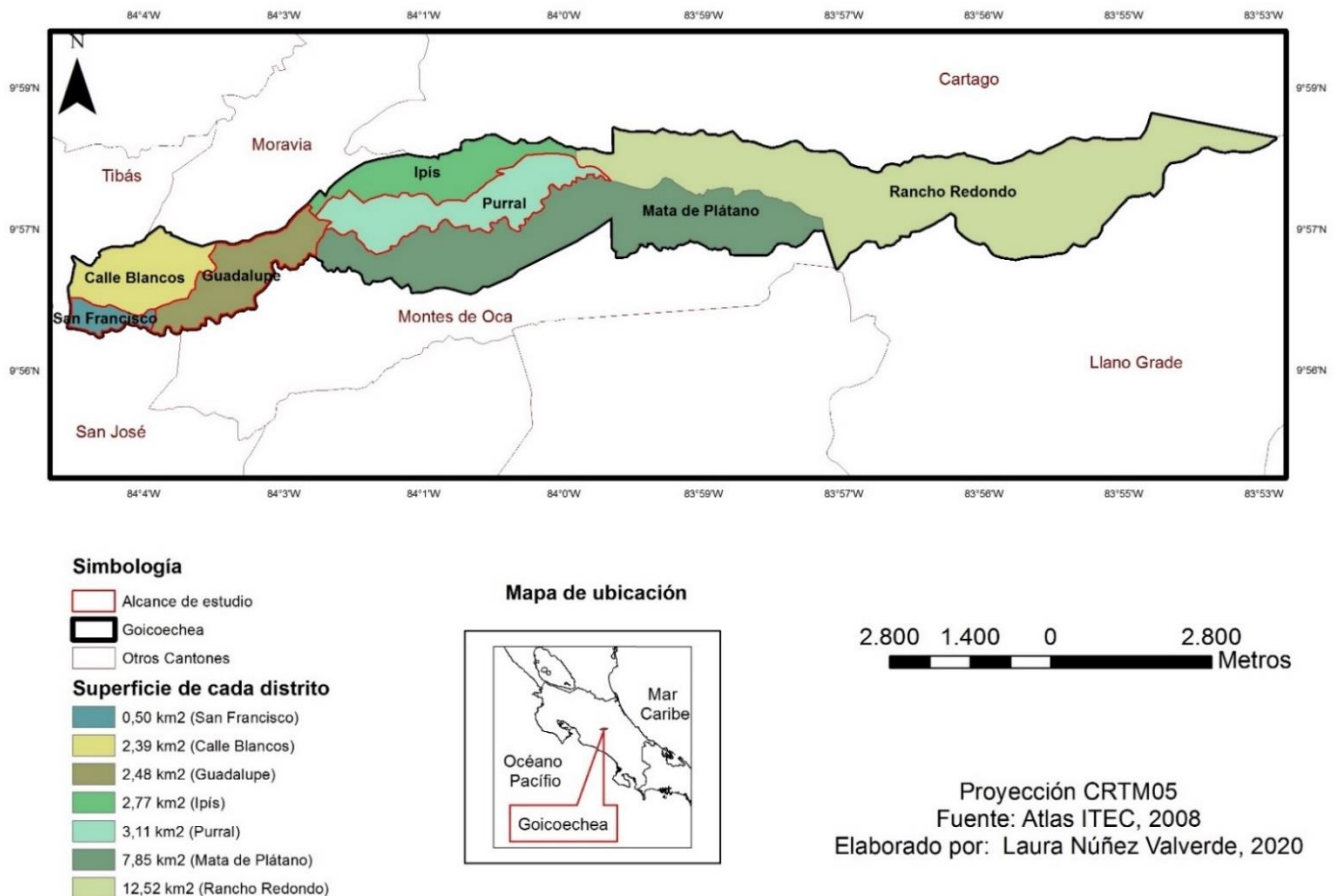


Figura 17. Mapa de la superficie (km²) de cada distrito, cantón de Goicoechea, San José.

Enfocándose en el área de estudio (distrito de Guadalupe, San Francisco y Purral), Guadalupe es la cabecera del cantón y lo forman los barrios de: Árboles, Colonia del río, El Alto, Fátima, Independencia, Jardín, Magnolia, Maravilla, Margarita, Minerva, Moreno Cañas, Orquídea, Pilar Jiménez, Rothe, San Gerardo, Santa Cecilia, Santa Eduviges, Santo Cristo, Unión y Yurusti. San Francisco cuenta con los siguientes barrios: Carlos María Ulloa, San Francisco (centro) y Tournón. Entre los barrios del distrito Purral se encuentran: Ana Frank, Castores, Cuadros, Don Carlos, El Alto, Flor de Liz, Kurú, Lomas de Tepeyac, Lupita, Montesol, Nogales, Pueblo y Violetas (Municipalidad, 2016).

Caracterización demográfica de la zona

El análisis de los diferentes indicadores e índices se realizó para todo el cantón de Goicoechea y se profundizó con mayor detalle para los distritos involucrados en el alcance de estudio.

- Análisis poblacional

De acuerdo con los datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2011), Goicoechea es el noveno cantón más poblado del país. Este presenta una población de total de 115 084 personas, de las cuales 54 269 son hombres y 60 815 son mujeres.

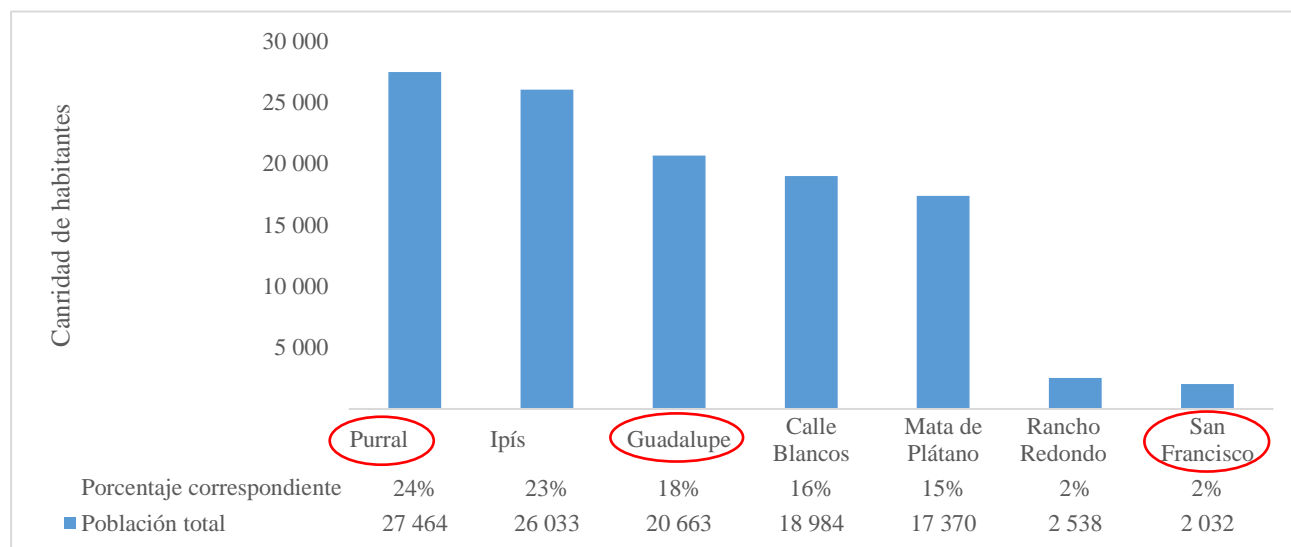


Figura 18. Población de los distritos del cantón de Goicoechea
 Nota: Elaborado con información del censo nacional, INEC, 2011.

En la Figura 18 se observa la cantidad total de población de los distritos de Goicoechea y el respectivo porcentaje de habitantes de cada distrito respecto a la cantidad total de habitantes total del

cantón. Dentro del área de estudio del proyecto (distrito de Guadalupe, San Francisco y Purral) la cantidad total de población reportada es de 50 159 habitantes.

De la cantidad total de habitantes, 12 918 son hombres y 14 546 son mujeres del distrito de Purral, este último es el que concentra la mayor cantidad de habitantes (24 % de la población del cantón); 9 591 son hombres y 11 072 son mujeres que habitan en el distrito de Guadalupe, que es el tercer distrito más poblado (18 % de la población del cantón). Y 924 son hombres y 1 108 son mujeres que viven en el distrito de San Francisco, que es el menos poblado del cantón (2 % de la población del cantón).

Como se mencionó, Goicoechea está entre los diez cantones más poblados del país, pero a pesar de esto, la tasa de crecimiento promedio anual en el período intercensal 2000-2011 fue de -0,2 (Rodríguez, 2012), lo que situó a Goicoechea como uno de los cinco cantones de Costa Rica que no tuvieron crecimiento poblacional, esto se traduce a que en el cantón de Goicoechea se reportara 2 448 habitantes menos y también la población adulta mayor aumentó en todos los distritos. En este periodo, los distritos que perdieron más población fue San Francisco y Guadalupe, con un promedio de 2,05 % y el 1,25 % de su población. Los únicos distritos con tasa de crecimiento anual positiva fueron Mata de Plátano y Purral, los cuales crecieron anualmente al 0,63 % y 0,23 %, respectivamente (ProDUS-UCR, 2020). Sin embargo, en los últimos años, de acuerdo con estadísticas demográficas realizadas por la Caja Costarricense del Seguro Social, se puede observar que la población estimada para el cantón durante el año 2019 fue de 137 328 habitantes (CCSS, 2019), lo que significa que su población aumentó 22 244 personas del año 2011 al año 2019.

- Análisis socioeconómico

Goicoechea se caracteriza por ser un cantón urbano, exceptuando a los distritos de Rancho Redondo con un total de 1 563 personas que habitan en zona rural y Mata de Plátano con 122 habitantes de zona rural. El resto de población del cantón habita en zona urbana.

Respecto a los indicadores de empleo por distrito, se puede identificar en el Cuadro 7 que el distrito de Purral ocupa el mayor porcentaje de población económicamente inactiva, seguido por el distrito de Guadalupe. Asimismo, se puede observar que en la fuerza de trabajo del cantón se destaca el sector terciario como el sector principal de fuentes de trabajo. Según los sectores de actividad para el año 2011, el sector primario (agropecuario) fue de 1 %; en el sector secundario (industrias) fue de 16,7 %; y sector terciario (servicios) fue de 82,2 %. En el cantón se catalogan los servicios del sector terciario como: las contrataciones estatales, comerciantes, supermercados,

sucursales bancarias, tiendas de ropa y calzado, tiendas de electrodomésticos, recreación, alimentación y transporte, actividad turística, restaurantes y fincas ecoturísticas (Rodríguez, 2012).

En el siguiente Cuadro 7 se detallan las cifras para cada uno de los indicadores económicos por distritos.

Cuadro 7.

Indicadores económicos por distrito

Cantón y Distritos	Población de 15 años y más	Porcentaje de población activa	Porcentaje de población económicamente inactiva	Porcentaje de población ocupada		
				Sector Primario	Sector Secundario	Sector Terciario
Goicoechea	90 537	56,8	43,2	1,0	16,7	82,3
*Guadalupe	17 467	55,0	45,0	0,5	13,4	86,1
*San Francisco	1 684	55,2	44,8	1,1	17,5	81,4
Calle Blancos	15 370	59,1	40,9	0,5	16,3	83,1
Mata de Plátano	13 808	61,1	38,9	1,2	15,6	83,3
Ipís	20 253	57,4	42,6	0,5	17,2	82,3
Rancho Redondo	1 903	55,6	44,4	19,9	19,4	60,8
*Purral	20 052	53,2	46,8	0,6	19,9	79,5

Nota: *Distritos implicados en la zona de estudio. Elaborado con información del censo nacional, INEC, 2011.

Según estos datos, se puede observar que en el cantón se presenta una heterogeneidad de ocupaciones que van desde la prestación de servicios en comercios, en instituciones públicas y privadas, como también en actividades agrícolas y ganaderas. Esto se debe a la gran extensión del cantón y al hecho de limitar con otras zonas del cantón de San José y de Cartago (Munguía, Lorz, Granados y Jiménez, 2011).

El cantón presenta una tasa de desempleo abierto baja, sin embargo, en los últimos años se ha presentado un aumento. Además, no se cuenta con datos actuales de la situación de la población desempleada y puede que la tasa de la población económicamente inactiva haya aumentado significativamente en los últimos meses debido a la pandemia por COVID-19.

En el área del alcance del proyecto de investigación, en el distrito de Guadalupe se concentra la mayor actividad comercial, debido a su cercanía con la ciudad capital. Según el Plan Regulador, en la parte oeste del distrito existe una mayor concentración de servicios y comercios, entre estos:

gimnasios, joyerías, talleres, salas de belleza, etc. Además, se encuentra uno de los primeros centros comerciales del cantón y, también, hay centros educativos. En el sector este del distrito se ubican los servicios públicos y privados como clínicas dentales, servicios médicos, legales y de arquitectura ubicados en las principales vías del distrito. Asimismo, se observa una gran variedad de centros comerciales e industriales. El distrito de San Francisco es el segundo del cantón, es más residencial, aunque este ha desarrollado un aspecto turístico, comercial y bancario muy importante, en el sector este se ha desarrollado una especialización de las actividades tales como: instituciones de enseñanza superior, empresas especializadas, entidades bancarias y hoteles de categoría 4 y 5 estrellas. Además, hay dotaciones comerciales y de esparcimiento como el centro comercial El Pueblo. Por último, en Purral se cuenta con múltiples servicios y comercios básicos, se concentra en la vía de acceso principal que viene de Guadalupe, en este distrito hay concentración masiva de asentamientos humanos de tipo espontáneo, con servicios comerciales típicos como pulperías, abastecedores y verdulerías (Municipalidad de Goicoechea, 2016).

- Análisis de vivienda, disponibilidad de servicios básicos y de la condición de vida

Para el año 2011, el INEC contabilizó un total de vivienda de 34 494 en todo el cantón, de esta cantidad, 32 520 se encontraban ocupadas, 14 159 se encuentran dentro del área de estudio (cuadro 8). A diferencia de la disminución en el número de habitantes en el período intercensal 2000-2011, se presentó un crecimiento en el número de viviendas que fue de 2 897. Según Rodríguez (2012), se da una disminución en el promedio de personas por vivienda, pues se pasa de 3,71 a 3,50 personas por vivienda ocupada. Para el año 2019, el total de viviendas según estadísticas demográficas realizadas por la Caja Costarricense del Seguro Social fue de 36 245, lo que indica un aumento de 3 725 viviendas del año 2011 al año 2019 (CCSS, 2019).

El tema de vivienda es muy importante de analizar debido a todas las consecuencias que acarrea, pues estas se relacionan con el aumento de deforestación y la demanda de recursos como agua potable, generando un aumento en la demanda de la gestión del agua residual o bien que se genere mayor contaminación por la mala gestión de las mismas. También, se relaciona con el incremento de amenazas naturales y con los efectos atribuidos al cambio climático como, por ejemplo, deslizamientos o inundaciones.

Según el Diagnóstico del Plan de Regulación para el cantón (2020), Mata de Plátano ha sido en el siglo XXI una zona de crecimiento periurbana, Rancho Redondo es una zona rural accesible, los distritos de Guadalupe, San Francisco y Calle Blancos son zonas de la relativamente vieja

urbanización, e Ipís y Purral son de la más reciente urbanización. A estos dos últimos distritos se les asocia con las invasiones y asentamientos de territorios informales.

Respecto al ordenamiento territorial, para el año 2011, el distrito que tenía mayor cantidad de viviendas localizadas ilegalmente en un territorio (precarios) fue Purral, que presentó 186 viviendas en estas condiciones, seguido por Calle Blancos con 65 viviendas, Guadalupe con 56 viviendas, en Mata de Plátano hay 22 viviendas, en Ipís se contabilizaron 17 viviendas, en San Francisco 4 viviendas, y en Rancho Redondo no se contabilizaron viviendas con estas características. Por lo tanto, se visualiza que en los distritos de zona de estudio específicamente Purral y Guadalupe presentan alta cantidad de poblados en estas condiciones. La gestión de estos poblados es fundamental debido a que son zonas con condiciones de riesgo a amenazas naturales o están situados en zonas de protección de los cauces naturales, por lo que los eventos climáticos extremos podrían generar afectación en estas poblaciones, tanto en faltante de recurso hídrico como en eventos de inundación o deslizamientos (ProDUS-UCR, 2020).

No obstante, en el Cuadro 8, se puede evidenciar que Purral es el distrito que tiene mayor cantidad de ocupantes por vivienda. Además, se observan los indicadores de disponibilidad de servicios básicos del cantón, en donde el 99,6 % de las viviendas del cantón cuenta con abastecimiento de agua de acueducto, 97 % de la población cuenta con servicio sanitario conectado alcantarillado sanitario o a tanque séptico y el 100 % posee servicio de electricidad.

También, es importante analizar la cantidad de personas por viviendas que poseen línea de teléfono celular y/o servicio de internet (Cuadro 8), específicamente en los distritos de estudio, se obtiene que el 90,5 % de las viviendas en Guadalupe tiene línea de teléfono celular y el 55,5 % tiene acceso a internet. En San Francisco, el 86,1 % posee línea de teléfono celular y el 41,7 % tiene internet. En el distrito de Purral, el 93,2 % tiene línea de celular y el 32,8 % tiene acceso al internet. Estos datos son de interés para este proyecto con el fin de la aplicación de encuestas de manera virtual y para considerar los diferentes medios de información, comunicación e involucramiento de la población para el desarrollo de la propuesta.

Cuadro 8.

Indicadores de vivienda y disponibilidad de servicios básicos y TIC

Cantón y distritos	Total de viviendas individuales ocupadas	Promedio de ocupantes por vivienda	Porcentaje de viviendas individuales ocupadas				
			Con abastecimiento de agua de acueducto	Con servicio sanitario conectado al alcantarillado sanitario o a tanque séptico	Con electricidad	Con línea de teléfono celular	Con Internet
Goicoechea	32 520	3,5	99,6	97,0	100,0	92,2	47,8
*Guadalupe	6 448	3,2	99,9	98,4	100,0	90,5	55,5
*San Francisco	631	3,2	100,0	98,1	100,0	86,1	41,7
Calle Blancos	5 516	3,4	100,0	93,8	99,9	92,8	54,3
Mata de Plátano	5 044	3,4	99,4	98,3	100,0	93,9	57,0
Ipís	7 150	3,6	99,8	98,3	100,0	92,0	46,9
Rancho Redondo	660	3,8	85,8	96,4	99,7	88,0	24,5
*Purral	7 071	3,9	99,9	96,1	100,0	93,2	32,8

Nota: *Distritos implicados en la zona de estudio. Elaborado con información del censo nacional, INEC, 2011.

De acuerdo con estos datos, se observa el compromiso del cantón con su población por cuanto a la prestación de servicios públicos de calidad. En donde se presenta una cobertura mayoritaria de los servicios de electricidad y agua potable. Sin embargo, se nota que en zonas rurales (Rancho Redondo) y en zonas con mayor crecimiento poblacional (ejemplo: distrito Purral) hay menor cobertura, lo que puede afectar a futuro, si la población sigue, y repercutiendo en el aumento de la infraestructura de los sistemas presentes que pueden llegar a ser insuficientes. De igual forma, es importante apuntar que, según el Plan de Regulación para el cantón (2020), la cobertura del sistema de alcantarillado cubre aproximadamente dos tercios de la población, pero se espera que con las actuales fases de expansión del sistema se cubra todas las zonas del área urbana. Asimismo, no se cuenta con la información del sistema pluvial bien documentado, sin embargo, se reportan bastantes problemas de falta de capacidad y atascamiento de las alcantarillas con desechos sólidos.

Ahora bien, el manejo de desechos sólidos en el cantón se realiza por medio de la empresa EBI, la cual brinda el servicio dos veces por semana en el distrito central (Guadalupe) y una vez por semana en los demás distritos. De igual forma, la municipalidad cuenta con el Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del cantón y, a pesar de los esfuerzos que se han realizado en el manejo de estos y en la recolección de los residuos no tradicionales, el manejo inadecuado asociado con la inseguridad ciudadana, principalmente en los distritos con asentamientos ilegales, sigue siendo de las mayores problemáticas del cantón. La recolección de residuos no tradicionales actualmente se brinda en los siete distritos del cantón, en fechas específicas por sector. Según Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (2019), en el cantón de Goicoechea se generan aproximadamente 79 toneladas diarias de residuos sólidos, para un promedio de 0,69 kilogramos por persona por día.

Respecto a los datos obtenidos en el censo sobre los indicadores de las condiciones de vida (INEC, 2011), a nivel cantonal el 6,6 % de los hogares presenta una carencia de albergue digno, el 3,2 % presentan hogares con carencia de vida saludable, 6,1 % presenta hogares con carencia de acceso al conocimiento y 4,7 % de los hogares tiene carencia de acceso a otros bienes y servicios. En el Cuadro 9 se muestran los indicadores por distrito y se puede observar que Purral es el distrito que presenta mayor cantidad de carencias de hogares de albergue digno y de hogares con carencia de acceso al conocimiento. Por lo tanto, se muestra que a pesar de que las Necesidades Básicas Insatisfechas no son altas y que se han mejorado en el periodo interesal, todavía en algunos distritos se presentan menores condiciones de vida.

Cuadro 9.
Indicadores de condiciones de vida según cantón y distrito

Cantón y Distrito	Necesidades Básicas Insatisfechas			
	Porcentaje de hogares con carencia de albergue digno	Porcentaje de hogares con carencia de vida saludable	Porcentaje de hogares con carencia de acceso al conocimiento	Porcentaje de hogares con carencia de acceso a otros bienes y servicios
Goicoechea	6,6	3,2	6,1	4,7
*Guadalupe	3,7	1,7	3,0	3,5
*San Francisco	8,3	1,9	6,2	6,9
Calle Blancos	8,1	6,5	5,8	3,8
Mata de Plátano	3,6	2,0	4,9	2,8
Ipís	3,8	1,7	5,9	4,4

Rancho Redondo	11,0	9,3	8,4	9,2
*Purrál	12,7	3,9	10,2	7,7

Nota: *Distritos implicados en la zona de estudio. Elaborado con información del censo nacional, INEC, 2011.

Por último, cabe mencionar que, en temas de denuncias ambientales, según el Sistema Integrado de Trámite de Denuncias Ambientales (SITADA), del año 2013 al presente año (mayo de 2023), Goicoechea reporta 296 denuncias ambientales, las cuales se distribuyen por distrito de la siguiente manera: Guadalupe con 88 denuncias; Mata de Plátano, 66 denuncias; Ipís con 53 denuncias; Purrál, 32 denuncias; Rancho Redondo, 28 denuncias; Calle Blancos, 18 denuncias; y en San Francisco se han presentado 11 denuncias. Entre las infracciones más comunes se encuentran las siguientes: invasión de áreas de protección de nacientes, contaminación por aguas residuales, conexión al alcantarillado pluvial, contaminación de nacientes, ríos o quebradas, tala y/o aprovechamiento, incumplimiento de viabilidad ambiental, acumulación residuos en sitios públicos, obras no autorizadas en cauce, movimientos de tierra no autorizadas, cambio uso de suelo, contaminación por residuos, tenencia ilegal de animal silvestre y emisión de partícula (SITADA-MINAE, 2020). Con base en lo anterior, se puede observar que muchas de las denuncias ambientales presentadas están relacionadas con la afectación del recurso hídrico de los cuerpos receptores y al aumento de la vulnerabilidad ante amenazas naturales.

- Análisis de Educación

La población total que asiste a educación regular (mayor de 5 años), según el Censo 2011, es de 107 317 personas. Acá la población de secundaria académica ocupa la mayor cantidad de población que asiste a los diversos grados, con una cantidad total de 38 986 personas; seguido de la primaria con 36 436 y, por último, el nivel universitario con 22 320 personas. Es importante rescatar que 2 597 personas (el 2,42 % de la población) no posee ningún grado de escolaridad. Por lo que el porcentaje de alfabetismo del cantón es de 99,03 %. En el Cuadro 10 se especifica la cantidad de población según el nivel de instrucción.

Cuadro 10.
Indicadores de educación

Población	Nivel educativo								
	Población de 5 años o más	Ningún grado	Enseñanza Especial	Kínder o preparatoria	Primaria	Secundaria Académica	Secundaria Técnica	Para Universitaria	Universitaria
Total	107 317	2 597	359	2 021	36 436	38 986	2 116	2 482	22 320
Hombres	50 284	1 231	209	1 036	16 790	18 373	1 081	1 079	10 485
Mujeres	57 033	1 366	150	150 985	19 646	20 613	1 035	1 403	11 835

Nota: Elaborado con información del Censo nacional, INEC, 2011.

Respecto a la cantidad de centros educativos, el cantón cuenta con un total de 24 centros educativos de primaria, de estos 11 son instituciones privadas. Cuenta con 7 colegios públicos y 9 privados. También, existen 5 instituciones de enseñanza especial, 1 de ellas privada (Rodríguez, 2012).

Según información del Ministerio de Educación Pública (MEP, 2018), entre los centros educativos de preescolar independientes por distritos se encuentran: en Calle Blancos 1 centro de preescolar, en Guadalupe hay 3 centros, en Ipís se encuentran 2 centros, y Purral cuenta con 1 centro educativo. Respecto a las escuelas diurnas: en Calle Blancos hay 3 escuelas, en San Francisco se encuentra 1 escuela, en Purral hay 3 escuelas, en Mata de Plátano 4 escuelas, en Ipís 3 escuelas, y en Rancho Redondo se encuentran 2 escuelas. Los colegios que se encuentran en el cantón por distrito se cuentan con los siguientes: en Guadalupe 6 colegios, en Calle Blancos hay 3 colegios, en Purral se encuentran situados 3 colegios, en Mata de Plátano hay 2 colegios, en Ipís 1 colegio y en Rancho Redondo cuenta con 1 colegio.

- Índice de Desarrollo Social Cantonal y Distrital:

Este índice analiza las posibilidades de acceder y disfrutar de la población de un conjunto de derechos básicos que se agrupan en cinco dimensiones: económica (electricidad y acceso a internet), participación (participación electoral), salud (nacimientos, cobertura de agua potable, mortalidad en menores de 5 años, bajo peso en niños y niñas), educativa (infraestructura educativa, programas educativos especiales, escuelas unidocentes, rezago educativo, cobertura en secundaria) y seguridad (homicidios dolorosos, muertes en accidentes de tránsito) (MIDEPLAN, 2017).

Según el último estudio realizado por el MIDEPLAN (2017), el cantón de Goicoechea se posicionó de número 17 a nivel país, con un IDS de 77,49. Esto lo ubica dentro del promedio de la Región Central, ya que el promedio es de 70, todos los distritos se encuentran dentro del promedio excepto el distrito de Purral (Cuadro 11).

Cuadro 11.
Valor del IDS de los distritos del cantón de Guadalupe

Distrito	Valor	Posición
*Guadalupe	79,68	63
*San Francisco	77,54	78
Calle Blancos	78,35	73
Mata de Plátano	79,32	67
Ipís	72,52	130
Rancho Redondo	71,10	144
*Purral	67,51	199

Nota: *Distritos implicados en la zona de estudio. Elaborado con datos del MIDEPLAN, 2017.

Es importante resaltar que las diferencias entre los valores que posee cada distrito en el IDS se ven reflejado mayoritariamente entre los que poseen mayor posición, estos son: Purral, Rancho Redondo, Ipís y también en San Francisco. Esto se debe a que en estas zonas se presentan mayores divisiones, pues estos distritos están separados por dos sectores que, a pesar de estar en un mismo territorio, cuentan con características socioeconómicas y físicas diferentes, lo que afecta los procesos participativos y de consulta (ProDUS-UCR, 2020).

- Índice de Desarrollo Humano Cantonal

Para este punto, según el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal (2020), el cantón de Goicoechea en el año 2018, en el Índice de Desarrollo Humano (IDHc) fue de 0,83, que lo posiciona de número 29 respecto al total de cantones del país. Siendo así el cantón se ubica entre los cantones con desarrollo humano muy alto en el país.

Cabe mencionar que, para este cálculo, el IDHc considera las siguientes variables: vivir una vida larga y saludable (medida por la Esperanza de Vida al Nacer), tener educación (medida por la Tasa de Alfabetización de Personas Adultas y la Tasa Neta de Matriculación en Primaria y Secundaria) y gozar de un nivel de vida digno (medido por el Índice de Bienestar Material) (PNUD y Universidad de Costa Rica, 2011). El índice de Esperanza de Vida (IEVc) fue de 0,872,

posicionándolo en el número 24 con respecto al total de cantones del país. El Índice de Conocimiento (ICc) fue de 0,924, posicionándolo en el número 57 respecto al total de cantones del país. Y el Índice de Bienestar Material (IBMc) fue de 0,527, posicionando a Goicoechea en el cantón número 38 con respecto al total de cantones del país. De acuerdo con esto, el cantón cuenta con una esperanza de vida alta, esto implica que el cantón les ofrece a sus habitantes condiciones que les permite tener una vida larga y saludable. Además, Goicoechea cuenta con un alto grado de participación y cobertura educativa.

- Resultados de las encuestas

Para finalizar con el análisis del componente socioeconómico del cantón y específicamente de la zona de estudio, se presenta los resultados de la encuesta mediante el formulario de Google, para conocer así la percepción ambiental, aspectos socioculturales, el nivel de participación comunal y de concientización de la población aledaña al río Purral y al río Torres ante la problemática socioambiental (Apéndice 3: Instrumento de la encuesta).

La encuesta se constituyó en 4 secciones, de los resultados obtenidos de la primera sección (datos de la persona encuestada), se obtuvo que el rango de edad de los encuestados fue variado, sin embargo, el más frecuente fue del 51 a 60 años (26,5%), seguido de 31 a 40 años (20,6%) (Figura 19). De lo anterior se recalca la necesidad de fomentar programas que involucren mayor interés y participación de los adolescentes y jóvenes de la comunidad.

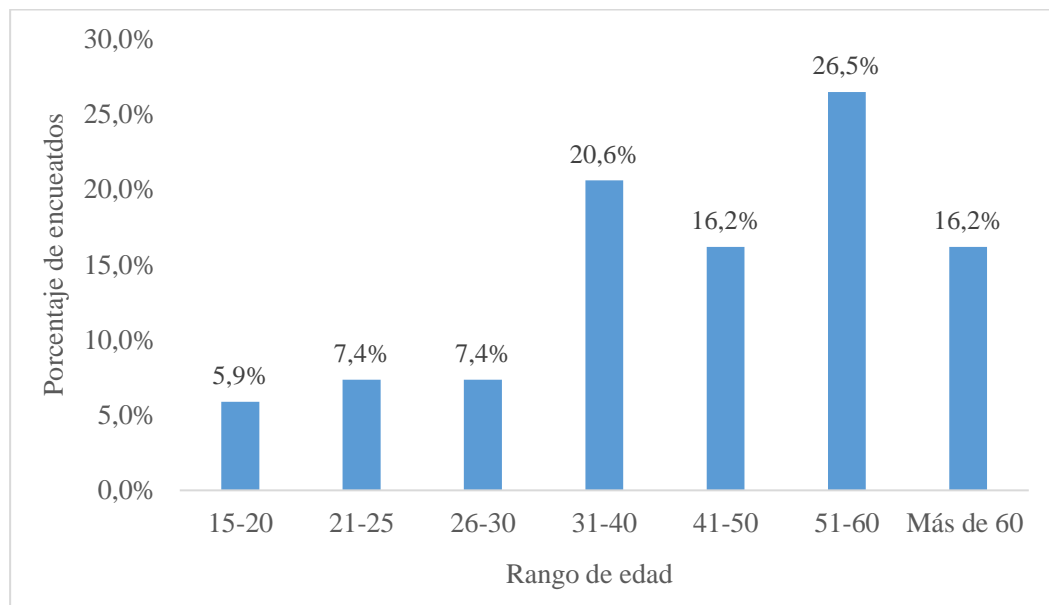


Figura 19. Porcentaje de personas encuestadas según el rango de edad.

Al conocer el distrito donde habita la persona participante, se obtiene que Guadalupe fue donde se contó con mayor participación de los ciudadanos, ya que el 50 % de participantes habitan en este distrito. El 26,5 % en el distrito de Purrál y el 23,5 % restante son ciudadanos del distrito de San Francisco (Figura 20), factor favorable debido al área de estudio. Del total de las personas encuestadas, el 66,2 % son de sexo femenino y el 33,8 % son de sexo masculino. Estos datos se relacionan con los datos reportados por el INEC, pues de los tres distritos de estudio la cantidad de mujeres es mayor que la de los hombres que habitan en el distrito.

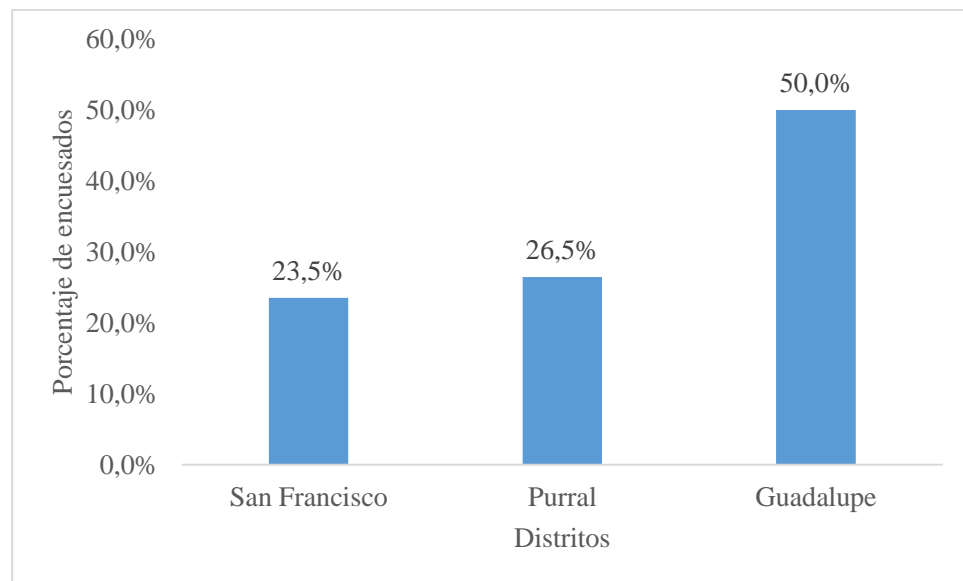


Figura 20. Distrito donde habita la persona participante.

Del total de las personas encuestadas, el 47,1 % poseen empleo de tiempo completo, el 17,6 % de los participantes son retirados, el 16,2 % es trabajador por cuenta propia, el 8,8 % está desempleado, el 7,4 % son jóvenes que se encuentran estudiando y el 2,9 % posee un empleo de tiempo medio (Figura 21). Este factor es importante para conocer la disponibilidad de las personas para participar en las actividades propuestas en el plan de acción.

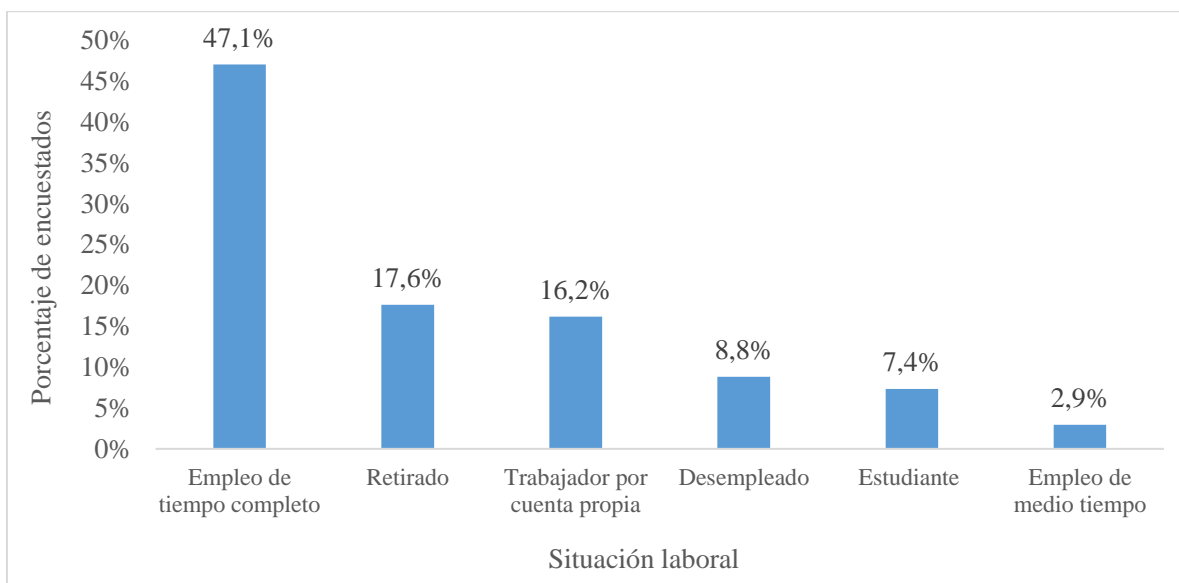


Figura 21. Situación laboral de los encuestados.

Respecto a la segunda sección de la encuesta, sobre la disposición de las aguas residuales, se obtiene que la mayoría de las personas encuestadas, el 73,5 %, evacúan las aguas grises (agua con jabón) por medio del sistema de alcantarillado sanitario, el 20,6 % de las personas dicen poseer tanque séptico en sus casas y el 5,9% afirmaron que las evacúan directo al río sin previo tratamiento (Figura 22). Asimismo, se obtiene que el 64,7 % de las personas encuestadas afirman evacuar las aguas negras (agua con orina y heces) de sus casas mediante el sistema de alcantarillado y el 35.3 % restante lo hacen mediante el uso del tanque séptico (Figura 23).

Los datos reportan que la mayoría de las personas que participaron de esta encuesta evacúan las aguas negras y jabonosas por medio del alcantarillado sanitario, lo que evidencia la importancia de la intervención realizada con las obras de alcantarillado sanitario que se realizan en la zona, que se conectará con la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos.

A pesar de esto, un alto porcentaje utilizan sistema de tanque séptico, mismo que si no están correctamente diseñados según la capacidad de carga orgánica y si no se les da un adecuado mantenimiento removiendo o tratando los lodos, el sistema disminuye su eficiencia y puede ser una fuente de contaminación debido a la infiltración de patógenos y nitratos en los suelos, provocando contaminación del agua subterránea o contaminación del agua superficial por medio de escorrentías (Hidalgo, 2012). El 5,9 % de los encuestados lo realiza las descargas directo al río, lo que eventualmente ocasiona una grave afectación en la calidad del cuerpo receptor, generando mayor carga orgánica a este, malos olores y alteración de su composición física-química.

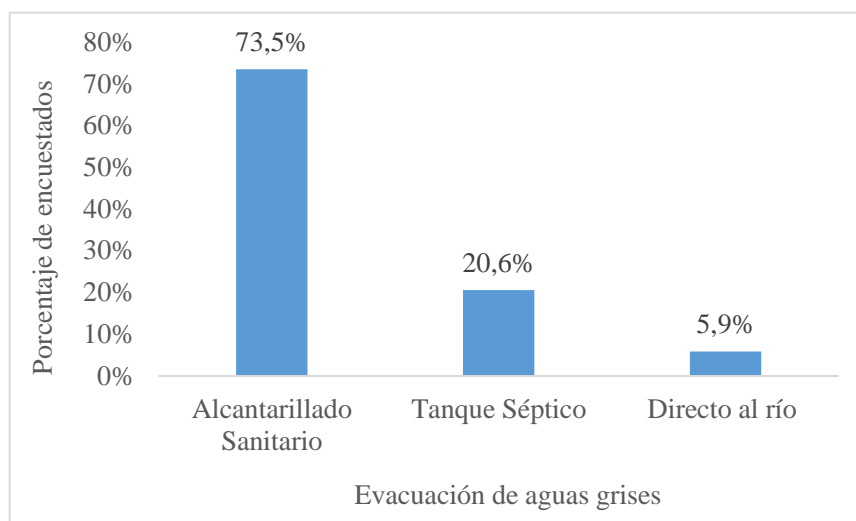


Figura 22. Evacuación de las aguas grises de las viviendas de las personas encuestadas.

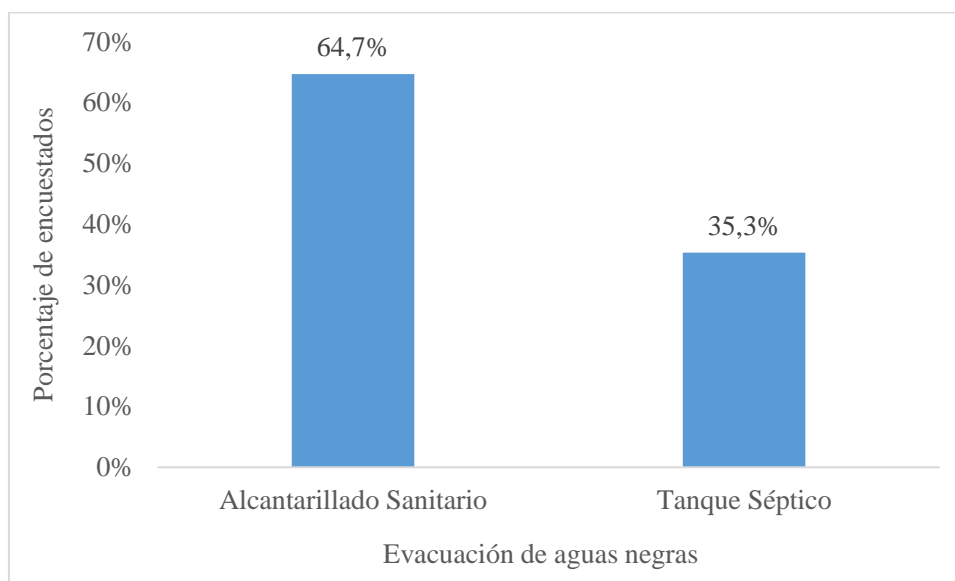


Figura 23. Evacuación de las aguas negras de las viviendas de las personas encuestadas.

Asimismo, se preguntó sobre la disposición final o manejo que les dan a los residuos sólidos, el 94,1 % de las personas contestaron que lo hacen mediante el servicio de recolección municipal; el 2,9 % disponen sus residuos por medio de otras prácticas como el compostaje, elaboración de ecobloques y el reciclaje de residuos valorizables; el 1,5 % de los participantes disponen los residuos mediante la recolección particular; y el 1,5 % restante afirma quemar sus residuos generados. Por lo tanto, se puede observar que a pesar de que la municipalidad brinda el servicio de recolección de los residuos valorizables y no valorizables, hay personas que mantiene prácticas no favorables tanto para el ambiente como para la salud pública, entre estas prácticas: la quema de los

residuos. Respecto a la recolección particular, no hay datos que demuestren que se realiza por medio de un gestor autorizado, lo que también puede ser un potencial riesgo para la contaminación de las aguas superficiales por la mala disposición de residuos.

La tercera sección corresponde a la percepción de la población sobre el respectivo río aledaño, se obtiene que el 39,7 % de quienes participaron en la encuesta afirmaron haber percibido olores desagradables procedentes del río pocas veces, el 33,8 % casi siempre los percibe, el 19,1 % siempre los percibe y el 7,4% nunca ha percibido olores desagradables procedentes del río respectivo (Figura 24). También, se preguntó sobre la percepción de colores peculiares en las aguas de río aledaño a la comunidad, donde el 38,2% dicen percibir estos casi siempre, el 25,0 % siempre lo perciben, el 23,5% pocas veces lo perciben y el 13,2 % restante nunca han percibido esta característica en el agua del río (Figura 25).

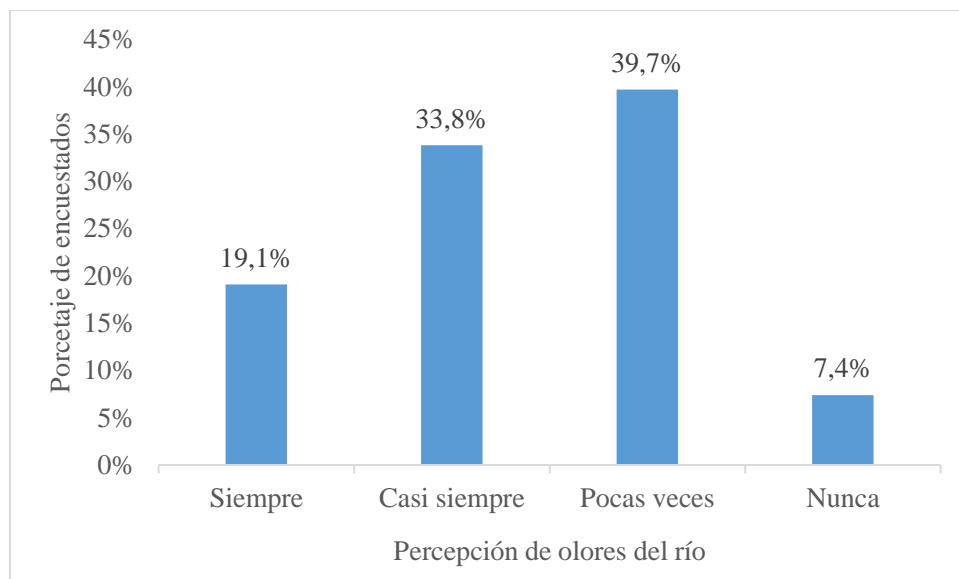


Figura 24. Percepción de olores en el río según personas encuestadas.

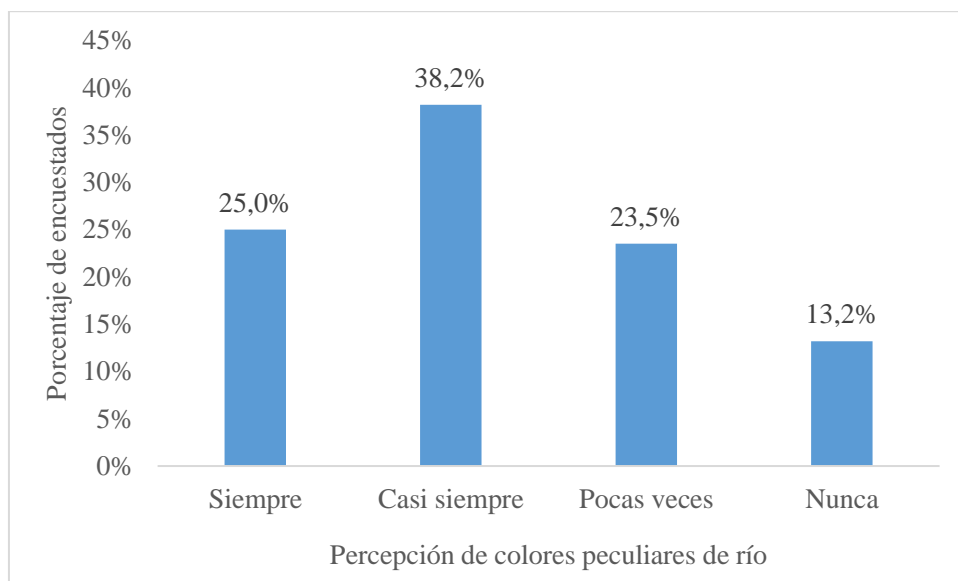


Figura 25. Percepción de colores en el río según personas encuestadas.

Además, el 42,6 % de quienes fueron encuestados afirmaron que casi siempre observan espumas en el río de su comunidad, el 32,4 % pocas veces han observado esta cualidad, el 19,1 % siempre las observan espumas en el agua superficial y solo el 5,9 % nunca han percibido esta situación (Figura 26).

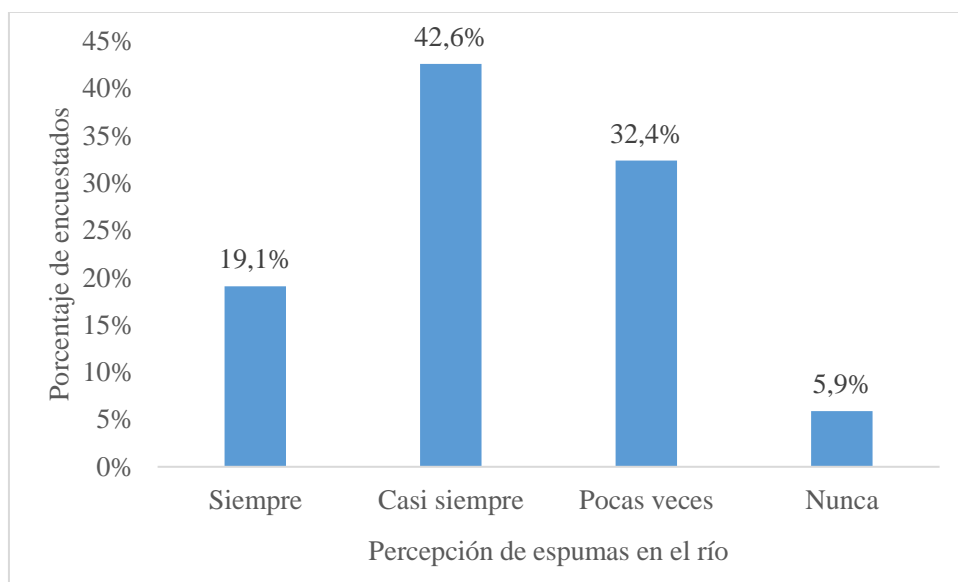


Figura 26. Percepción de espumas en el río según personas encuestadas.

Según los datos obtenidos, el 61,8 % de las personas participantes en la encuesta afirman que ha observado al menos una persona vertiendo residuos sólidos al río de la comunidad donde habitan. En la Figura 27 se evidencia que el 85,3 % de los encuestados consideran muy significativa el

problema del vertido de residuos sólidos a el río; el 11,8 % lo considera significativa; el 2,9% poco significativa; además, cabe mencionar que no se obtuvo respuestas al ítem que clasifica al problema como insignificante. Asimismo, según datos obtenidos, el total de personas participantes consideran que, según su perspectiva, los ríos estudiados poseen cierto grado de contaminación, para ello, el 69,1 % de las personas consideran que el río cercano a su comunidad se encuentra muy contaminado, el 29,4 % considera que está contaminado, el 1,5 % considera que el estado del río es poco contaminado, pero no lo perciben sin contaminación (Figura 28).

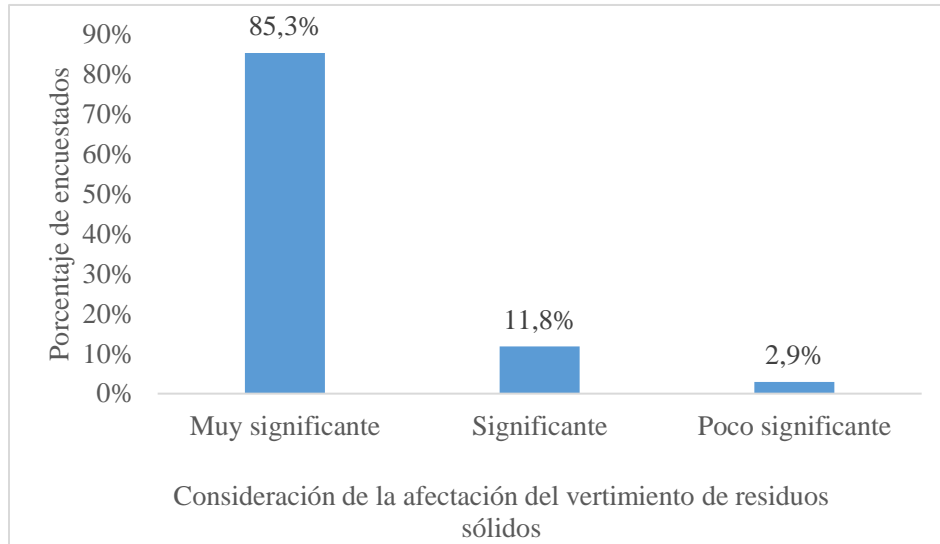


Figura 27. Clasificación de la problemática de vertido de residuos sólidos según personas encuestadas.

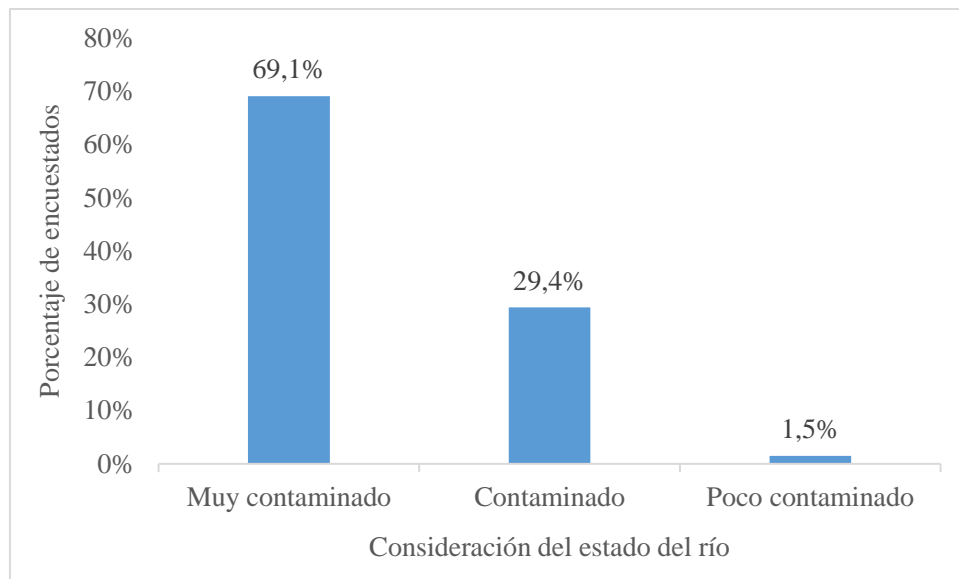


Figura 28. Consideración del estado del río según personas encuestadas.

En la cuarta sección de la encuesta se analizó la percepción de la población sobre su entorno. Se preguntó a las personas encuestadas si consideran que al vivir cerca del río en cuestión ha afectado de alguna manera su salud o la de algún miembro del núcleo familiar, o si se han visto afectadas las actividades recreativas o culturales propias o las de algún miembro de su núcleo familiar. Para ambas preguntas se obtuvo que el 48,5 % contestaron que sí consideraban que han sido afectados. Por lo tanto, aunque dicho porcentaje es menor al de la respuesta contraria (51,5 % no consideran verse afectadas o afectados), es un porcentaje importante de la población que tiene presente la afectación y relación entre la contaminación percibida con su afectación a la salud y a los servicios ecosistémicos, en este caso el de los servicios culturales. Es importante mencionar que el 1,5 % que considera que el estado del río se encuentra poco contaminado fue parte de la población que hace mención a que los servicios ecosistémicos del río no se encuentran afectados, reflejando así la necesidad de hacer conocer la importancia de los servicios ecosistémicos.

De igual manera, se obtuvo que la mayoría de las personas, es decir, un 67,6 %, considera que vivir cerca del río se ha visto afectada de alguna manera la seguridad social del lugar; el 32,4 % de las personas no se consideran afectadas. Respecto a la afectación de los servicios que brinda el río, el 82,4 % no se han visto afectadas por alguna inundación ocasionada por el desbordamiento del río (Purrall o Torres), el 11,5 % sí se ha visto afectadas directamente por la inundación y el 5,8 % han percibido afectaciones a terceros (vecinos cercanos) (Figura 29).

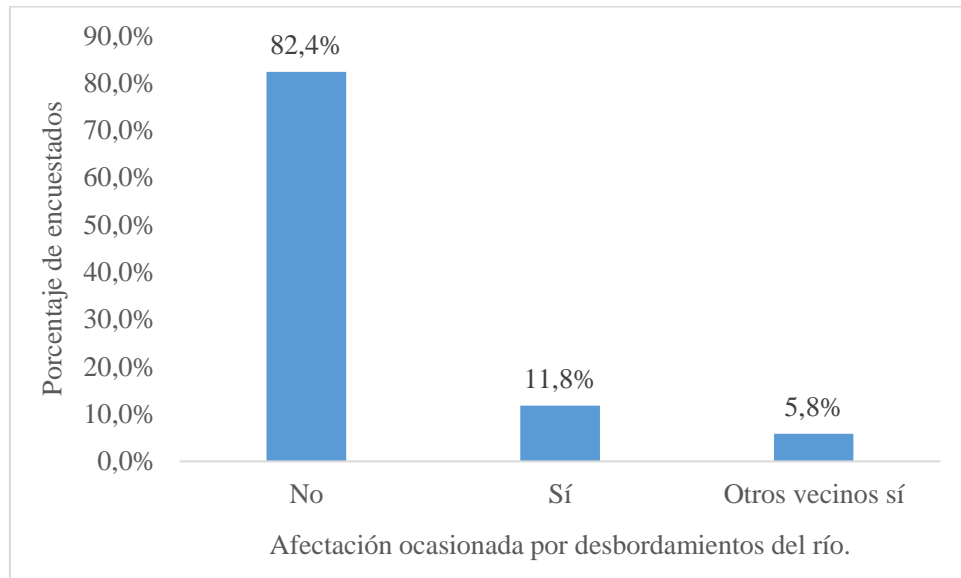


Figura 29. Afectaciones ocasionadas por el desbordamiento del río a personas encuestadas.

En la encuesta también se preguntó si la persona ha participado en alguna actividad de protección o conservación de algún río (no específicamente el río Torres ni río Purral), de donde se obtuvo que el 41,2 % sí ha participado y que el 58,8 % restante nunca ha participado en una actividad similar. De manera similar, se preguntó si están dispuestos a colaborar con proyectos o acciones para mejorar el estado del río, acá el 69,1 % de las personas encuestadas sí están dispuestas a participar, el 26,5 % no están dispuestos y el 4,4 % manifestó que tal vez colaboraría con actividades de esta índole. Con base en estas respuestas, se puede observar el grado de participación ciudadana, que es positiva, para fomentar programas ambientales comunales y de educación ambiental. Sin embargo, se deben de incrementar acciones para aumentar el nivel de concientización de la población ante la problemática.

Caracterización biofísica de la zona

Para este aspecto, según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (2021):

El principal objetivo de una caracterización biofísica es contextualizar la cuenca hidrográfica (en este caso la microcuenca) en términos de sus condiciones naturales para comprender la forma de cómo intervienen en la dinámica del espacio geográfico y el territorio. Los recursos naturales constituyen la riqueza ambiental y tienen repercusiones económicas sobre la

producción y el consumo, así como con la sociedad, que los altera y provoca efectos e impactos en la calidad de hábitat del ecosistema. (p.35)

- **Relieve**

De acuerdo con las características geológicas, el cantón de Goicoechea está conformado por materiales de origen volcánico del periodo Cuaternario y su composición principal son las coladas de lava, aglomerados, lahares y ceniza volcánica. Según el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), en la zona predominan las rocas y también diferentes lahares situados entre Rancho Redondo y Purral, lo que corresponde a un relieve plano ondulado.

Por lo tanto, el cantón forma parte de la unidad geomorfológica de origen volcánico y se encuentra dividida en dos subunidades geomorfológicas que son la subunidad del volcán Irazú y la del Relleno volcánico del Valle Central. Como se puede ver en la Figura 30, por una parte, la subunidad del volcán Irazú se encuentra al este del cantón a partir en el distrito de Mata de Plátano de barrio El Carmen, este se caracteriza por presentar laderas que tienen todo tipo de pendiente, debido a la presencia de lava. Por otra parte, la subunidad Relleno volcánico del Valle Central, se ubica en el sector oeste del cantón, abarcando en su totalidad los distritos de Guadalupe, San Francisco y Calle Blancos, este se caracteriza por ser a una superficie plana parcialmente ondulada en términos de pendiente.

Según CATIE (2021), lo anterior es de suma importancia, puesto que las características físicas de una cuenca (o microcuenca) tienen una relación estrecha con el comportamiento climático en la misma y con la escorrentía que transita por ella. Como ya se mencionó, parte del relieve que conforma el área de estudio se caracteriza por presentar laderas que tienen todo tipo de pendiente provocando que esto sea una amenaza alta por sismos, reptación, deslizamientos, avalanchas e inundaciones.

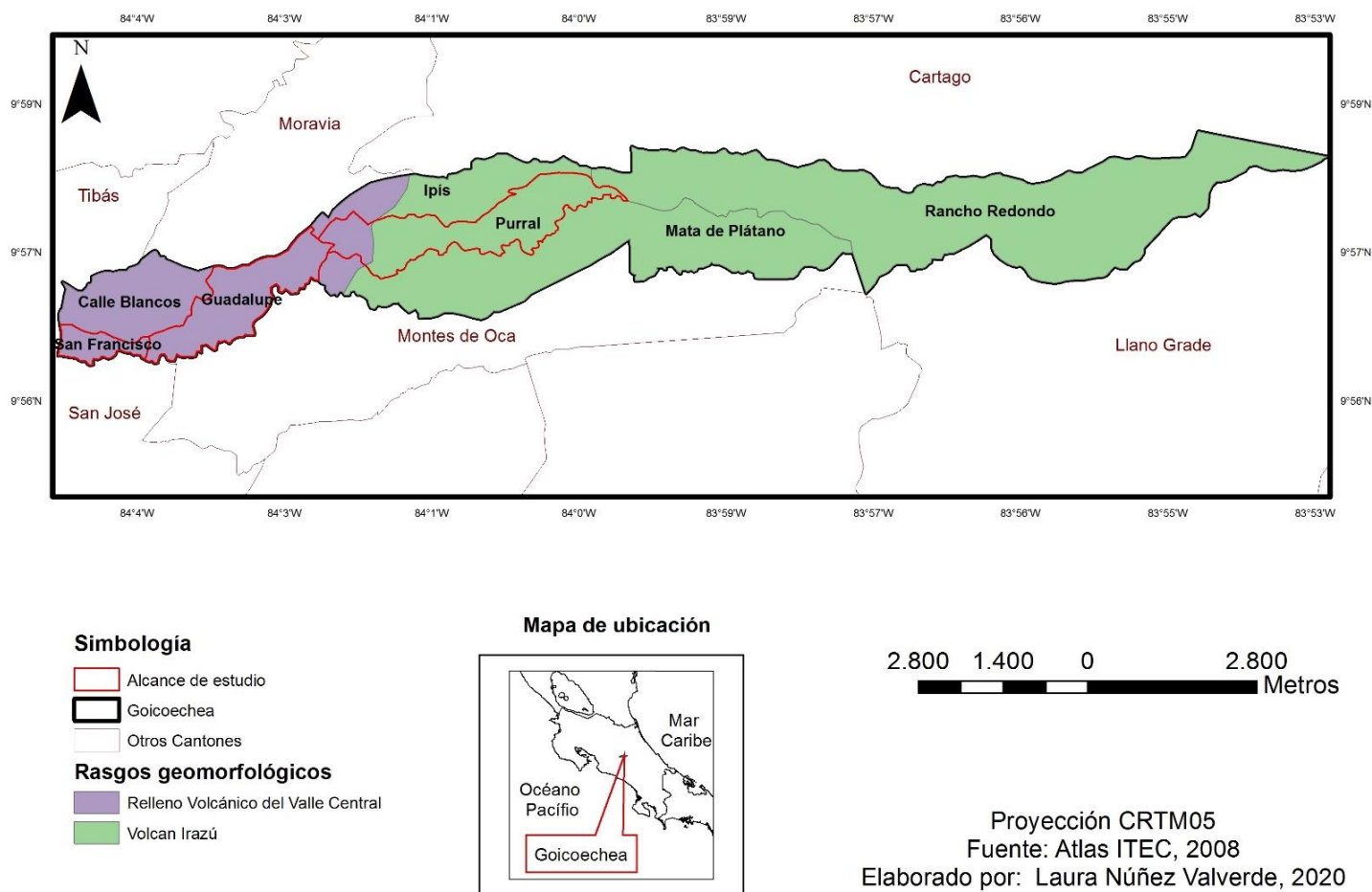


Figura 30. Mapa de la composición geológica del cantón, Goicoechea, San José.

- Suelo y uso del suelo

El suelo del cantón es del orden de inceptisol, que se caracteriza por ser un suelo joven con horizonte B, ubicado en terrenos ligera y moderadamente ondulados. Este orden de suelos se caracteriza por ser uno de los suelos con mayor diversidad para el desarrollo de actividades agropecuarias, pues son suelos fértiles (INTA, 2015).

Respecto al uso del suelo del cantón, este se relaciona directamente con su actividad económica, asimismo, como se mencionó en la contextualización socioeconómica, el cantón tiene una actividad económica distribuida en diferentes sectores (servicios, comercio, turismo ganadería, entre otros), además, se caracteriza porque sus distritos tienen su propia actividad económica; por ejemplo, el distrito de Guadalupe tiene una concentración de servicios y comercio. Ipís y Purral, basan su actividad en el comercio a pequeña y mediana escala para abastecer a su población de los

recursos básicos. Y el distrito de San Francisco es en su mayoría residencial, aunque se ha desarrollado el aspecto turístico, comercial y bancario de manera muy importante. El distrito de Calle Blancos es netamente industrial, en contraposición con Mata de Plátano y Rancho Redondo, que basan su actividad económica en el sector primario, este, a su vez, se enfoca principalmente en la agricultura y el segundo en la ganadería y producción de leche (Municipalidad de Goicoechea, 2013).

Conviene mencionar la existencia de zonas industriales en diferentes sitios de la parte residencial del cantón de Goicoechea. Estas zonas se encuentran en los distritos de Ipís y Purral (corresponde a parte de la zona de estudio). Ahora bien, la zona industrial de Ipís es la que se ha podido desarrollar más, la actividad industrial que tiene más auge es la maquila textil, también existen otras fábricas que se dedican a la elaboración de repuestos, muebles y la fundición de metales. Por su parte, la otra zona industrial se encuentra en Purral, actualmente presenta muy pocas industrias y continúa siendo utilizada para la actividad cafetalera. La existencia de cafetales en esta zona ha provocado una segregación del distrito en dos partes: Purral Abajo (villa de Purral) y Purral Arriba (Los Cuadros y zona de densificación posterior) (Munguía, Lorz, Granados y Jiménez, 2011).

En la Figura 31 se identifica la cobertura del suelo del cantón dado a sus actividades económicas. También, se muestra específicamente que en la zona de estudio predomina la cobertura de uso urbano, la cobertura no forestal y la cobertura cafetalera. De igual forma que en la zona este del cantón es donde hay mayor cobertura forestal, bosque secundario y plantaciones.

Según el diagnóstico del Plan Regulador del cantón, del total de extensión del cantón (3198,24 hectáreas), el cantón cuenta con 841 hectáreas de zona urbana. Esta información permite señalar que el sector de la microcuenca en estudio se ubica en distritos con características urbanas, por lo tanto, los ríos se categorizan como ríos urbanos. La zona de uso urbano (residencial, comercial, industrial) corresponde a un 34 % del total de área. Para los espacios no residenciales del cantón la distribución de usos es la siguiente (forestal); 25 % de bosques, 27 % del total corresponde a pastos (14 % de pastos y 13 % de pastos con árboles dispersos), 2 % del cantón posee café y un 2 % es charral. El restante 8 % del cantón se distribuye en otros usos (no forestal) como carreteras, cursos fluviales, entre otros. Es importante destacar que un 7,1 % del cantón corresponde a carreteras (ProDUS-UCR, 2020).

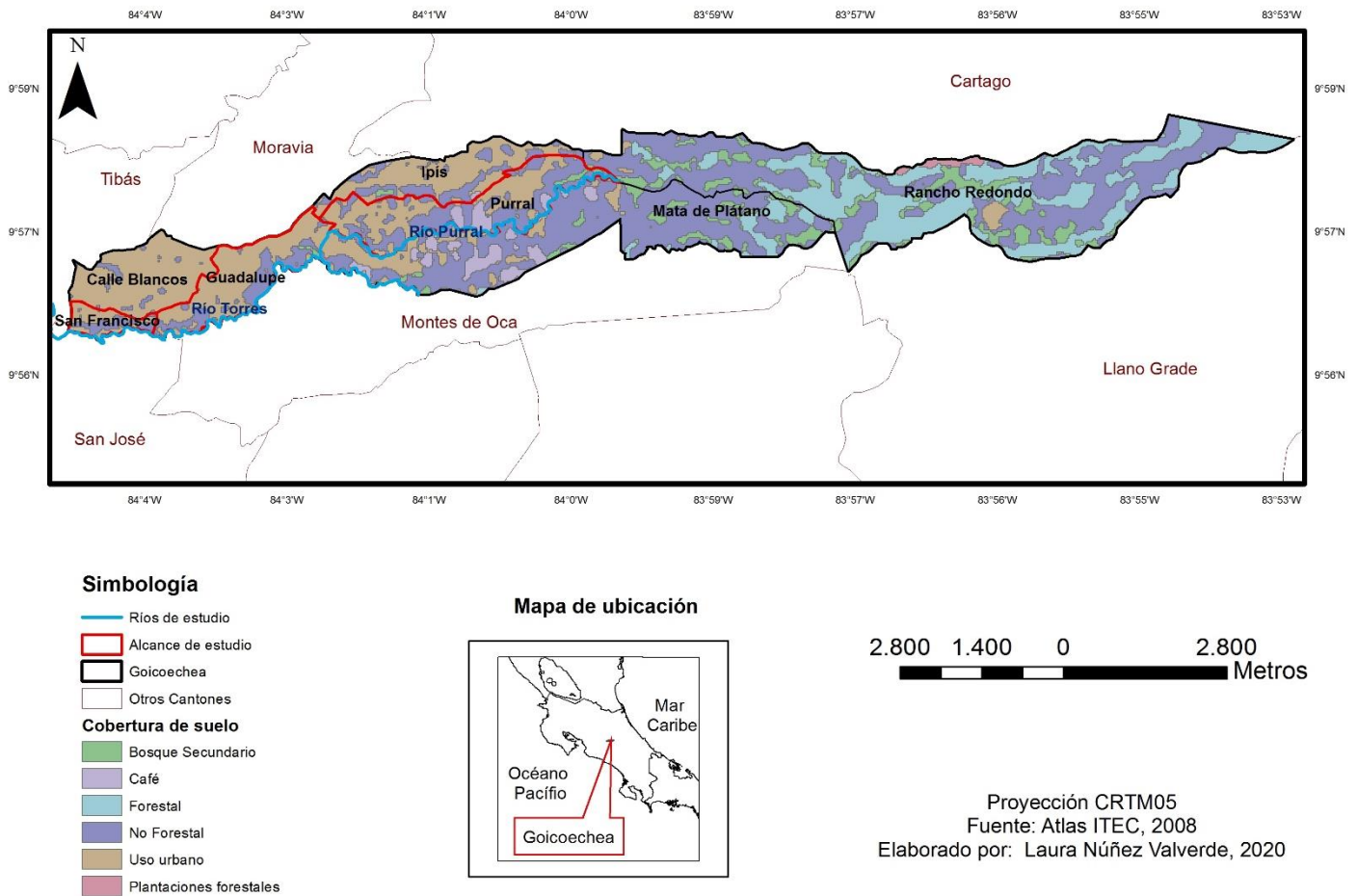


Figura 31. Mapa de ubicación del cantón y distritos, Goicoechea, San José.

- **Hidrografía**

Respecto a la red fluvial, el cantón cuenta con una serie de ríos y quebradas que pertenecen a la cuenca del río Tárcoles de la vertiente del Pacífico. Se encuentra, además, dentro de la subcuenca del río Virilla y, a su vez, se sitúa la microcuenca del río Torres (Apéndice 1). En el cantón recorren los siguientes ríos: Purral, Ipís, Navarro, Durazno y Torres; y las quebradas secundarias que se encuentran en la zona son: Cangrejos, Mozotal, Patalillo, Patal, Barreal, Rivera y Corralillo. Todos los cuerpos de agua mencionados nacen del cantón, excepto el río Torres. Respecto a los ríos de estudio, río Torres es límite cantonal y el río Purral es afluente del Torres. Al río Purral se le une el río Navarro y la quebrada Mozotal (Figura 32).

La cantidad de ríos y riachuelos que se encuentran en el cantón han facilitado el establecimiento de población y han sido el sustento de la actividad agropecuaria, especialmente en

épocas pasadas, en las que esta actividad era de las principales fuentes de trabajo en Goicoechea (ProDUS-UCR, 2020).

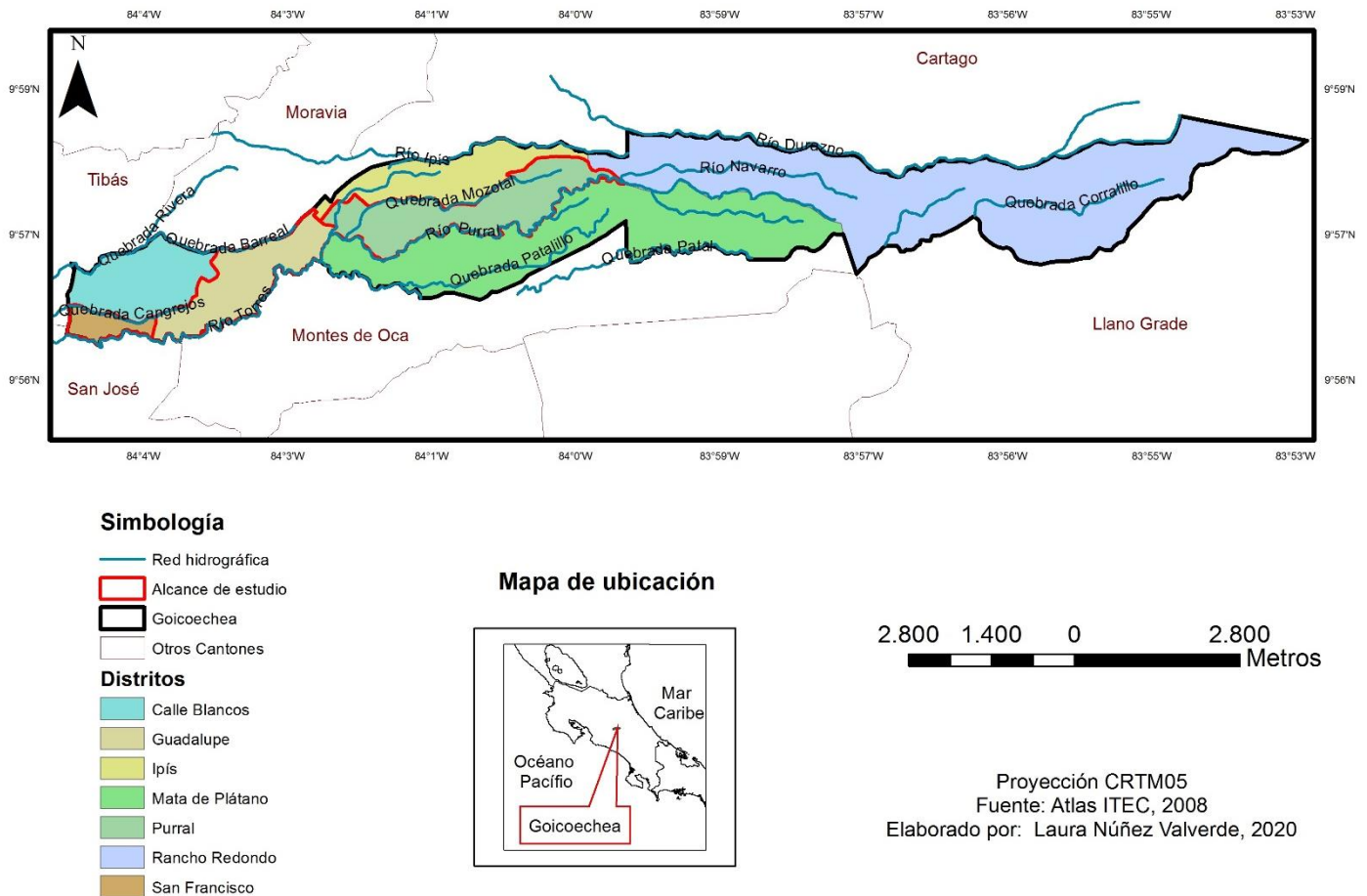


Figura 32. Mapa de la Red hidrográfica del cantón de Goicoechea, San José.

- Precipitación y temperatura

Las precipitaciones y diferentes temperaturas en Goicoechea varían dependiendo del mes. Al pertenecer a la cuenca del río Grande de Tárcoles presenta un régimen de precipitación o estacionalidad característico del tipo de la vertiente del océano Pacífico, que puede diferenciarse entre las estaciones seca y lluviosa, ambas bien definidas. La estación seca comienza, en promedio, a principios de diciembre y termina a finales de abril, mientras que la estación lluviosa se inicia desde principios de mayo hasta finales de noviembre o principios de diciembre (CATIE, 2021).

En dicho cantón, la precipitación anual promedio, según el Atlas Climatológico del IMN, para la región es de 2 000-3 000 mm. En época lluviosa, la precipitación mensual promedio registra es de 274,4 mm y con una temperatura promedio de 20,5 °C. Además, en época seca la precipitación

mensual promedio es de 37,9 mm y la temperatura promedio es de 18,6 °C (Municipalidad de Goicoechea, 2013).

- Amenazas naturales del cantón
 - Amenazas higrológicas

Como se mencionó, el cantón de Goicoechea posee una extensa y bien definida red fluvial conformada por ríos y quebradas, que se convierten en puntos focales de amenazas. Los ríos y quebradas de la zona presentan un período de recurrencia de inundaciones de un año o menos, no obstante, los cuerpos de agua con mayor riesgo de desbordamiento son las quebradas Rivera, Barreal y Mozotal, y los ríos Purral, Torres e Ipís. Es importante resaltar que entre estos se encuentran los ríos objeto de estudio. Por lo tanto, las zonas o barrios más afectados y con un alto riesgo por las inundaciones de los ríos y quebradas son: Calle Blancos, Purral Abajo, La Robert, Miraflores, Santa Eduvigis, Calle Carmen, Purral Arriba e Ipís (ProDUS-UCR, 2020).

Según el diagnóstico del Plan de Regulación (2020), las inundaciones se deben principalmente por la ocupación de las planicies de inundación; por el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación, donde las zonas de protección de los ríos han sido invadidas por construcciones; por las deforestaciones y el cambio de uso del suelo, lo cual hace que se produzca aumentos de los caudales de los cauces de los ríos; como también el vertimiento de desechos sólidos a los cauces y sistemas de alcantarillas y pluviales. Ahora bien, el potencial de inundación está relacionado directamente con esta última causa, pues la mala disposición de residuos sólidos aguas arriba afecta a las comunidades de abajo, lo que afecta a la impermeabilización del espacio y el aumento de escorrentía superficial. Asimismo, cabe mencionar que los sistemas pluviales que se encuentran en buen estado no tienen la capacidad de manejar el volumen de precipitación. Esto sucede debido al aumento del desarrollo urbano o, en su efecto, por el cambio de los usos del suelo asociado al que no se le realizan mejoras en los sistemas.

- Deslizamientos

En el apartado de Relieve de este documento se muestra que el cantón está conformado por ceniza volcánica, lo que favorece a la formación de laderas de muy fuerte pendiente, por lo que es común que se presenten súbitas caídas de materiales. Así, estos deslizamientos se pueden presentar con mayor frecuencia si se presentan amenazas como: sismos, lluvias fuertes, socavación al pie de la ladera o rompimiento de tuberías de agua. Esto se presenta principalmente en los márgenes de los ríos Torres, Purral, Durazno, Navarro, los dos primeros ríos mencionados están dentro de la zona de

estudio. Ahora bien, la situación ocasiona daños en caminos y puentes, casas sepultadas, flujos de lodo, causadas por represamientos en los ríos (ProDUS-UCR, 2020).

- Sismos

El cantón se localiza dentro de la región sísmica denominada "Valles y Serranías del Interior del País". Esta región se caracteriza por una gran cantidad de fallas geológicas locales, con eventos sísmicos moderados (menores de 6,5 grados) y superficiales (más de 20 km de profundidad). Algunos de los efectos más importantes que puede causar un sismo superficial y cercano al cantón de Goicoechea son: fracturas en el terreno y formación de deslizamientos de tierra, en laderas adyacentes a los principales ríos, así como formación de asentamientos diferenciales en aquellos lugares donde se han hecho rellenos (Municipalidad de Goicoechea, 2013).

A las mencionadas amenazas naturales se le suma la alteración de los patrones climáticos producidos por los efectos del cambio climático, que afectan a las condiciones de vida de la población de los siete distritos, lo que genera afectaciones como la intensidad de lluvias en periodos de tiempo más cortos, aumentando la vulnerabilidad ante las amenazas naturales que ya presenta el cantón (inundaciones, deslizamientos, sismos) y trae consigo la afectación a la población, especialmente a las de características socioeconómicas más bajas y que habitan en los asentamientos irregulares del cantón.

- Ecosistema ribereño de la microcuenca del río Torres

Debido a la alta densidad poblacional y a las características urbanas principalmente en la parte media y baja de la microcuenca de estudio es notable el aumento de viviendas y edificaciones, sistemas de comercio e industrias que, sin tomar la planificación territorial municipal adecuada, se convierten en amenazas. Según Trujillo-Acosta, Peraza-Estrella, Marina-Hipólito y Feoli-Borasch (2016), las mayores amenazas que presenta el ecosistema ribereño en la parte media de la microcuenca del río Torres se deben principalmente a la falta de sistemas de manejo de residuos sólidos y alcantarillado, el crecimiento urbano mal planificado y la deforestación (situaciones que se han evidenciado en el apartado anterior de caracterización demográfica).

De acuerdo con un estudio realizado por Alvarado-García, Pérez-Gómez y Gastezzi-Arias, durante los años 2014 y 2015, se evaluó la calidad del ecosistema urbano de la microcuenca del río Torres, para el que se utilizó un índice propuesto llamado Índice de Calidad del Ecosistema Urbano del río Torres (ICEURT), este se basó en una valoración del ecosistema constituido por

componentes (suelo, flora, fauna, y agua) y sus respectivas variables. De este se obtuvo los siguientes resultados (Cuadro 12):

Cuadro 12.

Índice de Calidad del Ecosistema Urbano del río Torres (ICEURT)

Zona Representativa	Tasa de Erosión (ton/ha/año)	Especies de Aves	Especies de Plantas	Cobertura Vegetal (%)	(ICEURT)
Parte alta (ZR1)	12 ⁽²⁾	55 ⁽²⁾	320 ⁽²⁾	77 ⁽³⁾	Media ⁽⁹⁾
Parte media (ZR2)	9 ⁽³⁾	36 ⁽¹⁾	127 ⁽¹⁾	75 ⁽³⁾	Media ⁽⁸⁾
Parte media-baja (ZR3)	38 ⁽²⁾	36 ⁽¹⁾	257 ⁽²⁾	81 ⁽³⁾	Media ⁽⁸⁾
Parte baja (ZR4)	8 ⁽³⁾	49 ⁽²⁾	211 ⁽¹⁾	60 ⁽²⁾	Media ⁽⁸⁾

Nota: Puntaje ICEURT: Calidad mala (4-6), Calidad media (7-9), Calidad buena (10-12). Elaborado con información de Alvarado-García, Pérez-Gómez y Gastezzi-Arias, 2020.

En el Cuadro 12 se observa que, según el ICEURT obtenido, en la parte media de la microcuenca (al igual que para el resto de esta), la calidad del ecosistema es media, para esta zona se presentó la mayor tasa de erosión y la menor diversidad de aves. También, se puede indicar que, de todos los sitios evaluados, en la parte media fue donde se presentó el puntaje más bajo en cantidad de especies de aves y plantas. Respecto a la riqueza de especies de aves, la mayor cantidad se registró en la ZR1 con 55 especies distribuidas en 19 familias y se nota la importante disminución en la parte media (ZR2 y ZR3) con 36 especies en ambos sitios, con 17 y 16 familias respectivamente. Respecto a la tasa de erosión, la mayor se dio en la parte media (ZR3), que lo categoriza como altamente erosionable. Con relación al porcentaje de cobertura vegetal, en la parte media se obtiene una calificación mala. La vegetación ribereña fue sobre todo arbórea y arbustiva, con presencia de especies pioneras. En la parte media y media baja (ZR2 y ZR3) se presentó un relieve fuertemente ondulado (40-50 %). Ambos sitios fueron tacotales con árboles aislados y bosque secundario en regeneración (Alvarado-García, Pérez-Gómez y Gastezzi-Arias, 2020).

Con relación a la cantidad de especies vegetales, en dicho estudio, se reportó un total de 365 especies vegetales, mayoritariamente nativas (85 %), pertenecientes a 103 familias. Las más abundantes fueron: *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Solanaceae*. Así, algunos representantes de estas fueron: *Conyza bonariensis*, *Montanoa hibiscifolia*, *Erythrina costaricensis*, *Mimosa pudica*, *Melinis minutiflora*, *Solanum torvum* y *Cestrum nocturnum*, las cuales compartieron todos los sitios.

Siguiendo lo detallado en el Cuadro 12, se muestra que la zona con menor registro es ZR2 (parte media de la microcuenca) y, por último, el porcentaje de cobertura en la parte media fue el porcentaje más bajo reportado. Ahora, se identificó abundantes especies de tipo herbáceo (44 %), las epífitas y trepadoras fueron poco comunes (6 % y 2 %, respectivamente). La mayoría de los sitios mantuvo una composición H-A-S (herbácea > árbol > arbusto); excepto la ZR1, que fue H-S-A (herbácea > arbusto > árbol) (Alvarado-García, Pérez-Gómez y Gastezzi-Arias, 2020).

Estos datos son de suma importancia para este proyecto, y a pesar de que el estudio se realizó en los años 2014 y 2015, se puede evidenciar la afectación del ecosistema, además de que debido al continuo crecimiento poblacional y de viviendas es muy probable que las condiciones de calidad de este hayan disminuido en los últimos años. La información obtenida con la aplicación del índice mencionado es clave para completar la contextualización biofísica de la zona de estudio de este proyecto.

Ahora, independientemente del uso que se le dé al agua, cada vez que el ser humano hace uso de esta afecta el recurso en mayor o menor medida y, dado a que la calidad del agua se correlaciona directamente con la biodiversidad, toda degradación en la calidad del agua conduce a una pérdida en la biodiversidad y una amenaza a los servicios ecosistémicos. Es esta la principal razón por lo que es importante monitorear esta calidad para ejecutar acciones de mejoramiento.

5. 2. Fase II: Evaluación de la calidad del agua del río Purrall y el río Torres

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras del agua superficial, de los parámetros obligatorios y complementarios medidos *in situ* y *ex situ* según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N.º 33903 para ambas épocas.

Cuadro 13.

Datos de los Parámetros medidos in situ, en época lluviosa, en la parte media de la Microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José

Punto de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Conductividad ($\mu\text{s/m}$)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
P1	9,900	7,90	154,30	20,20
P2	9,890	7,74	219,00	19,10
P3	10,080	7,80	212,00	20,20
P4	9,790	7,64	207,00	20,30
P5	8,940	7,74	176,70	20,10
P6	8,290	7,79	226,00	20,50

Cuadro 14.

Datos de los Parámetros medidos in situ, en época seca, en la parte media de la Microcuenca del río Torres, Goicoechea, San José

Punto de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Conductividad ($\mu\text{s/m}$)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
P1	6,39	7,82	352,00	21,20
P2	8,02	7,59	401,00	20,00
P3	7,96	7,35	340,00	21,30
P4	8,35	7,33	377,00	21,80
P5	9,71	7,34	351,00	22,20
P6	9,30	7,36	341,00	21,80

Cuadro 15.

Datos de los resultados de los análisis físico-químicos de parámetros principales y complementarios para la época lluviosa

Parámetro (Unidad)	Punto de muestreo						Clase
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Turbiedad (UNT)	5,99 \pm 0,16	8,32 \pm 0,22	12,30 \pm 0,31	8,86 \pm 0,23	7,68 \pm 0,20	9,25 \pm 0,24	1
DBO (mg/l)	7,70 \pm 1,0	9,00 \pm 1,1	9,90 \pm 1,2	10,1 \pm 1,2	9,90 \pm 1,2	10,3 \pm 1,2	--
DQO (mg/l)	d	nd	nd	d	d	d	--
SST (mg/l)	16,5 \pm 0,21	10,2 \pm 0,21	21,6 \pm 0,21	13,5 \pm 0,21	17,8 \pm 0,21	12,3 \pm 0,21	2
Ssed (mg/l)	nd	nd	0,100 \pm 0,060	nd	nd	nd	--

SAAM (mg/l)	nd	d	d	d	nd	d	3
Grasas y Aceites (mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1
Amonio (µg/l)	374,8 ± 6,5	332,6 ± 6,1	776 ± 15	762 ± 15	772 ± 15	711 ± 15	--
Color aparente (U-Pt-Co)	31,7 ± 0,22	34,7 ± 0,23	43,3 ± 0,38	43,6 ± 0,38	42,9 ± 0,38	39,1 ± 0,25	2
Nitrógeno Total (mg/l)	d	d	d	d	d	d	--
Fluoruro (mg/l)	0,215 ± 0,041	0,187 ± 0,041	0,187 ± 0,041	0,219 ± 0,041	0,203 ± 0,041	0,204 ± 0,041	1
Cloruro (mg/l)	3,46 ± 0,32	5,42 ± 0,30	5,64 ± 0,30	6,61 ± 0,30	7,02 ± 0,30	7,12 ± 0,30	1
Nitrato (mg/l)	7,42 ± 0,24	11,9 ± 0,26	11,5 ± 0,26	13,4 ± 0,28	13,9 ± 0,29	14,1 ± 0,29	3
Sulfato (mg/l)	7,98 ± 0,18	12,3 ± 0,21	12,6 ± 0,21	14,8 ± 0,23	16,0 ± 0,25	16,10 ± 0,25	1
Zinc (µg/l)	23,8 ± 2,4	18,9 ± 1,9	24,0 ± 2,4	25,1 ± 2,5	17,8 ± 1,8	23,3 ± 2,3	--
Aluminio (µg/l)	1716 ± 360	1610 ± 338	1779 ± 373	1525 ± 320	1119 ± 235	1971 ± 414	--
Hierro (µg/l)	1095 ± 169	1018 ± 157	1211 ± 186	1068 ± 164	838 ± 129	1321 ± 203	--
Cromo (µg/l)	1,73 ± 0,22	1,15 ± 0,14	2,02 ± 0,26	1,64 ± 0,21	1,18 ± 0,15	1,97 ± 0,25	5
Níquel (µg/l)	3,50 ± 0,39	1,53 ± 0,17	1,86 ± 0,21	3,75 ± 0,42	1,28 ± 0,14	2,64 ± 0,30	--
Cadmio (µg/l)	nd	nd	nd	0,0505 ± 0,0040	0,0521 ± 0,0040	0,0522 ± 0,0040	--
Arsénico (µg/l)	0,97 ± 0,20	nd	nd	nd	nd	nd	--
Mercurio (µg/l)	d	d	d	d	d	d	--
Porcentaje de Saturación de Oxígeno (%)	97,8 ± 9,8	96,9 ± 9,7	98,6 ± 9,9	95,9 ± 9,6	87,2 ± 8,7	83,2 ± 8,3	--
Oxígeno disuelto (mg/l)	9,900 ± 0,010	9,890 ± 0,010	10,080 ± 0,010	9,790 ± 0,010	8,940 ± 0,010	8,290 ± 0,010	--

nd= no detectable

d: detectable

Nota: Laboratorio de Análisis Ambiental.

Cuadro 16.

Datos de los resultados de los análisis físico-químicos de parámetros principales y complementarios para la época seca

Parámetro (Unidad)	Número de muestra						Clase
	1	2	3	4	5	6	
Turbiedad (UNT)	11,60 ± 0,32	7,26 ± 0,24	5,42 ± 0,20	6,83 ± 0,23	4,35 ± 0,18	5,29 ± 0,20	1
DBO (mg/l)	27,1 ± 2,6	15,3 ± 1,6	13,7 ± 1,4	24,6 ± 2,3	13,0 ± 1,4	13,7 ± 1,4	--
DQO (mg/l)	60,72 ± 0,64	28,35 ± 0,65	27,78 ± 0,66	43,20 ± 0,62	26,27 ± 0,66	25,19 ± 0,67	3
SST (mg/l)	24,6 ± 3,2	28,7 ± 3,8	d	d	d	d	2
Ssed (mg/l)	0,100 ± 0,060	nd	nd	nd	nd	nd	--
SAAM (mg/l)	1,113 ± 0,054	0,816 ± 0,055	0,895 ± 0,054	0,922 ± 0,054	0,560 ± 0,056	0,518 ± 0,056	4
Grasas y Aceites (mg/l)	d	nd	d	nd	nd	nd	1
Amonio (ug/l)	1065 ± 22	3913 ± 45	3945 ± 45	4045 ± 46	3555 ± 41	3535 ± 41	--
Color aparente (U- Pt-Co)	82,3 ± 2,2	58,0 ± 1,7	53,5 ± 1,7	68,7 ± 1,7	55,5 ± 1,7	59,6 ± 1,7	2
Nitrógeno Total (mg/l)	18,48 ± 0,92	19,71 ± 0,91	14,65 ± 0,96	19,43 ± 0,92	15,03 ± 0,96	13,43 ± 0,98	--
Fluoruro (mg/l)	0,242 ± 0,031	0,233 ± 0,031	0,233 ± 0,031	0,256 ± 0,031	0,239 ± 0,031	0,231 ± 0,031	1
Cloruro (mg/l)	14,26 ± 0,26	19,4 ± 2,4	15,9 ± 2,4	17,2 ± 2,4	16,7 ± 2,4	16,8 ± 2,4	1
Nitrato (mg/l)	1,81 ± 0,19	13,58 ± 0,20	6,79 ± 0,16	6,00 ± 0,16	9,37 ± 0,17	10,93 ± 0,18	3
Sulfato (mg/l)	23,3 ± 2,5	28,4 ± 2,5	24,6 ± 2,5	27,0 ± 2,5	28,2 ± 2,5	29,0 ± 2,5	1
Zinc (µg/l)	34,8 ± 3,5	34,2 ± 3,4	18,5 ± 1,8	18,5 ± 1,8	28,1 ± 2,8	25,4 ± 2,5	--
Aluminio (µg/l)	2539 ± 533	549 ± 115	298 ± 63	269 ± 57	371 ± 78	465 ± 98	--
Hierro (µg/l)	1191 ± 183	741 ± 114	482 ± 74	553 ± 85	632 ± 97	662 ± 102	--
Cromo (µg/l)	1,49 ± 0,9	1,57 ± 0,20	0,87 ± 0,11	1,13 ± 0,14	0,92 ± 0,12	1,80 ± 0,23	5
Niquel (µg/l)	4,84 ± 0,54	9,9 ± 1,1	4,70 ± 0,53	4,03 ± 0,45	10,4 ± 1,2	3,18 ± 0,36	--
Cadmio (µg/l)	0,0844 ± 0,0066	0,0748 ± 0,0058	d	d	nd	0,0521 ± 0,0041	--
Arsénico (µg/l)	d	d	nd	nd	d	nd	--

Mercurio (µg/l)	d	d	d	d	nd	nd	--
Porcentaje de Saturación de Oxígeno (%)	60,2 ± 6,0	72,2 ± 7,2	73,2 ± 7,3	76,6 ± 7,7	86,1 ± 8,6	83,5 ± 8,4	--
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,39 ± 0,64	8,02 ± 0,80	7,96 ± 0,80	8,35 ± 0,84	9,71 ± 0,97	9,30 ± 0,93	--
Coliformes fecales (NMP/100 mL) *	1,1x10 ⁶	4,6x10 ⁵	1,5x10 ⁶	4,6x10 ⁶	2,4x10 ⁷	2,8x10 ⁷	5

nd= no detectable

d: detectable

Nota: Laboratorio de Análisis Ambiental y Laboratorio San Martín.

Seguidamente, se muestra la asignación de puntos y la sumatoria total según las concentraciones del Porcentaje de Saturación de Oxígeno (PSO), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO) y el Nitrógeno Amoniacal (N-NH⁴⁺) de cada punto de muestreo (Cuadro 15 y cuadro 17). También, se muestran los resultados del cálculo del Índice Holandés para determinar la calidad del agua en cada sitio de muestreo correspondientes a la época lluviosa y época seca (Cuadro 16 y cuadro 18), desde un punto de vista espacial, para cada punto en específico.

Cuadro 17.

Asignación de puntaje según Índice Holandés de acuerdo con la concentración de los parámetros analizados para la época lluviosa

Muestra	PSO (%)	Puntos	DBO (mg/L)	Puntos	N-NH ⁴⁺ (mg/L)	Puntos	Sumatoria
P1	97,8 ± 9,8	1	7,7 ± 1,0	3	0,354 ± 6,5	1	5
P2	96,9 ± 9,7	1	9,0 ± 1,1	3	0,314 ± 6,1	1	5
P3	98,6 ± 9,9	1	9,9 ± 1,2	4	0,733 ± 15	2	7
P4	95,9 ± 9,6	1	10,1 ± 1,2	4	0,719 ± 15	2	7
P5	87,2 ± 8,7	2	9,9 ± 1,2	4	0,729 ± 15	2	8
P6	83,2 ± 8,3	2	10,3 ± 1,2	4	0,671 ± 15	2	8

Cuadro 18.

Asignación de clase de calidad del agua según Índice Holandés de codificación por colores para la época lluviosa

Punto de muestreo	Sumatoria	Clase	Código de color	Interpretación de Calidad
P1	5	2	Verde	Contaminación incipiente
P2	5	2	Verde	Contaminación incipiente
P3	7	3	Amarillo	Contaminación moderada
P4	7	3	Amarillo	Contaminación moderada
P5	8	3	Amarillo	Contaminación moderada
P6	8	3	Amarillo	Contaminación moderada

Cuadro 19.

Asignación de puntaje según Índice Holandés de acuerdo con la concentración de los parámetros analizados para la época seca

Muestra	PSO (%)	Puntos	DBO (mg/L)	Puntos	N-NH ⁴ (mg/L)	Puntos	Sumatoria
P1	60,2 ± 6,0	3	27,1 ± 2,6	5	1,005	2	10
P2	72,2 ± 7,2	2	15,3 ± 1,6	5	3,694	4	11
P3	73,2 ± 7,3	2	13,7 ± 1,4	4	3,724	4	10
P4	76,6 ± 7,7	2	24,6 ± 2,3	5	3,819	4	11
P5	86,1 ± 8,6	2	13,0 ± 1,4	4	3,356	4	10
P6	83,5 ± 8,4	2	13,7 ± 1,4	4	3,337	4	10

Cuadro 20.

Asignación de clase de calidad del agua según Índice Holandés de codificación por colores para la época seca

Punto de muestreo	Sumatoria	Clase	Código de color	Interpretación de Calidad
P1	10	4	Anaranjado	Contaminación severa
P2	11	4	Anaranjado	Contaminación severa
P3	10	4	Anaranjado	Contaminación severa
P4	11	4	Anaranjado	Contaminación severa
P5	10	4	Anaranjado	Contaminación severa
P6	10	4	Anaranjado	Contaminación severa

Cuadro 21.

Resultados del Índice Holandés de la calidad del agua (IHCA-CR) y los valores de PSO, DBO y N-NH⁴, por sitio y época

Punto de muestreo	Época lluviosa				Época seca			
	IHCA - CR	PSO (%)	DBO (mg/L)	N-NH ⁴ (mg/L)	IHCA - CR	PSO (%)	DBO (mg/L)	N-NH ⁴ (mg/L)
P1 (Río Purral)	5	97,8 ± 9,8	7,7 ± 1,0	0,354 ± 6,5	10	60,2 ± 6,0	27,1 ± 2,6	1,005 ± 22
P2 (Río Purral)	5	96,9 ± 9,7	9,0 ± 1,1	0,314 ± 6,1	11	72,2 ± 7,2	15,3 ± 1,6	3,694 ± 45
P3 (Río Torres)	7	98,6 ± 9,9	9,9 ± 1,2	0,733 ± 15	10	73,2 ± 7,3	13,7 ± 1,4	3,724 ± 45
P4 (Río Torres)	7	95,9 ± 9,6	10,1 ± 1,2	0,719 ± 15	11	76,6 ± 7,7	24,6 ± 2,3	3,819 ± 46
P5 (Río Torres)	8	87,2 ± 8,7	9,9 ± 1,2	0,729 ± 15	10	86,1 ± 8,6	13,0 ± 1,4	3,356 ± 41
P6 (Río Torres)	8	83,2 ± 8,3	10,3 ± 1,2	0,671 ± 15	10	83,5 ± 8,4	13,7 ± 1,4	3,337 ± 41

Cuadro 22.

Usos potenciales del agua superficial de acuerdo con el Índice Holandés de Valoración de la Calidad para los Cuerpos de Aguas Superficiales del área de estudio con resultados de época lluviosa

Punto de muestreo	Usos*										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
P1 y P2	Con tratamiento convencional	Con tratamiento convencional	Sin limitaciones	Utilizable	Utilizable	No utilizable	Utilizable	Utilizable	No utilizable	Utilizable	Utilizable
P3, P4, P5	Con tratamiento avanzado	Con tratamiento avanzado	Sin limitaciones	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable	No utilizable

*Usos según simplificación o abreviatura establecida en el cuadro 6.

Cuadro 23.

Usos potenciales del agua superficial de acuerdo con el Índice Holandés de Valoración de la Calidad para los Cuerpos de Aguas Superficiales del área de estudio con resultados de época seca

Punto de muestreo	Usos*										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
P1, P2, P3, P4, P5	No utilizable	No utilizable	Con limitaciones	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	Utilizable con limitaciones	Utilizable	No utilizable	No utilizable

*Usos según simplificación o abreviatura establecida en el cuadro 6.

A continuación, se analiza integralmente los resultados obtenidos a partir de los valores obtenidos del Índice Holandés de Calidad de Agua, la reglamentación nacional y las implicaciones ambientales de dichos valores.

De acuerdo con la información mostrada en los cuadros anteriores, según el Índice Holandés, se obtiene que para la época lluviosa los niveles de contaminación en el tramo del río Purral (P1 y P2) se clasifican como incipiente, lo que corresponde a clase 2; y en el tramo del río Torres (P3, P4, P5, P6), el nivel de contaminación se clasifica como moderada de clase 3 (Cuadro 18).

Por lo tanto, en los puntos situados en el río Purral, se muestra una contaminación incipiente; en otras palabras, la contaminación presente apenas comienza a manifestarse. Dichos puntos se encuentran dentro y cerca de cafetales, lo cual afecta significativamente el estado de la calidad del cuerpo hídrico; según Arias (2016), la agricultura es una de las actividades que produce una afectación más profunda debido a la naturaleza, a la extensión y al grado de dispersión (contaminación difusa) de esta actividad. En los puntos de muestreo correspondientes al río Torres, se presenta una contaminación moderada para época lluviosa. Como se observó en la Fase I de los resultados de este documento, uno de los factores influyentes en las variaciones en la calidad del cuerpo receptor, es el cambio del uso del suelo y la densidad poblacional.

Asimismo, P1 y P2 a pesar de que se encuentran en el distrito de Purral, y este es el distrito más poblado del cantón, su extensión territorial es mayor que la de Guadalupe y San Francisco, por lo que densidad poblacional en época lluviosa no influye a gran escala debido a su extensión comparado con los otros dos distritos. Lo anterior, está ligado con el uso del suelo. Se puede observar que en los puntos de muestro P3, P4, P5 y P6, lo que corresponde a Guadalupe y San Francisco, el uso del suelo es totalmente urbano y no forestal, y en Purral hay cafetales y mayor cantidad de zonas forestales (pastos y árboles dispersos).

Para la época seca, la calidad del agua reportó un aumento en el grado de afectación. Todos los puntos de muestreo se clasifican con contaminación severa. Por lo tanto, para todos los puntos muestreados en el río Purral y en el río Torres corresponde a una calidad de clase 4 (Cuadro 20). Del mismo modo, como se observa en el Cuadro 21, el Índice Holandés en época seca es mayor que en la época lluviosa, con base a esto se puede determinar las características desfavorables en las que se encuentran ambos ríos, donde comparando las épocas muestreadas, se presenta un aumento de la DBO y del $N-NH^4$, lo que ocasiona la disminución del PSO, esto se debe a que al presentarse valores bajos de caudal (debido a las bajas precipitaciones de la época) se da una menor aireación del cuerpo hídrico y mayor concentraciones de carga orgánica.

Al realizar un análisis general de los parámetros que conforman el Índice Holandés, se determina que, para ambas épocas, la DBO fue el parámetro que aportó mayor puntuación al índice en todos los sitios muestreados, esto lo hace ser el parámetro con mayor influencia para el índice, aportando puntajes de 3 y 4 (época lluviosa) y 4 y 5 (época seca). Durante la época seca la contaminación por carga orgánica fue mayor, siendo el P1 (cafetal en Purral) el sitio donde se reporta la mayor concentración ($27,1 \pm 2,6$ mg/L), seguido por el P4 (Guadalupe) ($24,6 \pm 2,3$ mg/L). El otro parámetro que contribuyó con mayor puntaje para el Índice Holandés fue el $N-NH^4$ en la época seca, donde todos los puntos, excepto el P1, sumó 4 puntos reportando concentraciones entre los $3,337 \pm 41$ mg/L y $3,819 \pm 41$ mg/L (Cuadro 17 y 19).

Oxígeno Disuelto (OD)

El Oxígeno Disuelto (OD) es la variable más significativa para determinar la calidad del agua superficial de un río, debido a que todo ser vivo depende del oxígeno para mantener el funcionamiento de su metabolismo. Respecto a los valores obtenidos de la concentración de OD para la época lluviosa, se encontró entre $8,29 \pm 0,010$ mg/L y $10,08 \pm 0,010$ mg/L (Figura 33); y para la época seca se reportó entre $6,39 \pm 0,64$ mg/L y $9,71 \pm 0,97$ mg/L (Figura 33). A pesar de que se nota una disminución del OD en la época seca, los valores cumplen con lo adecuado para garantizar la supervivencia de las comunidades biológicas y evitar la muerte de la comunidad acuática (Soto, 2019).

Así, el nivel de OD obtenido ofrece un valor de buena calidad en el agua superficial, en ambas épocas para este parámetro, con excepción del P1 y P3 en la época seca, los cuales presentan una calidad aceptable (Figura 33). Según Siles (2020), un nivel de oxígeno disuelto entre 4,10 mg/L

a 7,90 mg/L ofrece un valor de calidad aceptable en el agua, mientras que el ámbito de 8,00 mg/L a 12,00 mg/L de oxígeno disuelto, se considera de buena calidad.

Para la época lluviosa se observa que las concentraciones de OD presentaron una tendencia decreciente, debido a que aguas abajo de cada punto se da un aumento de las descargas de aguas residuales e invasión de la zona protectora de cuerpo hídrico, lo que incrementa el consumo del oxígeno por parte de las bacterias y otros organismos aeróbicos. Ahora bien, para la época seca se observa que las concentraciones de OD presentaron una tendencia creciente, una razón por la cual la concentración aumenta aguas abajo es debido a que el cauce presenta un aumento de zonas de turbulencias, lo cual hace que aumente el intercambio de gaseoso con el aire (Siles, 2020). Además, según Soto (2019), otra razón del aumento de la concentración de OD aguas abajo está asociada con una posible purificación natural.

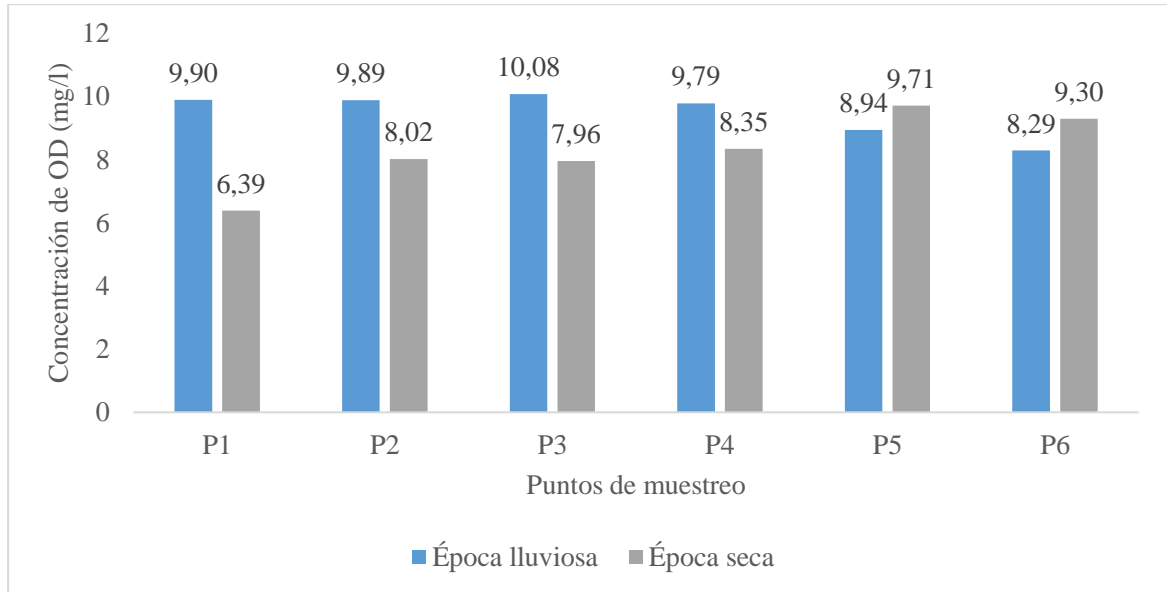


Figura 33. Concentración de Oxígeno disuelto de cada punto de muestreo por época muestreada.

Porcentaje de Saturación de Oxígeno (PSO)

Según datos obtenidos de los análisis, para la época lluviosa, la concentración del PSO presenta un comportamiento decreciente. En donde en el P6 se registró el mínimo porcentaje obtenido entre las seis muestras, seguido por el P5, con $83,2 \pm 8,3\%$ y $87,2 \pm 8,7\%$ respectivamente. En los demás puntos de muestreo el PSO se mantuvo entre $95,9 \pm 9,6\%$ y $98,6 \pm 9,9\%$ (Figura 34).

En la época seca, el PSO se evidencia una tendencia creciente entre los puntos, donde el P1 se reportó $60,2 \pm 6,0\%$ y en el P5 y P6 se reportó valores de $86,1 \pm 8,6\%$ y $83,5 \pm 8,4\%$ respectivamente (Figura 34). Comparado con la época lluviosa se presenta una disminución de las

concentraciones, que está asociada con el aumento de temperatura presente en la época seca, lo que influye la disminución de oxígeno y por consecuente la disminución del PSO. En la época seca se presenta una mayor concentración de las aguas residuales vertidas, y esta problemática consume el oxígeno disuelto, lo que genera mayor proliferación de bacterias anaeróbicas, turbidez y malos olores (Soto, 2019), lo cual se evidencia y asocia directamente con las concentraciones de OD.

A pesar de esto, todos los puntos se encuentran con valores superiores al 70% de saturación que es el mínimo recomendado para aguas superficiales, y menor al 100% para evitar una sobresaturación de oxígeno (Carrillo *et al.*, 2012), y así asegurar la capacidad recuperadora que la corriente en los tramos de los ríos. Esto con excepción del P1 época seca (figura 35) que se encuentra fuera del PSO adecuado para la vida acuática, el cual es de 60,2%.

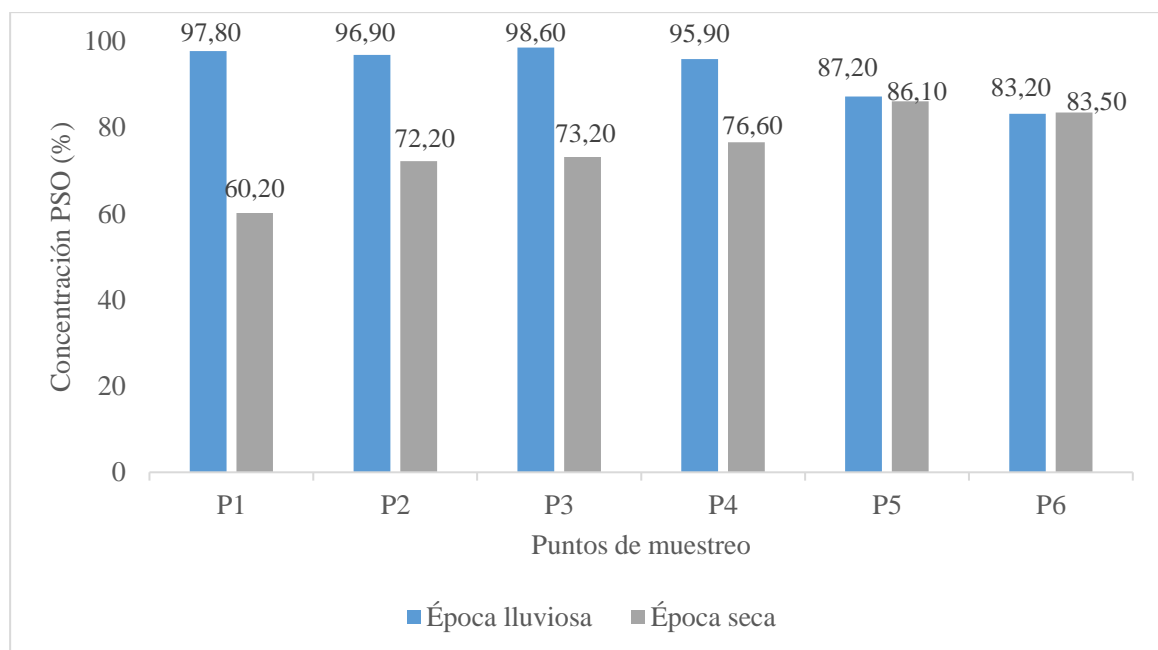


Figura 34. Concentración del Porcentaje de Saturación de Oxígeno de cada punto por época muestreada.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

La concentración de DBO es muy importante debido a que es un indicador de la cantidad de materia o carga orgánica que se puede degradar biológicamente. Este parámetro indica la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para oxidar la materia orgánica presente en el agua del río para la descomposición en condiciones aeróbicas. Respecto a la concentración de DBO en época lluviosa, se encuentra entre $7,7 \pm 1,0$ mg/l y $10,3 \pm 1,2$ mg/l (Figura 35). Por ello, para los seis sitios muestreados en la época lluviosa se clasificó como una calidad de agua aceptable conforme la Demanda Bioquímica de Oxígeno, con lo que se indica que el agua superficial presenta un indicio

de contaminación y que tiene capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Esto de acuerdo con la escala de clasificación conforme a la concentración de la DBO en cuerpos de aguas superficiales corresponde: $DBO \leq 3,00$ mg/l: Excelente; $DBO > 3,00$ mg/l y $\leq 6,00$ mg/l: Buena calidad; $DBO > 6,00$ mg/l y ≤ 30 mg/L: Aceptable; $DBO > 30$ mg/l y $\leq 120,00$ mg/l: Contaminada; y $DBO > 120$ mg/l: Fuertemente contaminada (CONAGUA, 2005). Ahora, se observa que se genera un aumento de DBO aguas abajo de cada punto de muestro, donde los valores más altos están relacionados con el aumento de la densidad de población y descargas en los sitios muestreados.

En la época seca, las concentraciones de DBO se encuentran entre $13,0 \pm 1,4$ mg/l y $27,1 \pm 2,6$ mg/l (Figura 35). Aquí se presenta un aumento de las concentraciones en correlación con la época lluviosa, debido a que las descargas de aguas residuales sin tratamiento previo se encuentran más concentradas en el cuerpo receptor y, también, se debe a la disminución del caudal del río, relacionándose, a su vez, con la disminución de la cantidad de OD en la época seca y como se observa comparando la Figura 33. Por tanto, el efecto de la descomposición de la materia orgánica es mayor y las bacterias consumen el OD en gran cantidad (Rodríguez-Arias, y Benavides, 2015), lo que se refleja en altos niveles de contaminación en el río donde se limita a la cantidad de organismos capaces de vivir en el cuerpo acuático con bajas concentraciones de oxígeno. De igual forma, esto puede generar una anaerobiosis de los sedimentos, que se provoca que se liberen amoníaco, fosfatos y metales, produciendo malos olores (Segura y Fernández, 2015).

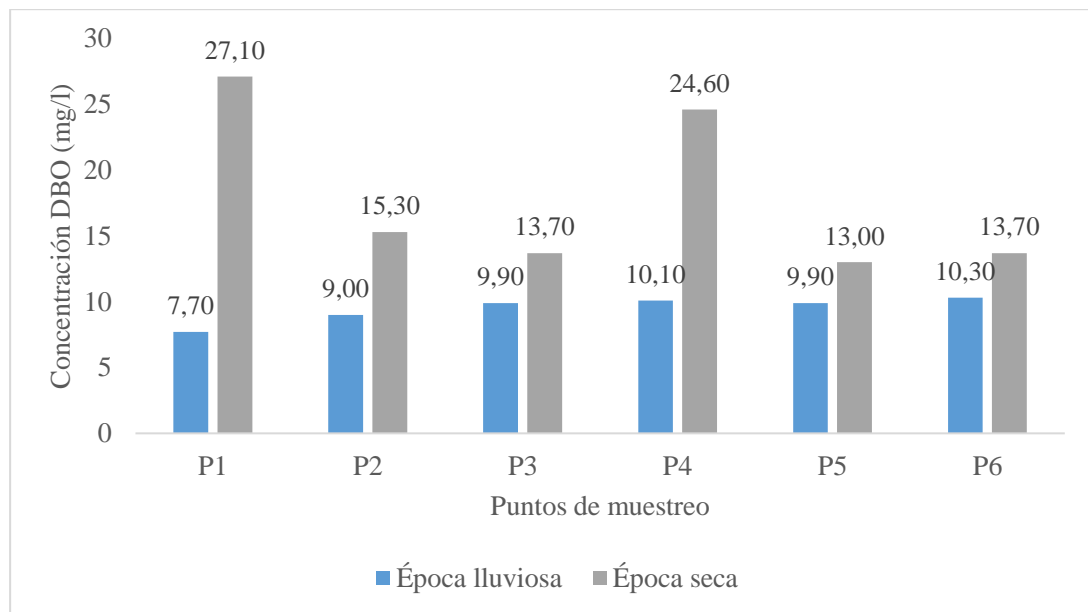


Figura 35. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de cada punto por época muestreada.

Nitrógeno Amoniacal N-N⁺

Respecto a las concentraciones de nitrógeno amoniacal, para la época lluviosa, la concentración se encontró entre valores de $0,314 \pm 6,1$ mg/l y $0,733 \pm 15$ mg/l; y para la época seca entre $1,005 \pm 22$ mg/l y $3,819 \pm 46$ mg/l (Figura 36). Cabe mencionar que en las aguas superficiales las concentraciones de nitrógeno amoniacal son menores que 0,2 mg/L, pero alcanzan hasta 2 mg N/L a 3 mg N/L. Este es un indicador de la cantidad de contaminación debido a la carga orgánica, por lo que si este se presenta en valores altos provoca que el OD disminuya y aumente la eutrofización. Ahora bien, cuando se da la eutrofización en las aguas superficiales se genera un aumento excesivo de los nutrientes nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua, lo que conduce al crecimiento acelerado de microalgas. Esto hace que se presente una disminución del oxígeno necesario y se provoca la muerte de los peces, lo que implica que la presencia excesiva de materia orgánica en el fondo del agua favorezca a la descomposición de la biomasa y, por lo tanto, un consumo el oxígeno desmedido. Asimismo, se da un crecimiento rápido de algas y fitoplancton, que causa que se cubra la superficie del agua e impide el paso de luz solar a las capas inferiores (Bolaños, Montero, Rodríguez, y Sánchez, 2015).

Lo ideal es que el N-NH⁺ se encuentre en valores por debajo de 0,5 mg/l. Esto indica resultados favorables sobre la calidad del agua superficial (Soto, 2019). Sin embargo, otros autores como Bolaños *et al.* (2015) señalan que las aguas superficiales de un sistema biótico que tiene una

concentración de nitrógeno de 0,30 mg/l a 0,65 mg/l se considera eutrófico. Si toma en cuenta lo indicado por Bolaños *et al.*, se determina que para en la época seca, los puntos muestreados presentan un sistema biótico eutrófico.

El aumento del $N-NH^{+4}$ está relacionado con las descargas de aguas residuales en el cuerpo hídrico, pues estas aumentan las concentraciones de nitrógeno en forma de nitrógeno amoniacal. De igual forma, este aumento se relaciona con las descargas de aguas con detergentes, de descargas industriales, de escorrentía de la agricultura, por las obras de construcción y las áreas urbanas, además de fuentes indirectas como el crecimiento de la población y la economía, como también los cambios estructurales en la región y la globalización (García, 2016).

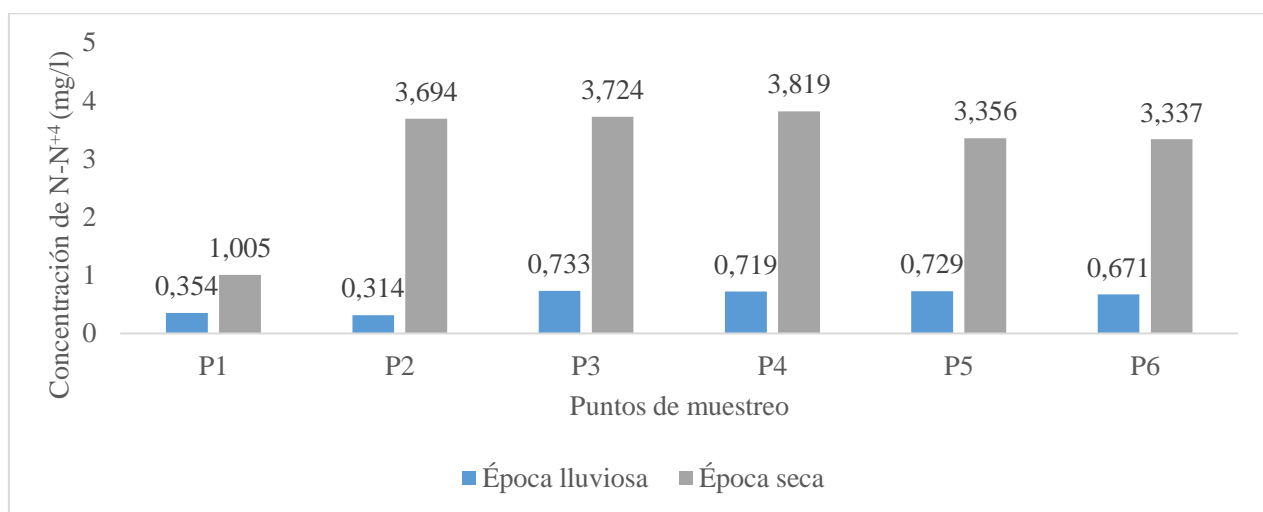


Figura 36. Concentración de Nitrógeno Amoniacal de cada punto por época de muestreada.

Parámetros complementarios

Los valores se muestran para cada sitio y época, mismos que se hallan en los cuadros 13, 14, 15 y 16.

- Temperatura: Para la época lluviosa se presenta una temperatura media de 20,07 °C y para la época seca el valor de la media fue de 21,38 °C.
- Potencial de Hidrógeno (pH): Respecto a los valores obtenidos de los análisis *in situ*, el pH en época lluviosa tuvo una media de 7,77 y para la época seca la media reportada fue de 7,47, valores que se presentan con frecuencia en las aguas superficiales. Ahora bien, según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficial, el valor de pH entre el rango de 6,5 a 8,5 para los cuerpos receptores, lo determina en una clasificación de clase 1.

Por lo tanto, respecto al pH y la temperatura en los rangos presentados indicaron que mejorando las condiciones de parámetros como la DBO y la DQO. Estos parámetros de las aguas superficiales permiten que se den las reacciones químicas necesarias que proporcionan el desarrollo adecuado de la vida acuática.

- Conductividad: Para la época lluviosa se reportó una media de 199,2 $\mu\text{s}/\text{m}$. Para la época seca fue de 360,3 2 $\mu\text{s}/\text{m}$. Acá se determina que tanto para época lluvia como para la época seca, en los puntos de muestreo se tiene un comportamiento homogéneo respecto a su conductividad.
- Sólidos Suspendidos totales (SST): Según el Reglamento N.º 33903, para la época lluviosa se determina una calidad de clase 2; para la época seca en los puntos en los que la concentración fue detectada se determinó una calidad de clase 3. Esto debido a que las mediciones para época lluviosa se encuentran entre 10,22 mg/l y 21,62 mg/l, y para la época seca entre lo detectable se determinó entre 24,6 mg/l y 28,7 mg/l. La existencia de los SST afecta la vida acuática, puesto que aumentan la turbidez y si los sólidos presentes se sedimentan afectan el hábitat de organismos bentónicos y aumenta el crecimiento de bacterias.
- Coliformes fecales: Durante la época seca, todos los sitios de muestreo presentaron concentraciones de contaminación fecal elevadas, superiores a 5 000 NMP/100 ml (Anexo 1), por lo tanto según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, la calidad del agua se clasifica de clase 5; lo cual indica que no es utilizable según los usos potenciales del reglamento, con excepción de la navegación y generación hidroeléctrica (utilizable con limitaciones), pero ambos usos no se llevan a cabo en ninguno de los ríos estudiados, esto implica que prácticamente es un recurso inútil para el desarrollo de actividades humanas, recreativas y/o industriales. Las concentraciones se presentaron entre $1,1 \times 10^6$ NMP/100 ml y $2,8 \times 10^7$ NMP/100 ml, lo cual es un indicador las altas concentraciones de microorganismos patógenos presentes en el cuerpo hídrico.

Según Barrantes, Chacón, Solano y Achí (2013), la contaminación fecal se relaciona directamente con las descarga de aguas residuales domésticas no tratadas a los cuerpos de agua; sin embargo, otras causas de contaminación importantes a considerar son escorrentías y descargas orgánicas, producto del beneficiado de café, la incorrecta operación de tanques sépticos (hasta en un 77% de la población utiliza este sistema), además de la erosión por efecto de la deforestación, lo que contribuye a aumentar la turbiedad en aguas superficiales.

Esta problemática incide directamente en la salud humana dada a la transmisión de microorganismos patógenos como virus, bacterias, protozoarios y otros parásitos. Según

investigaciones realizadas, se ha determinado que las poblaciones ubicadas cerca de costas, ríos o lagos con elevada contaminación fecal están en riesgo de desarrollar otro tipo de enfermedades infecciosas. En donde la frecuencia de síntomas gastrointestinales en la población expuesta a aguas contaminadas muestra una relación estadística con el valor de coliformes fecales y *Escherichia coli* presentes en el agua (Barrantes *et al.*, 2013).

Restricciones de los usos potenciales

Como se observa en los Cuadros 22 y 23, según la clasificación del IHC y lo establecido en el Reglamento, el agua de río Purral y del río Torres, cuando sus concentraciones de contaminantes (principalmente en época seca) no es utilizable para:

- Abastecimiento de agua para uso y consumo humano.
- Abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de alimentos de consumo humano.
- Actividades recreativas de contacto primario.
- Acuicultura.
- Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas.
- Fuente para la protección de las comunidades acuáticas.
- Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras.
- Riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara.

5.3 Fase III. Plan de acción para el mejoramiento de la calidad del agua

De acuerdo con los análisis de la calidad del río Purral y del río Torres, se determinó que la mayoría de los usos potenciales del recurso hídrico son nulos debido a la mala calidad y, considerando futuros cambios en temperatura y precipitaciones como consecuencia del cambio climático, se verá afectado aún más la capacidad de autodepuración del cuerpo hídrico, por lo que es necesario tomar medidas y acciones que ayuden a contrarrestar y mejorar gradualmente la calidad del recurso, lo que así mejorará los servicios ecosistémicos que brinda la microcuenca como parte del Corredor Bilógico Interurbano del río Torres.

Además, se llevó a cabo la indagación de estudios y diferentes proyectos realizados, sobre las posibles medidas viables que puedan ayudar a atender los puntos de afectación más críticos del área y, de esta manera, aportar a la recuperación de las zonas ribereñas.

Posteriormente, se trabaja con la comunidad y los actores claves importantes de la zona. Para ello, se brindó un taller presencial y un taller virtual, en los que se explicó este proyecto (Apéndice 6) y se creó un espacio para plantear en conjunto acciones puntuales basadas en las problemáticas señaladas por los participantes. De igual forma, se realizaron giras de campo junto con actores sociales y miembros de Comités de Observatorio del Agua, miembros de Comités de Bandera Azul Ecológica (categoría de Microcuencas), y del Corredor Biológico Interurbano río Torres, a las zonas ribereñas, principales nacientes y quebradas, que alimentan al río Torres y Purral, logrando un importante acercamiento con asociaciones de desarrollo comunal y levantamiento de las principales problemáticas, necesidades y acciones que se han realizado, así como las posibles acciones a realizar en del área de estudio.

Los datos recopilados de los talleres, las giras de campo, además de lo analizado junto al director del Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Goicoechea, fueron insumos importantes para definir los puntos de partida para el desarrollo del presente plan, considerando criterios de viabilidad económica, administrativamente factibles y operables por el municipio.

Por tanto, objetivo general de este plan cantonal es proponer estrategias que permitan una recuperación progresiva en la calidad del recurso hídrico del cuerpo hídrico (río Purral y río Torres) y, por consiguiente, también de sus afluentes.

- Plan de acción

Se definió un plan de acción con el fin de organizar y planificar actividades en periodos establecidos de tiempo. El mismo está conformado por 4 programas, cada uno con su propia estrategia, metas de cumplimiento, con sus respectivas actividades, subactividades, período de ejecución establecido, acción/acciones, indicadores de cumplimiento de las actividades, recursos y responsable de ejecución. Los principales programas definidos y son los siguientes:

1. Inventario de área forestal ribereña aledaña al río Purral y río Torres.
2. Protección del recurso hídrico bajo enfoque de educación ambiental.
3. Aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos.
4. Gestión ambiental municipal (aspectos varios).

Cabe mencionar que estos programas fueron analizados junto con el encargado del departamento de Gestión Ambiental para asegurar su viabilidad y posible ejecución de los mismos, por lo tanto, son medidas que cuentan con la aprobación y son definidos como prioritarios para ejecutar en los próximos 4 años (2024 al 2027) mediante el departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Goicoechea, previa solicitud de presupuesto requerido.

A continuación, se detalla el plan de acción propuesto:

Cuadro 23.

Plan de acción programa #1

Programa #1: Inventario de área forestal ribereña aledaña al Río Purral y Río Torres.														
Descripción	Objetivo	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Recurso económico*	Responsable
				2024		2025		2026		2027				
				I	II	I	II	I	II	I	II			
Estudio que permite conocer el estado actual de las zonas de protección y áreas ribereñas aledaña al río Purral y río Torres.	Desarrollar una herramienta que permita establecer las pautas bajo criterio técnico para poder brindar un manejo, una renovación y conservación del área ribereña al río Torres y río Purral de acuerdo con el estado actual.	Contar con un inventario que permita conocer la cantidad, estado y especies arbóreas, arbustivas, nativos y exóticas de la zona presentes en las zonas ribereñas.	Desarrollo de una base de datos de todos los individuos inventariados que contemple el estado actual y la descripción de variables taxonómicas, fitosanitarias, silviculturales, estructurales.	X	X							Profesionales en el área forestal o empresa consultora. Gestor Ambiental.	C\$ 826 462,50	Unidad de Gestión Ambiental. Ingeniero Forestal (funcionario municipal). Subcontratación. Alcaldía.
			Manejo de la información mediante una aplicación o herramienta móvil.	X	X									
			Desarrollo de cartografía con la ubicación de los sitios de los individuos inventariados, y evidencia fotográfica.	X	X									
			Plan de acción y recomendaciones para mejorar el área ribereña, que incluya cronograma de demoliciones (en caso de aplicar) y reforestaciones según resultados del estudio, y un plan de monitoreo de especies exóticas para lograr un debido control.	X	X									

*El recurso económico se estimó bajo el criterio y cotización de profesional del área de Ingeniería Forestal.

Cuadro 24.

Plan de acción programa #2

Programa #2: Protección del recurso hídrico bajo enfoque de educación ambiental.														
Descripción	Objetivo	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Recurso económico*	Responsable
				2024		2025		2026		2027				
				I	II	I	II	I	II	I	II			
Programa de educación ambiental enfocados en la protección del recurso hídrico.	Concientizar la respecto a la importancia del recurso hídrico bajo la educación ambiental en centros educativos del cantón.	Planificar e implementar un programa de educación ambiental en centros educativos (escuelas principalmente) del cantón, enfocado en la importancia de proteger los ríos urbanos.	Desarrollo de una alianza estratégica entre la Municipalidad y el MEP (Dirección Regional de Educación Central) que involucre a los directores de los centros educativos para formar aliados del programa.		X		X		X		X	Educadores ambientales. Gestor Ambiental.	₡752 220 / mensual. (Estimado para la contratación de un consultor ambiental).	Unidad de Gestión Ambiental.
			Buscar una apropiación por parte de las y los estudiantes de la campaña, por medio de un nombre, slogan, o imagen que permita identificar las campañas de capacitación.		X									
			Implementar campañas de educación y concientización sobre la situación actual del recurso hídrico, servicios ecosistémicos y la mala gestión de los residuos líquidos y sólidos; y educar sobre la correcta gestión de los residuos según su clasificación.		X		X		X		X			
			Implementar campañas de educación y concientización para la prevención de incendios forestales. Buscar apoyo en el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.		X		X		X		X			

Educación ambiental / Divulgación de la información.	Acercamiento y apoyo a programas de voluntariado existentes.	Enfoque social por parte de la Unidad de Gestión Ambiental brindado apoyo a grupos ambientales organizados.	Fortalecer o crear acercamientos con Programas o Estrategias Nacionales que fomenten una cultura urbana más sostenible y regenerativa como lo es Río Urbano y Ríos Limpios, Biodiver-city, entre otras. Así como diversos grupos de voluntariados con las campañas que cada grupo organiza periódicamente.	X	X	X	X	X	X	X	X			
			Difundir información pertinente de programas y proyectos ya existentes a nivel país, a nivel de CBI, nivel cantonal o distrital, por medio de los medios digitales (redes sociales, página web, correo electrónico, radio local, canales /noticias locales, aplicaciones).	X	X	X	X	X	X	X	X			

* El recurso económico se estimó con base en el salario mínimo para un profesional con grado mínimo de licenciatura.

Cuadro 25.

Plan de acción programa #3

Programa #3: Aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos.														
Descripción	Objetivo	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Recurso económico*	Responsable
				2024		2025		2026		2027				
				I	II	I	II	I	II	I	II			
Control de calidad de las aguas superficiales.	Accionar para el mejoramiento progresivo de la calidad del agua superficial de los ríos.	Realizar un control por medio de análisis fisicoquímicos de la calidad del agua superficial.	Realizar análisis de calidad de agua con el fin de dar seguimiento a las concentraciones y a la clasificación de niveles de calidad, principalmente en los sectores ya muestreados del río Torres y río Purral.	X		X		X		X		Gestor Ambiental.	Total estimado: ¢730 300,00 Desglose: ¢654 300,00 (Estimado para análisis fisicoquímicos, 6 puntos de muestreo/semestral).	Unidad de Gestión Ambiental.
			Realizar un seguimiento de los parámetros muestreados realizados bajo la Estrategia de Ríos Limpios del AyA (solicitar resultados al AyA).	X		X		X		X				
Esfuerzos nacionales para saneamiento de ríos.	Mantenerse informados sobre el avance del proyecto de Saneamiento del AyA.	Dar un seguimiento al Proyecto de Mejoramiento Ambiental (ampliación de la red de colectores y redes de alcantarillado sanitario) en el cantón.	Realizar un seguimiento semestral sobre las zonas de intervención e informar a la comunidad sobre el avance del proyecto y sus beneficios por medio de redes sociales.	X		X							¢ 76 000,00 (Estimado para análisis microbiológicos, 6 puntos de muestreo/semestral).	

*El recurso económico se estimó con base en un promedio de cotización solicitadas a un par de laboratorios de análisis ambientales.

Cuadro 26.

Plan de acción programa #4

Programa #4: Gestión ambiental municipal (aspectos varios).														
Descripción	Objetivo	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Recurso económico	Responsable
				2024		2025		2026		2027				
				I	II	I	II	I	II	I	II			
Fortalecimiento municipal en tema de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Fortalecer el accionar municipal respecto a la normativa e iniciativas para fortalecer la gestión ambiental.	Mantener actualizado el monitoreo del plan de acción del PMGIRS.	Asociar el presente plan de acción con el del Plan Municipal para la Gestión de Residuos Sólidos, monitorear que se esté cumpliendo el plan de acción.		X		X		X		X	Gestor Ambiental.	N. A.	Unidad de Gestión Ambiental.
Mejorar la comunicación Municipalidad-Comunidad.	Implementación de herramientas tecnológicas (o uso de ya existentes) para mejorar la comunicación Municipalidad-Comunidad.	Brindar un espacio en el que los habitantes del Cantón puedan realizar sus denuncias ambientales, de manera digital y más directa.	Crear un acceso en la página web de la Municipalidad, que permita atender consultas directas de la población y también para formular denuncias relacionadas con la gestión ambiental (afectación de recurso hídrico, tala, quemas, mala gestión de residuos sólidos, entre otros).				X					Gestor ambiental. Encargado(a) del departamento de Informática.	N. A.	Unidad de Gestión Ambiental.
			Fomentar el uso de la plataforma del Sistema Integrado de Trámite y Atención de Denuncias Ambientales (SITADA) del MINAE, compartir información (por medio de redes sociales/página web) a la población como usar la plataforma.						X					Gestor ambiental. Encargado(a) del departamento de Informática.

*El recurso económico se estimó con base en un promedio de cotización solicitadas a un par de laboratorios de análisis ambientales.

- Plan de monitoreo

Se estableció un plan de monitoreo con el fin de establecer un adecuado seguimiento y control de las actividades del plan de acción. A continuación, se muestra el plan de monitoreo en el cual se establece la frecuencia de monitoreo, fecha de cumplimiento, responsables de monitoreo, responsable de monitoreo, para cada una de las actividades de cada proyecto establecido.

Cuadro 27.

Plan de monitoreo Programa #1

Programa #1: Inventario de área forestal ribereña aledaña al Río Purral y Río Torres.							
Descripción	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Estudio que permite conocer el estado actual de las zonas de protección y áreas ribereñas aledaña al río Purral y río Torres.	Desarrollo de una base de datos de todos los individuos inventariados que contemple el estado actual y la descripción de variables taxonómicas, fitosanitarias, silviculturales, estructurales.	Base de datos realizada.	Anual.	I Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--
	Manejo de la información mediante una aplicación o herramienta móvil.	Aplicación o herramienta en funcionamiento.				0 %	--
	Desarrollo de cartografía con la ubicación de los sitios de los individuos inventariados, y evidencia fotográfica.	Cartografía desarrollada.				0 %	--
	Plan de acción y recomendaciones para mejorar el área ribereña, que incluya cronograma de demoliciones y reforestaciones según resultados del estudio, y un plan de monitoreo de especies exóticas para lograr un debido control.	Plan de acción y de monitoreo, y cronograma en ejecución.	Semestral.	Continuo a partir del I Semestre 2025	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--

Cuadro 28.

Plan de monitoreo Programa #2

Programa #2: Protección del recurso hídrico bajo enfoque de educación ambiental.							
Descripción	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Programa de educación ambiental enfocado en la protección del recurso hídrico.	Desarrollo de una alianza estratégica entre la Municipalidad y el MEP (Dirección Regional de Educación Central), que involucre a los directores de los centros educativos para formar aliados del programa.	Alianza establecida formalmente.	Anual.	Continuo a partir del II Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--
	Implementar campañas de educación y concientización sobre la situación actual del recurso hídrico (aguas superficiales), servicios ecosistémicos y la mala gestión de los residuos líquidos y sólidos, y educar sobre la correcta gestión de los residuos según su clasificación.	Charlas realizadas.				0 %	--
	Implementar campañas de educación y concientización para la prevención de incendios forestales. Buscar apoyo en el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.	Charlas realizadas.				0 %	--
Educación ambiental / Divulgación de la información.	Fortalecer o crear acercamientos con Programas o Estrategias Nacionales que fomenten una cultura urbana más sostenible y regenerativa como lo es Río Urbano y Ríos Limpios, Biodiver-city, entre otras. Así como diversos grupos de voluntariados con las campañas que cada grupo organiza periódicamente.	Participación activa con grupos organizados y comunidad.	Semestral.	Continuo a partir del I Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--
	Difundir información pertinente de programas y proyectos ya existentes a nivel país, a nivel de CBI, nivel cantonal o distrital, por medio de los medios digitales (redes sociales, página web, correo electrónico, radio local, canales /noticias locales, aplicaciones).	Publicaciones realizadas.				0 %	--

Cuadro 29.

Plan de monitoreo Programa #3

Programa #3: Aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos.							
Descripción	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Control de calidad de las aguas superficiales.	Realizar análisis de calidad de agua con el fin de dar seguimiento a las concentraciones y a la clasificación de niveles de calidad, principalmente en los sectores ya muestreados del río Torres y río Purral.	Análisis de laboratorio realizados.	Anual.	Continuo a partir del I Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--
	Realizar un seguimiento de los parámetros muestreados realizados bajo la Estrategia de Ríos Limpios del AyA (solicitar resultados).	Monitoreo de parámetros.				0 %	--
Esfuerzos nacionales por el saneamiento de ríos.	Realizar un seguimiento semestral sobre las zonas de intervención e informar a la comunidad sobre el avance del proyecto y sus beneficios por medio de redes sociales.	Seguimiento realizado.	Semestral.	I Semestre 2024 y 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--

Cuadro 30.

Plan de monitoreo Programa #4

Programa #4: Gestión ambiental municipal (aspectos varios).							
Proyecto	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Fortalecimiento municipal en tema de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Asociar el presente plan de acción con el del Plan Municipal para la Gestión de Residuos Sólidos, monitorear que se esté cumpliendo el plan de acción.	Seguimiento del monitoreo del PMGIRS.	Anual.	Continuo a partir del II Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--
Mejorar la comunicación Municipalidad-Comunidad.	Crear un acceso en la página web de la Municipalidad, que permita atender consultas directas de la población y también para formular denuncias relacionadas con la gestión ambiental (afectación de recurso hídrico, tala, quemas, mala gestión de residuos sólidos, entre otros).	Acceso en página web realizado.	Anual.	II Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--
	Fomentar el uso de la plataforma del Sistema Integrado de Trámite y Atención de Denuncias Ambientales (SITADA) del MINAE, compartir información (por medio de redes sociales/página web) a la población como usar la plataforma.	Publicaciones sobre la plataforma de ambiental de manera anual.	Anual.	Continuo a partir del II Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	--

Ahora bien, para efectos de este proyecto, se definieron varios programas con diversas actividades propuestas con el objetivo de que puedan ser consideradas como opcionales (actividades plus) por el Departamento de Gestión Ambiental, que estas distribuidas en los siguientes programas:

- Programa #1: Restauración del paisaje urbano.
- Programa #2: Protección de fuentes de aguas, zonas ribereñas y mitigación y adaptación ante desastres naturales.
- Programa #3: Aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos.

Se presenta el plan de acción y su respectivo plan de monitoreo:

Cuadro 31.

Plan de acción (actividades plus): Programa #1

Programa #1: Restauración del paisaje urbano.												
Objetivo general: Recuperar progresivamente el paisaje urbano y fortalecer los servicios ecosistémicos.												
Proyecto	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Responsable
			2024		2025		2026		2027			
			I	II	I	II	I	II	I	II		
Rehabilitación del área ribereña y zonas de recargas.	Brindar protección a las fuentes de agua y mejorar la infiltración del suelo.	Realizar un estudio para el mejoramiento del manejo forestal mediante la recuperación de vegetación de especies nativas aledañas al río y a la zona e identificar las zonas de recargas.	X	X							Profesionales en el área forestal. Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental. Aliados estratégicos.
	Obtener apoyo financieros y técnicos para realizar los estudios necesarios.	Búsqueda de alianzas con universidades, empresas o instituciones para desarrollar los estudios anteriores (por ejemplo: pasantes o trabajos de graduación).	X	X							Aliados estratégicos. Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.
Creación de un diseño conceptual para el mejoramiento del paisaje urbano.	Enfocar el proyecto en la restauración y rehabilitación de los espacios públicos con valor histórico y social. Que permita el embellecimiento de espacios culturales importantes, espacios recreativos, y zonas verdes ribereña, mediante alianzas y/o patrocinios con instituciones, empresas, educación superior, etc.	Desarrollar un plan de acción para mejorar el paisaje urbano en búsqueda de un cantón más sostenible, cultural y participativo, beneficiado de los servicios ecosistémicos; mediante actividades a corto, mediano y largo plazo para recuperar progresivamente los servicios ecosistémicos.			X	X					Profesional en el área. Unidad de Gestión Ambiental. Recurso económico.	Unidad de Gestión Ambiental.

	Establecer como aspecto importante dentro del plan de acción de mejoramiento del paisaje urbano el polideportivo de Barrio Aranjuez.	Protección del valor cultural y recreativo del polideportivo de Barrio Aranjuez, que colinda con el distrito de San Francisco, mediante un plan que brinde mantenimiento del área y subsane problemas como la saturación de basura, para mejorar la percepción social en el área.			X	X					Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.
Promoción del uso de infraestructura verde urbana: fomento de conectividades entre ecosistemas urbanos	Establecer un programa de comunicación (implementar talleres o capacitaciones) de la información respecto a la construcción sostenible, ser un canal de promoción del tema para concientizar sobre la importancia de la infraestructura verde.	Fomentar la promoción de la arquitectura sostenible/verde o con un enfoque de arquitectura biofílico en las construcciones del cantón (enfoque en cubiertas, fachadas y/o techos verdes, jardines de lluvia, pavimentos porosos o impermeables), como también la creación de zonas verdes y huertas en sitios privados y patios en los hogares.					X		X		Profesional en el área. Unidad de Gestión Ambiental. Recurso económico.	Unidad de Gestión Ambiental.
	Brindar una red de conexión y fomento de servicios ecológicos y sociales, como parte de la adaptación al cambio climático, convertir progresivamente las zonas grises en verdes.	Reforestar zonas verdes públicas, cementerios, parques urbanos, entre otros (zonas municipales) con especies nativas (asociar al inventario realizado).							X	X	Profesional en el área. Unidad de Gestión Ambiental. Aliados estratégicos. Recurso económico.	Unidad de Gestión Ambiental.
	Rehabilitar progresivamente los espacios abiertos urbanos (plazas), mediante la organización y trabajo con ADI y grupos organizados.	Realizar una identificación de los espacios desocupados y que no tiene un control actual de su estado, y realizar un monitoreo de estos espacios.							X	X	Aliados estratégicos. Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.

	Fomentar el desarrollo de sistemas urbanos de drenajes sostenibles en el cantón como parte del fomento de servicios ecológicos y de adaptación ante efectos del cambio climático.	Realizar un estudio para analizar la viabilidad tecno-económica para implementar sistemas urbanos de drenajes sostenibles y pavimentos permeables (ejemplo: cunetas verdes, jardines de recogida de aguas, zanjas de infiltración), como también en las zonas factibles para desarrollar el proyecto como plan piloto.								X	Profesional en el área. Unidad de Gestión Ambiental. Recurso económico.	Unidad de Gestión Ambiental.
Fomento de la participación social: Municipalidad - Comunidades	Implementar proyectos piloto de creación de huertas urbanas, bajo el enfoque de restauración y conservación del hábitat, y fomentar los servicios ecosistémicos.	Creación y ejecución de proyecto piloto para establecer huertas urbanas comunales, senderos de paso y áreas de contemplación de flora y fauna, en la comunidad definida.					X	X	X	X	Unidad de Gestión Ambiental. Recurso económico y/o patrocinios.	Unidad de Gestión Ambiental.
		Análisis de la viabilidad y éxito del proyecto piloto y replicar en otras comunidades.					X	X	X	X	Unidad de Gestión Ambiental. Recurso económico.	Unidad de Gestión Ambiental.
Río Torres como patrimonio cultural del cantón.	Protección del valor social y cultural del río Torres.	Protección del recurso hídrico y paisaje urbano en búsqueda de un cantón más sostenible, cultural y participativo, por medio de una campaña para declarar el río Torres como patrimonio cultural del cantón.							X	X	Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental. Alcaldía

Cuadro 32.

Plan de acción (actividades plus): Programa #2

Programa #2: Protección de fuentes de aguas, zonas ribereñas y mitigación y adaptación ante desastres naturales.												
Objetivo general: Brindar protección al ecosistema ribereño.												
Proyecto	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Responsable
			2024		2025		2026		2027			
			I	II	I	II	I	II	I	II		
Mitigación y adaptación ante desastres naturales.	Promover la protección del suelo y los cuerpos superficiales.	Realizar campañas de promoción de buenas prácticas agrícolas en el cantón (compartir información mediante el uso de las redes sociales).			X	X	X	X	X	X	Aliados estratégicos. Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.
	Retener las aguas de escorrentías para que funcionen como una medida de prevención de inundaciones.	Construcción paulatina de barreras y/o bordes de contención natural en zonas ribereñas prioritarias, ligar con el proyecto de siembra de árboles.						X		X	Unidad de Gestión Ambiental. Recurso económico y/o alianza estratégica.	Unidad de Gestión Ambiental.
	Permeabilizar el suelo como parte de la gestión de las aguas superficiales.	Establecer un programa de siembra de vegetación en zonas públicas inundables, promoción de siembra de vegetación en las zonas privadas inundables y darles ejecución.				X		X		X	Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.
Mapeo y monitoreo de los botaderos clandestinos y actuar según normativa nacional.	Velar por el cumplimiento de los planes municipales y normativa nacional y cantonal: PMGIRS, Ley Orgánica del Ambiente, Plan Regulador Municipal, Ley de Planificación Urbana, Reglamento de Zonificación, Ley de Aguas, entre otros aplicables.	Mapear los botaderos clandestinos de residuos sólidos presentes en el cantón, como lotes baldíos, así como las zonas de protección de ríos, y demás zonas de acumulación de residuos, y mantenerlo actualizado. Asociar con los demás proyectos de este plan para la regeneración socioambiental en las zonas identificadas.			X		X			X	Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.

Cuadro 33.

Plan de acción (actividades plus): Programa #3

Programa #3: Aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos.												
Objetivo general: Accionar para el mejoramiento progresivo de la calidad del agua superficial de los ríos.												
Proyecto	Metas del proyecto	Acciones / Actividades	Periodo de ejecución								Recurso humano	Responsable
			2024		2025		2026		2027			
			I	II	I	II	I	II	I	II		
Control de calidad de las aguas superficiales.	Establecer un inventario de desfogues que permita tomar medidas necesarias a la problemática y darle seguimiento semestral.	Realizar una identificación de desfogues de aguas residuales a los ríos del cantón y proceder con el cierre de los mismos mediante intervención del Ministerio de Salud.		X		X		X		X	Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.
Reforzamiento del cumplimiento de la legislación nacional.	Establecer una herramienta de uso interno que fortalezca la gestión de las aguas residuales principalmente en los proyectos constructivos.	Establecer un monitoreo municipal para velar por la correcta aplicación de la normativa vigente sobre control de vertidos a fuentes de agua superficiales, pago por canon y control de nuevos proyectos de construcción.				X	X	X	X	X	Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.
Concientización sobre la gestión de aguas residuales en hogares.	Sensibilizar a la población sobre la importancia de la correcta gestión de las aguas residuales domésticas y del mantenimiento de los STAR. Realizar campañas al menos una vez al año.	Desarrollar un plan para concientizar a la población sobre la importancia del correcto manejo de aguas residuales en hogares, con enfoque en el correcto mantenimiento de tanques sépticos, importancia de las conexiones al alcantarillado, diferentes mecanismos de tratamiento de las aguas residuales, descripción de técnicas para el aprovechamiento sustentable del agua, entre otros.				X		X		X	Unidad de Gestión Ambiental.	Unidad de Gestión Ambiental.

Plan de monitoreo (actividades plus):

Cuadro 34.

Plan de monitoreo (actividades plus): Programa #1

Programa #1: Restauración del paisaje urbano							
Proyecto	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Rehabilitación del área ribereña y zonas de recargas.	Realizar un estudio para el mejoramiento del manejo forestal mediante la recuperación de vegetación de especies nativas aledañas al río y a la zona e identificar las zonas de recargas.	Estudios realizados.	Anual.	II Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
Creación de un diseño conceptual para el mejoramiento del paisaje urbano.	Búsqueda de alianzas con Universidades, empresas o instituciones para desarrollar los estudios anteriores (por ejemplo: pasantes o trabajos de graduación).	Alianzas establecidas.	Anual.	II Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
	Protección del valor cultural y recreativo del polideportivo de Barrio Aranjuez, que colinda con el distrito San Francisco, mediante un plan que brinde mantenimiento del área y subsane problemas como la saturación de basura, para mejorar la percepción social en el área.	Propuesta elaborada.	Semestral.	II Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-

Promoción del uso de infraestructura verde urbana: fomento de conectividades entre ecosistemas urbanos.	Fomentar la promoción de la arquitectura sostenible/verde o con un enfoque de arquitectura biofílico en las construcciones del cantón (enfoque en cubiertas, fachadas y/o techos verdes, jardines de lluvia, pavimentos porosos o impermeables), como también la creación de zonas verdes y huertas en sitios privados y patios en los hogares.	Programa de comunicación establecido y en ejecución.	Anual.	Continuo a partir del I Semestre 2026.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
	Reforestar zonas verdes públicas, cementerios, parques urbanos, entre otros (zonas municipales) con especies nativas (asociar al inventario realizado).	Programa de reforestación Municipal.	Semestral.	Continuo a partir del I Semestre 2027.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
	Realizar una identificación de los espacios desocupados y que no tiene un control actual de su estado, y realizar un monitoreo de estos espacios.	Programa de reforestación Municipal.	Semestral.	Continuo a partir del I Semestre 2026.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
	Realizar un estudio para analizar la viabilidad tecno-económica para implementar sistemas urbanos de drenajes sostenibles y pavimentos permeables (ejemplo: cunetas verdes, jardines de recogida de aguas, zanjas de infiltración), como también en las zonas factibles para desarrollar el proyecto como plan piloto.	Estudio de viabilidad realizado.	Semestral.	II Semestre 2027.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
Fomento de la participación social: Municipalidad - Comunidades	Creación y ejecución de proyecto piloto para establecer huertas urbanas comunales, senderos de paso y áreas de contemplación de flora y fauna, en la comunidad definida.	Proyecto creado y ejecutado.	Anual.	II Semestre 2026.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
	Análisis de la viabilidad y éxito del proyecto piloto, y replicar en otras comunidades.	Análisis elaborado.	Anual.	II Semestre 2027.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-

Río Torres como patrimonio cultural del cantón.	Protección del recurso hídrico y paisaje urbano en búsqueda de un cantón más sostenible, cultural y participativo, por medio de una campaña para declarar el río Torres como patrimonio cultural del cantón.	Inicio de campaña	Anual.	II Semestre 2027.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	-
---	--	-------------------	--------	-------------------	------------------------------	-----	---

Cuadro 35.

Plan de monitoreo (actividades plus): Programa #2

Programa #2: Protección de las nacientes de agua y prevención desastres.							
Proyecto	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Mitigación y adaptación ante desastres naturales.	Realizar campañas de promoción de buenas prácticas agrícolas en el cantón (compartir información mediante el uso de las redes sociales).	Campañas de promoción realizadas.	Semestral.	Continuo a partir del I Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	
	Construcción paulatina de barreras o bordes de contención natural en zonas ribereñas prioritarias, ligar con el proyecto de siembra de árboles.	Construcción de barreras de retención.	Anual.	Continuo a partir del II Semestre 2026.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	
	Establecer un programa de siembra de vegetación en zonas públicas inundables, promoción de siembra de vegetación en las zonas privadas inundables y darles ejecución.	Programa establecido y ejecutándose.	Anual.	Continuo a partir del II Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	
Mapeo y monitoreo de los botaderos clandestinos y actuar según normativa nacional.	Mapear los botaderos clandestinos de residuos sólidos presentes en el cantón, como lotes baldíos, así como las zonas de protección de ríos, y demás zonas de acumulación de residuos, y mantenerlo actualizado. Asociar con los demás proyectos de este plan para la regeneración socioambiental en las zonas identificadas.	Mapeo de sitios socio-ambientalmente vulnerables levantado.	Anual.	Continuo a partir del I Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	

Cuadro 36.

Plan de monitoreo (actividades plus): Programa #3

Programa #3: Aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos							
Proyecto	Acciones / Actividades	Indicador de monitoreo y evaluación	Frecuencia monitoreo	Fecha de cumplimiento	Responsable de monitoreo	Porcentaje de avance	Comentario / Recomendación
Control de calidad de las aguas superficiales.	Realizar una identificación de desfuegos de aguas residuales a los ríos del cantón y proceder con el cierre de estos mediante intervención del Ministerio de Salud.	Inventario levantado, y monitoreo a la situación encontrada.	Anual.	Continuo a partir del I Semestre 2024.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	
Reforzamiento del cumplimiento de la legislación nacional.	Establecer un monitoreo municipal para velar por la correcta aplicación de la normativa vigente sobre control de vertidos a fuentes de agua superficiales, pago por canon y control de nuevos proyectos de construcción.	Herramienta establecida y en ejecución.	Anual.	II Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	
Concientización sobre la gestión de aguas residuales en hogares.	Desarrollar un plan para concientizar a la población sobre la importancia del correcto manejo de aguas residuales en hogares, con enfoque en el correcto mantenimiento de tanques sépticos, importancia de las conexiones al alcantarillado, diferentes mecanismos de tratamiento de las aguas residuales, descripción de técnicas para el aprovechamiento sustentable del agua, entre otros.	Plan de concientización en ejecución (1 vez al año).	Anual.	Continuo a partir del II Semestre 2025.	Unidad de Gestión Ambiental.	0 %	

6. Conclusiones

Se determinó un importante grado de afectación de la calidad del agua superficial, según la clasificación obtenida mediante la aplicación del Índice Holandés. Además, se determinó una contaminación incipiente y moderada (en época lluviosa) y contaminación severa (en época seca). Ahora bien, esta calidad del agua se asoció con los resultados obtenidos de la caracterización demográfica y biofísica realizada en el sector de estudio, lo que permitió analizar y tomar en cuenta la realidad del cantón y la perspectiva de su población.

También, mediante la aplicación de la encuesta poblacional se obtuvieron valiosos resultados para conocer la percepción ambiental, aspectos socioculturales, el nivel de participación comunal y de concientización de la población aledaña al río Purral y al río Torres ante la problemática socioambiental. De los resultados principales sobre la disposición de las aguas residuales, se obtuvo que la mayoría de las personas encuestadas, el 73,5 %, evacúan las aguas grises por medio del sistema de alcantarillado sanitario, el 20,6% de las personas dicen poseer tanque séptico en sus casas y el 5,9% afirmaron que las evacúan directamente al río sin previo tratamiento.

De igual forma, se analizaron factores de percepción de la población sobre su entorno, donde el 48,5 % de los encuestados contestaron que sí consideraban que su salud o la de algún miembro del núcleo familiar se ha visto afectada de alguna manera. Esto es un porcentaje importante de la población que ha presentado afectación y relación entre la contaminación percibida con su salud y con los servicios ecosistémicos. Asimismo, un 1,5 % de los encuestados consideran que el estado del río se encuentra poco contaminado, indicando que los servicios ecosistémicos del río no se encuentran afectados, lo que refleja la necesidad de hacer visible la importancia de los servicios ecosistémicos. De manera similar, el 67,6 % de los encuestados consideran que vivir cerca del río afectada la seguridad social del lugar.

Además, el análisis de variables biofísica, como el uso del suelo, permitió conocer aspectos de suma importancia sobre las actividades económicas del cantón. Por tanto, en la zona de estudio predomina la cobertura de uso urbano, la cobertura no forestal y la cobertura cafetalera, esto añadido a las características de las zonas urbanas que se relacionan con las afectaciones en la calidad del agua por fuentes puntuales y difusas.

Del mismo modo, de acuerdo con los análisis fisicoquímicos obtenidos, fue posible determinar que para la época lluviosa los niveles de contaminación en el tramo del río Purral (P1 y P2) se clasifican como incipiente, lo que corresponde a clase 2. Y en el tramo del río Torres (P3, P4,

P5, P6), el nivel de contaminación se clasifica como moderada de clase 3. Para época seca todos los puntos presentaron contaminación severa.

Respecto a los resultados de las concentraciones de contaminación fecal, se obtuvo valores entre $1,1 \times 10^6$ NMP/100 ml y $2,8 \times 10^7$ NMP/100 ml, que indican las altas concentraciones de microorganismos patógenos presentes en el cuerpo hídrico, relacionado directamente con las descarga de aguas residuales domésticas no tratadas a los cuerpos de agua, como también por las escorrentías y descargas orgánicas, producto del beneficiado de café, y la incorrecta operación de tanques sépticos, además de la erosión por efecto de la deforestación. Elementos que contribuye a aumentar la turbiedad en aguas superficiales.

Asimismo, de acuerdo con lo analizado, ningún punto de muestreo objeto de estudio cumple con los valores de parámetros necesarios para darle un uso potencial al agua (según el Reglamento de Evaluación y Clasificación de Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales) que requiera de un contacto primario o directo con el cuerpo de agua, por lo tanto, no es utilizable para: el abastecimiento de agua para uso y consumo humano, abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano, actividades recreativas de contacto primario, acuicultura, fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas, fuente para la protección de las comunidades acuáticas, riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras, riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara.

Además, se observa que en las aguas debajo de cada punto de muestreo se da un aumento de carga orgánica, donde los valores más altos están relacionados con el aumento de la densidad de población y descargas en los sitios muestreados. Esto fue reafirmado en las visitas de campo en el área de estudio, en los que se visualizó desfuegos directos al cuerpo receptor y, también, se pudo identificar otro principal problema, que es la alta presencia de residuos sólidos en la orilla y en el cauce de los ríos.

De la misma manera, con los resultados de las Fases I y II, los datos recopilados mediante los talleres, las giras de campo, además de lo analizado con el director del Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Goicoechea, se definieron los puntos clave para el desarrollo del plan de acción con sus respectivos planes de monitoreo, considerando criterios de viabilidad económica, administrativamente factibles y operables por el municipio. Con ello, se definió 4 principales programas: 1) inventario de área forestal ribereña aledaña al río Purral y río Torres; 2)

protección del recurso hídrico bajo enfoque de educación ambiental; 3) aseguramiento de la calidad del agua superficial y saneamiento de los ríos; y 4) gestión ambiental municipal (aspectos varios).

Por último, se desarrollaron programas extra con actividades propuestas con el objetivo de que puedan ser consideradas como opcionales (actividades plus) por el Departamento de Gestión Ambiental, de manera que contribuyan a la municipalidad, en caso de que sus recursos lo permitan o bien para ejecutar en un plazo mayor.

7. Recomendaciones

Se recomienda a la Municipalidad de Goicoechea continuar trabajando de la mano con los comités locales y los actores sociales, para sí conformar parte de las estrategias nacionales y generar un valor agregado a sus proyectos. De igual forma, acá es importante que trabajen junto con otras instituciones como el Ministerio de Salud, Acueductos y Alcantarillados, asociaciones de desarrollo comunal, ASADAS y municipalidades vecinas que forman parte del Corredor Biológico Interurbano río Torres, para unir labores en pro del mejoramiento progresivo de la microcuenca.

También, a la Municipalidad de Goicoechea se le recomienda monitorear el cumplimiento de su Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, así como la respectiva normativa en el tema de gestión de residuos, debido a la gran problemática de residuos sólidos (principalmente no tradicionales) encontrados en los cuerpos superficiales.

Asimismo, es recomendable que la municipalidad dé continuidad al plan de monitoreo presentado en este proyecto para que sea de insumo de futuros estudios relacionados con la gestión del recurso hídrico en el cantón y que, a su vez, permitan ser un indicador de comparación en el comportamiento de la microcuenca en un lapso determinado.

Finalmente, se recomienda a la Municipalidad de Goicoechea continuar generando espacios para que los estudiantes puedan desarrollar proyectos o prácticas profesionales respecto al tema del recurso hídrico, pues existe una limitante de información base importante, lo que hace sumamente importante la socialización de proyectos como el presente para que la gestión del recurso hídrico se convierta en una prioridad y, aunado a esto, seguir ejecutando acciones para la recuperación del ecosistema ribereño urbano.

8. Referencias bibliográficas

- Acueductos y Alcantarillados, MINAE y Ministerio de Salud. (2016). *Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales 2016-2045*.
<http://www.pgrweb.go.cr/docsdescargar/Normas/No%20DE-40260/Version1/PoliticaNacionalSaneamientoAguasResidualesMarzo2017-2.pdf>
- Alfaro, C., Pérez, R. y Solano M. (2013). Saneamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en el Museo de Cultura Popular de la Universidad Nacional. *Revista de Ciencias Ambientales*. 45(1): 63-71. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.45-1.6>
- Alvarado-García, V., Pérez-Gómez, G. y Gastezzi-Arias P. (2020). Calidad del ecosistema urbano del río Torres, San José, Costa Rica: factores bióticos y abióticos. *UNED Research Journal*, 12(2). <https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.3016>
- Angulo, F. (2013). *Manejo, disposición y desecho de las aguas residuales en Costa Rica*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12337/422>
- Araya, A., Calvo G. (2017). Diagnóstico sobre la vulnerabilidad ecológica y calidad del agua en la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 30(3), 47-58.
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i3.3272>
- Astorga, Y. (2016). Gestión del recurso hídrico en Costa Rica. *Ambientico*, 260(3), 17-24.
<http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/art/ambientico/17-24.pdf>
- Arias, M. (2016). *Calidad de cuerpos receptores de agua, según el Índice Holandés de Valoración, en la Cuenca del Bebedero, Guanacaste*.
<http://repositorio.utn.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/218>
- Barrantes, K., Chacón, L., Solano, M. y Achí, R. (2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33(1), 40-45.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131525562013000100009&Ing=es&tlng=es.
- Beita, W. (2008). *Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Química. Universidad de Costa Rica. San Pedro, C.R. <http://hdl.handle.net/10669/334>
- Bolaños, J., Montero, N., Rodríguez, N. y Sánchez, A. (2015). Calidad de aguas superficiales: estudio de la quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica. *Pensamiento Actual*, 15(25). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22593>
- Briceño Rodríguez, C. (2014). río urbano: *Territorios culturales: estrategias de intervención integral para un sector de la cuenca media del río Torres*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Arquitectura, Universidad de Costa Rica, San José, C.R.
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2164>
- 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*. [Proyecto de Graduación:

- Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo, con énfasis en Gestión y Cultura Ambiental]. Universidad Estatal a Distancia, San José, C.R.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3928/predicci%20n_agua_rios_doc_torado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Calvo-Brenes, G. (2019). Nuevo índice para valorar la calidad de aguas superficiales en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(4) 104-115. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i4.4796>
- Carrillo, D., Carvajal, S., Coto, J., Salgado V. Herrera, J., Rojas. D. y Benavidez, C. (2012). *Variación del oxígeno disuelto en el río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005 – 2010*. Universidad Nacional: Heredia.
<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7468/variacion%20del%20oxigeno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cevallos, A., Parrado, C. (2018). Vulnerabilidad al cambio climático en Pedernales, Ecuador: retos desde el agua. *Letras Verdes*, 24, 83-104. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3326>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2021). *Plan de Gestión para el Manejo de la Cuenca del Río Grande Tárcoles. Producto N.º 3: Elaboración del diagnóstico biofísico y socioeconómico del territorio. Diagnóstico FINAL plan manejo tarcoles.pdf - Google Drive*
- CCSS. (2019). *Estadísticas actuales, Áreas y Cantones, San José*.
https://www.ccss.sa.cr/est_areas_cantones
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R. y Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México D.F, México
- CONAGUA. (2005). *Estadísticas del agua en México*. México, D. F.:
http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/eam_junio2005.pdf
- García, T. (2012). *Propuesta de Índices de Calidad de Agua Para Ecosistemas Hídricos de Chile*. [Tesis de grado]. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile, Santiago, Chile. Recuperado de:
http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112367/cf-garcia_tq.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, M. (2016). Eutrofización: una visión general. *CienciaCierta* 47.
<http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>
- Gastezzi-Arias, P., Alvarado-García, V., y Pérez-Gómez, G. (2017). La importancia de los ríos como corredores interurbanos. *Biocenosis*, 31(1-2).
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1725>
- González, M. (2019). Evaluación de las principales nacientes en la parte alta de la microcuenca de los ríos Boston y Gongolona del cantón de Abangares, Costa Rica. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Ingeniería de Biosistemas. Universidad de Costa Rica. San Pedro, C.R. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/02/TFG-MonicaGonzalezS.pdf>

- Global Water Partnership Centroamérica. (2013). *Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal*. Tegucigalpa, M.D.C, Honduras.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/guia-girh-a-escala-municipal.pdf
- Fallas, N. (2015). Mapas de susceptibilidad al deslizamiento en las microcuencas de los ríos Torres y Tibás, Costa Rica. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, C.R.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6354/mapas_susceptibilidad_deslizamiento_microcuencas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2009). *Más vale prevenir que lamentar: Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala*. <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820628912320/fao20manejo20de20cuencas.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.: México.
- Hernández, A. y Ulate, M. (2016). *Determinación del impacto en la calidad del agua en la parte alta de la microcuenca del río Porrosatí, por vertido de aguas residuales, para la realización de planes y acciones de manejo de recursos hídricos*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia, C.R.
<https://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13488/VERSION%20FINAL%2005-12-2016%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, J. (2017). *Vigésimosegundo informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible. Informe final “Recurso hídrico y saneamiento: avances y desafíos”*.
http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/390/336.%20Recurso%20h%C3%ADrico%20y%20saneamiento_avances%20y%20desaf%C3%ADos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hidalgo, H. (2012). *Los Recursos Hídricos en Costa Rica: un enfoque estratégico*. San José, Costa Rica.
http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/29834/2012_Los_recursos_hidricos_en_Costa_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ibañez, G. (2012). *Elaboración de un Plan de Manejo Ambiental Para la Conservación de la Sub Cuenca del río San Pablo en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1577/1/T-UTC-2129.pdf>
- INEC. (2011). *Censos 2011. Distribución porcentual de las personas por número de carencias críticas, según distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Indicadores de disponibilidad de servicios básicos, según provincia, cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Indicadores de estado y acceso a servicios básicos de la vivienda, según cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>

- INEC. (2011). *Indicadores de tenencia de dispositivos de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), según provincia, cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Indicadores económicos según cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Indicadores educativos y uso de tecnologías de la comunicación e información según cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Población total por sexo, total de viviendas por ocupación y promedio de ocupantes según provincia, cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INEC. (2011). *Censo. 2011. Viviendas individuales por zona y ocupación de la vivienda, según provincia, cantón y distrito*. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- INTA. (2015). *Suelos de Costa Rica Orden Inceptisol*. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html
- Lorca, P., Soley, R. y Boyando, D. (2015). *Diagnóstico, Identificación y Valoración económica de Servicios Ecosistémicos, municipios de San Juan Nepomuceno y Santa Rosa de Cauca*. https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/obj_6_valoracion_santa_rosa_de_cauca.pdf
- Madroño, S. (2006). *Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto Colombia*. [Tesis de maestría]. Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, CR. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5307/Manejo_del_recurso_hidrico_y_estrategias_para_su_gestion_integral.pdf?sequence=1
- MAG, MINAE, HACIENDA y MOPT. (1998). *Diario Oficial La Gaceta N° 101*. Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N.° 29375. San José, C.R.: Imprenta Nacional.
- Mena, O. (2015). *Elaboración de un perfil de contaminación para conocer el estado actual de la Cuenca del río Siquirres*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, C.R. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2665>
- MEP. (2018). *Nómina de centro educativos, clasificados por dirección regional y circuito*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiZ-9fou-zsAhVDi1kKHWf9BJQQFjAHegQIERAC&url=https%3A%2F%2Fwww.mep.go.cr%2Findicadores_edu%2FBOLETINES%2Fnomina18.xlsx&usg=AOvVaw16Vp69b09NvBfeyGh3d_kx

- MINAE. (2006). *Diario Oficial La Gaceta N° 101*. DECRETO 33106. San José, C.R.: Imprenta Nacional.
- MINAE. (2007). *Diario Oficial La Gaceta N° 178*. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N° 33903. San José, C.R.: Imprenta Nacional.
- MINAE. (2007). *Diario Oficial La Gaceta N° 106*. Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N.º 33601. San José, C.R.: Imprenta Nacional.
- MINAE. (2008). *Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*.
http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Plan_Nacional_Gestion_Integrada_Recursos_Hidrico.pdf
- MINAE. 2020. *Política Nacional de Áreas de Protección de ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040*. San José, Costa Rica. 72pp. https://minae.go.cr/images/viceaguas/Politica-Nacional-de-Areas-de-Proteccion_2020-40.pdf
- MIDEPLAN. (2017). *Índice de Desarrollo Social 2017*.
https://accionsocial.ucr.ac.cr/sites/default/files/documentos/ids_2017-ilovepdf-compressed.pdf
- Mora, R., Le Coq, J. F. y Sáenz, F. (2013). Geopolítica de los conceptos, servicios ecosistemáticos y bienes y servicios ambientales. *Revista Relaciones Internacionales*, 85, 33-40.
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ri/article/view/6902>
- Mora, J. y Calvo G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*, 23(5), 34-40.
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4835746.pdf>
- Mora-Aparicio, C., Alfaro-Chinchilla, C., Pérez-Molina, J. y Vega-Guzmán, I. (2022). Aporte ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos en la remoción de contaminantes. *Uniciencia*, 36(1), 1-17. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.36-1.33>
- Mokondoko, P., Flores, A., González, I., González, D., Machorro, J. y Ríos E. (2018). *Servicios ecosistémicos. Fundamentos desde el manejo de cuencas*. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/Servicios-ecosistémicos-fundamentos-desde-el-manejo-de-cuencas.pdf>
- Municipalidad de Goicoechea. (2000). Plan Regular de Goicoechea.
<https://www.munigoicoechea.com/index.php/planes>
- Municipalidad de Goicoechea. (2013). Plan Local de Convivencia y Seguridad Ciudadana.
<https://www.munigoicoechea.com/index.php/planes>
- Municipalidad de Goicoechea. (2016). *Geografía y Población*.
<http://www.munigoicoechea.com/index.php/pagina-historia>
- Municipalidad de Goicoechea. (2019). *Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón de Goicoechea*.

- Munguía, Y., Lorz, R., Granados, R. y Jiménez, R. (2011). *Los Cuadros - Purral, Goicoechea, Diagnostico Comunitario Enero-Junio*.
https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2011/LOS_CUADROS_GOICOECHEA/DIAGNOSTICO_LOS_CUADROS.pdf
- Osaya, P. (2017). *Los indicadores de gestión y la toma de decisiones en el sector calzado del cantón Cevallos*. [Proyecto de Graduación]. Facultad de Contabilidad y Auditoría. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25228/1/T3980i.pdf>
- Poder Judicial. (2007). Resolución N.º 2007-05894. República de Costa Rica, San José, 27 de abril del 2007.
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net) y Global Water Partnership Centroamérica. (2006). *Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico: Manual de capacitación y Guía Operacional*.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/manual-planes-girh.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Universidad de Costa Rica. (2011). *Atlas de Desarrollo Humana Cantonal de Costa Rica*.
https://www.undp.org/content/dam/costa_rica/docs/undp_cr_atlas_cantonal.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Universidad de Costa Rica. (2016). *Atlas de Desarrollo Humana Cantonal de Costa Rica*. <http://desarrollohumano.or.cr/mapa-cantonal/index.php>
- ProDUS-UCR. (2020). *Plan Regulador de Goicoechea. Etapa Diagnóstico*.
<https://www.munigoicoechea.com/images/archivos2020/00-PR-Goicoechea-Diagnostico2020.pdf>
- Robledo-Villalobos, L. (2018). *Propuesta para establecer criterios para el manejo ambiental enfocados en conservar la calidad del agua superficial en la subcuenca del río Rincón dentro de La Reserva Forestal Golfo Dulce en La Península de Osa*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Química. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, C.R.
<http://hdl.handle.net/2238/9891>
- Rodríguez-Arias, y Benavides, (2015). Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 15(25).
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22597/24020>
- Rodríguez, P. (2012). *Historia del cantón de Goicoechea*. Heredia: Izcandé S.A.
http://izcande.com/download/free/PDF_019.pdf
- Rodríguez, G.; Sáez, E. (2020). *Estrategia nacional para la recuperación de cuencas urbanas 2020-2030*. <http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2020/02/Estrategia-Nacional-Rios-Limpios-Recuperacion-de-Cuencas-Urbanas-2020-2030.pdf>

- Romero, J. (2010). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sancho, G. (2015). *Plan de manejo de las aguas residuales, de las empresas afiliadas a la Cámara de Comercio, Agroindustria y Turismo del cantón de Poás de Alajuela (CCATUP), ubicadas en el distrito de San Pedro. I Etapa: Diagnóstico*. [Informe final de Investigación]. Universidad Técnica Nacional, Alajuela, C.R.
<http://repositorio.utn.ac.cr/handle/123456789/145>
- Segura, A., Fernández, R. (2015). *Propuesta de Estrategia de Intervención para mejorar la calidad de las aguas superficiales en la parte baja de la Microcuenca del río Bermúdez, Cantón de Belén, Heredia*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia, C.R.
- Sierra, A. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. Bogotá, D.C. Colombia: Ediciones de la U. [https://www.academia.edu/9511155/Calidad del agua evaluación y diagnóstico](https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluación_y_diagnóstico)
- SITADA. (2020). *Consulta de denuncias por localidad*.
http://www.sitada.go.cr/denunciaspublico/cons_localizaciones.aspx
- Siles, L. (2020). *Caracterización fisicoquímica del agua superficial en la subcuenca del río La Paz, San Ramón, Alajuela Costa Rica; como indicador del impacto ambiental por urbanismo en la zona*. [Proyecto de Graduación]. Universidad de Costa Rica, San José, C.R.
<http://hdl.handle.net/10669/82277>
- Soto, L. (2019). *Análisis del nivel de contaminación en la cuenca media alta del río Guápiles, Pococí*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Química. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, C.R. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10702/analisis-nivel-contaminacion-cuenca-media-alta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solano, M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo*. [Proyecto de Graduación]. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia, C.R.
<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>
- Trujillo-Acosta, A., Peraza-Estrella, M., Marina-Hipólito, J. y Feoli, S. (2016). Evaluación del Corredor Interurbano río Torres, Costa Rica. *Mesoamericana Kurú*, 14(34), 53-62.
<https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i34.3001>
- Vásquez, J. (2019). *Monitoreo de la calidad de aguas superficiales en Costa Rica*. [Tesis de Maestría]. Sistema de estudios de posgrado. Universidad de Costa Rica. San Pedro, C.R.
<http://hdl.handle.net/10669/79313>
- World Vision. (2004). *Manual de Manejo de Cuencas*.
https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/38_Manual-de-MIC.pdf

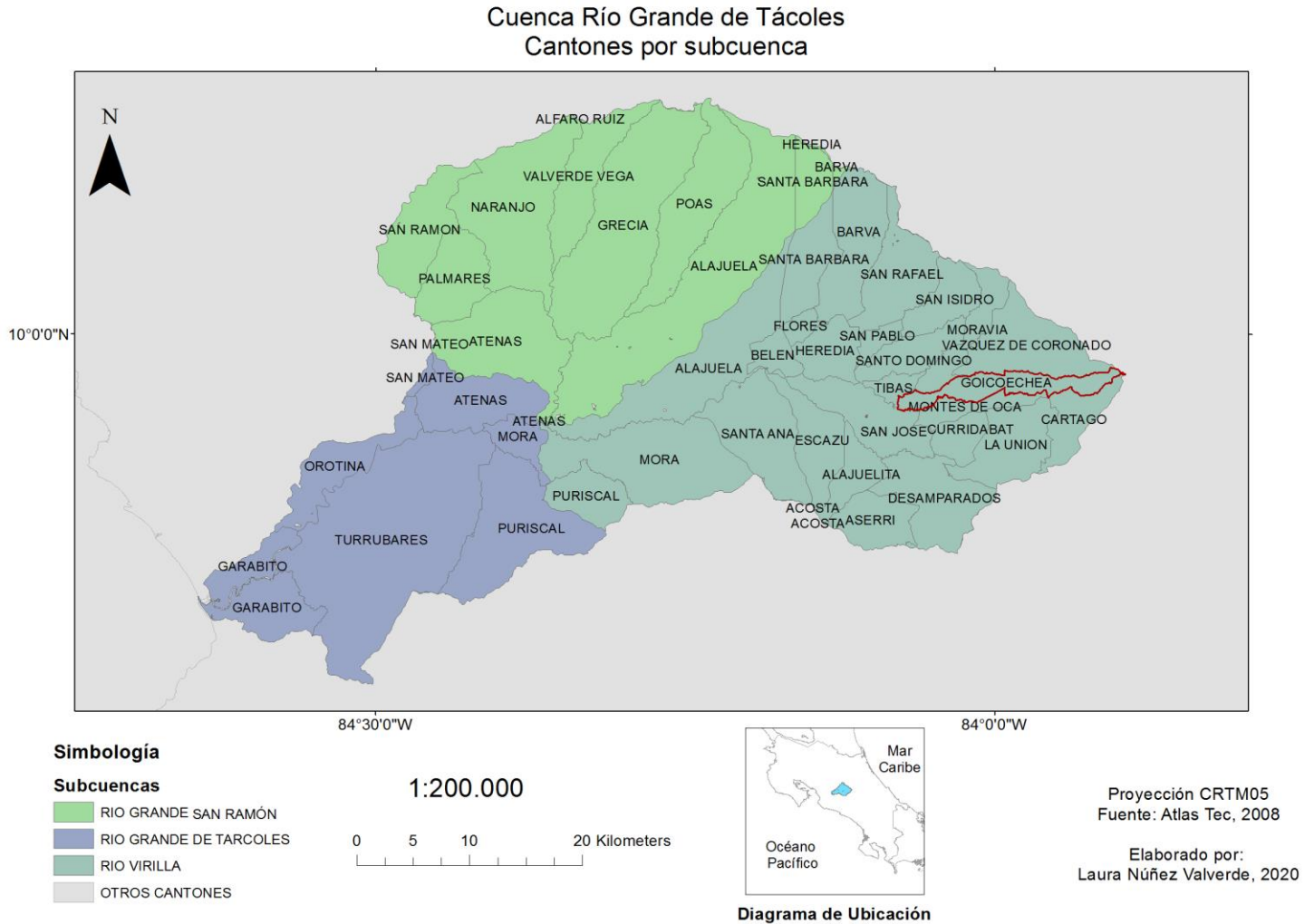
WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. París, UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>

Zamora, I., Mazari, M. y Almeida, L. (2017). Sistema de indicadores para la recuperación de ríos urbanos. El caso del río Magdalena, Ciudad de México. *Acta Universitaria*, 27(6), 53-65.
<https://doi.org/10.15174/au.2017.1520>

9. Apéndices

Apéndice 1.

Mapa de la Cuenca de río Grande de Tárcoles.



Apéndice 2.

Cálculo del número de muestras.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{14159 * (1,65)^2 * 0,5 * 0,5}{(0,1)^2 * (14159 - 1) + (1,65)^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 68$$

Apéndice 3.

Encuesta sobre la percepción ambiental y aspectos socioculturales de la población aledaña al río Purral y río Torres.

Esta encuesta se realiza con el fin de conocer la percepción ambiental, algunos aspectos socioculturales, así como el nivel de participación comunal de la población aledaña al río Purral y a río Torres específicamente en los distritos de Guadalupe, San Francisco y Purral, la información recopilada será necesaria para la realización del proyecto de graduación titulado: <i>Propuesta de un plan de acción cantonal para el mejoramiento de la calidad del agua superficial en la parte media de la microcuenca del río Torres, como parte del Corredor Biológico Interurbano</i> , el mismo proyecto cuenta con el apoyo de la Municipalidad de Goicoechea. Por lo tanto, si usted habita en las cercanías de alguno de los ríos mencionados, en los distritos anteriormente mencionados, le agradecemos la colaboración con las siguientes preguntas:		
Datos de la persona encuestada:		
1) Distrito donde habita: _____		
2) Barrio al que pertenece: _____		
3) Sexo (opcional): <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Intersexual		
4) Rango de edad:		
<input type="checkbox"/> 15-20	<input type="checkbox"/> 31-40	<input type="checkbox"/> Más de 60
<input type="checkbox"/> 21-25	<input type="checkbox"/> 41-50	
<input type="checkbox"/> 26-30	<input type="checkbox"/> 51-60	
5) Situación laboral actual:		
<input type="checkbox"/> Empleo de medio tiempo		<input type="checkbox"/> Trabajador por cuenta propia
<input type="checkbox"/> Empleo de tiempo completo		<input type="checkbox"/> Estudiante
<input type="checkbox"/> Desempleado		<input type="checkbox"/> Retirado
Disposición de las aguas residuales		
6) ¿Cómo evacúa las aguas grises (agua con jabón) de su casa?		
<input type="checkbox"/> Alcantarillado Sanitario		
<input type="checkbox"/> Tanque séptico		
<input type="checkbox"/> Directo al río		
<input type="checkbox"/> Otro _____		
7) ¿Cómo evacúa las aguas negras (con orina y heces) de su casa?		
<input type="checkbox"/> Alcantarillado Sanitario		
<input type="checkbox"/> Tanque séptico		
<input type="checkbox"/> Directo al río		
<input type="checkbox"/> Otro _____		
Disposición de los residuos sólidos:		
8) ¿Cómo maneja sus residuos sólidos?		
<input type="checkbox"/> Recolección Municipal	<input type="checkbox"/> Otro _____	
<input type="checkbox"/> Recolección Particular		
<input type="checkbox"/> Queman		
<input type="checkbox"/> Entierran		
Percepción sobre el río Torres o Purral		

9) ¿Usted ha percibido olores desagradables procedentes del río?	
<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Pocas veces
<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> Nunca
10) ¿Usted ha observado colores peculiares en el río?	
<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Pocas veces
<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> Nunca
11) ¿Usted ha observados espumas en el río?	
<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Pocas veces
<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> Nunca
12) ¿Usted ha observado al menos una persona vertiendo residuos sólidos al río?	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
13) Considera usted el vertido de residuos sólidos a este río como un problema:	
<input type="checkbox"/> Insignificante	<input type="checkbox"/> Significante
<input type="checkbox"/> Poco significativa	<input type="checkbox"/> Muy significativa
14) Considera usted que este río se encuentra:	
<input type="checkbox"/> Sin contaminación	<input type="checkbox"/> Contaminado
<input type="checkbox"/> Poco contaminado	<input type="checkbox"/> Muy contaminado
Percepción sobre el entorno	
15) ¿Cree usted que, al vivir cerca de este río, se ha afectado de alguna manera su salud o la de algún miembro de su núcleo familiar?	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
16) ¿Cree usted que, al vivir cerca de este río, se ha afectado de alguna manera sus actividades recreativas o culturales, o las de algún miembro de su núcleo familiar?	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
17) ¿Cree usted que, al vivir cerca de este río, se ha visto afectada de alguna manera la seguridad social del lugar?	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
18) ¿Usted ha sido afectada o afectado por alguna inundación ocasionada por el desbordamiento de este río?	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
19) ¿Ha usted participado en alguna actividad de protección o conservación de algún río (no específicamente el río Torres ni el río Purral)?	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
21) ¿Estaría usted dispuesta o dispuesto a colaborar con proyectos o acciones para mejorar el estado del río? (Acciones como reforestación en las orillas, limpieza de residuos sólidos del río, proyectos de educación ambiental)	
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No

Apéndice 4.

Talleres realizados con la comunidad, invitación y lista de asistencia.

La Municipalidad de Goicoechea le invita al:

I Taller: Conociendo la calidad del agua de los ríos de nuestra comunidad

Les invitamos a participar en el taller a realizarse como parte del proyecto:
"Propuesta de un plan de acción cantonal para el mejoramiento de la calidad del agua superficial en la parte media de la microcuenca del Río Torres".

Lugar: Gimnasio de la Lupita.
Fecha: Jueves 24 de marzo, 2022
Hora: 4:30 pm



Facilitadora: Ing. Laura Núñez Valverde



Lista de Asistencia

Nombre	Cédula	Teléfono
Robel Santamaría MEJA	10950823 / 6026-59 JH	
Katia León E.	1-788-679	8444-7032
Laura Köpfen	2-333-541	84-01-13-11
Shana Vargas Otárola	7-117-945	22-92-10-06
Acebró Morales Otárola	11553034	2292-10-06
Iris Vera Vargas Soto	527200-6	6001509
Diego Roberto Sánchez	0-14220142	85208807
Carlos Mendoza Portugal	1-727301	7216-9040
Michael Lucía Chinchilla	1-1461-030	7144-45-16
Daniel Talas Rojas	204130843	84593407
Ronald Vergara	117460364	62387454
Orlando Reyes Sánchez Rojas	106630726	89982664

Apéndice 5.
Evidencia de los talleres realizados con la comunidad.



Apéndice 6.

Talleres realizados con virtualmente, invitación y lista de asistencia.

La Municipalidad de Goicoechea le invita al:

II Taller: Conociendo la calidad del agua de los ríos de nuestra comunidad

Les invitamos a participar en el taller a realizarse como parte del proyecto:
"Propuesta de un plan de acción cantonal para el mejoramiento de la calidad del agua superficial en la parte media de la microcuenca del Río Torres".

Taller virtual vía 

Fecha: Viernes 20 de mayo, 2022
Hora: 2:00 pm
Inscribirse al enlace adjunto a la imagen



Facilitadora: Ing. Laura Núñez Valverde



Lista de asistencia Taller #2		
Marca temporal	Nombre completo	Institución / Público en general / Estudiante
16/5/2022 10:38:04	Geannina Hernández Fallas	UNA
16/5/2022 11:13:02	Ricardo Antonio Vargas Arce	Pensionado
16/5/2022 12:02:22	Melannie Jiménez Trejos	Estudiante UCR
16/5/2022 13:14:37	Maria Isabel Ortiz Méndez	Público general
16/5/2022 19:42:27	Lidiana Corrales Solis	Público en general
16/5/2022 21:41:37	Andrea Celeste Suárez Baldelonar	Público en general
16/5/2022 21:46:59	Naomy Leiva	Estudiante CTP Vázquez de coronado
17/5/2022 19:30:55	Carlos enrique quiroz espinoza	Publico general
17/5/2022 20:00:44	Alejandra Romero	Público en general
17/5/2022 22:40:58	Ana Alfaro	UNA
18/5/2022 8:20:56	Gerardo Del Valle G	Vecino Distrito de Ipis
18/5/2022 8:22:07	Gerardo Del Valle Garbanzo	Vecino Distrito Ipis
18/5/2022 8:24:32	Franklin Alvarado Peterson	Bandera Azul Ecológica - Ade Las Hortensias
18/5/2022 10:04:21	Marlene Martínez zuñiga	Asociación de vecinos asotex
18/5/2022 10:08:15	Elizabeth Zúñiga Garro	público en general
18/5/2022 10:41:14	Lorena Rita Obando Vilchez	Asociacion de Calle Blancos
18/5/2022 11:20:03	Bayron Navarro Rodriguez	Publico en general
19/5/2022 17:04:00	Manuel Vargas Chinchilla	Vecino Calle Gutiérrez
20/5/2022 11:31:31	Daniel Fallas Rojas	Municipalidad de Goicoechea
20/5/2022 13:24:18	Hector González Pacheco	Asociación Desarrollo Integral Magnolias Guadalupe
20/5/2022 14:08:45	Marino Marozzi R	Dr. Economista Catedratico UNA-UCR-UNED

Apéndice 7.

Evidencia de los talleres realizados con virtualmente.

The screenshot shows a Zoom meeting interface. At the top, there are controls for audio, video, and a 'Salir' (Exit) button. The meeting duration is 05:04. A 'REC' indicator is visible. Two video thumbnails are shown: one of a man and one of a woman. The main content is a presentation slide titled 'Descripción del proceso:' which is divided into three columns representing different phases of a process.

Fase 1: Caracterizar la microcuenca del Río Torres	Fase 2: Evaluación de la calidad del agua del Río Purral y el Río Torres	Fase 3: Formulación de acciones concretas para el desarrollo de una propuesta cantonal
Caracterización socioeconómica de la zona. Generalidades del cantón; análisis poblacional, económico, de vivienda, condiciones de vida, educación; encuestas.	Definición de puntos de muestreo y parámetros. Toma de muestras en época lluviosa y época seca.	Ingadación sobre medidas para recuperación.
Caracterización biofísica de la zona: Relieve; suelo y uso del suelo; hidrografía; precipitación y temperatura; amenazas naturales del cantón.	Análisis de resultados. Unión de resultados de muestreo.	Presentación de resultados de la fase II. Taller con comunidad. Redacción de la propuesta.

At the bottom of the Zoom interface, there are controls for 'Reactivar audio', 'Iniciar video', 'Compartir', 'Participantes' (17), and 'Más'.

10. Anexos

Anexo 1.

Resultados de los análisis de concentraciones de contaminación fecal, Punto muestreo #1

Laboratorio de Análisis San Martín		Informe de Ensayos Microbiología	
Experiencia y Tecnología a su Servicio			
Cliente:	Municipalidad de Golcochea	Código reporte:	FA21-0069-1
Dirección:	Purral, Golcochea	Fecha de muestreo:	08/04/2021
Provincia:	San José	Fecha de recepción:	08/04/2021
Cantón:	Cantón de Golcochea	Fecha de reporte:	13/04/2021
Distrito:	Purral		
Muestreador:	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #34-2020 dado el 14/01/2020, vence el 14/01/2022.
Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este informe por medio de un asterisco (*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA (http://www.eca.or.cr/iacr_lab.php) en el link del Laboratorio San Martín.

Código LSM	FA21-0069
Punto de muestreo	Muestra de agua P1.

Resultados

Ensayo	Resultado
* Coliformes fecales	1,1x10 ⁶ NMP/100 mL

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017. Especificaciones al dorso.
Ejecución de actividades del Laboratorio: 08/04/2021 - 13/04/2021

Observaciones:

Simbología:

NMP: Número más probable Negativo: $\leq LC \leq 1,8$

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

PRISCILLA ROJAS SANCHEZ (FIRMA)
Firmado digitalmente por PRISCILLA ROJAS SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.04.13 11:56:01 -0600
Dra. Priscilla Rojas Sánchez
Cod.2036

Anexo 2.

Resultados de los análisis de concentraciones de contaminación fecal, Punto muestreo #2



Informe de Ensayos Microbiología



Experiencia y Tecnología a su Servicio

Cliente:	Municipalidad de Goicoechea	Código reporte:	FA21-0070-1
Dirección:	Purral, Goicoechea	Fecha de muestreo:	08/04/2021
Provincia:	San José	Fecha de recepción:	08/04/2021
Cantón:	Cantón de Goicoechea	Fecha de reporte:	13/04/2021
Distrito:	Purral		
Muestreador:	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #34-2020 dado el 14/01/2020, vence el 14/01/2022.

Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este Informe por medio de un asterisco (*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA (http://www.eca.or.cr/acr_lab.php) en el link del Laboratorio San Martín.

Código LSM	FA21-0070
Punto de muestreo	Muestra de agua P2.

Resultados

Ensayo	Resultado
* Coliformes fecales	4,6x10 ⁵ NMP/100 mL

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017. Especificaciones al dorso.

Ejecución de actividades del Laboratorio: 08/04/2021 - 13/04/2021

Observaciones:

Simbología:

NMP: Número más probableNegativo: --LC--1,8

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

PRISCILLA
ROJAS
SANCHEZ
(FIRMA)
Dra. Priscilla Rojas Sánchez
Cod.2036

Firmado digitalmente
por PRISCILLA ROJAS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.04.13
11:56:44 -06'00'

Anexo 3.

Resultados de los análisis de concentraciones de contaminación fecal, Punto muestreo #3



Informe de Ensayos Microbiología



Experiencia y Tecnología a su Servicio

Cliente:	Municipalidad de Goicoechea	Código reporte:	FA21-0071-1
Dirección:	Guadalupe, Goicoechea	Fecha de muestreo:	08/04/2021
Provincia:	San José	Fecha de recepción:	08/04/2021
Cantón:	Cantón de Goicoechea	Fecha de reporte:	13/04/2021
Distrito:	Guadalupe		
Muestreador:	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #34-2020 dado el 14/01/2020, vence el 14/01/2022.

Métodos de análisis acreditados por el ECA Identificados en este Informe por medio de un asterisco (*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA (http://www.eca.or.cr/acr_lab.php) en el link del Laboratorio San Martín.

Código LSM	FA21-0071
Punto de muestreo	Muestra de agua P3.

Resultados

Ensayo	Resultado
* Coliformes fecales	1,5x10 ⁵ NMP/100 mL

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017. Especificaciones al dorso.

Ejecución de actividades del Laboratorio: 08/04/2021 - 13/04/2021

Observaciones:

Simbología:

NMP: Número más probableNegativo: --LC--<1,8

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

PRISCILLA
ROJAS
SANCHEZ
(FIRMA)
Dra. Priscilla Rojas Sánchez
Cod.2036

Firmado digitalmente
por PRISCILLA ROJAS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.04.13
11:57:18 -0600

Anexo 4.

Resultados de los análisis de concentraciones de contaminación fecal, Punto muestreo #4



Informe de Ensayos Microbiología



Experiencia y Tecnología a su Servicio

Cliente:	Municipalidad de Goicoechea	Código reporte:	FA21-0072-1
Dirección:	Guadalupe, Goicoechea	Fecha de muestreo:	08/04/2021
Provincia:	San José	Fecha de recepción:	08/04/2021
Cantón:	Cantón de Goicoechea	Fecha de reporte:	13/04/2021
Distrito:	Guadalupe		
Muestreador:	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #34-2020 dado el 14/01/2020, vence el 14/01/2022.

Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este informe por medio de un asterisco (*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA (http://www.eca.or.cr/acr_lab.php) en el link del Laboratorio San Martín.

Código LSM	FA21-0072
Punto de muestreo	Muestra de agua P4.

Resultados

Ensayo	Resultado
* Coliformes fecales	4,6x10 ⁵ NMP/100 mL

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017. Especificaciones al dorso.

Ejecución de actividades del Laboratorio: 08/04/2021 - 13/04/2021

Observaciones:

Simbología:

NMP: Número más probable Negativo: $\leq -LC \leq -1,8$

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

Firmado digitalmente por
PRISCILLA ROJAS
PRISCILLA ROJAS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.04.13
11:57:58 -06'00'

Dra. Priscilla Rojas Sánchez
Cod.2036

Anexo 5.

Resultados de los análisis de concentraciones de contaminación fecal, Punto muestreo #5



Informe de Ensayos Microbiología



Experiencia y Tecnología a su Servicio

Cliente:	Municipalidad de Goicoechea	Código reporte:	FA21-0073-1
Dirección:	San Francisco, Goicoechea	Fecha de muestreo:	08/04/2021
Provincia:	San José	Fecha de recepción:	08/04/2021
Cantón:	Cantón de Goicoechea	Fecha de reporte:	13/04/2021
Distrito:	San Francisco		
Muestreador:	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #34-2020 dado el 14/01/2020, vence el 14/01/2022.

Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este Informe por medio de un asterisco (*). Para consulta de variables acreditadas Ingresar a la página del ECA (http://www.eca.or.cr/acr_lab.php) en el link del Laboratorio San Martín.

Código LSM	FA21-0073
Punto de muestreo	Muestra de agua P5.

Resultados

Ensayo	Resultado
* Coliformes fecales	$2,4 \times 10^7$ NMP/100 mL

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017. Especificaciones al dorso.

Ejecución de actividades del Laboratorio: 08/04/2021 - 13/04/2021

Observaciones:

Simbología:

NMP: Número más probable Negativo: $\leq -LC \leq -1,8$

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

PRISCILLA ROJAS
SANCHEZ
(FIRMA)
Firmado digitalmente
por PRISCILLA ROJAS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.04.13
11:58:28 -06:00
Dra. Priscilla Rojas Sánchez
Cod.2036

Anexo 6.

Resultados de los análisis de concentraciones de contaminación fecal, Punto muestreo #6



Informe de Ensayos Microbiología



Experiencia y Tecnología a su Servicio

Cliente:	Municipalidad de Goicoechea	Código reporte:	FA21-0074-1
Dirección:	San Francisco, Goicoechea	Fecha de muestreo:	08/04/2021
Provincia:	San José	Fecha de recepción:	08/04/2021
Cantón:	Cantón de Goicoechea	Fecha de reporte:	13/04/2021
Distrito:	San Francisco		
Muestreador:	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #34-2020 dado el 14/01/2020, vence el 14/01/2022.

Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este Informe por medio de un asterisco (*). Para consulta de variables acreditadas Ingresar a la página del ECA (http://www.eca.or.cr/acf_lab.php) en el link del Laboratorio San Martín.

Código LSM	FA21-0074
Punto de muestreo	Muestra de agua P6.

Resultados

Ensayo	Resultado
* Coliformes fecales	2,8x10 ⁷ NMP/100 mL

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017. Especificaciones al dorso.

Ejecución de actividades del Laboratorio: 08/04/2021 - 13/04/2021

Observaciones:

Simbología:

NMP: Número más probable Negativo: $\leq -LC \leq -1,8$

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

PRISCILLA
ROJAS SANCHEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por PRISCILLA ROJAS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.04.13
11:59:30 -06'00'

Dra. Priscilla Rojas Sánchez
Cod.2036