UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LICENCIATURA EN MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Manejo de Recursos Hídricos.

SUSTENTANTES:
BACH. ANA LUCRECIA HERNÁNDEZ CAMPOS
BACH. MARÍA LUCRECIA ULATE GONZÁLEZ

Heredia, Costa Rica

Setiembre, 2016

Trabajo de graduación bajo la modalidad de seminario, aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Manejo de Recursos Hídricos.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

……..
M.Sc. Tomás Marino Herrera
Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

……..	……..
M.Sc.Virya Bravo Durán Directora de la Escuela de Ciencias Ambientales	M.Sc. María del Carmen Chaves Villalobos Tutora
……..	……..
Ph.D. José Pablo Carvajal Sánchez Asesor	M.Sc. Claudio Manuel Segura Sánchez Asesor
……..	……..
Bach. Ana Lucrecia Hernández Campos Sustentante	Bach. María Lucrecia Ulate González Sustentante

RESUMEN EJECUTIVO

En Costa Rica, el recurso hídrico ha sido afectado por el mal manejo de las cuencas hidrográficas, debido a prácticas inadecuadas que generan el ingreso de contaminantes a los cuerpos de agua, esto por cuanto, las cuencas hidrográficas han sido utilizadas como uno de los principales medios de eliminación de aguas negras, domésticas, industriales, agropecuarias y residuos sólidos.

El área de estudio es el distrito de San José de la Montaña, con un área de 36,70Km^2, es el más extenso del cantón de Barva, representa el 65,57% de la población, razón por la cual se definió esta región como la de interés.

Los datos obtenidos en el proceso investigativo, se realizó mediante entrevistas a funcionarios y se aplicaron encuestas de percepción a los habitantes de la zona en estudio, se tomaron muestras de agua del río en seis puntos diferentes de la microcuenca, ubicados cada uno aproximadamente a un kilómetro de distancia entre sí, los muestreos se realizaron en época lluviosa, transición y seca. Posteriormente, las muestras fueron analizadas por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional.

Según el método holandés de codificación por colores, para la época de invierno en los seis puntos de muestreo la microcuenca del río Porrosatí es clase 2, con un grado de contaminación incipiente, por lo que el recurso hídrico puede ser utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano y para abastecimiento de actividades industriales, destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano con un tratamiento convencional previo. Sin embargo, para la época de transición y seca, el río es clase 3, con un grado de contaminación moderada, por lo que este recurso puede ser utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano y para abastecimiento de agua para actividades industriales, destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano con un tratamiento avanzado.

Otra herramienta estadística utilizada fue la prueba Fuzzy, la cual logra caracterizar el río de una forma más integral. Ahora bien según los diferentes componentes analizados, los resultados para el río Porrosatí corresponden mayoritariamente a clase 1, lo cual está representado por un 56,9% en época de invierno, 60,6% en transición y 71,8% seca. No obstante, el río también tiene un comportamiento de clase 2: 22,2% en invierno, un 43,9% en transición y un 3,2% en verano. La clase 3 aporta un 16,7% en invierno, 22,7% en transición y 45,6% en verano, y la clase 4 aporta un 4,2% en invierno, 10,5% en transición y un 9,4% en verano.

Durante las tres fechas de muestreo se evidenció contaminación del río por presencia de coliformes fecales en su mayoría, los puntos más críticos de contaminación fueron el punto 2 y el punto 5.

Para la época de invierno los parámetros Amonio, Hierro y Manganeso cumplen con el límite máximo permitido en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924S, pero, en época de transición el Amonio, Aluminio y Hierro se encuentran sobre límite máximo permitido. Situación que se repite en la época seca, donde se incumple con el Aluminio y el Hierro.

Las encuestas arrojan que el 100% de las viviendas de las personas cuentan con tanque séptico para la disposición final de las aguas negras, sin embargo el 42% evacúa las aguas servidas a acequias o sobre su propiedad.

A partir de los datos obtenidos en las etapas previas de la presente investigación, se procedió a proponer algunas medidas, lineamientos o posibles soluciones de manejo del recurso hídrico que contribuyan a reducir a mediano y largo plazo el impacto que generan las actividades humanas sobre el río, principalmente por vertido de aguas residuales, sin dejar de lado la relación que debe existir entre los habitantes de la zona y el río Porrosatí mediante la concienciación y educación ambiental.

DEDICATORIA

A mis papás, Cristina Campos y Gustavo Hernández,
este triunfo es para ustedes dos,
porque ustedes son lo más importante de mi vida.
Por ser lo que más amo.
Ana Lucrecia Hernández Campos.

A mi hija Eva, este triunfo es para Usted,
Porque eres lo más importante de mi vida,
la que me da fuerzas para salir adelante.
Iluminas cada día de mi vida, te amo.
María Lucrecia Ulate González.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por darme la vida, porque gracias a ellos soy quién soy.

A nene mi esposo, por ser mi apoyo en todo momento, mi compañero en este viaje de vida juntos al lado de nuestra pequeña Eva.

A mi hermano José Ulate, por ser un apoyo y un ángel en mi vida, a su esposa María José y mis sobrinos Israel y José Daniel, por ser mi familia.

A Lucrecia mi compañera por el tiempo compartido durante el desarrollo este proyecto.

A la MSc María Chaves, por creer en este proyecto, confiar en nosotras y aceptar el reto, por su paciencia, orientación, por el tiempo invertido y por darle forma y vida a este proyecto con todo su conocimiento.

A Don Claudio Segura y a José Pablo Carvajal, por su apoyo, tiempo y disposición en este proyecto.

Al Dr. Jorge Herrera, sin su apoyo y orientación este proyecto no hubiera iniciado.

A la ASADA de San José de la Montaña por abrirnos la puertas, a Ignacio Sanabria y Don Oscar por la disposición, apoyo y el tiempo invertido durante las giras de campo.

Al personal del Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional por la colaboración y por el tiempo invertido para facilitarnos los datos de los muestreos, los cuales fueron fundamentales para este proyecto.

A Cindy Obaldía Romero por ser mi amiga incondicional y mi confidente, por todo su apoyo e impulsarme a seguir adelante, por estar al pendiente siempre con todo su amor hacia mi familia.

A Adriana Castillo Zeledón, por todo su apoyo y ánimo, por impulsarme a terminar este proyecto.

A Marlene Vargas por su apoyo incondicional, comprensión y muestras de cariño siempre hacia mí y mi familia.

Lucrecia Ulate González

A Dios por darme la oportunidad de terminar una etapa más en este proceso como estudiante, por llenar mi vida de tantas bendiciones y por permitirme llegar hasta aquí al lado de mis papás, quienes han sido mi sostén y guía. Por apoyarme en cada una de mis decisiones, llenar con su cariño y ejemplo cada uno de mis días, darme ánimo para seguir adelante y porque gracias a ellos soy quién soy.

A Lú, mi compañera en todo este proceso, por ser mí amiga y compañera, por ser la otra parte que no soy, darme ánimo para seguir adelante cuando ya no tenía fuerzas, aguantarme y ayudarme a concluir este capítulo, por todas las desveladas, estudiadas y angustias que pasamos para poder llegar hasta aquí, mil gracias. A su esposo Nene, por recibirme en su hogar por tanto tiempo, hacerme sentir parte de la familia, cocinarnos y darnos ánimo para poder terminar.

A María Chaves, nuestra tutora, por aceptar este reto así de repente, sacar adelante este proyecto y confiar en nosotras, porque fue nuestra guía y nuestra compañera, a usted, mi más sincero agradecimiento.

A Don Claudio Segura y a José Pablo Carvajal, nuestros lectores, por creer en nosotras y en esta investigación, por su tiempo y disposición para ayudarnos siempre, por ser parte de este proceso.

Lucrecia Hernández Campos

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN ---- 1
1.1.Problema ---- 4
1.2.Justificación ---- 6
1.3.Antecedentes ---- 7
1.4.Objetivos ---- 11
1.4.1. Objetivo General ---- 11
1.4.2. Objetivos específicos ---- 11
1.4.3. Preguntas de investigación ---- 11
II. MARCO TEÓRICO ---- 12
2.1. Conceptos básicos ---- 12
2.1.1. Cuenca Hidrográfica ---- 12
2.1.2. Manejo Integrado de Recurso Hídrico ---- 12
2.1.3. Manejo de cuencas hidrográficas ---- 13
2.1.4. División de cuencas hidrográficas ---- 14
2.1.5. Manantial ---- 15
2.1.6. Gestión del agua por cuenca hidrográfica ---- 15
2.1.7. Impacto ambiental ---- 16
2.1.8. Aguas residuales ---- 17
2.1.9. Características físico químicas del agua ---- 17
2.1.10. Agente contaminante ---- 19
2.1.11. Canon ---- 19
2.1.12. Canon ambiental por vertidos ---- 19
2.1.13. Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales ---- 20
2.1.14. Planes de seguridad del agua ---- 20
2.1.15. Metodología del sistema holandés ---- 20
2.1.16. Prueba Fuzzy ---- 20
III. METODOLOGÍA ---- 21
3.1. Tipo de investigación ---- 21
3.2. Población o sujetos de estudio ---- 21
3.3. Fuentes de información ---- 21
3.4. Instrumentos ---- 22
3.5. Caracterización biofísica ---- 24
3.6. Determinación de la calidad del agua ---- 24
3.6.1. Plan de monitoreo ---- 25
3.6.2. Procedimiento de muestreo ---- 25
3.6.3. Frecuencia de la recolección de las muestras ---- 26

3.6.4. Selección de parámetros de la calidad del agua---------- 27
3.6.5. Puntos de muestreo ---------- 27
3.6.6. Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua---------- 28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ---------- 30
4.1Descripción biofísica de la microcuenca del Río Porrosatí ---------- 30
4.1.1. Cantón de Barva---------- 30
4.1.2. Límites---------- 31
4.1.3. Extensión ---------- 32
4.1.4. Relieve y pendientes ---------- 33
4.1.5. Clima y régimen de lluvias ---------- 33
4.1.6. Geomorfología ---------- 34
4.1.7. Altitud ---------- 35
4.1.8. Hidrografía ---------- 36
4.1.9. Distrito de San José de la Montaña ---------- 36
4.1.10. Microcuenca del río Porrosatí ---------- 40
4.2 Resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos ---------- 43
4.2.1. Descripción de los puntos de muestreo ---------- 44
4.3. Resultados de la aplicación de las encuestas---------- 60
4.4. Propuesta de plan de manejo para la recuperación de la microcuenca-------- 65
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ---------- 75
VI. REFERENCIAS---------- 79
VII. ANEXOS---------- 83

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Asignación de puntajes según el Sistema holandés **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 2. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema holandés ---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 3. Extensión geográfica según distrito y área del cantón de Barva.-- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 4. Barrios y poblados por distritos del cantón de Barva. -- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 5. Altitud por distrito del cantón de Barva---- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 6. Distribución poblacional de San José de la Montaña --- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 7. Usos de suelo de San José de la Montaña. ---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 8. Puntos de muestreo---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 9. Datos de muestreo en la época lluviosa-- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 10. Asignación de clase según el sistema holandés en época lluviosa ---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 11. Datos de muestreo en época de transición --------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 12. Asignación de clase según el sistema holandés en época transición ---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 13. Datos de muestreo en época seca -------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 14. Asignación de clases según el sistema holandés en época seca **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 15. Análisis de resultados según la prueba Fuzzy en época lluviosa **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 16. Análisis de resultados según la prueba Fuzzy en época de transición ---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 17. Análisis de resultados según la prueba Fuzzy para la época seca ---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 18. Plan de acción 1---------- **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 19. Plan de acción 2---------- **¡Error! Marcador no definido.**
Cuadro 20. Manejo Integral y saneamiento del río -- **¡Error! Marcador no definido.**
Cuadro 21. Acciones socio ambientales---------- **¡Error! Marcador no definido.**
Cuadro 22. Ficha para el monitoreo de actividades **¡Error! Marcador no definido.**4

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cantón y distritos de Barva. ---------- 30
Figura 2. División político administrativa del Cantón de Barva ---------- 31
Figura 3. Precipitación promedio anual del Cantón de Barva---------- 34
Figura 4: Poblados de San José de la Montaña ---------- 37
Figura 5. Tipo de suelos de la microcuenca del río Porrosatí---------- 41
Figura 6. Nacientes y pozos en la microcuenca del río Porrosatí ---------- 42
Figura 7.Usos de suelo en la cuenca del río Porrosatí ---------- 43
Figura 8. Puntos de muestreo en la microcuenca del río Porrosatí ---------- 44
Figura 9. Punto de muestreo N° 1---------- 45
Figura 10. Punto de muestreo N° 2 ---------- 46
Figura 11. Punto de muestreo N° 3 ---------- 46
Figura 12. Punto de muestreo N° 4 ---------- 47
Figura 13. Punto de muestreo N° 5 ---------- 48
Figura 14. Punto de muestreo N° 6 ---------- 49
Figura 15. Disposición de aguas servidas en el área de estudio ---------- 61
Figura 17. Percepción de la población sobre posible contaminación del río ------- 63
Figura 18. Conocimiento de la población sobre la intervención del gobierno en acciones para proteger el río ---------- 64

Figura 19. Consideración de la población realizar acciones para proteger el río-- 65

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del Laboratorio ---------- 84
Anexo 2. Encuesta de información ---------- 99
Anexo 3. Gráficos de los resultados de la aplicación de la encuesta----------101
Anexo 4. Cálculo de la muestra----------106
Anexo 5. Parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales . ----------107
Anexo 6. Clasificación de los cuerpos de Agua.----------108
Anexo 7. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema holandés 109

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental para todos los seres vivos, constituye un recurso natural finito, por lo que la disponibilidad está limitada espacial y temporalmente y su aprovechamiento condicionado por los criterios de prioridad en el uso. Por lo tanto, es agotable y vulnerable a causa de la demanda y la contaminación que pueda sufrir por efectos naturales o antropogénicos (Quesada 2002).

El recurso hídrico para consumo humano es un bien cada vez más escaso, aproximadamente 884 millones de personas en el mundo carecen de acceso a agua potable (OMS-UNICEF, 2010). La disponibilidad y accesibilidad de la población a este líquido requiere cada vez de mayor inversión, tanto en infraestructura como en la gestión y manejo de los recursos naturales; así como la educación y capacitación a la población sobre el buen uso del líquido. (Véase 2011).

El proceso mediante el cual se capta, purifica y distribuye el agua debe ser estudiado y vigilado de forma crítica, con el objetivo que se brinde líquido de calidad apto para consumo humano, se evite la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica y brotes asociados al mismo, por lo que es necesario realizar controles periódicos. (Espinoza, et al 2004).

La calidad del recurso hídrico puede verse afectado por las actividades que se llevan a cabo a lo largo de la cuenca hidrográfica y alrededor de los ríos, quebradas y manantiales, debido a la inadecuada disposición de los residuos sólidos, canalización y disposición final de las aguas residuales por medio de descarga directa a los sistemas acuíferos que abastecen a las comunidades. (Undécimo Informe de Estado de la Nación 2005).

La contaminación de los ríos se ha venido agravando durante las últimas décadas, especialmente en el Gran Área Metropolitana, donde la condición natural de las aguas se ha deteriorado sensiblemente como resultado del acelerado proceso de urbanización y de desarrollo industrial. (Solano 2011).

Se estima que Costa Rica recibe más de 167 Km^3 de precipitaciones anuales, además, dispone 112,4 km^2 de recurso hídrico, posee 34 cuencas hidrográficas y cuenta con uno de los índices más altos respecto a cobertura de agua para consumo humano un 82%, el 76% de su población recibe agua con desinfección continua y el 63,5% consume agua que ha sido sometida a programas de control de calidad. A pesar de lo anterior los cuerpos acuáticos superficiales presentan un porcentaje importante de contaminación conformado por un 20% de aguas residuales urbanas, 40% de desechos sólidos e industriales, y un 40% proveniente del sector agrícola.(Solano 2011).

Según lo antes expuesto, se calcula que solamente el 4% de las aguas residuales del país son tratadas antes de ser vertidas a algún tipo de cuerpo receptor. Específicamente en el Gran Área Metropolitana, del total de 105.789,4 m^3/día acaban en los cauces de los ríos Tiribí, María Aguilar, Torres y Rivera. (Soto 2013).

Igualmente, el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos se estima que 25 de las 34 cuencas hidrográficas existentes en el país, están contaminadas con materia fecal, sustancias químicas y residuos, los vertidos corresponden a aguas domésticas provenientes de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos y lavado de ropa, esto pese a que en el país existen más de 20 instituciones involucradas en el tema del manejo del recurso hídrico (Soto 2013).

El país cuenta con un marco normativo para la preservación del recurso hídrico que involucra una serie de leyes, decretos, acuerdos, por ejemplo, existe la Ley de Aguas N° 276 (1942), el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N°

33601-S, La ley Forestal N° 7575 (1996), la Ley Orgánica del Ambiente N° 7554(1995), entre otros.

Lo anterior, es fundamental según el rol de intervención que ejerzan las instituciones, como las municipalidades, Ministerio de Salud, Acueductos y Alcantarillados, ASADAS, además de los entes administradores del recurso hídrico, ya que la vigilancia que se establezca a lo largo de la cuenca, permitirá conocer los controles y las actividades a las que debe dársele mayor seguimiento para que las mismas cumplan con la legislación establecida en cuanto a vertido y reúso de aguas residuales.

La presente investigación, se llevó a cabo en la parte alta de la microcuenca del río Porrosatí, que pertenece al acuífero de Barva, una de las zonas de mayor recarga acuífera del país; la cual puede verse afectada por descarga de aguas residuales sin control.

1.1. Problema

En Costa Rica, el recurso hídrico superficial ha sido afectado durante muchos años por el mal manejo de las cuencas hidrográficas, principalmente por prácticas antropogénicas inadecuadas, que generan el ingreso de contaminantes a los cuerpos de agua que cubren el territorio nacional, ha sido utilizado como medio de eliminación de aguas negras, domésticas, industriales, agropecuarias y residuos sólidos. (Solano 2011).

Existen muchas razones que se pueden mencionar y que implican que en Costa Rica el manejo de aguas residuales es deficiente, por ejemplo: existe un uso excesivo de tanques sépticos, se estima que un 68% de la población utiliza estos sistemas para el tratamiento de las aguas residuales ordinarias, sin embargo muchos de estos tienen graves problemas estructurales y de funcionamiento, además, los recursos para desarrollar acciones integrales que contribuyan a mejorar o buscar una solución efectiva a este tema son limitados. Otro aspecto relevante es la carente educación y concienciación ambiental en la población, así mismo, existen limitantes entre las competencias de las instituciones involucradas y falta de compromiso por parte de las mismas. (Segura 2004).

Se estima que en el país, tres mil millones de personas carecen de sistemas de alcantarillado básico para la disposición final de las aguas residuales. (Jiménez 2008).

Datos más recientes, en materia de disposición adecuada de excretas o saneamiento, de acuerdo con el Censo 2011, indican que el 20.5 % de la población evacua sus aguas por medio de alcantarillado, 75,1% por medio de tanque séptico, 0,9% lo hace por salida o descarga directa a acequias, zanjas, ríos o esteros, 3% por medio de pozo negro o letrina y un 0,5% no tiene servicio sanitario. (Mora 2012).

Por lo tanto, se determina que la calidad del recurso hídrico puede verse afectado por las actividades que se llevan a cabo a lo largo de la cuenca hidrográfica y

alrededor de los ríos, quebradas y manantiales, debido a la inadecuada disposición de los residuos sólidos y la inapropiada canalización y disposición final de las aguas residuales, lo que significa una descarga directa a los sistemas acuíferos que abastecen a las comunidades. (Undécimo Informe de Estado de la Nación, 2005).

Los acuíferos constituyen un patrimonio para el futuro desarrollo de Costa Rica, la calidad y cantidad de agua que surten para consumo doméstico depende del grado de deterioro de las zonas de recarga. Cuatro zonas concentran la mayor parte de la demanda: la GAM, Guanacaste, Puntarenas y Limón. El 50% de los suministros de agua para consumo humano de estas zonas proviene de fuentes subterráneas. En particular, los acuíferos más explotados del país Colima Inferior, Colima Superior y Barva, abastecen al 65 % de la población de la GAM. (Espinoza et al 2003).

En relación con el área de estudio, es importante destacar que se carece de datos o investigaciones relacionadas con la determinación de la calidad del agua del río, además no se cuenta con un sistema de saneamiento de aguas residuales, esto debido a que las viviendas y actividades comerciales e industriales que se desarrollan a lo largo de la microcuenca disponen sus aguas por medio de tanque séptico y en ocasiones de manera directa al cauce del río.

Lo antes expuesto se relaciona con la importancia de la zona de estudio debido a que los sectores de Heredia y Barva se ubican en la parte sur del parteaguas (línea divisoria de aguas) de la Cordillera Volcánica Central, situados dentro de la cuenca del río Virilla. Lugar en el cual se encuentran los ríos que abastecen de agua a la provincia de Heredia, tal como son el Porrosatí, Ciruelas y Segundo. (Morera 2006).

1.2. Justificación

En el país los problemas relacionados con el recurso hídrico son calificados muchas veces como graves, esto se debe en gran medida a que durante mucho tiempo este recurso ha sido considerado gratuito e inagotable. Las aguas superficiales lejos de ser consideradas como importantes ecosistemas, se han visto únicamente desde la perspectiva de aprovechamiento para el bienestar del ser humano. (Solano 2011).

El acuífero Barva cuenta con una extensión de 180 $km^{2,}$ es el que presenta una mayor concentración de nitratos debido a que es de carácter superficial y al hecho de que más de medio millón de personas habitan sobre él.

El 80 % de la población ubicada en este acuífero y en sus zonas de recarga, no cuenta con sistemas de alcantarillado sanitario, sino que utilizan tanques sépticos cuya infiltración amenaza seriamente la calidad del agua. (EGIRH 2005).

Es por ésto, que el presente estudio se realizó en la microcuenca del río Porrosatí, ya que este río forma parte del acuífero antes mencionado, esta es una de las zonas de recarga acuífera más significativas del país, la que podría verse afectada por la descarga de aguas residuales sin control, producto de las actividades que se desarrollan a lo largo de la misma, así como por el proceso de expansión urbana, y por los escasos mecanismos de planificación, control y fiscalización por parte de las instituciones correspondientes. (Morera 2006).

Se requiere de una serie de compromisos por parte de las instituciones involucradas en el tema de estudio, tales como Municipalidad, Ministerio de Salud, Acueductos y Alcantarillados, MINAE, ASADAS, entre otras, así como de la ciudadanía en general, con el fin de que se tomen acciones urgentes en búsqueda de posibles soluciones de reducción de las principales fuentes de contaminación que afectan la calidad del agua de nuestros ríos.

Así entonces, la importancia de la presente investigación, radica en que se conoció la problemática socio ambiental de la zona de estudio, así como el impacto generado sobre la calidad del agua del río por la presencia de agentes contaminantes, lo que generó un insumo de información base para próximos proyectos y una herramienta que pueden utilizar municipalidades, ASADAS e instituciones estatales en proyectos de gestión ambiental.

1.3. Antecedentes

Según Losilla (1987), del Instituto de Fomento y Asesoría Municipal en su documento diagnóstico y acciones propuestas para la protección de cuencas de acueductos municipales, establece que el sistema Barva está compuesto por tres subsistemas que son: Río Ciruelas, Río Porrosatí y Río Macarrón cada uno de estos sistemas corresponde a una cuenca hidrográfica, además el sistema del río Porrosatí está compuesto por tres captaciones o manantiales que son Las Pérez, San Miguel y San Pedro.

Sobre la microcuenca del río Porrosatí existen diferentes esfuerzos de estudios de manejo y gestión los que se resumen a continuación:

Mora (1993), en la revista Geográfica de América Central en su edición Nº 27 cita que aspectos incorrectos como el usar río de basurero, o bien, recolector de desechos, deforestación masiva en sus márgenes, alteración de la calidad del agua, destrucción de la cobertura vegetal, ya sea por ignorancia o por indiferencia, el no cumplimiento de las medidas sanitarias, etcétera son algunos de los problemas que agravan la situación del río Porrosatí.

Argüello (1992), del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) elabora el documento denominado “Modelación hidrológica continua en tiempo real de la cuenca del Río Virilla”, acá se realiza una evaluación de factibilidad de aplicación de un modelo Lluvia-Escorrentía de simulación continua y pronóstico en tiempo real denominado NWS-PC (National Weather Service Model

– PC Versión), éste es un sistema de pronóstico hidrológico en condiciones de información limitada en el tiempo y el espacio.

En la revista geográfica de América Central N°27 se desarrolla el tema “características de la cuenca baja del rio Segundo”, elaborado por Morera (1993), donde se abordan características naturales de la cuenca baja del río Segundo, especialmente características hidrográficas, climáticas y usos de suelo.
En el documento denominado “Manantiales de una parte del Valle Central”, elaborado por Vargas (2002), se realiza un inventario de los manantiales que están siendo utilizados para el abastecimiento de agua potable en la hojas topográficas Abra, Naranjo y Barva.

En el año 2007, habitantes de la comunidad de Garabito de Puntarenas presentaron un Recurso de Amparo ante la Sala Constitucional por problemas de contaminación de la cuenca del río Grande de Tárcoles, sobre este particular, la Sala ordenó a 34 Municipalidades de la GAM, incluida la de Barva a adoptar las acciones necesarias para eliminar de manera integral los focos de contaminación que existen a lo largo de la cuenca del río Grande de Tárcoles y a demás restaurar el daño ambiental ocasionado en esa cuenca.

El SENARA cuenta con un estudio denominado “Recarga Potencial del Acuífero Colima y Barva, Valle Central, Costa Rica” elaborado por el geólogo Roberto Ramírez (2007), este se enfoca en determinar a partir de información de suelos, parámetros físicos, clima (precipitación y evapotranspiración) el balance de humedad de suelos que será utilizado para realizar el cálculo del balance hídrico subterráneo, y analizar la oferta y demanda de agua subterránea y sus implicaciones futuras en el abastecimiento de agua para diferentes usos.

Así mismo dicha institución posee el estudio “Riego en áreas pequeñas”. Las acciones de SENARA en este campo” este estudio fue elaborado por la agrónoma Vivian Herrera (2002) con esta investigación se implementó en un trabajo que se hizo en la cuenca del río Porrosatí, lo que propició un análisis de la importancia de

las acciones de SENARA para contribuir al proceso de manejo del recurso hídrico mediante la reconversión y expansión de proyectos hidro agrícolas para la modernización de medios rurales.

Con este estudio se concluye que el agua es escasa y se debe hacer un uso eficiente y racional de la misma, así como del recurso del suelo.

Finalmente SENARA en su estudio “Diagnóstico Participativo sobre los mantos acuífero Barva y Colima; en el sector de San José de la Montaña” (2002), indica que los mayores impactos que se presentan en la zona, son antrópicos al ciclo hídrico, porque reduce la permeabilidad de los suelos, pues el asfalto y el concreto lo remplazan, lo que provoca efectos como inundaciones y deslizamientos, otro impacto es la producción y tratamiento de aguas negras, pues generan contaminación.

Existe el documento “Recurso hídrico en la zona norte de Heredia”: en este sentido la Universidad Nacional (UNA), y por su experiencia desarrolla temas como: Aguas subterráneas de la zona norte de Heredia, deterioro del recurso hídrico de la zona norte de Heredia relacionado con el desarrollo urbano y agrícola, Cuencas de la zona norte de Heredia, aportes en la preservación del agua como recurso vital. (Blanco y Morera 2013).

También existe un estudio denominado “Tubos de flujo de los manantiales asignados a la ASADA de San José de la Montaña”, elaborado por el Ingeniero en Ciencias Forestales Óscar Bermúdez del Comité del Plan de Seguridad del Agua ASADA San José de la Montaña (Bermúdez 2014).

Por otra parte en el año 2014, se elaboró el documento denominado “Descripción del estado situacional del acuífero Colima y Barva ubicado en el distrito de San José de la Montaña, Cantón de Barva, Provincia de Heredia, Valle Central”, por (Achoy et al 2014).

Así mismo (Morera 2006), en su investigación “Los orígenes del discurso conservacionista en Costa Rica” cita al Río Porrosatí como uno de los tres principales ríos que abastecen de agua al sector de Heredia y Barva.

Se cuenta con el “Informe Sello de Calidad”, elaborado por Segura, Administrador de la ASADA de San José de la Montaña (2014).

Tal como se define en el artículo 264 de la Ley General de Salud de Costa Rica N°5395 (1973), el agua constituye un bien de utilidad pública y su utilización para el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.
El acceso a este recurso es un derecho tutelado por el Estado, por lo tanto, asegurar su disponibilidad, tanto en calidad como en cantidad, es responsabilidad de los entes administradores. (Reglamento de la Calidad del Agua Potable 38924-S del 01 de Septiembre del 2015) .

Según el Laboratorio Nacional de Aguas, de los 3.824.593 habitantes ubicados en el territorio nacional durante el CENSO 2000, aproximadamente son abastecidos por A y A un 46.8%, 17% por municipalidades, 28.7% por los CAARs/ASADAS, 4.7% por la E.S.P.H y 2.7% sin información. (Mora 2001).

El Laboratorio Nacional de Agua (LNA), a finales del 2002 tenía identificado un total de 2069 acueductos operados por AyA, municipalidades, E.S.P.H. y CAARs/ASADAS a escala Nacional. (Mora 2004).

Los principales problemas se presentan en las fuentes superficiales sin tratamiento, las cuales tiene turbiedades oscilantes, sobre todo en época de invierno, debido a la deforestación aguas arriba. (Mora 2004).
En relación con las aguas subterráneas, específicamente en la Meseta Central existen aguas con poca dureza o blandas, con características corrosivas. Éste es el mayor problema de contaminación, la acumulación de nitratos, causada por la degradación y posterior infiltración de materia fecal de los efluentes de tanques sépticos y por el uso de fertilizantes nitrogenados. (Mora 2004).

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el 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 recurso hídrico, que contribuyan en el mejoramiento de la calidad del agua de la microcuenca por medio de análisis físico químicos y microbiológicos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características biofísicas y socioeconómicas de la microcuenca del río Porrosatí para establecer los factores sociales y ambientales que afectan la calidad del agua.

- Analizar la calidad del agua de la microcuenca del río Porrosatí por medio de análisis físicos químicos y microbiológicos para la determinación de la concentración de contaminantes y el discernimiento de posibles fuentes contaminantes.

- Proponer acciones de manejo de recurso hídrico dentro de la microcuenca para el mejoramiento de su calidad.

1.4.3. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las características biofísicas y socioeconómicas de la microcuenca del río Porrosatí?
- ¿Cuál es el impacto causado hacia la calidad del agua de la microcuenca del río Porrosatí, por el vertido de aguas residuales?
- ¿Qué debe hacerse para mejorar la condición actual del recurso hídrico en esta microcuenca?

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos básicos

2.1.1 Cuenca hidrográfica

La Ley de Conservación de Suelos N° 7779 (1998), define “Cuenca Hidrográfica” como el área geográfica cuyas aguas superficiales 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.

La cuenca hidrográfica 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, flora y fauna”. (Rivera 2007).

2.1.2 Manejo Integrado de Recurso Hídrico

Se define como un enfoque integrado del manejo de recursos de agua que considera identificar los conflictos de interés entre los interesados aguas arriba y aguas abajo. (GWP 2000).

Las pérdidas en el consumo, las descargas y los cambios en el uso de la tierra, aguas arriba reducirán los flujos de los ríos, degradando la calidad del recurso y por ende alterando la recarga de aguas subterráneas y los flujos estacionales de los ríos (GWP 2000).

Ureña (2004), refiere en su investigación que los conflictos de interés deben considerarse en el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (MIRH) con un total reconocimiento de las relaciones físicas y sociales que existen en sistemas complejos. Es imperativo un reconocimiento entre la vulnerabilidad de las aguas abajo y las actividades aguas arriba. Una vez más, el manejo involucra tanto el sistema natural como humano. Esto claramente implica que el diálogo y la

adopción de mecanismos de solución de conflicto, son necesarios para reconciliar las necesidades de éstos usuarios. (Ureña 2004).

2.1.3 Manejo de cuencas hidrográficas

Este concepto ha venido evolucionando en el país conforme las tendencias mundiales y el grado de aceptación y utilización de la cuenca como unidad de planificación en los diferentes programas que el país ha llevado a cabo. (Rivera 2007).

En Costa Rica desde los inicios de los años 60, cuando instituciones responsables del recurso hídrico como el ICE, SENARA y AYA realizaron estudios hidrológicos de cuencas con fines específicos para resolver problemas puntuales, demandas sectoriales de agua y para el establecimiento de proyectos, con una visión muy restringida con relación a actividades concretas sobre los recursos naturales y haciendo énfasis entonces en la planificación del recurso hídrico, con fines energéticos y de riego fundamentalmente. (Rivera 2007).

Es por ésto que en los últimos años, este concepto trata el tema de la gestión ambiental y el concepto de desarrollo sostenible, lo cual es un avance importante en el quehacer de cuencas, pero que resulta difícil de desarrollarlo si se mantiene el desfase mencionado anteriormente. (Rivera 2007).

En el país se utilizan diferentes definiciones de manejo de cuencas con preferencia las definiciones de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

Para la presente investigación, se utilizará la que definición de Rivera (2007) y la Red Nacional de Cuencas; la que está sustentada en la explicación de la Red Latinoamericana, elaboradas por el CATIE y el aporte de discusión del seno de la Red:

“Manejo de Cuencas es la gestión que el hombre realiza en forma integrada para aprovechar, conservar, proteger y restaurar los recursos naturales y los recursos generados por la humanidad, con el fin de obtener una producción óptima y sostenida. La gestión de cuencas trata del uso apropiado de estos recursos, en función de la intervención humana y sus necesidades”.

2.1.4 División de cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas se pueden dividir en tres partes: alta, media, baja. La parte alta denominada cuenca de recepción, es el área colectora de la precipitación; la parte media denominada garganta, es el lugar donde se cierran las divisorias para formar un solo drenaje; y la parte baja se denomina cono de deyección, es el lugar de valle o planicie donde se depositan todas las aguas y todo el material, para la presente investigación se trabajará en la parte alta de la microcuenca del Río Porrosatí (Muñoz 2000).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen las aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o de parte de ella (Ramakrishna 1997).

Faustino (1988), menciona que la cuenca hidrográfica concebida como un sistema, está compuesta por las interrelaciones de los subsistemas social, económico, demográfico y biofísico (biótico y físico). Se explica que de la magnitud en calidad y cantidad de las interacciones de los mencionados subsistemas surge la dimensión de su cobertura y nivel de complejidad, es decir el grado de sobreposición de los sistemas entre sí, determinan el nivel de interdependencia de los subsistemas y el grado de conflicto de los diferentes intereses concurrentes en el sistema. (Ureña 2OO4).

2.1.5 Manantial

Manantial se refiere al punto o zona de la superficie del terreno en la que de modo natural, fluye una cantidad apreciable de agua procedente de un acuífero. Conocido también como naciente u ojo de agua. (Camacho 2008).

2.1.6 Gestión del agua por cuenca hidrográfica

La gestión del agua por cuenca hidrográfica se define como el conjunto de actividades, funciones, organización, recursos, instrumentos de política y sistemas de participación, aplicados en un territorio de cuenca, que se relacionan cuando menos con los siguientes aspectos. (Zúñiga 2004).

- La medición de las variables del ciclo hidrológico y el conocimiento de sus características determinantes y consecuencias.
- La explotación, uso, aprovechamiento, manejo y control del agua.
- La prevención y mitigación de desastres naturales asociados a la presencia de fenómenos hidro-metereológicos.
- La construcción, mantenimiento y operación de las obras hidráulicas y la administración de los servicios asociados a ellas.
- El mantenimiento, operación y administración de distritos y unidades de riego.
- El control de la calidad del agua y su saneamiento.
- La conservación del agua y del medio acuático.
- La determinación y satisfacción de las necesidades de agua de la población en cantidad y calidad apropiadas y de las demandas derivadas de los procesos productivos y de servicios de la economía.
- Las actividades del proceso de planeación hidráulica y su consistencia en el tiempo (corto, mediano y largo plazo) y en diferentes espacios geográficos (nacional, regional, estatal y de cuenca hidrológica).
- La legislación y regulación de los usos y aprovechamientos del agua.

- La administración de las aguas superficiales y subterráneas y sus bienes inherentes.

2.1.7 Impacto ambiental

Las acciones del hombre sobre el ambiente provocarán siempre efectos colaterales sobre el medio natural o social en el cual actúan, esto se conoce como impacto ambiental, a continuación se presentan algunas definiciones encontradas:

Es la alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental. Es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre o en su bienestar. (Solano 2011).

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes. (Solano 2011).

Hay que hacer constar que el término "impacto" no implica negatividad, pues éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto, y la situación del ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación; es decir, lo que se registra es la alteración neta positiva o negativa tanto en la calidad del ambiente como en la calidad de vida del ser humano, inmediato o de momento crítico; temporal o permanente; irrecuperable, irreversible, reversible, mitigable, recuperable o fugaz; directo o indirecto; simple, acumulativo o sinérgico. (Solano 2011).

2.1.8 Aguas residuales

Se define agua residual a aquella que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes. Se reconocen dos tipos: ordinario y especial. (Reglamento de Vertido y Aguas Residuales, 1997).

Agua residual de tipo ordinario: Es el agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.) (Reglamento de Vertido y Aguas Residuales, 1997).

Agua residual de tipo especial: Agua residual de tipo diferente al ordinario. (Reglamento de Vertido y Aguas Residuales, 1997).

2.1.9 Características físico químicas del agua

Los cuerpos de agua presentan características hidrográficas diferenciales que deben ser consideradas al evaluar la calidad de sus aguas. Las características físico-químicas del agua son determinadas por las condiciones existentes en la cuenca hidrológica, (climáticas, geomorfológicos y geoquímicas) y sus variaciones espacio, temporales. (Solano 2011).

Con base en el Decreto Ejecutivo N° 33903-MINAE-S “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales”, dentro de las principales características físicas, químicas y microbiologicas son: porcentaje de saturación de oxígeno, temperatura, turbiedad, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, amonio (NH4), nitrato y nitrito (NO3, NO2), cloruros, fluoruros, potencial de hidrógeno(pH), sustancias acticas al azul de metileno (SAAM), coliformes fecales, metales pesados como hierro, aluminio, manganeso, arsénico , entre otros.

A continuación se describen cada uno:

- Temperatura: propiedad termodinámica que influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua.
- Turbidez: condición del agua o de las aguas residuales causadas por la presencia de materia en suspensión que produce la dispersión y absorción de la luz.
- Sólidos suspendidos totales: corresponde al residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual.
- Oxígeno disuelto: el contenido de oxígeno, varía estacional y diariamente en relación con la actividad biológica, temperatura, salinidad, altitud o turbulencia. La presencia de concentraciones de oxígeno disuelto en determinados ámbitos denota buena calidad de aguas y su ausencia, sistemas anaeróbicos por contaminación o procesos biológicos.
- Demanda biológica de oxígeno: es una aproximación de la cantidad de oxígeno utilizada por microorganismos para la oxidación aeróbica de la materia orgánica.
- Amonio (NH4): presente en los cuerpos de agua como producto de la excreción de residuos orgánicos animales y humanos, ruptura de nitrógeno orgánico e inorgánico y reducción del N2. Es aportado por aguas residuales industriales y negras. En aguas no contaminadas se presentan concentraciones menores a 0.1 mg/L
- Nitrato y Nitrito (NO3, NO2): ambos se incluyen en las determinaciones de calidad de agua para consumo humano y detección de contaminación orgánica e industrial. Las concentraciones de nitratos en aguas naturales no contaminadas, no exceden 0.1 mg/L de NO3, valores superiores a 5 mg/L pueden indicar contaminación orgánica (aguas negras) o por fertilizantes.
- Fósforo: es un nutriente limitante del crecimiento del fitoplancton en cuerpos de agua dulce y principal causa de eutrificación por efectos antropogénicos.

- pH: es un parámetro que depende de muchos otros y refleja equilibrio químico del agua. El ámbito del pH en aguas superficiales es de 5.5 a 8.5.

- Coliformes fecales: son bacterias que se alojan en el tracto digestivo de los animales de sangre caliente y su presencia es una evidencia positiva de que hay excreciones intestinales de animales, al igual que otra bacteria, la *Escherichia coli.* La presencia de patógenos en el agua afecta su calidad, pudiéndose producir daños a la salud pública y al entorno del agua superficial. (Solano 2011).

Para poder definir los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua de un cuerpo receptor en estudio, se debe tomar una serie de muestras del agua, y establecer un plan de monitoreo, el cual constituye una herramienta de utilidad para evaluar los impactos en la calidad del agua. (Solano 2011).

2.1.10. Agente contaminante: Toda aquella sustancia cuya incorporación al agua conlleve el deterioro de su calidad física, química o biológica.

2.1.11. Canon: Canon ambiental por vertidos.

2.1.12. Canon ambiental por vertidos: Es un instrumento económico de regulación ambiental, que se fundamenta en el principio de quien contamina paga y que pretende el objetivo social de alcanzar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con lo establecido en el artículo 50 de la Constitución Política, a través del cobro de una contraprestación en dinero, a quienes usen el servicio ambiental de los cuerpos de agua, bien de dominio público, para el transporte, y eliminación de desechos líquidos originados en el vertimiento puntual, los cuales pueden generar efectos nocivos sobre el recurso hídrico, los ecosistemas relacionados, la salud humana y las actividades productivas.

2.1.13. Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales: corresponde al decreto ejecutivo N° 33601-MINAE-S, el cual tiene por objetivo la protección de la salud pública y del ambiente, a través de una gestión ambientalmente adecuada de las aguas residuales.

2.1.14. Planes de seguridad del agua: es la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor.

2.1.15. Metodología del sistema holandés de valoración de la calidad físico-química del agua: el Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor importancia en la valoración de la contaminación orgánica en una corriente de agua, como es 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, a un código de colores asignado a cada clase. **Este modelo de clasificación desde el punto de vista espacial, permitirá situar a un tramo particular del río, en una clasificación específica y temporalmente dependiente**.

2.1.16. Prueba Fuzzy: es el proceso realizado para convertir un valor tradicional lógico, binario, decimal, y/o exacto, en un valor o cantidad difusa.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada es exploratoria, pues destaca los principales aspectos de una problemática determinada, que puede servir de base para estudios posteriores.

Además, incluye investigación de campo, en este sentido, se utilizó la técnica como la observación, aplicación de encuestas y entrevistas y la toma de las muestras de agua en el sitio.

3.2. Población o sujetos de estudio

El sitio de estudio comprendió la microcuenca del Río Porrosatí, ésta pertenece a la subcuenca del Río Segundo y esta a su vez pertenece a la cuenca del río Virilla, la cual conforma la cuenca del río Grande de Tárcoles.

La población sujeta de investigación es la zona de estudio, donde se observó y analizó el problema, zona ubicada en la provincia de Heredia, en el Cantón de Barva, específicamente en el distrito de San José de la Montaña, el cual cuenta con un total de 5.377 habitantes, de los cuales 2.720 son hombres y 2.657 mujeres (Censo 2011) .

3.3. Fuentes de información

Los datos recopilados en el proceso investigativo surgieron de visitas al sitio, así como de la recolección y revisión de información existente, consultas bibliográficas en libros, tesis entre otras. Además de insumos como fotografías aéreas, imágenes de satélite, cartografía digital y analógica.

Además de lo anterior, se realizaron entrevistas a funcionarios de la ASADA del acueducto de San José de la Montaña, de la Municipalidad y se aplicaron encuestas de percepción a los habitantes de la zona en estudio.

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó la técnica estadística de aplicación de encuestas, con el fin de conocer la percepción de los pobladores con respecto a la gestión municipal en el tema de protección del río Porrosatí y además para conocer como disponen las aguas residuales los encuestados de la zona de estudio.

Con la aplicación de las encuestas y los resultados obtenidos, se identificaron las posibles fuentes de impacto ambiental sobre río Porrosatí, así como las debilidades institucionales percibidas por los pobladores, las que sirvieron como referencia para el planteamiento de la propuesta.

Los encuestados son miembros de la comunidad que viven en comunidades aledañas al río Porrosatí, ellos son directamente afectados por los problemas socio ambientales.

El tamaño de la muestra fue de 30 personas encuestadas, y una población de 268 viviendas. Ver anexo 4. Cálculo de la muestra.

3.4. Instrumentos

Etapa 1. Conocer las características biofísicas y socioeconómicas de la microcuenca para conocer los factores sociales que afectan la calidad del agua del rio.

Se llevó a cabo mediante la utilización de un programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) integrando los factores biofísicos de la microcuenca, que proporcionaron los parámetros necesarios para el análisis del uso de la tierra y la priorización de los sectores a intervenir. De modo que se muestra

gráficamente la delimitación de la microcuenca y otros elementos hidrológicos e hidrogeológicos, como precipitación, pendientes, usos y coberturas de la tierra.

A su vez, se utilizaron programas de computación como Word y Excel 2010 para tabular los datos y representar las figuras, gráficos y cuadros. También, se utilizó el instrumento de sistema de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica (SIG) y arcgis para la elaboración de mapas, delimitación de la zona de estudio, y se requirió de cámara fotográfica para documentar las visitas de campo a la zona.

Etapa 2. Analizar la calidad del agua de la microcuenca del Río Porrosatí por medio de análisis físico-químicos y microbiológicos.

Esta etapa se llevó a cabo con la colaboración del Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, para eso se establecieron diferentes puntos de muestreo en el cauce del Río Porrosatí para la toma de muestras de agua, las que, posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis por medio del método de análisis denominado “Metodología del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico-Química del Agua”. (Decreto Nº 33903-MINAE-S, 2007 “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales”).

Para determinar la calidad del agua en el Río Porrosatí se definieron los siguientes parámetros a analizar: Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Amonio, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Potencial de hidrógeno (pH), Temperatura, Turbiedad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrato, Cloruro, Fluoruro, Sulfato, Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), Coliformes Fecales, Aluminio (Al), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Arsénico (As).

Etapa 3. Proponer planes de acción específicos en la microcuenca.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se procedió a proponer las medidas o lineamentos de manejo de recurso hídrico, para ello se toma como referencia el Manual para la Implementación Integrada del Recurso Hídrico, elaborado por Red Centroamericana de Instituciones de Ingeniería, REDICA, éste se basa en la Declaración de Dublín, así como en el Informe de la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA).

3.5 Caracterización biofísica

Esta caracterización se realizó mediante la utilización del programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que integra los factores biofísicos de la microcuenca, esto permitió la obtención de los parámetros necesarios para el análisis del uso de la tierra y la priorización de los sectores a intervenir. De modo que se muestra gráficamente la delimitación de la microcuenca y otros elementos hidrológicos e hidrogeológicos, como precipitación, pendientes, usos y coberturas de la tierra.

3.6 Determinación de la calidad del agua

Con el fin de evaluar la calidad del agua en la parte alta de la micirocuenca del Río Porrosatí y el impacto ambiental que tienen las aguas residuales sobre el mismo, se realizó un proceso de muestreo en seis puntos diferentes; éstos se distribuyeron estratégicamente a una distancia aproximada de un kilómetro uno de otro, se tomó en cuenta la longitud de la microcuenca en la parte alta, la cual es de 5388 metros. Posteriormente se efectúo el análisis de las muestras, éste fue realizado por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, donde a partir de los resultados del laboratorio, se determinó el tipo, concentración y comportamiento de los distintos contaminantes presentes en el río.

La metodología utilizada para la elaboración del plan de monitoreo fue la siguiente: 1-planteamiento de objetivos, 2-selección de los parámetros indicativos de la calidad del agua y de los puntos de muestreo, 3-recoleccion y análisis de las muestras de agua, 4-evaluación de la calidad del río en estudio. (Solano 2011).

3.6.1 Plan de monitoreo

Se estableció un programa de muestreo y análisis del agua en coordinación con el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, el cual se ejecutó en tres fechas diferentes y en 6 puntos diferentes del cauce del río, a una longitud aproximada de un kilómetro entre cada punto, ya que la parte alta de la microcuenca cuenta con una longitud total de 5388 metros.

El primer muestreo se realizó el día 02 de marzo del 2016 en época lluviosa, el segundo se realizó el 13 de abril del 2016 en época de transición de la estación lluviosa a la seca, y el tercer se realizó el 27 de abril del 2016 en estación seca, ya que en esta última fecha se observó una disminución bastante significativa en el cauce del río.

Es importante mencionar que el comportamiento del río se ve influenciado por las condiciones climáticas de la zona del Caribe, contrario a las condiciones climáticas del Valle central.

3.6.2 Procedimiento de muestreo

Durante el proceso de recolección de las muestras se siguieron algunas indicaciones:

Las muestras fueron tomada en el sitio, lo que garantizó una mezcla completa, de modo que todos los elementos contenidos en el agua lograran ser recolectados,

además la muestra se tomó en la superficie del río, de manera tal que aseguró las condiciones medias de velocidad que se presenta en el tirante del agua.

Las muestras fueron recolectadas en recipientes de un galón cada una, a los cuales se les realizó el correspondiente triple lavado antes del llenado del recipiente con la muestra de agua.

La toma de las muestras de oxígeno disuelto se realizó en el campo, no obstante, las muestras de coliformes fecales así como las muestras de metales pesados fueron recolectadas en el campo para su posterior análisis en el laboratorio. Estas últimas se recolectaron en recipientes suministrados por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, los cuales llevaban un tratamiento con HNO3 al 10 % por 24 horas antes del muestreo.

Las muestras se preservaron a una temperatura de 6 °C, utilizando hielo para su transporte.

Una vez recolectada la totalidad de las muestras, éstas fueron trasladadas de forma inmediata al Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, pues algunos de los análisis debían ser realizados en un período no mayor a 24 horas después de su recolección, para no variar las propiedades de los mismos.

3.6.3 Frecuencia de la recolección de las muestras

Existe una serie de variaciones que se dan a lo largo del tiempo dentro de las aguas que se descargan en un cuerpo receptor, estas variaciones se dividen en:

- Diarias: temperatura del agua y oxígeno disuelto que varían según la intensidad de la luz solar, además de patrones de consumo de agua y descargas de aguas residuales, que presentan picos a lo largo del día, por lo que la concentración de contaminantes puede verse afectada. (Solano 2011).

-Estacionales: pueden ser tanto aquellas, que se dan producto de las condiciones climatológicas de la zona, como variaciones producida por la acción del ser humano, por ejemplo, en la cantidad de personas en un sitio. (Solano 2011).

Con base en lo antes expuesto, las muestras fueron tomadas en tres fechas diferentes, una en estación seca y la otra en época de lluvias para poder comparar los resultados en ambas épocas.

El primer muestreo se realizó el 02 de marzo del 2016 de las 10:00 horas a las 13:00 horas, el segundo se realizó 13 de abril del 2016 de las 10:35 horas a las 13:06 horas y el tercer muestreo se realizó el 27 de abril del 2016 desde las 8:55 horas a las 11:25 horas.

3.6.4 Selección de parámetros de la calidad del agua

La selección de los parámetros a medir depende de las necesidades existentes y del uso que se le dará a la información generada y de los recursos disponibles.

En coordinación con el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, los parámetros que se analizaron en las muestras fueron los siguientes: Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Amonio, Demanda Química de Oxigeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO), Potencial de hidrógeno (pH), Temperatura, Turbiedad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrato, Cloruro, Fluoruro, Sulfato, Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), Coliformes Fecales, Aluminio (Al), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Arsénico (As).

3.6.5 Puntos de muestreo

En el presente estudio, se seleccionaron seis puntos diferentes de muestreo a lo largo del cauce del río, los que se ubicaron aproximadamente a un kilómetro uno del otro.

3.6.6 Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua

Con base en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de cuerpos de Agua Superficiales N° 33903-MINAE-S, el Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor importancia en la valoración de la contaminación orgánica en una corriente de agua, como es 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, a un código de colores asignado a cada clase. Sin embargo, se aclara que para este estudio se utilizó un medidor de oxígeno disuelto de fluorescencia, obteniendo el dato para cada punto en el campo.

Este modelo de clasificación desde el punto de vista espacial, permitirá situar a un tramo particular del río, en una clasificación específica y temporalmente dependiente.

Para clasificar un agua superficial se requiere sumar los puntos correspondientes en cada uno de los ámbitos respectivos, de cada una de las variables de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro 1. Asignación de puntajes según el Sistema holandés

Puntos	PSO (%)	DBO (mg/L)	N-NH+4 (mg/L)
1	91-100	<=3	<0.5
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

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

Posterior a la sumatoria obtenida y de acuerdo con el cuadro anterior, se procede a realizar la asignación de clases de calidad del agua según el sistema holandés de codificación por colores.

Cuadro 2. 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

Fuente: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N°33903-MINAE-S

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción biofísica de la microcuenca del Río Porrosatí

4.1.1 Cantón de Barva

En la ley N° 36, decreto N° 167 del 7 de diciembre de 1848, se creó Barva como Cantón segundo de la Provincia de Heredia.

Las coordenadas geográficas medias del cantón Barva están dadas por 10° 04° 27° latitud norte y 84° 07° 05° longitud oeste. (ASIS ARSB-SR 2014).

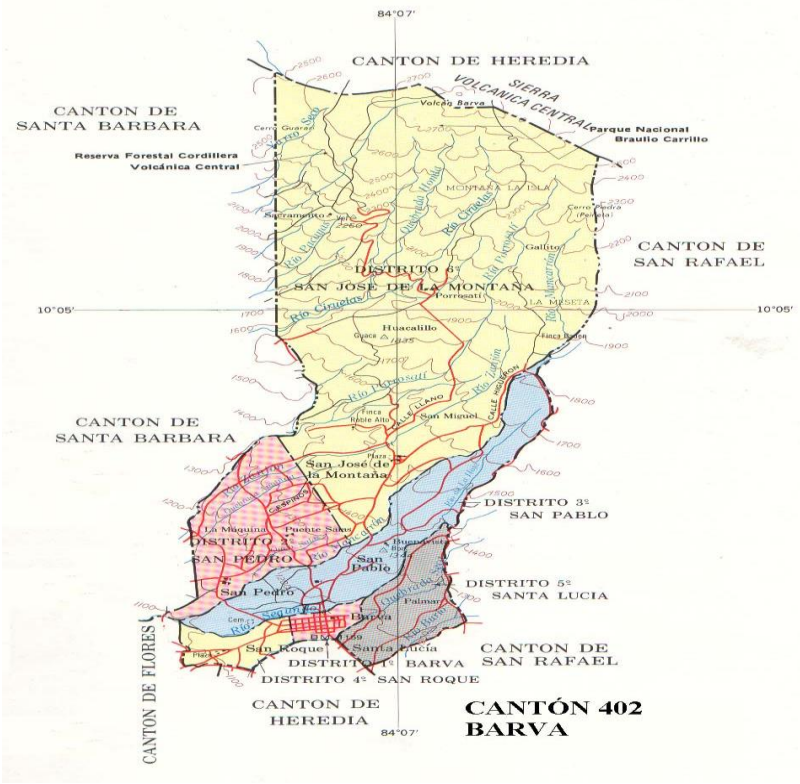


Figura 1. Cantón y distritos de Barva.

Fuente: ASIS Área Rectora de Salud Barva-San Rafael. Junio 2014

4.1.2 Límites

Limita al este con el Cantón de San Rafael, al oeste con el Cantón de Santa Bárbara, al norte con el Cantón de Heredia (Vara blanca), al sureste nuevamente con San Rafael, al sur con el Cantón de Heredia y al suroeste con el Cantón de Flores.

El distrito Central se ubica a 3 Kilómetros de distancia a la ciudad de Heredia y a 15 kilómetros de la ciudad capital San José. (ASIS ARSB-SR, 2014).

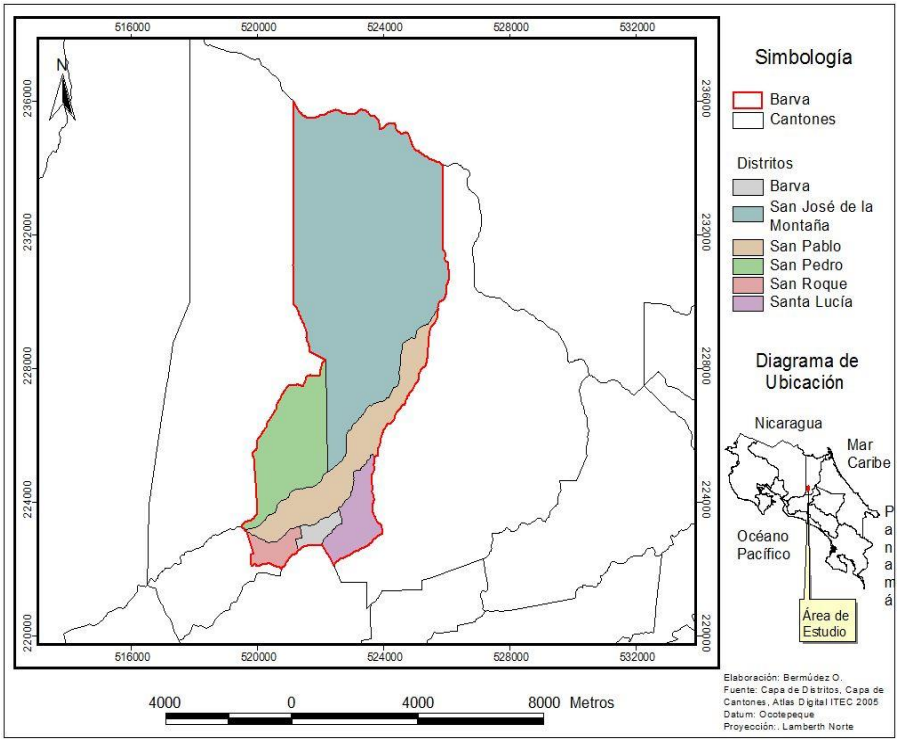


Figura 2. División político administrativa del cantón de Barva

Fuente: ASADA San José de la Montaña. mayo 2015.

4.1.3 Extensión

El cantón de Barva es el segundo de la provincia de Heredia y posee un área total de 55.97 kilómetros cuadrados. Está constituido por seis distritos (Barva, San Pedro, San Pablo, San Roque, Santa Lucía y San José de la Montaña).

Cuadro 3. Extensión geográfica según distrito y área del cantón de Barva.

Distritos	**Km^2**	**%**
Total	55,97	100%
Barva	0,81	1,44
San Pedro	7,26	12,97
San Pablo	7,04	12,57
San Roque	1,26	2,25
Santa Lucía	2,90	5,18
San José de la Montaña	36,70	65,57

Fuente: Depto .Catastro. Plan Regulador. Municipalidad de Barva, 2016.

Cuadro 4. Barrios y poblados por distritos del cantón de Barva.

Distrito	**Barrios**	**Poblados**
Barva	San Bartolomé	
San Pedro		Bosque Calle Amada Espinos Máquina Morazán Puente Salas Segura
San Pablo	Cementerio Ibis	Buenavista
San Roque		
Santa Lucía	Paso Viga (parte) Pedregal	Getsemaní (parte) Palmar (parte)
San José de la Montaña	Gallito	Cipresal Higuerón Guacalillo Meseta Montaña Isla Paso Llano Plan de Birrí Porrosatí Roblealto Sacramento San Miguel Zapata

Fuente: Depto .Catastro. Plan Regulador. Municipalidad de Barva, 2016.

4.1.4 Relieve y pendientes

El cantón Barva cuenta con terrenos topográficamente variados, por lo que se catalogan desde un orden plano y plano ondulado en las partes más bajas de la depresión tectónica central, hasta terrenos quebrados y muy quebrados que dominan la sección norte, distribuida principalmente hacia el norte de Porrosatí y hasta el límite cantonal Norte del distrito de San José de la Montaña. (Municipalidad de Barva, 2015).

4.1.5 Clima y régimen de lluvias

En el cantón Barva de Heredia, como unidad cantonal del territorio nacional y de manera similar a las condiciones que se presentan en todo el Valle Central, las precipitaciones se distribuye, desigualmente a lo largo del año. Esto significa que entre el mes de diciembre y a inicios de mayo la región es seca con un cierto déficit de lluvia. Por el contrario, los meses que cubren el período de mayo a inicio de diciembre, se caracterizan por una mayor precipitación pluvial (Municipalidad de Barva 2015).

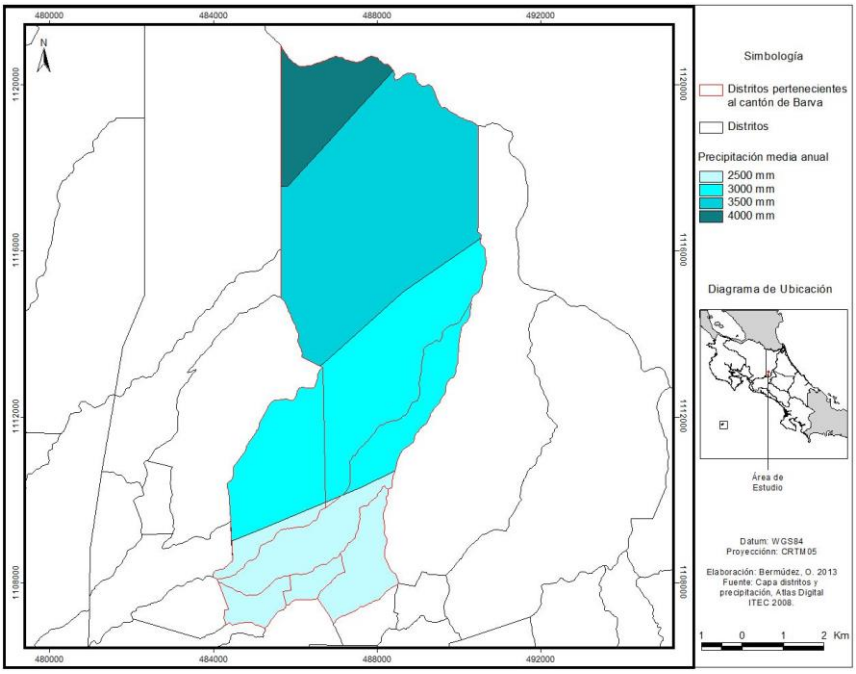


Figura 3. Precipitación promedio anual del cantón de Barva

Fuente: ASADA San José de la Montaña. Mayo, 2015.

4.1.6 Geomorfología

El cantón Barva forma parte de la unidad geomórfica de origen Volcánico el cual se divide en dos subunidades, denominadas Volcán Barva y Relleno Volcánico del Valle central.

La sub-unidad Volcán Barva, se localiza al norte del cantón a partir de Villa San Pablo. Esta subunidad corresponde al macizo del volcán Barva, la parte más alta pertenece al citado volcán, tiene 2906 msnm. Presenta laderas que tienen pendientes muy variadas. (Área Rectora de Salud Barva-San Rafael, Junio 2015).

Está compuesto por lava vieja con tenencia a ser basálticas y las más recientes se presentan más andesíticas. Así mismo, hay todo tipo de roca volcánica como lava, aglomerados y piroclásticos. Su origen se debe en su mayoría a la actividad volcánica. (Área Rectora de Salud Barva-San Rafael 2015).

El resto de la superficie cantonal, que corresponde a la subunidad Relleno Volcánico del Valle central, se caracteriza por un relieve plano ondulado, está formado en una superficie de rocas volcánicas, principalmente lava, tobas e ignimbritas, cubierta por ceniza en su espesor variable. La secuencia de lava descansa sobre roca sedimentaria. La lava es de del tipo andesítico.

Geomorfológicamente, esta subunidad no es un valle, sin embargo para efectos políticos, socio económicos y todo tipo de referencia, se considera continuar denominándolo Valle Central. El nombre técnico correcto es fosa tectónica, debido a la presencia de una falla a todo lo largo del pie de la Sierra Volcánica Central, la cual está evidenciada por la supuesta falla de las estribaciones que bajan de la mencionada sierra hacia el valle, lo mismo que por la presencia de un vulcanismo sin explicación aparente (Formación Pacacua), en correspondencia con la posición de la falla o cerca de ella. (Área Rectora de Salud Barva-San Rafael 2015).

4.1.7 Altitud

Las elevaciones en metros sobre el nivel medio del mar del centro urbano de los distritos del cantón, presentan diferencias altitudinales que van desde los 1100 msnm (sector de San Roque) hasta los 2800 msnm (San José de la Montaña, en el sector de la Laguna del Barva).

Cuadro 5. Altitud por distrito del cantón de Barva

Distritos	Altitud (msnm)
Barva	1 176
San Pedro	1 170
San Pablo	1 300
San Roque	1 110
Santa Lucía	1 159
San José de la Montaña	1 530

Fuente: ASIS Área Rectora de Salud Barva-San Rafael. Junio 2015

4.1.8 Hidrografía

El sistema fluvial del cantón Barva, corresponde a la vertiente del Pacífico, éste pertenece a la cuenca del río Grande de Tárcoles.

El cantón es drenado por los ríos Segundo, Mancarrón, Zanjón, Porrosatí, Ciruelas, Pacayas, Guararí, Yurro Seco, Burío y quebrada Seca, y sus respectivos afluentes.

Estos ríos, excepto el último y la quebrada, nacen en la región, en la ladera del volcán Barva; los que presentan una dirección de norte a sur y noreste a suroeste.

Los ríos Porrosatí, Mancarrón y la quebrada Seca son límites cantonales, el primero con Santa Bárbara; el segundo con San Rafael; y la última con Heredia.

4.1.9 Distrito de San José de la Montaña

Es el distrito más extenso del cantón de Barva, con una extensión de 36,70Km^2, lo que representa 65,57%. Está conformado por el barrio Gallito y los poblados de: Cipresal, Higuerón, Guacalillo, Meseta Montaña, Isla, Paso Llano, Plan de Birrí, Porrosatí, Roble Alto, Sacramento, San Miguel y Zapata. (ASIS ARSB-SR 2014).

Está ubicado a 3 km al norte de la provincia de Heredia. Se encuentra a una altura de 1 530 msnm y sus coordenadas geográficas están dadas por 10°03´25” latitud Norte y 84°06’58” longitud Oeste en la parte central de Costa Rica, dentro de los límites del Valle Central, y se extiende en forma dominante hacia el norte, llegando a las partes altas de la Cordillera Volcánica Central. (SENARA CATIE 2014).

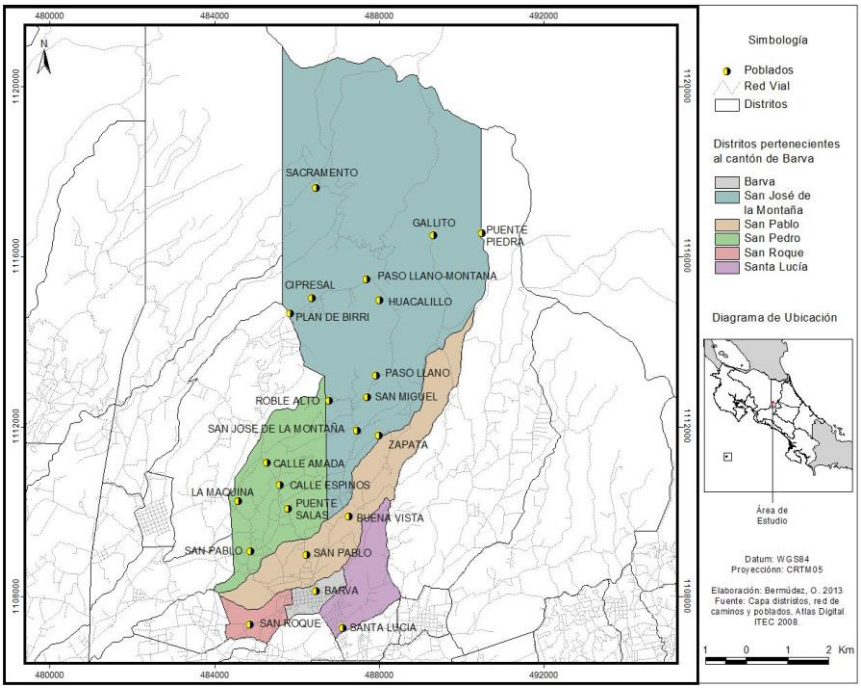


Figura 4: Poblados de San José de la Montaña.

Fuente: ASADA San José de la Montaña. mayo 2015.

La densidad de población apenas alcanza los 122 habitantes por km^2, dada su relación espacial es 34,7 m^2 (SENARA CATIE 2014).

Cuadro 6. Distribución poblacional de San José de la Montaña

	Población				
Cantón de Barva	**Total de habitantes**	**% Urbano**	**% Rural**	**Densidad (2000)**	**Densidad (2011)**
Distrito San José de la Montaña	5 377	67,60	32,39	109,48	154,9

Fuente: SENARA CATIE, 2014.

El cantón de Barva cuenta con una población total de 40.660 habitantes, es el distrito de San José de la Montaña de mayor extensión geográfica, cuenta con un total de 5.377 habitantes, de los cuales 2.720 son hombres y 2657 mujeres, no obstante, cuenta con una población total urbana de 3.635 y 1.742 rural. (Censo2011).

El distrito de San José de la Montaña, presenta un clima templado muy húmedo, con una precipitación anual de 3158 mm, los meses de mayo a octubre son los más lluviosos (413mmm a 517mm) y con una temporada de verano entre finales de junio inicios de julio. Los períodos secos se muestran a partir del mes de diciembre hasta marzo y la temperatura de la zona oscila entre 24 °C y 14 °C. La ocurrencia de neblina es predominante en las zonas con mayor altitud, siendo parte de los elementos característicos del distrito (SENARA CATIE 2014).

El distrito de San José de la Montaña se caracteriza por presentar una superficie con pendientes de moderadas a fuertes, cubierta por bosques, charrales, áreas agrícolas, áreas de pastura; por la mañana y el atardecer los cielos son cubiertos por nubosidad, la influencia del agua son por la descarga de agua subterránea que salen a la superficie de los terrenos. (SENARA CATIE 2014).

Este distrito cuenta con diversos usos de suelo en los que prevalecen por un lado los cultivos agrícolas, seguido de áreas destinadas para pastizales, en menor medida plantaciones forestales y en las zonas de protección áreas vegetales en crecimiento secundario, además los principales usos determinan las actividades que la comunidad desarrolla. (SENARA CATIE 2014).

Cuadro 7. Usos de suelo de San José de la Montaña.

Usos	Descripción de actividades
Protección (áreas silvestres protegidas)	Éstas principalmente se encuentran cubriendo las nacientes, riachuelos. La conservación y protección de estos recursos están avalados por la Ley, la cual es visible en la zona de intervención.
Silvo-pastoril	Se pueden apreciar fincas de ganado lechero, presencia de franjas con mayor cobertura vegetal que rodea el área pastizal, que además estas franjas cumplen con la función de rompeviento.
Agricultura	Predominan los arbustos de café (*coffea arabica*), a campo limpio, algunas fincas están cercadas con matorrales, arbustos, árboles, hortalizas y plantas ornamentales.

Usos	Descripción de actividades
Plantaciones forestales	Se trata de terrenos donde la vegetación nativa o los pastizales fueron sustituidos por cultivos de ciprés (*cuppressus lusitánica*), en algunos casos para ser dedicadas a la producción de madera y en otros con fines ornamentales. Asimismo, se encuentran diferentes especies de árboles, en fincas, viviendas, nacientes.
Urbano	Las viviendas se ubican a la par de la carretera, en el centro del poblado hay un parque, iglesia, escuelas, colegios, centro policial, pulperías, además, tienen todos los servicios básicos(agua potable, electricidad, internet).
Ganadería	Presencia de ganado vacuno lechero, esto se puede apreciar en algunas fincas, además, se aprecia la crianza de animales menores (patos, gallinas).

Fuente: SENARA CATIE, 2014

Complementario a esta información y de acuerdo con SENARA, las actividades productivas más resaltantes son las siguientes: desarrollo urbanístico en el cual se cuenta con viviendas unifamiliares sin alcantarillado, sistemas urbanísticos y condominios con o sin alcantarillado y plantas de tratamiento, hoteles y similares para hospedaje; actividad ganadera con actividades como ganadería extensiva, sistemas semi intensivos e intensivos de producción de ganado y otros como granja porcina, avícola, lecherías etc.; actividades agrícolas con producción de sistemas convencionales como café, caña de azúcar, fresa, entre otros. Sistemas de conservación y de producción orgánica. Y unos pocos en actividades relacionadas al comercio, industria, depósitos, entre otros. (SENARA CATIE 2014).

De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad de los acuíferos Barva, Colima superior e inferior y el Río Virilla a la contaminación presentado por la provincia de Heredia, muestra que San José de la Montaña presenta una vulnerabilidad media-alta, debido a las actividades productivas que se van desarrollando, así como la deficiente infraestructura con la que se cuenta para el manejo de las aguas servidas y deshechos domiciliarios e industriales. (SENARA CATIE 2014).

En la actualidad el distrito de San José de la Montaña se ha transformado debido a su proceso de desarrollo. Por su ubicación geográfica tiene los afluentes de agua de la provincia de Heredia, su potencial hídrico es de los más importantes para el país.

Hoy este potencial es la causa de conflictos sobre la tenencia de tierra, lo que significa una limitante para el distrito, debido a que se restringe el crecimiento urbano e industria en la zona. Adicional a esta problemática se presentan el desempleo en el distrito y la migración de los jóvenes. (SENARA CATIE 2014).

De acuerdo con los informantes, el distrito por su antigüedad, muestra un desarrollo histórico y por ser el más grande del cantón, presenta en los últimos años un crecimiento poblacional, comercial e industrial, lo que contrasta con las restricciones dadas para la conservación de su potencial hídrico. En la población prevalece el arraigo cultural (sus costumbres y tradiciones) reconocen las características hidrográficas de la zona que les beneficia tanto a su distrito como al cantón en general. (SENARA CATIE 2014).

4.1.10 Microcuenca del río Porrosatí.

La microcuenca del Río Porrosatí limita con el cantón de Santa Bárbara y Barva, de acuerdo con el número de orden la cuenca se denomina de orden cinco y ésta forma parte de la unidad geomorfológica de origen volcánico que comprende el volcán Barva. En esta unidad se presentan laderas con pendientes variadas compuestas por lavas viejas, andesitas, aglomerados y piroclastos. (Pierre 2007).

En la cercanía con la cima del volcán Barva se abren cráteres que albergan lagunas con agua de lluvia, además existen aguas termales y conos adventicios que pertenecen a la formación reciente del Holceno, provenientes de una estructura de calderas de explosión. En el sector existen también una colada de lava muy conservada y los ríos que descienden por el piedemonte volcánico producen rápidas y pequeñas cascadas, causadas por la erosión fluvial. (Pierre 2007).

El sistema fluvial de la cuenca corresponde a la vertiente del Pacífico, la cuenca esta drenada por los ríos Zanjón, quebradas La Cruz, Posada, Máquina, Amanda, Delfina, Birrí, Altagracia, Cipresal, Roble Alto, Nabori y Huaca.

Estos ríos y quebradas nacen en las laderas del volcán Barva y presentan una dirección de norte a sur y de noroeste a suroeste.

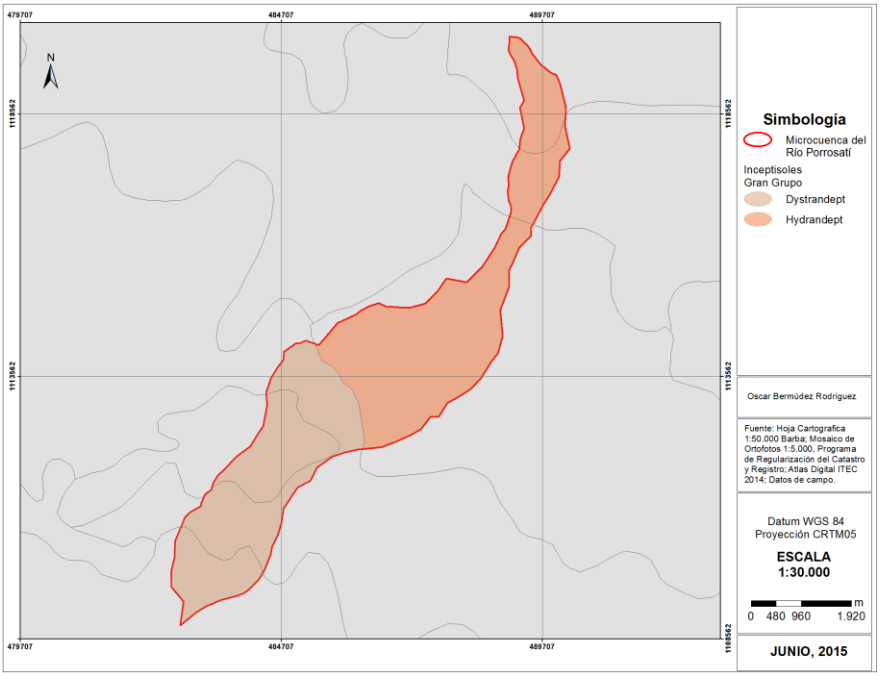


Figura 5. Tipo de suelos de la microcuenca del río Porrosatí.

Fuente: Óscar Bermúdez R. junio 2015.

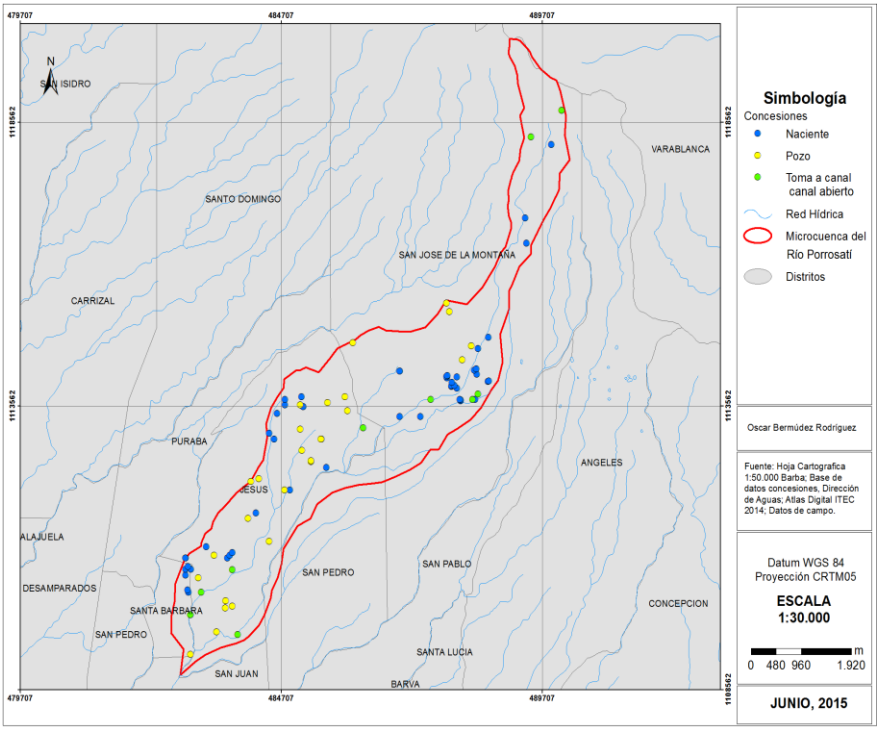


Figura 6. Nacientes y pozos de la microcuenca del río Porrosatí

Fuente: Óscar Bermúdez R. junio 2015.

La geología de la cuenca se constituye de rocas ígneas de origen volcánico del cuaternario, materiales que forman edificios volcánicos, comprende un gran número de tipos de rocas tales como coladas de andestia, tobas, ignimbritas, piroclastos finos y lahares. En conjunto producen brechas y otras rocas como lava originadas de la masa fundida que asciende a la superficie terrestre durante las erupciones de los volcanes. (Sibaja 2014).

La cuenca del Porrosatí está compuesta por piroclastos gruesos combinado por lava porfiriticas, es decir lahares entre unidades de lava, así mismo está integrada por arenas volcánicas gruesas y tobas arcillosas meteorizadas que forman acuitardos de gran extensión. (Sibaja 2014).

A lo largo de la cuenca se presentan diferentes usos de suelo y con el paso del tiempo se nota la diferencia en la densidad del uso, esto dependiendo de las políticas económicas de cada año. En los inicios de 1945 predominaba el pasto, pero

ya para 1992 predomina el café, en el 2005 la competencia fue entre el café y el uso urbano.

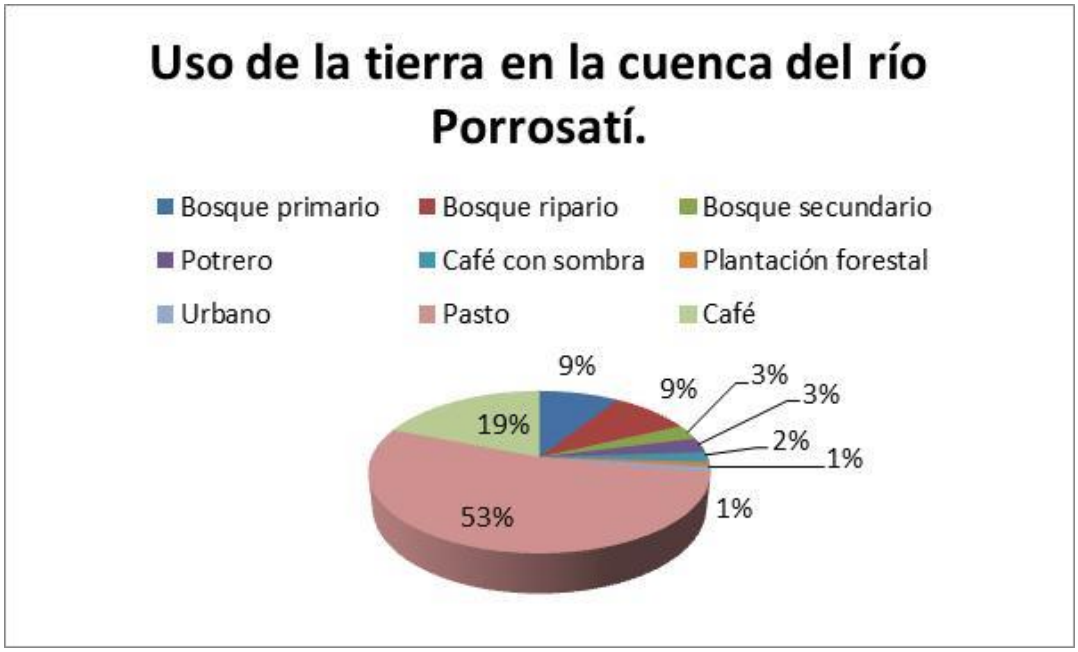


Figura 7.Usos de suelo en la micro cuenca del río Porrosatí

Fuente: Sibaja Cascante. 2014.

Las principales actividades desarrolladas en la cuenca del Rio Porrosatí son: la de pastoreo que representa un 53%, seguida de la presencia de bosque secundario con un 19% y finalmente la de bosque ripario y bosque primario ambas con un 9%.

4.2 Resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos

Cuadro 8. Puntos de muestreo

Punto	Ubicación /Descripción	Coordenadas
1	Zona protegida Finca privada Jorge Steinvorth, Paso Llano	N 10.10014° W 84.09698°
2	Finca privada Jorge Steinvorth a la altura de puente de madera, Paso Llano	N 10.09661° W 84.09812°
3	Segundo puente de madera, límite con canopy, Paso Llano	N 10.09307° W 84.10133°

Punto	Ubicación /Descripción	Coordenadas
4	Finca privada utilizada para actividad turística (canopy), Paso Llano	N 10.08159° W 84.10345°
5	Altura del puente vehicular ubicado en la entrada de la finca privada La Marta, San Miguel	N 10.07448° W 84.10687°
6	Sector Roble Alto	N 10.06400° W 84.12072°

Fuente de elaboración Propia 2016.

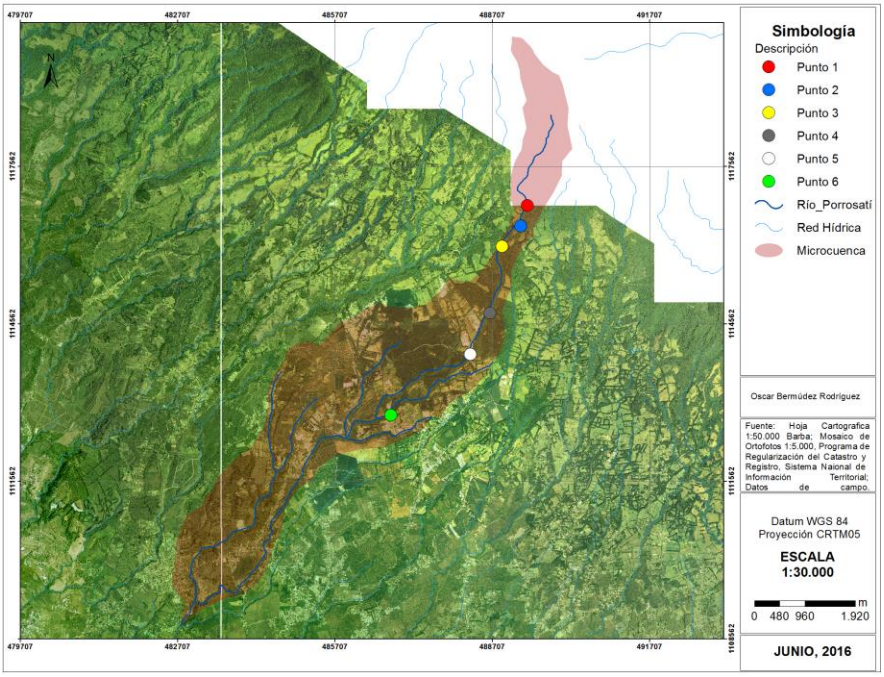


Figura 8. Puntos de muestreo en la microcuenca del río Porrosatí

Fuente: Óscar Bermúdez R. junio 2016.

4.2.1 Descripción de los puntos de muestreo

Punto 1:

Es el punto de muestreo más alto de la zona de estudio, se ubica a la altura de la finca privada de la familia Steinvorth, zona protegida y altamente boscosa. Localizada en el poblado de Paso Llano, zona rural, utilizada para la producción de leche, fincas maderables y cultivos de plantas ornamentales, presencia de pocas viviendas.

La densidad poblacional en este punto de muestreo es muy baja por lo que la zona de protección no se encuentra invadida, es importante destacar que debido a que el río atraviesa fincas privadas, el acceso al punto es restringido, fue necesario solicitar la previa autorización a los propietarios para la toma de las muestras.

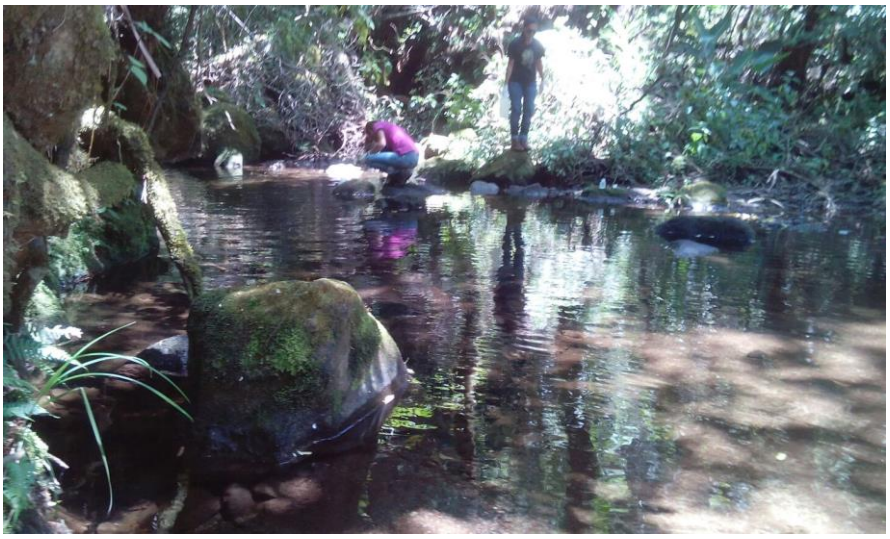


Figura 9. Punto de muestreo N° 1

Punto 2:

Es el segundo punto de muestreo más alto dentro de la zona de estudio, ubicado a la altura de puente de madera dentro de finca privada, localizado aproximadamente 1 km más abajo del primer punto de muestreo, zona rural, donde se practica la ganadería (producción de leche), presencia de zona boscosa e inexistencia de viviendas en el punto de muestreo.

Debido a su ubicación dentro de la microcuenca, la densidad poblacional en este punto de muestreo, es muy baja, sin embargo, es importante destacar que se localiza una lechería a escasos metros del río.

Figura 10. Punto de muestreo N° 2

Punto 3:

Se encuentra ubicado contiguo al puente de madera dentro de finca privada, limita con el canopy, localizado aproximadamente 800 metros más abajo del segundo punto de muestreo, zona rural, donde se practica la extracción de madera, presencia de zona boscosa e inexistencia de viviendas en el punto de muestreo.

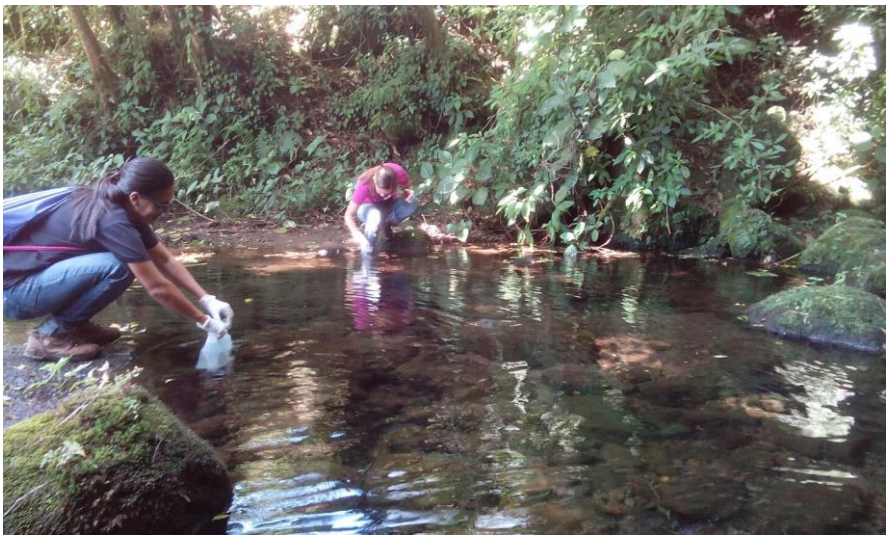


Figura 11. Punto de muestreo N° 3

Punto 4:

Se ubica dentro de finca privada utilizada para actividad turística (canopy, ciclismo de montaña), extracción de madera y siembra de plantas ornamentales, se localiza aproximadamente a 1 kilómetro más abajo del punto de muestreo anterior, zona urbano-rural, con presencia de pocas viviendas.

Debido a su ubicación dentro de la microcuenca, la densidad poblacional en este punto de muestreo es muy baja por lo que la zona de protección no se encuentra invadida.

Figura 12. Punto de muestreo N° 4

Punto 5:

Se encuentra ubicado al costado norte del templo católico de la comunidad de San Miguel, a la altura del puente vehicular ubicado en la entrada de la finca privada La Marta, en este sitio se observa presencia de viviendas a ambos lados del rio, la zona es urbano-rural.

Debido a su ubicación dentro de la microcuenca, la densidad poblacional en este punto de muestreo es más alta. En este punto si se observó la descarga directa de aguas residuales al río por medio de tuberías.

Figura 13. Punto de muestreo N° 5

Punto 6:

Es el punto de muestreo más bajo pues se encuentra dentro de la propiedad de la finca Roble Alto, es un punto representativo, ya que es punto de llegada de aguas que vienen desde las partes más altas de la microcuenca.

En cuanto a las características presentes en los alrededores de este punto de muestreo, se puede citar la presencia de vegetación en las márgenes del río, densidad poblacional considerable, presencia de granja avícola, lechería, hogar bíblico (niños), campamento de eventos recreativos, escuela, otros.

Figura 14. Punto de muestreo N° 6

La protección de los recursos hídricos incide de forma positiva en los ecosistemas y la salud humana, lo que es parte de una serie de medidas conservacionistas conducentes al desarrollo sostenible de un país. Igualmente, la recuperación y conservación de las características físico químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales son fundamentales con el propósito de que estas puedan ser usadas con diferentes fines sociales, económicos y ambientales con el fin de garantizar una mejor calidad de vida para los habitantes de un territorio. (Robledo y Venegas 2014).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los muestreos hechos en la parte alta de la microcuenca del Río Porrosatí durante la época de invierno, transición y seca, en los que se detallan los valores obtenidos para cada uno de los parámetros analizados, los cuales fueron analizados mediante la metodología del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico Química del Agua y el método estadístico Fuzzy.

En los siguientes cuadros, se detallan los resultados obtenidos del muestreo correspondientes a la época de invierno en la parte alta de la microcuenca del Rio Porrosatí.

Cuadro 9. Datos de muestreo en época lluviosa

Parámetro	Puntos de muestreo					
	1	2	3	4	5	6
pH (25C)	6,870 ± 0,039	6,200 ± 0,039	6,420 ± 0,039	7,100 ± 0,039	6,290 ± 0,039	6,840 ± 0,039
Turbiedad (NTU)	0,240 ± 0,030	0,300 ± 0,030	2,600 ± 0,080	0,340 ± 0,030	2,160 ± 0,070	0,950 ± 0,050
DBO (mg/l)	nd	Nd	nd	Nd	nd	< 10
DQO (mg/l)	d	Nd	d	D	d	58,0 ± 7,5
SST (mg/l)	nd	0,10 ± 0,68	7,3 ± 0,68	Nd	0,80 ± 0,68	1,40 ± 0,68
SAAM (mg/l)	nd	Nd	nd	Nd	1,86 ± 0,12	nd
Fluoruro (mg/l)	nd	Nd	d	0,169 ± 0,094	0,180 ± 0,094	0,236 ± 0,094
Cloruro (mg/l)	1,8 ± 1,4	1,9 ± 1,4	1,9 ± 1,4	4,1 ± 1,4	4,8 ± 1,4	2,5 ± 1,4
Nitrato (mg/l)	0,42 ± 0,86	0,60 ± 0,86	10,71 ± 0,83	0,89 ± 0,86	0,38 ± 0,86	1,30 ± 0,86
Sulfato (mg/l)	5,49 ± 0,81	3,66 ± 0,82	3,00 ± 0,82	6,24 ± 0,81	8,05 ± 0,80	5,74 ± 0,81
Amonio (µg/l)	461 ± 44	551 ± 44	412 ± 44	65 ± 45	115 ± 45	121 ± 45
Aluminio (µg/l)	484 ± 49	363 ± 33	571 ± 51	1 047 ± 123	732 ± 56	256 ± 49
Hierro (µg/l)	< 0,30	< 0,30	0,46 ± 0,10	0,42 ± 0,10	0,59 ± 0,10	< 0,30
Manganeso (µg/l)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Arsénico (µg/l)	nd	Nd	nd	Nd	d	nd
Oxígeno Disuelto (mgO_2/l)	7,960 ± 0,010	7,770 ± 0,010	7,960 ± 0,010	8,020 ± 0,010	6,760 ± 0,010	7,800 ± 0,010
Porcentaje de Saturación (%)	82,31	80,31	82,31	82,93	69,9	80,66
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	79	$5,4 \times 10^2$	14	6,8	$9,2 \times 10^2$	49

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, 2016.

nd= no detectable
d: detectable

Cuadro 10. Asignación de clase según el sistema holandés en época lluviosa

Punto	Clase	Sumatoria de puntos	Código de color	Interpretación de calidad
1	2	4	Verde	**Contaminación incipiente**
2	2	5	Verde	**Contaminación incipiente**
3	2	4	Verde	**Contaminación incipiente**
4	2	5	Verde	**Contaminación incipiente**
5	2	4	Verde	**Contaminación incipiente**
6	2	4	Verde	**Contaminación incipiente**

Fuente de elaboración Propia 2016.

Para la asignación de la clase de la calidad del agua según el sistema holandés de codificación por colores para la época lluviosa el río Porrosatí, según los datos obtenidos en el muestreo para esta época, se refleja en los cuadros anteriores y fundamentados en el método holandés de valoración de la calidad físico química del agua para cuerpos receptores, se determina que en los seis puntos de muestreo se presenta un grado de contaminación incipiente, lo que indica que esta parte de la microcuenca del río Porrosatí es clase dos, con una codificación de color verde, por lo tanto, puede ser utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano y para abastecimiento de actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano con un tratamiento convencional previo, el cual consiste en proceso de desinfección.

Por lo tanto, para abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias puede ser utilizado sin limitaciones.

Así mismo estas aguas pueden ser utilizables para actividades recreativas de contacto primario, acuacultura, fuente para la protección de las comunidades acuáticas, generación hidroeléctrica, riego de especies arbóreas, cereales, plantas

forrajeras, plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara.

Estas aguas no son utilizables como fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas ni para la navegación.

En los siguientes cuadros, se detallan los resultados obtenidos del muestreo correspondientes a la época de transición en la parte alta de la micirocuenca del Río Porrosatí.

Cuadro 11. Datos de muestreo en época de transición

Parámetro	Puntos de muestreo					
	1	2	3	4	5	6
pH (25C)	5,910 ± 0.039	6,050 ± 0,039	6,040 ± 0,039	7,020 ± 0,039	6,980 ± 0,039	7,540 ± 0,039
Turbiedad (NTU)	4,02 ± 0,12	0,570 ± 0,040	0,260 ± 0,030	2,430 ± 0,080	3,32 ± 0,10	1,140 ± 0,050
DBO (mg/l)	10 ± 10	<10	< 10	< 10	12 ± 10	< 10
DQO (mg/l)	18,7 ± 5,8	nd	nd	nd	21,0 ± 5,8	nd
SST (mg/l)	32,42 ± 0,68	2,88 ± 0,68	7,38 ± 0,68	27,90 ± 0,68	nd	36,60 ± 0,68
SAAM (mg/l)	nd	Nd	nd	nd	0,52 ± 0,11	nd
Fluoruro (mg/l)	< 0,22	< 0,22	<0,22	0,23 ± 0,22	0,23 ± 0,22	< 0,22
Cloruro (mg/l)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	7,6 ± 1,9	2,1 ± 1,9
Nitrato (mg/l)	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,6	1,7 ± 1,5
Sulfato (mg/l)	< 1,8	2,0 ± 1,8	2,5 ± 1,8	6,3 ± 1,8	7,7 ± 1,7	4,7 ± 1,8
Amonio (µg/l)	604 ± 64	375 ± 63	473 ± 63	479 ± 64	729 ± 66	519 ± 64
Aluminio (µg/l)	2 032 ± 232	210 ± 33	565 ± 37	595 ± 43	880 ± 58	462 ± 50
Hierro (µg/l)	3 295 ± 280	281 ± 40	228 ± 41	997 ± 203	266 ± 40	182 ± 41

Manganeso (µg/l)	249 ± 23	261 ± 23	236 ± 22	274 ± 24	177 ± 21	216 ± 22
Arsénico (µg/l)	nd	nd	nd	nd	d	d
Oxígeno Disuelto (mgO_2/l)	3,74±0,010	6,390±0,010	6,580±0,010	7,490±0,010	5,650±0,010	7,220±0,010
Porcentaje de Saturación (%)	36,3 ± 3,6	63,7 ± 6,4	64,6 ± 6,5	78,8 ± 7,9	56,6 ± 5,7	75,6 ± 7,6
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	7,8	$2,4 \times 10^2$	17	No detectable	$1,6 \times 10^3$	$1,4x10^2$

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, 2016.

nd= no detectable
d: detectable

Cuadro 12. Asignación de clase según el sistema holandés en época de transición

Punto	Clase	Sumatoria de puntos	Código de color	Interpretación de calidad
1	3	8	Amarillo	**Contaminación moderada**
2	3	7	Amarillo	**Contaminación moderada**
3	3	7	Amarillo	**Contaminación moderada**
4	3	7	Amarillo	**Contaminación moderada**
5	3	9	Amarillo	**Contaminación moderada**
6	3	8	Amarillo	**Contaminación moderada**

Fuente de elaboración Propia 2016.

Para la asignación de clase de calidad del agua según el Sistema holandés de codificación por colores para la época de transición, con base en los datos obtenidos en el muestreo para esta época, se evidencian en los cuadros anteriores y están fundamentados en el método holandés de valoración de la calidad físico química del agua para cuerpos receptores. Se determinó que en los seis puntos de muestreo se presenta un grado de contaminación moderada, lo cual indica que esta parte de la microcuenca del Río Porrosatí es clase tres, con una codificación de color amarillo, por lo tanto, puede ser utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano y para abastecimiento de agua

para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano con un tratamiento avanzado, el cual consiste en proceso de desinfección, floculación, sedimentación, entre otros, y va a depender del grado de contaminación de la fuente de agua.

Sin embargo, para el abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias puede ser utilizado sin limitaciones.

También puede utilizarse para la generación hidroeléctrica, navegación y riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras. No obstante, para las actividades recreativas de contacto primario, acuacultura, fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas, fuente para la protección de las comunidades acuáticas y riego de plantas sin limitación, riego de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara no es utilizable.

En los siguientes cuadros, se detallan los resultados obtenidos del muestreo correspondientes a la época seca en la parte alta de la microcuenca del Río Porrosatí.

Cuadro 13. Datos de muestreo en época seca

Parámetro	Puntos de muestreo					
	1	2	3	4	5	6
pH (25C)	7,140 ± 0,039	7,120 ± 0,039	6,900 ± 0,039	6,640 ± 0,039	6,500 ± 0,039	6,820 ± 0,039
Turbiedad (NTU)	1,720 ± 0,060	1,470 ± 0,060	3,34 ± 0,10	1,340 ± 0,050	1,520 ± 0,060	1,590 ± 0,060
DBO (mg/l)	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
DQO (mg/l)	D	D	Nd	d	nd	nd
SST (mg/l)	1,08 ± 0,68	4,24 ± 0,68	5,10 ± 0,68	0,80 ± 0,68	nd	2,90 ± 0,68
SAAM (mg/l)	0,11 ± 0,11	< 0,11	0,11 ± 0,11	< 0,11	0,37 ± 0,11	0,13 ± 0,11
Fluoruro (mg/l)	nd	nd	Nd	20,04 ± 0,44	41,22 ± 0,91	19,98 ± 0,44

Cloruro (mg/l)	2,3 ± 1,1	2,1 ± 1,1	2,1 ± 1,1	2,5 ± 1,1	6,0 ± 1,1	3,1 ± 1,1
Nitrato (mg/l)	3,0 ± 1,4	< 1,5	1,8 ± 1,5	1,9 ± 1,5	< 1,5	2,9 ± 1,4
Sulfato (mg/l)	8,0 ± 1,6	2,8 ± 1,7	3,2 ± 1,7	7,3 ± 1,6	6,7 ± 1,6	5,9 ± 1,6
Amonio (µg/l)	240 ± 58	91 ± 59	116 ± 59	85 ± 60	345 ± 58	91 ± 59
Aluminio (µg/l)	335 ± 32	519 ± 35	320 ± 32	508 ± 35	449 ± 34	1 872 ± 183
Hierro (µg/l)	666 ± 58	266 ± 40	220 ± 41	199 ± 41	751 ± 59	971 ± 87
Manganeso (µg/l)	300 ± 25	177 ± 21	261 ± 23	236 ± 22	248 ± 23	220 ± 22
Arsénico (µg/l)	nd	nd	Nd	d	d	d
Oxígeno Disuelto (mgO_2/l)	3,550 ± 0,010	7,860 ± 0,010	6,820 ± 0,010	3,810 ± 0,010	5,710 ± 0,010	7,930 ± 0,010
Porcentaje de Saturación (%)	32,9 ± 3,33	75,7 ± 7,6	65,0 ± 6,5	37,4 ± 3,7	57,2 ± 5,7	85,3 ± 8,5
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	< 1600	< 1600	170	23	< 1600	< 1600

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, 2016.

nd= no detectable
d: detectable

Cuadro 14. Asignación de clase según el sistema holandés en época seca

Punto	Clase	Sumatoria de puntos	Código de color	Interpretación de calidad
1	3	8	Amarillo	**Contaminación moderada**
2	3	7	Amarillo	**Contaminación moderada**
3	3	7	Amarillo	**Contaminación moderada**
4	3	7	Amarillo	**Contaminación moderada**
5	3	9	Amarillo	**Contaminación moderada**
6	3	8	Amarillo	**Contaminación moderada**

Fuente de elaboración Propia 2016.

Para la asignación de la clase de la calidad del agua según el sistema holandés de codificación por colores para esta época, con base en los datos obtenidos en el muestreo, se refleja en los cuadros anteriores y fundamentados en el método holandés de valoración de la calidad físico química del agua para cuerpos receptores, se determinó que en los seis puntos de muestreo se presenta un grado de contaminación moderada, mismos datos que los obtenidos en los muestreos de la época de transición, por lo que se determina que esta parte de la microcuenca del río Porrosatí es clase tres, con una codificación de color amarillo, por lo tanto, puede ser utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano y para abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano con un tratamiento avanzado.

Sin embargo, para el abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias puede ser utilizado sin limitaciones.

Para la generación hidroeléctrica, navegación y riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras es utilizable. No obstante, para las actividades recreativas de contacto primario, acuacultura, fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas, fuente para la protección de las comunidades acuáticas y riego de plantas sin limitación, riego de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara no es utilizable.

Con base en lo descrito anteriormente, se determinó que la parte alta de la microcuenca del río Porrosatí es clase tres con un grado de contaminación moderada, ya que esta fue la condición que se mantuvo mayormente en dos de tres épocas de muestreo (transición y seca). Por lo tanto, para la utilización del recurso hídrico para consumo humano, se requiere de un tratamiento avanzado.

Cuadro 15. Análisis de resultados según la prueba Fuzzy en época lluviosa

Sitio de Muestreo	Clase 1 (%)	Clase 2 (%)	Clase 3 (%)	Clase 4 (%)	Clase 5 (%)
Punto 1	66,7	25,0	8,3	0,0	0,0
Punto 2	58,3	25,0	16,7	0,0	0,0
Punto 3	50,0	25,0	25,0	0,0	0,0
Punto 4	66,7	16,7	16,7	0,0	0,0
Punto 5	50,0	16,7	16,7	16,7	0,0
Punto 6	50,0	25,0	16,7	8,3	0,0
Promedio	56,9	22,2	16,7	4,2	0,0

Fuente de elaboración Propia 2016.

Cuadro 16. Análisis de resultados según la prueba Fuzzy en época de transición

Sitio de Muestreo	Clase 1 (%)	Clase 2 (%)	Clase 3 (%)	Clase 4 (%)	Clase 5 (%)
Punto 1	63,6	0	18,2	18,2	0,0
Punto 2	63,6	9,1	18,2	9,1	0,0
Punto 3	63,6	9,1	18,2	9,1	0,0
Punto 4	63,6	0,0	27,3	9,1	0,0
Punto 5	54,5	9,1	27,3	9,1	0,0
Punto 6	54,5	9,1	27,3	8,3	0,0
Promedio	60,6	6,06	22,7	10,5	0,0

Fuente de elaboración Propia 2016.

Cuadro 17. Análisis de resultados según la prueba Fuzzy para la época seca

Sitio de Muestreo	Clase 1 (%)	Clase 2 (%)	Clase 3 (%)	Clase 4 (%)	Clase 5 (%)
Punto 1	72,7	0,0	18,2	9,1	0,0
Punto 2	72,7	0,0	18,2	9,1	0,0
Punto 3	72,7	9,1	9,1	9,1	0,0
Punto 4	70,0	10,0	10,0	10,0	0,0
Punto 5	70,0	0,0	20,0	10,0	0,0
Punto 6	72,7	0,0	18,2	9,1	0,0
Promedio	71,8	3,2	15,6	9,4	0,0

Fuente de elaboración Propia 2016.

Con base en el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales, referente a parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas en dicho reglamento, mediante la aplicación de la prueba estadística Fuzzy para la época lluviosa se determinó que el río en todos los puntos de muestreo es mayormente clase uno, lo que representado por un 56,9%.

Para la época de transición y seca el río en todos los puntos de muestreo también se clasifican como clase uno principalmente, lo que implica un 60,6% y un 71,8% respectivamente.

Sin embargo, es importante destacar que pese a que en las tres épocas de muestreo determinan que el Río Porrosatí mayoritariamente es clase uno, este tiene también un comportamiento de clase 2, lo cual está representado por un 22,2% en época lluviosa, 6,06 % en transición y 3,2% en verano, por consiguiente la clase tres está determinada por un 16,7%época lluviosa, 22,7% en transición y 15,6% en verano. Finalmente la clase cuatro aporta un 4,2% en época lluviosa, 10,5% en transición y un 9,4% en verano.

Existe presencia de contaminación por coliformes fecales prácticamente en todos los puntos de muestreo, los que pueden ser generados por presencia de animales en la zona, por aguas residuales provenientes de lecherías ubicadas en fincas privadas, las cuales descargan sus aguas al río sin ningún tratamiento, así como por la influencia de descargas de aguas negras al río provenientes de viviendas aledañas al río.

Para el análisis de los parámetros que no se contemplan en el reglamento citado, se utilizó como referencia el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, Decreto Ejecutivo N° 38924-S, tomando como base el cuadro 3 y 4 de dicho reglamento.

Para la época lluviosa los parámetros Amonio, Hierro y Manganeso cumplen con el límite máximo admisible establecido en el reglamento citado, no obstante el Aluminio sobre pasa el límite permitido.

Para la época de transición solamente se cumple con el parámetro de Manganeso, ya que el Amonio, Aluminio y Hierro se encuentran sobre límite máximo permitido.
De los resultados descritos anteriormente se concluyó que el incumplimiento del Amonio, en los puntos de muestreo más críticos (1 y 5), esta situación puede estar asociada a la presencia de excretas de animales y de humanos.

Finalmente para la época seca, los valores incumplidos corresponden al Aluminio y el Hierro, lo que cumple con el parámetro de Amonio y Manganeso.

En relación al Aluminio, el Hierro y el Manganeso son metales presentes de forma natural en la tierra, los cuales se encuentran en suelos y rocas en forma de compuestos insolubles, se determina que el incumplimiento puede estar relacionado con el proceso de erosión del suelo o bien por escorrentía. (Hilleboe 2010).

4.3 Resultados de la aplicación de las encuestas

Con la aplicación de la encuesta, se exploraron aspectos que tienen relación directa con el Río Porrosatí, se registraron opiniones relacionadas con aspectos institucionales, del entorno natural, participación y opinión ciudadana para contextualizar el estudio.

Los temas contemplados en la encuesta fueron los siguientes: datos personales, disposición de las aguas residuales, percepción de la ciudadanía en relación a la problemática socio ambiental del río Porrosatí, percepción de la comunidad con respecto a las gestiones realizadas por el gobierno local, participación de la comunidad en acciones para proteger el río.

De las personas encuestada el 55 % son varones, mientras que el 45% son mujeres, los rangos de edad varían entre los 18 y 70 años, el rango de edad más común fueron las personas con mas de 50 años, representado con un 29 %. (Anexo 3).

En cuanto al nivel de escolaridad, la mayoría de los encuestados tenían grado de primaria incompleta el cual representa un 42%, un 30% primaria completa, 6% secundaria completa y un 8% universitaria completa. (Anexo 3).

Todas las personas son habitantes de zonas aledañas al RíoPorrosatí, por más de 10 años, representado por un 80%. (Anexo 3).

En cuanto a la forma de evacuación de las aguas residuales de las viviendas, el 100% indicaron que cuentan con tanque séptico para la disposición de las aguas negras, mientras que las aguas servidas el 42% las evacúa a acequias o sobre la misma propiedad o simplemente indicaron tener desconocimiento, 26 % lo hace a la vía pública o cordón de caño, 19 % al tanque séptico y drenaje y un 13% descargan directamente al río. (Figura 15)

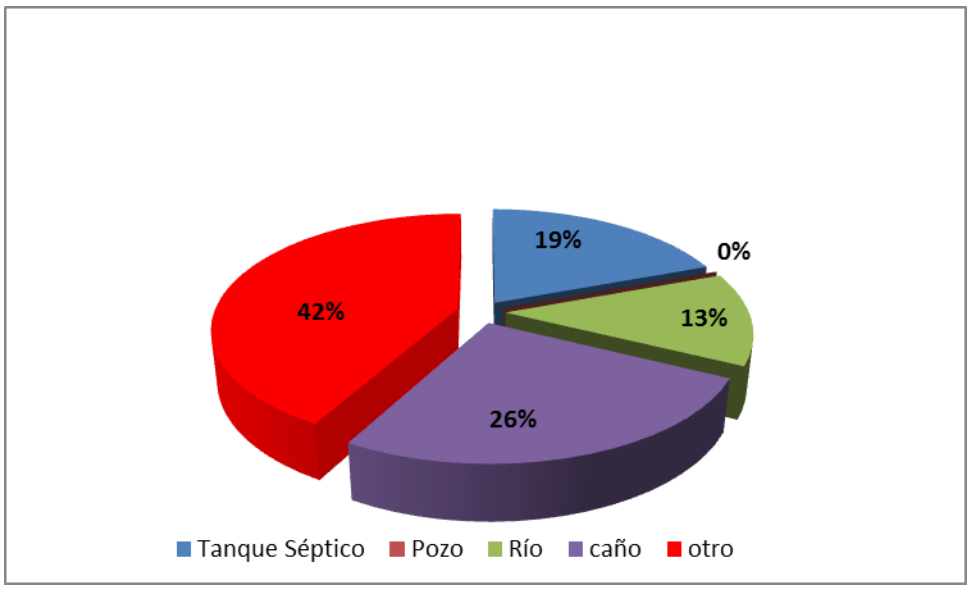


Figura 15. Disposición de aguas servidas en el área de estudio

Fuente de elaboración Propia 2016.

De las 30 personas encuestadas, 16 tienen conocimiento de las comunidades por donde atraviesa el río Porrosatí, mientras que 15 manifestaron tener desconocimiento. (Anexo 3).

Al consultarles si han percibido alguna molestia causada por el río Porrosatí, 27 personas respondieron no haber tenido ninguna , mientras que 4 respondieron que si. (Anexo 3).

Además, se consultó si habían percibido alguna fuente de contaminación que afecte al río, 52% indicaron no conocer ninguna y un 48 % indicó conocer alguna fuente de contaminación del río. (Anexo 3).

Dentro de los principales problemas citados por quienes respondieron afirmativamente, destacan que estas fuentes provienen principalmente de fincas(lecherías, granjas) que descargan sus aguas al río y produce malos olores, seguido de las viviendas y empresas que lanzan sus aguas jabonosas al río y lo

menos común es la presencia de basura en el río, lo cual indican que no proviene de los vecinos de la zona , si no de personas que visitan el lugar. (Figura 16).

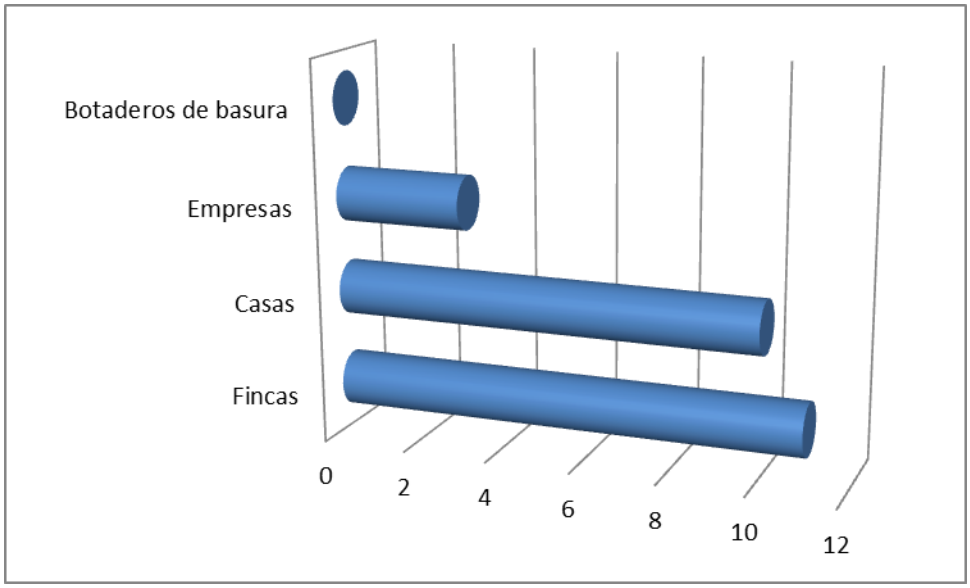


Figura 16. Fuentes de contaminación percibidas por la población

Fuente de elaboración Propia 2016.

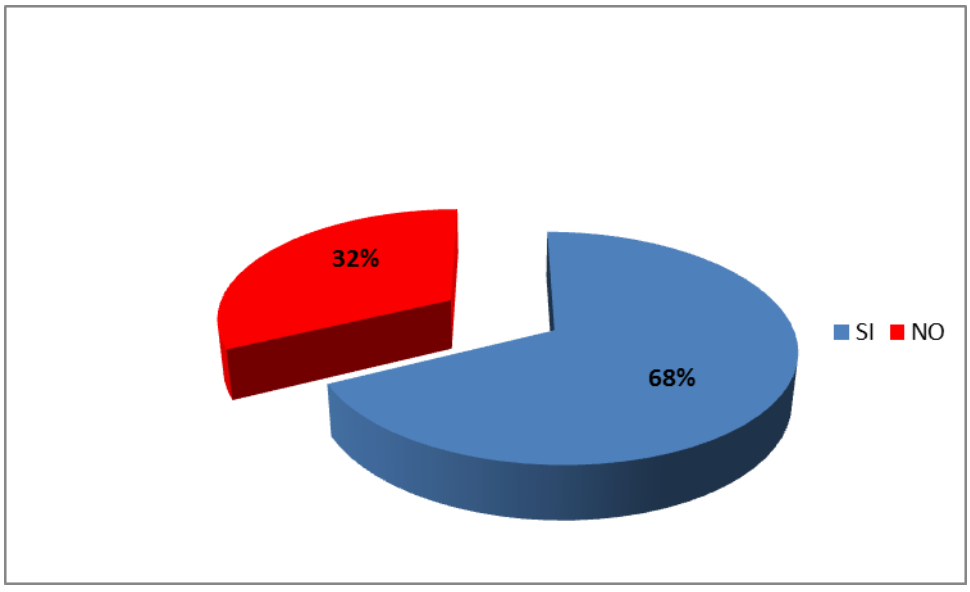


Figura 17. Percepción de la población sobre posible contaminación del río

Fuente de elaboración Propia 2016.

Al consultarles si consideran que el río Porrosatí se encuentra contaminado, el 68% respondió que si y un 32% que no, 20 personas indicaron que nunca habían percibido la emanación de olores desagradables provenientes del río y solamente 11 indicaron si haber percibido al menos una vez.(Figura 17)

En cuanto a la participación ciudadana, 20 personas indicaron haber realizado alguna acción para evitar la contaminación del Río Porrosatí, mientras que 11 respondieron no haber hecho nada. (Anexo 3).

Dentro de las acciones realizas por las que respondieron afirmativamente destacan, algunos vecinos que han interpuesto denuncias ante la municipalidad, MINAE, Ministerio de Salud denunciando diferentes asuntos, además algunos han participado en campañas de reforestación en zonas de protección y de amortiguamiento, algunos han participado en campañas de limpieza del río y otros indican que reciclan.

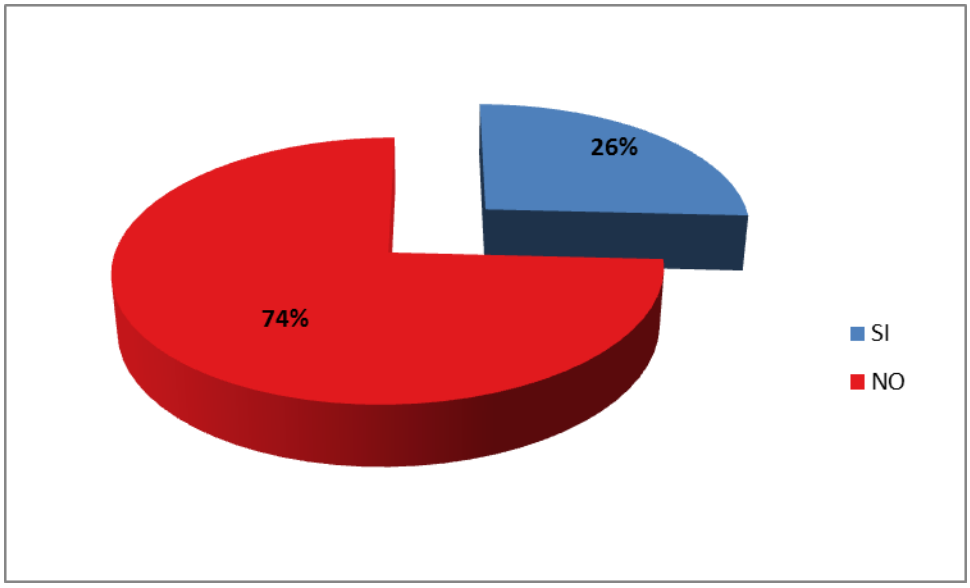


Figura 18. Conocimiento de la población sobre la intervención del gobierno en acciones para proteger el río

Fuente de elaboración Propia 2016.

En cuanto a la percepción de los habitantes en relación a la gestión municipal sobre el río Porrosatí el 74% indica desconocer si la Municipalidad del Cantón realiza alguna gestión de intervención para proteger el río, mientras que el 26 % indica conocer de alguna intervención municipal. (Figura 18).

La mayoría de los enuestados no se encuentran satisfechos con las acciones de intervención realizadas por el gobierno local, dato importante para la efectividad en el desarrollo de un plan de remediación o una propuesta de gestión ambiental.

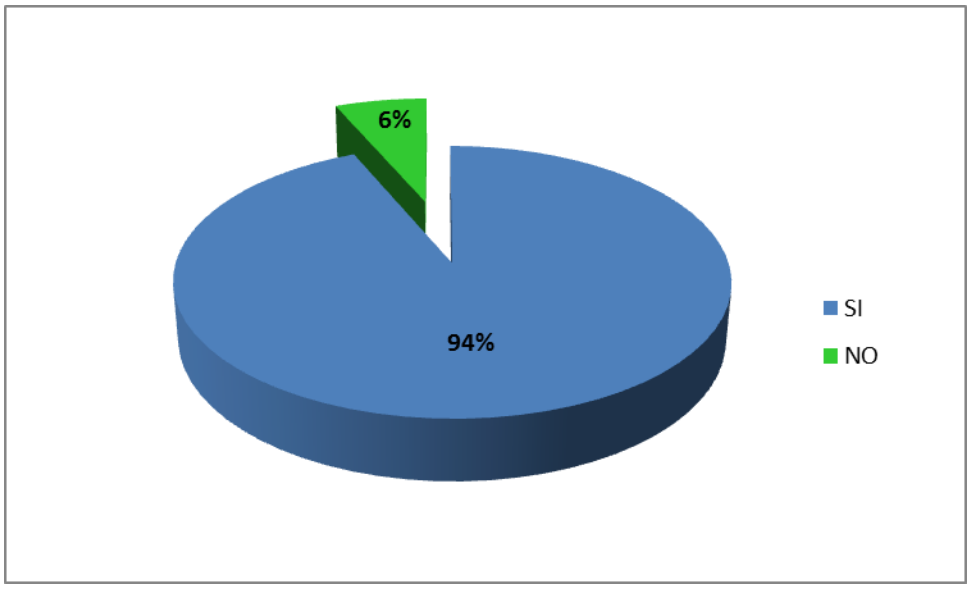


Figura 19. Consideración de la población de realizar acciones para proteger el río

Fuente de elaboración Propia 2016.

Al consultarles a los encuestados si consideraban necesario realizar acciones para proteger el río, el 94 % respondió que sí y solo un 6% indican que no, ya que consideran que el río no está contaminado. (Figura19).

Dentro de las respuestas aportadas de los que respondieron afirmativamente, se encuentra que es necesario sembrar más árboles,no botar basura en las calles ni los ríos, no tirar aguas residuales a los ríos, realizar acciones de limpieza del río,

tener mejores controles por parte de las instituciones gubernamentales inherentes al tema, brindar educación ambiental a la comunidad.

Todos los datos aportados por los encuestados, constituyeron un gran insumo para el presente trabajo, pues estos representan la percepción de los pobladores en relación con el tema de investigación. Por lo tanto, estos datos sirven para identificar factibilidad de un proyecto de gestión ambiental sobre esta microcuenca, pues la percepción social de la población en relación con la situación socioambiental definirá parte de la metodología que deba seguir cualquier estrategia de remediación de la microcuenca del Río Porrosatí.

Es importante destacar que del total de la población encuestada el 42% posee grado de primaria incompleta, por lo tanto, a la hora de realizar trabajos que involucren a la comunidad como charlas, talleres entre otros, se debe partir desde un enfoque básico para que sea de entendimiento de los pobladores y de esta manera se obtengan mejores resultados.

4.4. Propuesta de plan de manejo para la recuperación de la microcuenca

Con base en la información recopilada en las etapas previas de la presente investigación, a continuación se presenta la propuesta que pretende contribuir con la recuperación de la parte alta de la microcuenca del Río Porrosatí, con el objetivo de reducir el impacto ambiental por aguas residuales, también se pretende mejorar la relación entre los habitantes de la zona y el río mediante concienciación y educación ambiental.

Para la elaboración de esta propuesta se utilizó como referencia la propuesta implementada por (Solano 2011), que fue un estudio en la microcuenca del Río Damas. Dicha propuesta se fundamenta en el Manual para la implementación Integrada del Recurso Hídrico, elaborado por Red Centroamericana de Instituciones de Ingeniería (REDICA).

A. Plan de manejo de la microcuenca del Río Porrosatí

Diagnóstico

El diagnóstico implica la determinación de las condiciones actuales de la microcuenca, se toman en cuenta los aspectos físicos, socioeconómicos, culturales y calidad del agua del río. (REDICA, 2005).

En el presente estudio ya se elaboró el diagnóstico de la zona de estudio, (ver capítulo III).

Planificación de la estrategia

El modelo de desarrollo de la Gestión Integral del Recurso Hídrico plantea un modelo para la ejecución de proyectos mediante la conformación de un comité, éste debe estar integrado por miembros de la comunidad, funcionarios públicos y representantes de grupos interesados.

Este comité será el encargado de liderar el proceso de desarrollo de la GIRH dentro de la microcuenca del Río Porrosatí. El modelo inicia con una base que corresponde a un organismo promotor, que en este caso podría estar liderado por la ASADA de San José de la Montaña.

Actualmente, en el distrito de San José de la Montaña existe un comité del agua conformado aproximadamente desde el año 2010, está integrado por miembros de la ASADA, de la comunidad como iglesia, escuelas y colegio. Dicho comité fundamenta su accionar en la metodología de los planes de seguridad del agua de la OMS, por su parte dentro de sus acciones destacan las campañas de limpieza y mantenimiento en los ríos y nacientes, así como proyectos de reforestación.

El Comité debe mantener contacto permanente con instituciones como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud y Universidades Estatales.

Para definir e implementar la estrategia de desarrollo, se tomaron como base los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico.
A partir de esta etapa se identificaron cuáles actividades o proyectos se pueden desarrollar, además de considerar las situaciones críticas encontradas, objetivos y actividades para combatir dichas situaciones, recursos necesarios, actores y responsables involucrados.

Para cada actividad planteada se establecen indicadores de gestión, cumplimiento de objetivos, influencia de la actividad realizada, y cumplimiento de la meta en el tiempo esperado, los que serán medidos en la etapa de monitoreo. (REDICA, 2005).

Para efectos de este estudio se propone la siguiente estrategia de desarrollo, ésta puede ser utilizada por la ASADA de San José de la Montaña para mejorar su accionar dentro de la microcuenca. Las acciones propuestas se pueden implementar en el mediano y largo plazo.

La estrategia se divide de la siguiente manera:

a. Manejo integral y saneamiento del río.

b. Plan de acción socio ambiental.

Es importante aclarar que los planes de acción no se ejecutan en el orden en que son planteados, la división se realizó para organizar las propuestas por tema. Se pueden planificar los proyectos para el cumplimiento de los objetivos de cada plan a lo largo del tiempo de manera combinada, según presupuesto, personal, objetivos y metas anuales.

Se recomienda iniciar con las propuestas más sencillas a corto plazo e ir organizando las más complejas a los largo del tiempo, hasta que se logren realizar la mayoría de ellas y alcanzar, los objetivos más relevantes y con ello el cambio en la gestión de la microcuenca.

Etapas de la propuesta

Plan de Acción sobre el manejo integral y saneamiento del río.

El presente plan de acción plantea la unidad de cuenca hidrográfica como la unidad territorial de planeación y acción, toma en cuenta aspectos como lluvias, escurrimientos, infiltraciones y sistema de afluentes dentro de la microcuenca, a la hora de tomar decisiones que impacten al río.

Con respecto a las descargas de aguas residuales, para asegurar que el río recupere sus cualidades biológicas y físico-químicas se considera que no es suficiente con la aplicación de los máximos permisibles establecidos en la legislación vigente, pues se considera importante que los máximos permisibles deben fijarse de acuerdo con la capacidad de autodepuración de cada cuerpo de agua, así como tomar en cuenta aspectos de caudal, geomorfología, entre otras condiciones más.

Con respecto a las descargas de aguas residuales en la zona de estudio, se determinó que las mismas provienen de viviendas y lecherías en su mayoría. De manera que las medidas de saneamiento y de regulación del aprovechamiento del agua potable deberán estar enfocadas principalmente hacia la regulación de estas actividades.

La gestión integrada del río contempla los siguientes objetivos:

Protección de las zonas de recarga en la parte alta de la microcuenca: promover la reforestación y protección de las zonas altas.

Saneamiento del río: realizar un inventario de las viviendas y establecimientos ilegales que realizan las descargas de aguas residuales al río. Para ello se requiere de mayor fiscalización por parte de las instituciones estatales como la Municipalidad en lo referente a construcciones ilegales y nuevas para verificar el cumplimiento de la normativa en el campo, así como mayor fiscalización por parte

del Ministerio de Salud y SENASA en lo relacionado a permisos sanitarios de funcionamiento y Certificados veterinarios de operación en actividades comerciales, las cuales deben contar con un adecuado sistema de disposición final de aguas residuales de acuerdo con la normativa vigente.

Para mantener un control permanente de la salud del río y de la eficiencia de las medidas tomadas, se debe llevar a cabo la constante vigilancia de la calidad del agua del río, mediante análisis físico-químicos y microbiológicos por parte de la ASADA.

Cuadro 18. Plan de acción 1

Plan de acción 1				
Manejo integral y saneamiento del río				
Objetivos	**Actividades**	**Actores y responsables**	**Recursos necesarios**	**Observaciones**
1- Proteger las zonas de recarga en la parte alta de la Microcuenca	Establecer zonas protegidas y promover la reforestación en las áreas que lo requieran	Municipalidad ASADA	Mano de obra Especies para sembrar Presupuesto para la compra de las especies de árboles.	Debe existir un plan regulador que contemple estas zonas
2- Sanear el río	Realizar un inventario de las descargas de aguas residuales al río, generadas por actividades comerciales, viviendas y construcciones nuevas y existentes	Municipalidad Ministerio de Salud		Identificar las conexiones ilegales de descarga de aguas residuales al río.
	Controlar la descarga ilegal de aguas residuales provenientes de viviendas y actividades comerciales	Municipalidad Ministerio de Salud SENASA		Verificar si las actividades comerciales cuentan con patente municipal, Permiso Sanitario de Funcionamiento o Certificado

				Veterinario de Operación. Notificar órdenes sanitarias a administrados que descarguen sus aguas residuales al rio de forma irregular, en cumplimiento de la legislación vigente. Ordenar la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en actividades comerciales que descargas sus aguas residuales de forma irregular al rio. Por parte de las instituciones se deben aplicar las medidas correspondientes como realizar la clausura de establecimientos que no cuenten con los respectivos permisos.
	Vigilancia de la calidad del agua del río	ASADA Universidades estatales		Muestreo y análisis periódicos de la calidad del agua. Se deben buscar alianzas con universidades estatales y laboratorios certificados.

Plan de acción socio-ambiental y educación ambiental

Esta parte de la estrategia busca principalmente establecer las medidas que se pueden tomar para mejorar la relación entre la sociedad y el ambiente, para esto se requieren medidas de uso eficiente del agua, mejor disposición y control de vertidos de aguas residuales y el impulso a una nueva cultura ambiental fomentada por medio de la educación y la concientización. (Solano 2011).

Para la implementación del plan de acción socio-ambiental es importante tomar en cuenta las ideas e iniciativas de los habitantes de la zona.

Para este plan de acción se establece el siguiente objetivo:

Planificar actividades de educación ambiental: se requiere incorporar a la comunidad en los distintos proyectos. Para esto, el comité para la GIRH debe planificar actividades de educación e información en todos los niveles de gestión. Para esta etapa se propone llevar a cabo talleres participativos en las comunidades.

Es importante destacar que por cada actividad que se realice, se debe llevar un registro de la participación.
Se propone realizar talleres y cursos que puedan generar fuentes de empleo, recreación y educación ambiental, en temas tales como: lombri-compost, biodigestores, centros de acopio, hidroponía, agricultura orgánica, charlas y trabajos comunitarios ambientales en escuelas y colegios como ferias científicas, realizar alianzas con comités de vecinos que ya estén organizados para la promoción de los distintos proyectos y actividades.

Algunos de estos cursos y talleres pueden hacerse en conjunto con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), universidades e instituciones estatales.

Cuadro 19. Plan de acción 2

Plan de acción 2				
Plan de acción socio- ambiental y educación ambiental				
Objetivos	**Actividades**	**Actores y responsables**	**Recursos necesarios**	**Observaciones**
Planificar actividades de educación ambiental e información	Realizar talleres participativos en las comunidades y centros educativos como escuelas y colegios	ASADA Municipalidad Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) Ministerio de Salud Universidades estatales, escuelas y colegios		Se podrían generar fuentes de empleo. Se proponen temas como lombri-compost, biodigestores, establecimiento de centros de acopio, hidroponía, agricultura orgánica, manejo de fincas sostenibles.

Monitoreo

El monitoreo se realizará mediante la evaluación de la ejecución de los planes de trabajo propuestos y la medición y cumplimiento de los indicadores planteados. Este monitoreo debe de ser llevado a cabo por miembros del Comité u organismos que lo requieran. (REDICA, 2005).

El monitoreo a través de un sistema de indicadores es un ejercicio que permite contar con más y mejores herramientas para adaptarse a desviaciones y cambios debidos a consecuencias no deseadas. Dicho ejercicio resulta especialmente relevante en la intervención de ecosistemas como las cuencas de ríos, justamente por ser sistemas complejos y dinámicos que exigen una revisión periódica y una retroalimentación intersectorial. (REDICA 2005).

Los indicadores como instrumento para el monitoreo de la estrategia, pueden ser representados de manera muy sintética por la generación de un grupo compacto de indicadores que dan cuenta de manera global sobre la situación en las distintas etapas de implementación. (REDICA 2005).

A continuación se presenta una lista de posibles indicadores para cada acción dentro de los planes de acción propuestos:

Manejo Integral y saneamiento del río

Cuadro 20. Manejo Integral y saneamiento del río

Actividad(es)	**Indicadores**
Establecer zonas protegidas y promover la reforestación.	-Crecimiento del área boscosa en toda la parte alta y media de la microcuenca, o bien en las zonas deforestadas o vulnerables. -Número de especies de árboles plantados y número de especies sobrevivientes.
Participación ciudadana en el proceso.	-Número de participantes.
Control de las descargas ilegales en construcciones nuevas y existentes (viviendas, comercios, actividades agrícolas e industriales)	-Número de inspecciones realizadas por parte de la municipalidad en urbanizaciones y nuevos proyectos constructivos para la fiscalización de los sistemas de descarga de aguas residuales acordes con lo establecido en la legislación vigente. -Número de coordinaciones interinstitucionales y visitas de inspección, fiscalización y control realizadas para la toma de decisiones en conjunto. -Número de órdenes sanitarias giradas por parte del Ministerio de Salud para la disposición adecuada de las aguas residuales en viviendas, comercios y actividades agrícolas e industriales. -Número de establecimientos clausurados.
Vigilancia constante de la calidad del agua del río.	-Número de análisis realizados al agua del río y los resultados obtenidos en estos. -Número de reportes operacionales presentados ante el Ministerio de Salud en cumplimiento de la legislación.

Acciones socio-ambientales.

Cuadro 21. Acciones socio ambientales

Actividad(es)	Indicadores
Realizar talleres participativos en las comunidades y centros educativos como escuelas y colegios.	-Número de participantes en los talleres - Percepción de las personas sobre lo aprendido.
Realizar giras educativas con la comunidad y centros educativos	-Número de asistentes

A continuación se presenta un ejemplo de una ficha que puede usarse para monitoreo de las actividades, mediante la utilización de los indicadores:

Cuadro 22. Ficha para el monitoreo de actividades

Indicador:					
Logro del objetivo	**Influencia de la actividad**	**Cumplimiento de la meta dentro del tiempo estimado**	**Fecha Inicio**	**Fecha de finalización**	**Observaciones**

Identificación de acciones necesarias.

Esta etapa comprende la identificación de las acciones necesarias para mejorar los resultados alcanzados y los responsables de ejecutarlas, así como las instituciones que tienen presencia en la cuenca. Este ejercicio se lleva a cabo para cada una de las etapas, así como los posibles impactos y la viabilidad económica de las mismas. (REDICA 2005).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cuerpos acuáticos superficiales presentan un porcentaje de contaminación conformado por un 20% de aguas residuales urbanas, 40% de desechos sólidos e industriales y un 40% proveniente del sector agrícola.

El distrito de San José de la Montaña es el más extenso del cantón de Barva, con una extensión de 36,70Km^2, representando un 65,57%, razón por la cual el estudio se realizó en esta zona.

En el país el 20.5 % de la población evacúa sus aguas residuales por medio de alcantarillado sanitario, 75,1% por medio de tanque séptico, 0,9% lo hace por salida o descarga directa a acequias, zanjas, ríos o esteros, 3% por medio de pozo negro o letrina y un 0,5% no tiene servicio sanitario.

El cantón de Barva no cuenta con un sistema adecuado de recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales (negras y servidas).

El distrito de San José de la Montaña presenta una vulnerabilidad media-alta, debido a las actividades productivas que se desarrollan, así como la deficiente infraestructura con la que se cuenta para el manejo de las aguas residuales.

Una de la problemática ambiental que se presenta en la parte alta de la microcuenca en estudio, está constituida por descargas de aguas residuales hacia el río Porrosatí.

Durante las tres fechas de muestreo se evidenció contaminación del río por presencia de coliformes fecales, siendo los puntos más críticos el punto 2 y el punto 5.

De acuerdo con el método holandés en la época lluviosa, en los seis puntos de muestreo la microcuenca del río Porrosatí es clase dos, con un grado de contaminación incipiente.

En época lluviosa el recurso hídrico puede ser utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano y para abastecimiento de actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano con un tratamiento convencional previo.

De acuerdo con el método holandés en la época de transición y seca el río Porrosatí es clase tres, con un grado de contaminación moderada.

Mediante la aplicación de la prueba estadística Fuzzy la clase tres del río aporta un 16,7% en época lluviosa, 22,7% en transición y 15,6% en época seca.

De acuerdo con la prueba fuzzy la clase cuatro aporta un 4,2% en época lluviosa, 10,5% en transición y un 9,4% en época seca.

Para la época lluviosa los parámetros Amonio, Hierro y Manganeso cumplen con el límite máximo admisible establecido en el Reglamento para la calidad de Agua Potable N°38924-S.

Para la época de transición el Amonio, Aluminio y Hierro se encuentran sobre límite máximo permitido, situación que es recurrente en la época seca con el Aluminio y el Hierro.

La presencia de Aluminio, Hierro y Manganeso pueden estar asociados con el proceso de erosión del suelo y por escorrentía, mientras que el Amonio puede estar relacionado a la presencia de excretas de animales y de humanos, así como al aporte de aguas residuales industriales.

Existen diferencias significativas en los valores obtenidos de los parámetros analizados en los seis puntos de muestreo y en las tres fechas del estudio, lo cual puede deberse a las diferencias entre una zona y otra, en el punto 1 corresponde al área de protección, mientras que en los puntos 4 y 5 corresponden a la zona con mayor influencia residencial y presencia de ciertas actividades comerciales e industriales.

A pesar que se evidencia una contaminación moderada e incipiente en el río Porrosatí, este aún no ha llegado a niveles críticos de contaminación, por lo que si se implementan medidas adecuadas de manejo en esta microcuenca tales como educación ambiental, protección de las zonas de recarga, saneamiento del río mediante el control de aguas residuales, entre otras, permitirá que estas aguas puedan ser utilizadas con diferentes fines sociales, económicos y ambientales lo que garantiza una mejor calidad de vida para los habitantes de la zona.

Del total de la población encuestada el 42% posee grado de primaria incompleta, por lo tanto, a la hora de realizar trabajo de la mano con la comunidad se debe partir desde un enfoque básico para que sea de entendimiento de los pobladores.

El 100% de las viviendas de las personas encuestadas indicaron que cuentan con tanque séptico para la disposición final de las aguas negras, sin embargo el 42% indicó que evacua las aguas servidas a acequias o sobre la misma propiedad.

El 68% de los vecinos indicó que el río si se encuentra contaminado.

El 94 % de los encuestados consideran necesario realizar acciones para proteger el río.

A pesar de los esfuerzos realizados por las entidades gubernamentales como las municipalidades, Ministerio de Salud, Acueductos y Alcantarillados, ASADAS, y demás entes administradores del recurso hídrico, se requiere de que estas ejerzan

un rol de intervención mayor en cuanto a la vigilancia a lo largo de las microcuencas.

Por otra parte, la falta de información y estudios que determinen el grado de contaminación de los ríos en Costa Rica, hacen que proyectos como este se conviertan en una prioridad, ya que al tener conocimiento de los contaminantes y las concentraciones de estos se pueden realizar acciones para su recuperación.

Para futuros estudios en esta zona, se recomienda darle continuidad al plan de monitoreo establecido en el presente estudio, esto con el fin de poder establecer un perfil del comportamiento de la microcuenca a lo largo del tiempo.

VI. **REFERENCIAS**

Achoy, Pierre, Carvajal, Laforest, Marcelo, Molin, Reyes, Romain, Samaniego 2014 Descripción del estado situacional del acuífero Colima y Barva, CATIE, SENARA, Turrialba, Pp 4-7

Achoy, Audate, Carvajal, Laforest, Merlo, Molin, Reyes, Romain, Samaniego. 2014. Descripción del estado situacional del acuífero Colima y Barva, ubicado en el distrito de San José de la Montaña, Cantón de Barva Provincia de Heredia, Valle Central, Costa Rica, CATIE, SENARA, Turrialba. Pp 4, 5, 6, 7,8.

Camacho K. 2008. Caracterización y Evaluación del Entorno de las Nacientes Captadas en los Cantones de Barva y Santa Bárbara de Heredia Universidad Nacional, Heredia. Pp. 6, 7, 21,22

Espinoza A, Morera A, Mora D, Torres R, 2004. Calidad del agua potable en Costa Rica, Organización Panamericana de la Salud, Ministerio de Salud, OPS, Nº 13.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2002. Censo Nacional de Población 2002. www.inec.go.cr

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2011. Censo Nacional de Población 2011. www.inec.go.cr

Jiménez S, 2008. Evaluación del estado actual y determinación de áreas críticas de siete sitios de captación de agua pertenecientes a la Zona Protectora cerros de Escazú en la microcuenca del río Agres, Escazú, San José, Costa Rica, tesis de pregrado, Universidad Nacional, Heredia.

Lalonde M, 1974. A new perspective on the health of Canadians. Canadá Otawa, Government of Canadá. Revista Panamericana de Salud Pública, Nº12.

Miller J, Miller J 2002. Estadistica y Quimiometría para química analítica. Prentice Hall, Madrid. Pp 44-48.

Mora D, Portugués C, 2007. Estado de Cobertura y Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica al Año 2006.

Mora D, Portugués C, 2003. Situación de la cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica para el 2000. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, San José.

Mora D, Portugués C, Mata A, 2012. Agua para consumo y saneamiento: Situación de Costa Rica en el contexto de las Américas 1961-2011. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, San José.

Morera M, 2006. Los orígenes del discurso conservacionista en Costa Rica: Estudio de caso Heredia 1821-1840. Universidad de Costa Rica.

O. Cordón, F. Herrera, F. Hoffmann, L. Magdalena. 2001. “Genetic fuzzy systems. Evolutionary tuning and learning of fuzzy knowledge bases”. World Scientific

Poder Ejecutivo, 2007. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. La Gaceta N° 178-7 del 17 de setiembre del 2007.

Poder Ejecutivo, 2015. Reglamento para la calidad del agua potable. La Gaceta N° 84 del 3 de mayo del 2005.

Poder Ejecutivo, 1997. Reglamento de Vertido y Aguas Residuales. La Gaceta N° 55, Alcance 8 del 19 de marzo de 2007.

Poder Ejecutivo. 1998. Ley de uso, manejo y conservación de suelos. La Gaceta N° 45 del 4 de marzo del 2016.

Poder Ejecutivo.2006. Ley General de Salud 5 edición, San José Costa Rica, Inversiones Jurídicas.

Ramakrishna B, 1997. Estrategia de extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y experiencias. IICA/GTZ San José.

Ramírez R, 2007. Recarga Potencial del Acuífero Colima y Barva, Valle Central, Costa Rica. SENARA, San José. Pp 7, 8, 9, 10, 11.

Ramírez, J, 2003. Informe de calidad de aguas residuales en los sistemas de depuración operados y administrados por ICAA y estudios especiales de interés institucional. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, San José.

Rivera N, 2007. Situación del Manejo de Cuencas en Costa Rica. Red Nacional de Cuencas. Comisión Nacional de Emergencias Costa Rica, San José.

Segura C, 2015. Documento de la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado del distrito de San José de la Montaña, ASADA SJM, Heredia.

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 propuesta de manejo. Tesis de pregrado, Universidad Nacional, Heredia. Pp. 30, 31, 32

Soto M, 2013. Líquidos se siguen vertiendo crudos en los principales afluentes, solo 4% de las aguas residuales generadas en Costa Rica es tratado antes de ir a los ríos. La Nación. 20 de noviembre del 2013.

Vargas A, 2002. Manantiales de una parte del Valle Central de Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad, San José. Pp 2,7.

Vargas C. 1996. La perspectiva del manejo de cuencas en utilización y manejo sostenible de los recursos hídricos, FUNA, Heredia.

Veas N, 2011. Gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires, Costa Rica, Tesis de posgrado. CATIE, Turrialba.
Zúñiga I, 2004. Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Heredia
Astorga Y, 2005. Programa Estado de la Nación, 2005. Undécimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José.

Robledo, J, Venegas, E, García, N, 2014 Aplicación de Sistema Holandés para la Evaluación de la Calidad del Agua. Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala. Ingeniería Agrícola. Volumen 4, N° 2. Pp 15-21.

Ministerio de Salud (Ministerio de Salud / Área Rectora de Salud Barva San Rafael / Análisis de Situación de los Indicadores de Salud 2010. (CD-ROM). Heredia. CR. ARSBSR / CD-ROM.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 1 de 5

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2015
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-100-2016

Datos del Cliente:

Nombre del Cliente:	Lucrecia Ulate	**Muestreado por:**	El Cliente
Dirección del Cliente:	San José, Tibás	**Procedimiento de muestreo:**	NA
Actividad:	-	**Plan de muestreo:**	NA
Teléfono del cliente:	8374-5672	**Fecha de muestreo:**	NA
Tipo de Muestra:	Residual	**Fecha de ingreso:**	02 de marzo del 2016
Solicitud de servicio:	AG-100-2016	**Fecha de emisión:**	09 de mayo del 2016

Notas:

1. Las muestras analizadas referentes al presente reporte se mantendrá en custodia por un período mínimo de 8 días calendario una vez emitido el reporte, siempre y cuando no se hayan ejecutado análisis destructivos de la muestra. Después de este tiempo se procederán a desechar.
2. El Laboratorio de Análisis Ambiental cuenta con permiso sanitario de funcionamiento bajo el registro CN-ARS-H-2168-2015.
3. No se permite la reproducción parcial, excepto íntegramente de este documento sin la autorización por escrito del órgano que lo emite. Este documento solo tiene validez en su forma íntegra y original.

Laboratorio de Análisis Ambiental
Tercer Piso, Escuela de Ciencias Ambientales, Campus Omar Dengo, UNA
Heredia, Costa Rica TEL: (506) - 2277 3292 FAX: (506) - 2277 3696

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.18.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-100-2016

Resultados de análisis físico-químicos de la muestra de agua:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 01	Muestra Nº 02	Muestra Nº 03
*pH (25 °C)	-	6,870 ± 0,039	6,200 ± 0,039	6,420 ± 0,039
*Turbiedad	NTU	0,240 ± 0,030	0,300 ± 0,030	2,600 ± 0,080
*DBO	mg/l	nd	nd	nd
*DQO	mg/l	d	nd	d
*Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	nd	0,10 ± 0,68	7,3 ± 0,68
*SAAM	mg/l	nd	nd	nd
*Fluoruro	mg/l	nd	nd	d
*Cloruro	mg/l	1,8 ± 1,4	1,9 ± 1,4	1,9 ± 1,4
*Nitrato	mg/l	0,42 ± 0,86	0,60 ± 0,86	10,71 ± 0,83
*Sulfato	mg/l	5,49 ± 0,81	3,66 ± 0,82	3,00 ± 0,82
*Amonio	µg/l	461 ± 44	551 ± 44	412 ± 44
*Aluminio	µg/l	484 ± 49	363 ± 33	571 ± 51
*Hierro[1]	µg/l	<0,30	<0,30	0,46 ± 0,10
*Manganeso[1]	µg/l	<0,25	<0,25	<0,25
*Arsénico	µg/l	nd	nd	nd
**Oxígeno disuelto	mg O_2/l	7,960 ± 0,010	7,770 ± 0,010	7,960 ± 0,010

nd: no detectable
d: detectable
"La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura k = 2 correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %".
*Ensayos acreditados bajo la norma ISO 17025:2005, Alcance LE-024, más información en el sitio web www.eca.or.cr
**Ensayos no acreditados

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 3 de 5

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-100-2016

Resultados de análisis físico-químicos de la muestra de agua:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 04	Muestra Nº 05	Muestra Nº 06
*pH (25 °C)	-	7,100 ± 0,039	6,290 ± 0,039	6,840 ± 0,039
*Turbiedad	NTU	0,340 ± 0,030	2,160 ± 0,070	0,950 ± 0,050
*DBO	mg/l	nd	nd	< 10
*DQO	mg/l	d	d	58,0 ± 7,5
*Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	nd	0,80 ± 0,68	1,40 ± 0,68
*SAAM	mg/l	nd	1,86 ± 0,12	nd
*Fluoruro	mg/l	0,169 ± 0,094	0,180 ± 0,094	0,236 ± 0,094
*Cloruro	mg/l	4,1 ± 1,4	4,8 ± 1,4	2,5 ± 1,4
*Nitrato	mg/l	0,89 ± 0,86	0,38 ± 0,86	1,30 ± 0,86
*Sulfato	mg/l	6,24 ± 0,81	8,05 ± 0,80	5,74 ± 0,81
*Amonio	µg/l	65 ± 45	115 ± 45	121 ± 45
*Aluminio	µg/l	1 047 ± 123	732 ± 56	256 ± 49
*Hierro	µg/l	0,42 ± 0,10	0,59 ± 0,10	<0,30
*Manganeso	µg/l	<0,25	<0,25	<0,25
*Arsénico	µg/l	nd	d	nd
**Oxígeno disuelto	mg O_2/l	8,020 ± 0,010	6,760 ± 0,010	7,800 ± 0,010

nd: no detectable
d: detectable
"La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura k = 2 correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %".
*Ensayos acreditados bajo la norma ISO 17025:2005, Alcance LE-024, más información en el sitio web www.eca.or.cr
**Ensayos no acreditados

Resultados de Análisis Microbiológicos[1]:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 01	Muestra Nº 02	Muestra Nº 03	Muestra Nº 04	Muestra Nº 05	Muestra Nº 06
Coliformes fecales	NMP/100 ml	79	5,4 x10^2	14	6,8	9,2 x10^2	49

[1]Análisis realizados por el Instituto de Investigación en la Salud Laboratorio de Microbiología de Alimentos y Aguas, Universidad de Costa Rica, número de alcance del ECA LE-059, según consta en reporte A(130-135)-16.

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.ucr.ac.cr

No. Reporte: AG-100-2016

Descripción de la muestra:

Muestra N°01: Muestra de agua rotulada como: Punto # 1
Muestra N°02: Muestra de agua rotulada como: Punto # 2
Muestra N°03: Muestra de agua rotulada como: Punto # 3
Muestra N°04: Muestra de agua rotulada como: Punto # 4
Muestra N°05: Muestra de agua rotulada como: Punto # 5
Muestra N°06: Muestra de agua rotulada como: Punto # 6

Métodos de Análisis Ejecutados:

Analito	Método	Referencia	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
pH (25 °C)	PMA 010	4500-H	-	Ámbito: 0 a14 unidades de pH
Turbiedad	PMA 016	SM 2130 B	-	0 a 1000 NTU
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PMA 005	5210 D	NA	1 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (total y soluble)	PMA 014	5220 D	0,5 mg/l	18 mg/l
Sólidos suspendidos totales	PMA 019	2540 D	NA	0,02 mg/l
Sustancias Activas al Azul de Metileno	PMA 028	5540 C	0,02 mg/l	0,06 mg/l
Fluoruro	PMA 007	SM 4110 B	0,08 mg/l	0,09 mg/l
Cloruro	PMA 007	SM 4110 B	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Nitrato	PMA 007	SM 4110 B	0,09 mg/l	0,1 mg/l
Sulfato	PMA 007	SM 4110 B	0,3 mg/l	0,3 mg/l
Amonio	PMA 030	SM 4500 NH_3	4 µg/l	16 µg/l
Aluminio	PMA 036	SM 3113 B	0,9 µg/l	2 µg/l
Hierro	PMA 036	SM 3111 B	1 µg/l	2 µg/l
Manganeso	PMA 036	SM 3113 B	2 µg/l	2 µg/l
Arsénico	PMA 036	3113 B	1 µg/l	3 µg/l

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº: LE-024
Acreditado a partir de: 10/18/2015
Alcance disponible en www.eca.co.cr

No. Reporte: AG-100-2016

Pablo Salas Jiménez
Químico NI 2780
Director de Área de Aguas a.i

---------- **Última Línea del Reporte de Resultados AG-100-2016**----------

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 1 de 5

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-168-2016

Datos del Cliente:

Nombre del Cliente:	Lucrecia Ulate	**Muestreado por:**	El Cliente
Dirección del Cliente:	San José, Tibás	**Procedimiento de muestreo:**	No aplica
Actividad:	-	**Plan de muestreo:**	No aplica
Teléfono del cliente:	8374-5672	**Fecha de muestreo:**	No aplica
Tipo de Muestra:	Residual	**Fecha de ingreso:**	13 de abril de 2016
Solicitud de servicio:	AG-168-2016	**Fecha de emisión:**	31 de mayo de 2016

Notas:

1. Las muestras analizadas referentes al presente reporte se mantendrá en custodia por un período mínimo de 8 días calendario una vez emitido el reporte, siempre y cuando no se hayan ejecutado análisis destructivos de la muestra. Después de este tiempo se procederán a desechar.
2. El Laboratorio de Análisis Ambiental cuenta con permiso sanitario de funcionamiento bajo el registro CN-ARS-H-2168-2015.
3. No se permite la reproducción parcial, excepto íntegramente de este documento sin la autorización por escrito del órgano que lo emite. Este documento solo tiene validez en su forma íntegra y original.

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 2 de 5

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-168-2016

Resultados de análisis físico-químicos de la muestra de agua:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 01	Muestra Nº 02	Muestra Nº 03
*pH (25 °C)	-	5,910 ± 0,039	6,050 ± 0,039	6,040 ± 0,039
*Turbiedad	NTU	4,02 ± 0,12	0,570 ± 0,040	0,260 ± 0,030
*DBO	mg/l	10 ± 10	<10	<10
*DQO	mg/l	18,7 ± 5,8	nd	nd
*Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	32,42 ± 0,68	2,88 ± 0,68	7,38 ± 0,68
*SAAM	mg/l	nd	nd	nd
*Fluoruro	mg/l	<0,22	<0,22	<0,22
*Cloruro	mg/l	<2,0	<2,0	<2,0
*Nitrato	mg/l	<1,6	<1,6	<1,6
*Sulfato	mg/l	<1,8	2,0 ± 1,8	2,5 ± 1,8
*Amonio	µg/l	604 ± 64	375 ± 63	473 ± 63
*Aluminio	µg/l	2 032 ± 232	210 ± 33	565 ± 37
*Hierro	µg/l	3 295 ± 280	281 ± 40	228 ± 41
*Manganeso	µg/l	249 ± 23	261 ± 23	236 ± 22
*Arsénico	µg/l	nd	nd	nd
**Oxígeno disuelto	mg O_2/l	3,740 ± 0,010	6,390 ± 0,010	6,580 ± 0,010
**Porcentaje de Saturación	%	36,3 ± 3,6	63,7 ± 6,4	64,6 ± 6,5

nd: no detectable
d: detectable
"La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura k = 2 correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %".
*Ensayos acreditados bajo la norma ISO 17025:2005, Alcance LE-024, más información en el sitio web www.eca.or.cr
**Ensayos no acreditados

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 3 de 5

No. Reporte: AG-168-2016

Análisis	Unidades	Muestra Nº 04	Muestra Nº 05	Muestra Nº 06
*pH (25 °C)	-	7,020 ± 0,039	6,980 ± 0,039	7,540 ± 0,039
*Turbiedad	NTU	2,430 ± 0,080	3,32 ± 0,10	1,140 ± 0,050
*DBO	mg/l	<10	12 ± 10	<10
*DQO	mg/l	nd	21,0 ± 5,8	nd
*Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	27,90 ± 0,68	nd	36,60 ± 0,68
*SAAM	mg/l	nd	0,52 ± 0,11	nd
*Fluoruro	mg/l	0,23 ± 0,22	0,23 ± 0,22	<0,22
*Cloruro	mg/l	<2,0	7,6 ± 1,9	2,1 ± 1,9
*Nitrato	mg/l	<1,6	<1,6	1,7 ± 1,5
*Sulfato	mg/l	6,3 ± 1,8	7,7 ± 1,7	4,7 ± 1,8
*Amonio	µg/l	479 ± 64	729 ± 66	519 ± 64
*Aluminio	µg/l	595 ± 43	880 ± 58	462 ± 50
*Hierro	µg/l	997 ± 203	266 ± 40	182 ± 41
*Manganeso	µg/l	274 ± 24	177 ± 21	216 ± 22
*Arsénico	µg/l	nd	d	d
**Oxigeno disuelto	mg O_2/l	7,490 ± 0,010	5,650 ± 0,010	7,220 ± 0,010
**Porcentaje de Saturación	%	78,8 ± 7,9	56,6 ± 5,7	75,6 ± 7,6

nd: no detectable
d: detectable
*La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura k = 2 correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %".
*Ensayos acreditados bajo la norma ISO 17025:2005, Alcance LE-024, más información en el sitio web www.eca.or.cr
**Ensayos no acreditados

Resultados de Análisis Microbiológicos[1]:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 01	Muestra Nº 02	Muestra Nº 03	Muestra Nº 04	Muestra Nº 05	Muestra Nº 06
Coliformes fecales	NMP/100 ml	7,8	2,4 x10^2	17	No Detectable	1,6 x10^3	1,4 x10^2

[1]Análisis realizados por el Instituto de Investigación en la Salud Laboratorio de Microbiología de Alimentos y Aguas, Universidad de Costa Rica, número de alcance del ECA LE-059, según consta en reporte A(130-135)-16.

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE 024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-168-2016

Descripción de la muestra:

Muestra N°01: Muestra de agua rotulada como: Punto # 1
Muestra N°02: Muestra de agua rotulada como: Punto # 2
Muestra N°03: Muestra de agua rotulada como: Punto # 3
Muestra N°04: Muestra de agua rotulada como: Punto # 4
Muestra N°05: Muestra de agua rotulada como: Punto # 5
Muestra N°06: Muestra de agua rotulada como: Punto # 6

Métodos de Análisis Ejecutados:

Analito	Método	Referencia	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
pH (25 °C)	PMA 010	4500-H	-	Ámbito: 0 a14 unidades de pH
Turbiedad	PMA 016	SM 2130 B	-	0 a 1000 NTU
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PMA 005	5210 B	NA	0,1 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (total y soluble)	PMA 014	5220 D	0,5 mg/l	18 mg/l
Sólidos suspendidos totales	PMA 019	2540 D	NA	0,02 mg/l
Sustancias Activas al Azul de Metileno	PMA 028	5540 C	0,02 mg/l	0,06 mg/l
Fluoruro	PMA 007	SM 4110 B	0,08 mg/l	0,09 mg/l
Cloruro	PMA 007	SM 4110 B	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Nitrato	PMA 007	SM 4110 B	0,09 mg/l	0,1 mg/l
Sulfato	PMA 007	SM 4110 B	0,3 mg/l	0,3 mg/l
Amonio	PMA 030	SM 4500 NH_3	4 µg/l	16 µg/l
Aluminio	PMA 036	SM 3113 B	0,9 µg/l	2 µg/l
Hierro	PMA 036	SM 3111 B	1 µg/l	2 µg/l
Manganeso	PMA 036	SM 3113 B	2 µg/l	2 µg/l
Arsénico	PMA 036	3113 B	1 µg/l	3 µg/l

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 5 de 5

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-168-2016

Pablo Salas Jiménez
Químico NI 2780
Director de Área de Aguas a.i

---------- **Última Línea del Reporte de Resultados AG-168-2016**----------

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 1 de 5

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-199-2016

Datos del Cliente:

Nombre del Cliente:	Lucrecia Ulate	**Muestreado por:**	El Cliente
Dirección del Cliente:	Heredia, San José de la Montaña	**Procedimiento de muestreo:**	NA
Actividad:	-	**Plan de muestreo:**	NA
Teléfono del cliente:	8374-5672	**Fecha de muestreo:**	NA
Tipo de Muestra:	Residual	**Fecha de ingreso:**	27 de abril de 2016
Solicitud de servicio:	AG-199-2016	**Fecha de emisión:**	03 de junio de 2016

Notas:

1. Las muestras analizadas referentes al presente reporte se mantendrá en custodia por un período mínimo de 8 días calendario una vez emitido el reporte, siempre y cuando no se hayan ejecutado análisis destructivos de la muestra. Después de este tiempo se procederán a desechar.
2. El Laboratorio de Análisis Ambiental cuenta con permiso sanitario de funcionamiento bajo el registro CN-ARS-H-2168-2015.
3. No se permite la reproducción parcial, excepto íntegramente de este documento sin la autorización por escrito del órgano que lo emite. Este documento solo tiene validez en su forma íntegra y original.

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 2 de 5

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº LE-024
Acreditado a partir de: 10.18.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-199-2016

Resultados de análisis físico-químicos de la muestra de agua:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 01	Muestra Nº 02	Muestra Nº 03
*pH (25 °C)	-	7,140 ± 0,039	7,120 ± 0,039	6,900 ± 0,039
*Turbiedad	NTU	1,720 ± 0,060	1,470 ± 0,060	3,34 ± 0,10
*DBO	mg/l	<10	<10	<10
*DQO	mg/l	d	d	nd
*Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	1,08 ± 0,68	4,24 ± 0,68	5,10 ± 0,68
*SAAM	mg/l	0,11 ± 0,11	<0,11	0,11 ± 0,11
*Fluoruro	mg/l	nd	nd	nd
*Cloruro	mg/l	2,3 ± 1,1	2,1 ± 1,1	2,1 ± 1,1
*Nitrato	mg/l	3,0 ± 1,4	<1,5	1,8 ± 1,5
*Sulfato	mg/l	8,0 ± 1,6	2,8 ± 1,7	3,2 ± 1,7
*Amonio	µg/l	240 ± 58	91 ± 59	116 ± 59
*Aluminio	µg/l	335 ± 32	519 ± 35	320 ± 32
*Hierro	µg/l	666 ± 58	266 ± 40	220 ± 41
*Manganeso	µg/l	300 ± 25	177 ± 21	261 ± 23
*Arsénico	µg/l	nd	nd	nd
**Oxigeno disuelto	mg O_2/l	3,550 ± 0,010	7,860 ± 0,010	6,820 ± 0,010
**Porcentaje de Saturación	%	32,9 ± 3,3	75,7 ± 7,6	65,0 ± 6,5

nd: no detectable
d: detectable
"La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura k = 2 correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %".
*Ensayos acreditados bajo la norma ISO 17025:2005, Alcance LE-024, más información en el sitio web www.eca.or.cr
**Ensayos no acreditados

Laboratorio de Análisis Ambiental
Tercer Piso, Escuela de Ciencias Ambientales, Campus Omar Dengo, UNA
Heredia, Costa Rica TEL: (506) - 2277 3292 FAX: (506) - 2277 3696

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-024
Acreditado a partir de: 10.18.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. Reporte: AG-199-2016

Resultados de análisis físico-químicos de la muestra de agua:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 04	Muestra Nº 05	Muestra Nº 06
*pH (25 °C)	-	6,640 ± 0,039	6,500 ± 0,039	6,820 ± 0,039
*Turbiedad	NTU	1,340 ± 0,050	1,520 ± 0,060	1,590 ± 0,060
*DBO	mg/l	<10	<10	<10
*DQO	mg/l	d	nd	nd
*Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	0,80 ± 0,68	nd	2,90 ± 0,68
*SAAM	mg/l	<0,11	0,37 ± 0,11	0,13 ± 0,11
*Fluoruro	mg/l	20,04 ± 0,44	41,22 ± 0,91	19,98 ± 0,44
*Cloruro	mg/l	2,5 ± 1,1	6,0 ± 1,1	3,1 ± 1,1
*Nitrato	mg/l	1,9 ± 1,5	<1,5	2,9 ± 1,4
*Sulfato	mg/l	7,3 ± 1,6	6,7 ± 1,6	5,9 ± 1,6
*Amonio	µg/l	85 ± 60	345 ± 58	91 ± 59
*Aluminio	µg/l	508 ± 35	449 ± 34	1 872 ± 183
*Hierro	µg/l	199 ± 41	751 ± 59	971 ± 87
*Manganeso	µg/l	236 ± 22	248 ± 23	220 ± 22
*Arsénico	µg/l	d	d	d
**Oxígeno disuelto	mg O_2/l	3,810 ± 0,010	5,710 ± 0,010	7,930 ± 0,010
**Porcentaje de Saturación	%	37,4 ± 3,7	57,2 ± 5,7	85,3 ± 8,5

nd: no detectable
d: detectable
La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura k = 2 correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %.
*Ensayos acreditados bajo la norma ISO 17025:2005, Alcance LE-024, más información en el sitio web www.eca.or.cr
**Ensayos no acreditados

Resultados de Análisis Microbiológicos[1]:

Análisis	Unidades	Muestra Nº 01	Muestra Nº 02	Muestra Nº 03	Muestra Nº 04	Muestra Nº 05	Muestra Nº 06
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1600	<1600	170	23	<1600	<1600

[1] Análisis realizados por el Laboratorio de Microbiología de Aguas, Universidad de Costa Rica, número de alcance del ECA V07 LE-102, según consta en reporte LMA-INF-067-16.

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº LE-024
Acreditado a partir de: 10.18.2005
Alcance disponible en www.eca.cr

No. Reporte: AG-199-2016

Descripción de la muestra:

Muestra N°01: Muestra de agua rotulada como: Punto # 1
Muestra N°02: Muestra de agua rotulada como: Punto # 2
Muestra N°03: Muestra de agua rotulada como: Punto # 3
Muestra N°04: Muestra de agua rotulada como: Punto # 4
Muestra N°05: Muestra de agua rotulada como: Punto # 5
Muestra N°06: Muestra de agua rotulada como: Punto # 6

Métodos de Análisis Ejecutados:

Analito	Método	Referencia	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
pH (25 °C)	PMA 010	4500-H	-	Ámbito: 0 a14 unidades de pH
Turbiedad	PMA 016	SM 2130 B	-	0 a 1000 NTU
Demanda Bioquímica de Oxigeno	PMA 005	5210 B	NA	0,1 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (total y soluble)	PMA 014	5220 D	0,5 mg/l	18 mg/l
Sólidos suspendidos totales	PMA 019	2540 D	NA	0,02 mg/l
Sustancias Activas al Azul de Metileno	PMA 028	5540 C	0,02 mg/l	0,06 mg/l
Fluoruro	PMA 007	SM 4110 B	0,08 mg/l	0,09 mg/l
Cloruro	PMA 007	SM 4110 B	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Nitrato	PMA 007	SM 4110 B	0,09 mg/l	0,1 mg/l
Sulfato	PMA 007	SM 4110 B	0,3 mg/l	0,3 mg/l
Amonio	PMA 030	SM 4500 NH_3	4 µg/l	16 µg/l
Aluminio	PMA 036	SM 3113 B	0,9 µg/l	2 µg/l
Hierro	PMA 036	SM 3111 B	1 µg/l	2 µg/l
Manganeso	PMA 036	SM 3113 B	2 µg/l	2 µg/l
Arsénico	PMA 036	3113 B	1 µg/l	3 µg/l

PRT 011 R-03
Versión 07
Página 5 de 5

UNIVERSIDAD NACIONAL
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación Nº LE-024
Acreditado a partir de: 10.10.2015
Alcance disponible en www.eca.co.cr

No. Reporte: AG-199-2016

Pablo Salas Jiménez
Químico NI 2780
Director de Área de Aguas a.i

---------- Última Línea del Reporte de Resultados AG-199-2016----------

Anexo 2. Encuesta de información general de la comunidad de San José de la Montaña sobre el río Porrosatí, Barva, Heredia.

DATOS PERSONALES

1. Sexo ( ) F ( ) M

2. Rango de edad

( ) 15-20 ( ) 31-40

( ) 21-25 ( ) 41-50

( ) 26-30 ( ) Más de 50

3. Escolaridad

( ) Primaria incompleta ( ) Primaria completa

( ) Secundaria incompleta ( ) Secundaria completa

( ) Universitario incompleta ( ) Universitario completa

( ) Grado superior (maestría, doctorado) ( ) Ningunas de las anteriores

4. Tiempo de residencia en el lugar:

( ) Menos de 1 año ( ) de 1 a 5 años ( ) de 5 a 10 años ( ) más de 10años

5. Lugar de residencia:

Barrio: _____ Caserío: _____

DISPOSICION FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES

¿Cómo se evacuan las aguas negras (heces y orines) de su vivienda?

( ) Tanque séptico ( ) Pozo negro / Letrina ( ) Salida directa al río

( ) Cordón de caño o acera (vía pública) ( ) Otro: _____

¿Cómo se evacuan las aguas servidas (pilas, ducha, lavatorio, fregadero, lavadora) de su vivienda?

( ) Tanque séptico ( ) Pozo negro / Letrina ( ) Salida directa al río

( ) Cordón de caño o acera (vía pública) ( ) Otro: _____

PERCEPCIÓN SOBRE RÍO PORROSATI

¿Sabe usted cuales comunidades atraviesa el río Porrosatí? ( ) SI ( ) NO

Al vivir usted cerca del río Porrosatí, ¿ha tenido molestias causada por este río? ( ) SI ( ) NO
Cuáles? _____

¿Ha percibido usted alguna fuente de contaminación que afecta al río? ( ) SI ( ) NO
Cuales: _____

( ) Casas ( ) Fincas (lecherías, viveros, granjas, otros)
( ) Empresas
( ) Botaderos de Basura
( ) Otros:_____

¿Cree usted que el río Porrosatí se encuentra contaminado? ( ) SI ( ) NO

Porque: _____

¿Ha percibido al menos una vez, emanación de olores desagradables provenientes del río Porrosatí? ( ) SI ( ) NO

¿Ha realizado usted algún tipo de acción para evitar la contaminación de este río?( ) SI ( ) NO

Cuales: _____

¿Sabe usted si el gobierno local ha realizado algún tipo de intervención a fin de proteger el río Porrosatí? ( ) SI ( ) NO

Cuales: _____

* *En caso de responder de forma negativa, pasar a la pregunta 9.*

¿Se encuentra satisfecho con las acciones realizadas? ( ) SI ( ) NO

Porque: _____

¿Considera usted necesario realizar acciones para proteger el río Porrosatí? ( ) SI ( ) NO

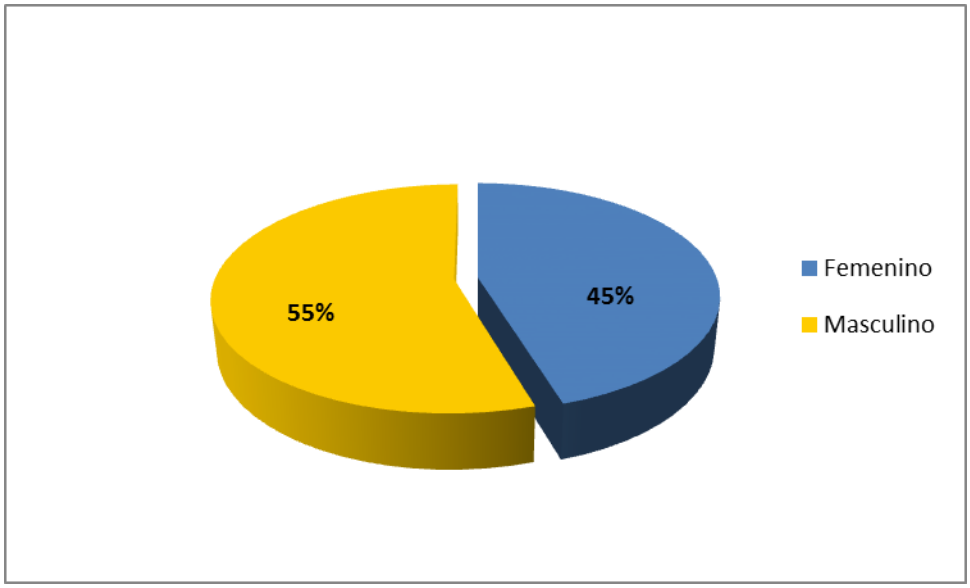
Cuales: _____

¿Cuáles considera usted que son los factores más perjudiciales para el agua?

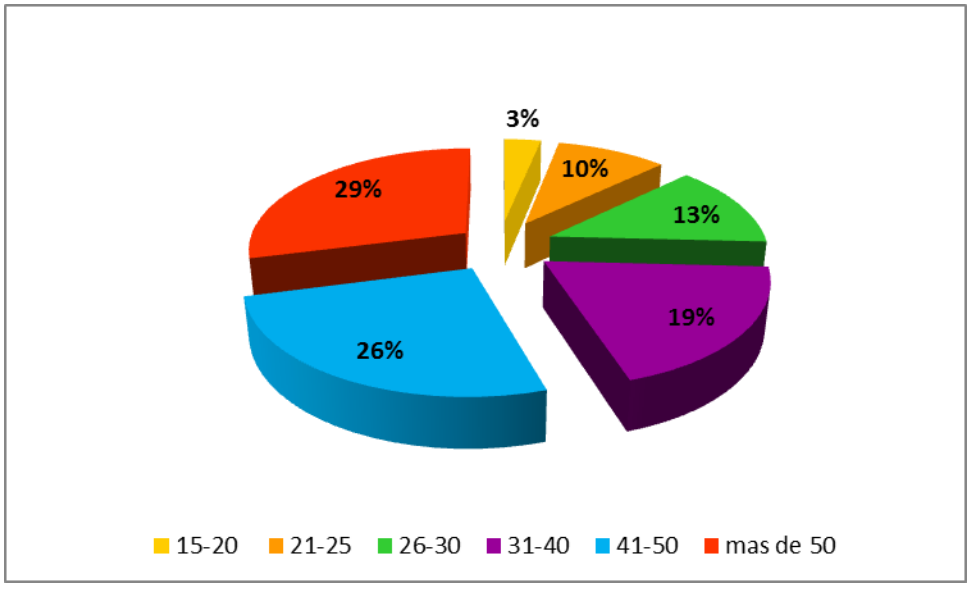
Cuales: _____

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!

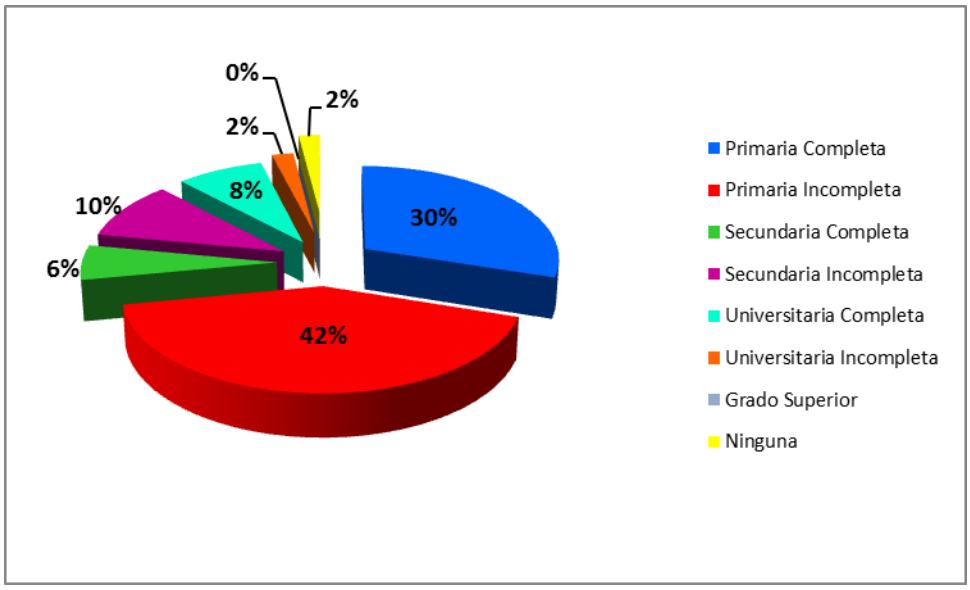
Anexo 3. Gráficos de los resultados de la aplicación de la encuesta



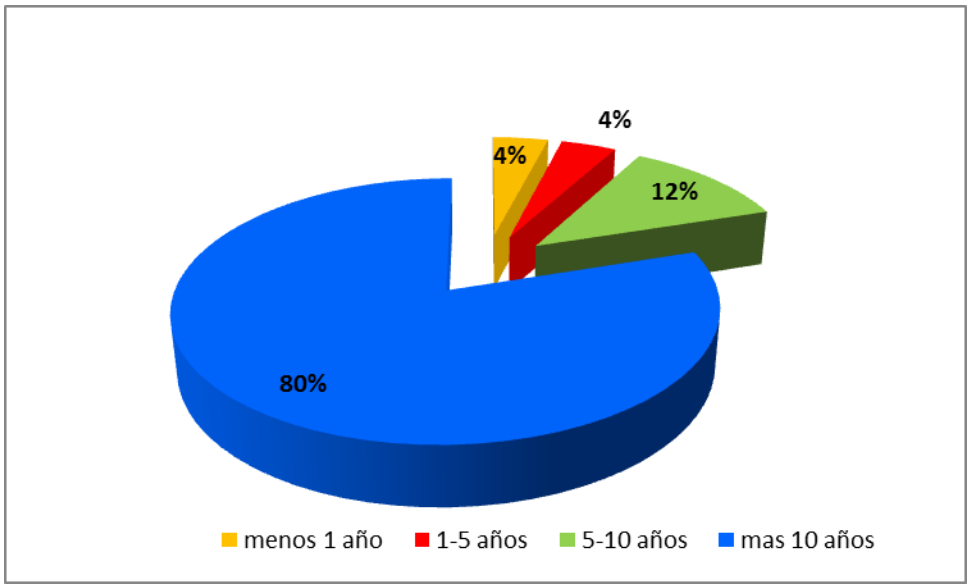
Género



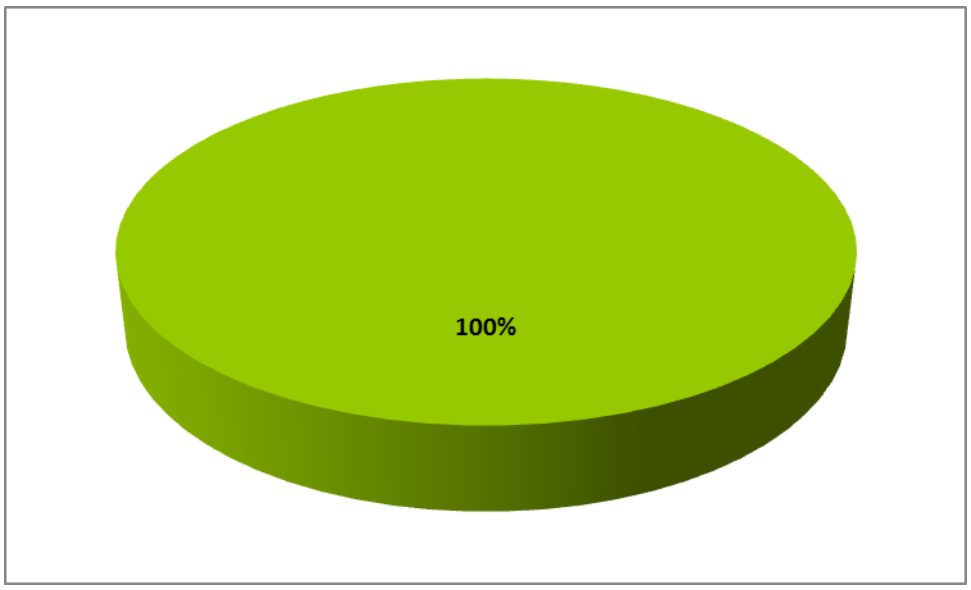
Rango de edad



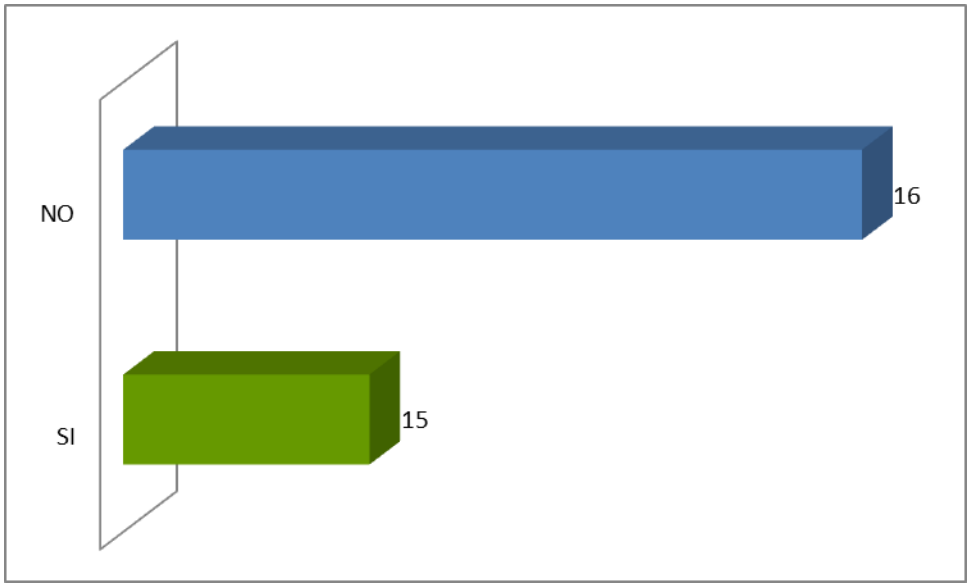
Grado de escolaridad



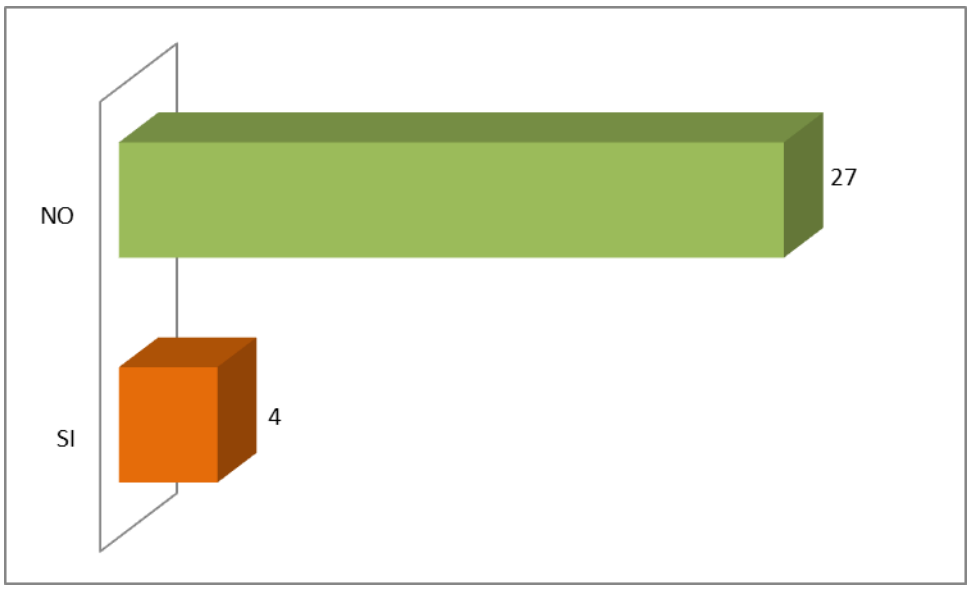
Tiempo de residencia en la zona



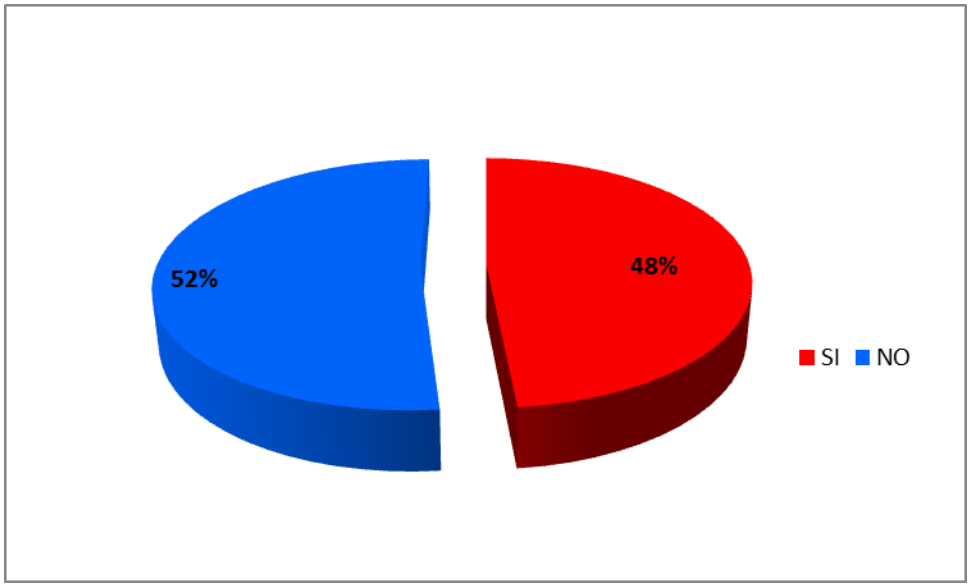
Disposición de aguas negras al sistema de tanque séptico



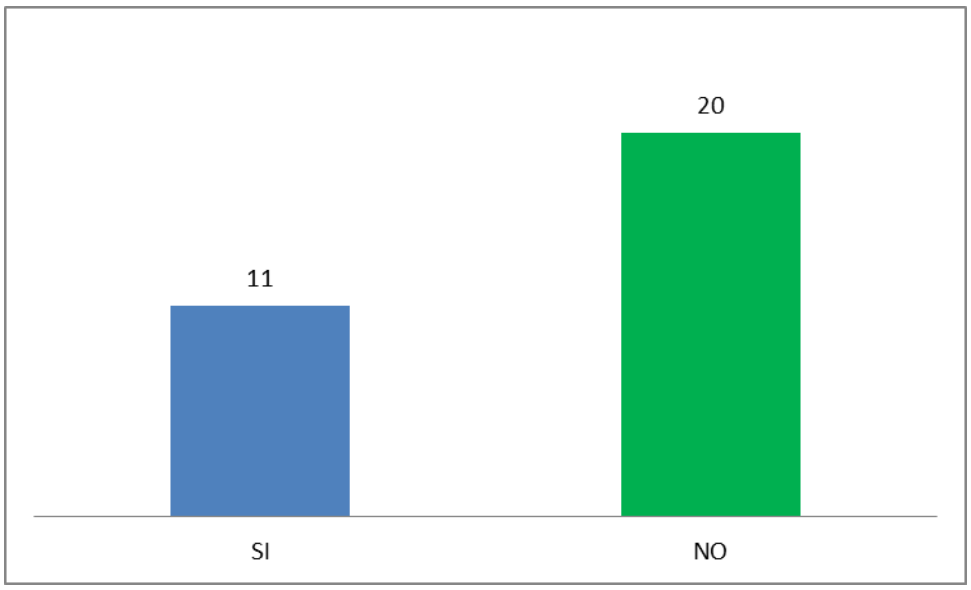
Conocimiento de los encuestados acerca de las comunidades que atraviesa el río Porrosatí



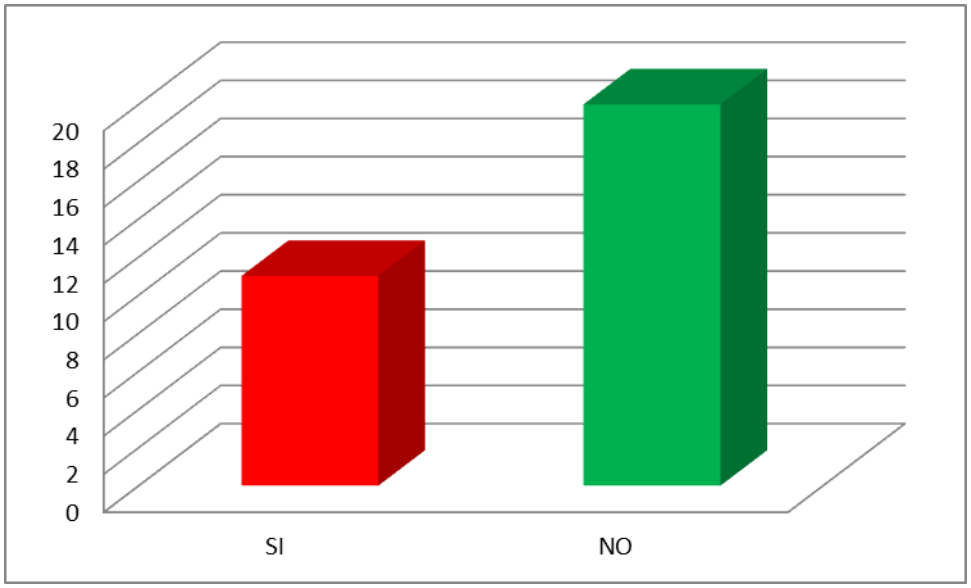
Los pobladores percibieron molestias provenientes del río



La población percibió alguna fuente de contaminación que afecta el río



La población ha percibido emanación de olores desagradables provenientes del río



La población ha realizado algún tipo de acción para evitar la contaminación de este río

Anexo 4. Cálculo de la muestra

Para la selección de las residencias en las cuales se aplicaron las encuestas, se utilizó un muestreo probabilístico, el cual permite asignar a cada unidad de la población una posibilidad de ser escogida en la muestra, reduciendo el riesgo de un posible sesgo, ya que asigna a cada muestra posible una probabilidad conocida de ser seleccionada. Para determinar el número de unidades que se muestrearon se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{n= N * Z_a^2 p*q}$$

Dónde:

- N= Total de la población
- Zα= 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- P= proporción esperada (en este caso 3%=0.03)
- q= 1-p (en este caso 1-0.05= 0.95)

En este caso, para la presente investigación se obtiene el siguiente resultado:

$n= 268*(1.96)^2* 0.03*0.95$

n= 268*3.84* 0.0285

n= 29,32

n= 30

Es así como se obtuvo que se debieron encuestar: 30 viviendas

Anexo 5. Parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales de la República de Costa Rica.

Parámetros Complementarios (Unidades)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Turbiedad (UNT)	<25	25 a <100	100 a 300	(1)	(1)
Temperatura (°C)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5
Nitratos, NO_3^- (mg N /L)	<5	5 a <10	10 a <15	15 a <20	>20
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	<20	20 a <25	25 a <50	50 a <100	100 a 300
Cloruros (como Cl) (mg/L)	<100	100 a 200	NA	NA	NA
Fluoruros (como F) (mg/L)	<1,0	1 a 1,5	NA	NA	NA
Color (Pt-Co)	2,5 a 10	10 a 100	(1)	(1)	(1)
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	<10	10 a 25	25 a 100	100 a 300	>300
Sólidos Disueltos (mg/L)	<250	250 a <500	500 a 1000	>1 000	> 1 000
Grasas y Aceites (mg/L)	ND	ND	ND	ND	15 a 25
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	ND	ND	ND a 1	1 a 2	2 a 5
Arsénico (mg/L)	< 0,01	< 0,01	0,01 a 0,05	> 0.05	>0,05
Boro (mg/L)	0,1	0,2	0,5	1	1
Cadmio (mg/L)	<0,005	0,005	0,01	0,02	0,02
Cianuro (mg CN^- /L)	<0,1	0,1 a <0,2	0,2	>0,2	>0,2
Cobre (mg/L)	<0,5	0,5 a <1	1,0 a 1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 2,5
Cromo Total (mg/L)	<0,05	0,05	0,20	0,50	>0,5
Magnesio mg MgCO3 / L	<30	30 a 50	> 50	> 50	> 50
Mercurio (mg/L)	<0,001	0,001	0,002	0,004	0,005
Níquel (mg/L)	<0,05	0,05	0,1	0,2	0,3
Plomo (mg/L)	<0,03	0,03 a <0,05	0,05 a <0,10	0,10 a <0,20	0,20
Selenio (mg/L)	<0,005	0,005 a <0,010	0,010 a <0,020	0,020 a <0,050	0,050
Sulfatos $(SO_4)^{-2}$ (mg/L)	<150	150 a 250	>250	>250	>250
Parámetros orgánicos					
Sumatoria de los Compuestos Organoclorados (mg/L)	ND	ND	ND	0,01	0,01
Sumatoria de los Compuestos Organofosforados (mg/L)	ND	ND	ND	0,01	0,01
Biológicos					
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	< 20	20 a 1000	1000 a 2000	2000 a 5000	>5000

ND: No detectable por el método utilizado.
NA: No aplicable
(1) Natural o que no afecte el uso indicado

Anexo 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	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	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.	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Con limitaciones	No utilizable
Actividades recreativas de contacto primario.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Acuacultura.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas.	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la protección de las comunidades acuáticas.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Generación hidroeléctrica.	Utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable con limitaciones	Utilizable con limitaciones
Navegación.	No utilizable	No utilizable	Utilizable	utilizable	Utilizable
Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras.	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.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable

Anexo 7. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal.

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