



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Estado del arte de la calidad de aguas en las lagunas
adyacentes a los sitios de pernocta por la presencia de la
bacteria Helicobacter Pylori en el Tepuy Roraima, Parque
Nacional Canaima.**

TRABAJO DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

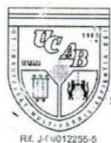
Br. Oriannys Rosalía Requena Herrera.

TUTOR

Ing. Antonio Seijas Botana.

FECHA

Abril, 2022.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Prolongación Av. Atlántico, Puerto Ordaz.
Telf.: (0286) 600-02-36 Fax: (0286) 600-02-36
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Periodo: 202225
NRC: 26994

ACTA DE TRABAJO DE GRADO

Ciudad Guayana, 22 de Abril de 2022

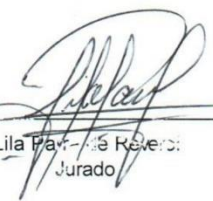
Los suscritos profesores: Antonio Seijas Botana, Florencia Cordero Rivero y Lila Parra de Reverol, integrantes del jurado calificador del Trabajo de Grado intitolado "Estado del arte de la calidad de aguas en las lagunas adyacentes a los sitios de pernocta por la presencia de la bacteria Helicobacter Pylori en el Tepuy Roraima, Parque Nacional Canaima", elaborado por la bachiller Requena Herrera, Oriannys Rosalia, cédula de identidad N° 26132711, para optar al Título de Ingeniera Civil, certifican que, habiendo examinado dicho trabajo, consideramos que es merecedor de la calificación de veinte (20) puntos.

Observaciones:


Antonio Seijas Botana
Tutor(a)


Florencia Cordero Rivero
Jurado




Lila Parra de Reverol
Jurado

Secretaría General
c.c. Escuela

Dedicatoria

A mis padres, Honorio Requena y Lisbeth Herrera, por cada sacrificio realizado para la culminación de esta meta, todo lo que hoy soy se lo debo a ustedes.

Oriannys Requena.

Agradecimiento

Primeramente agradezco a Dios, por darme el don de vida y guiarme en cada uno de mis pasos, gracias padre por tu infinita misericordia.

A mis padres, por ser mi motor y principal apoyo, no existen palabras suficientes para agradecerles tanto esfuerzo por lograr esta meta, este logro es de ustedes y por ustedes.

A mis hermanos Carlos Requena y Diego Requena por el cariño y apoyo incondicional.

A Luis Rengel, gracias por creer en mí siempre, por tu valiosa compañía, por enseñarme a creer en mí misma, por tu paciencia, por levantarme en los momentos difíciles, por convertirme en el mejor compañero de aventuras y sobre todo por demostrarme que en la vida podemos lograr todo lo que nos propongamos.

A mi Universidad, por convertirse en mi segundo hogar durante todos estos años, por regalarme hermosos momentos y amistades y sobre todo por cultivar mi mente con cada lección aprendida.

A mis amigos, Carelis Bravo, Carlos González, Victoria Gómez, Zukeina Cheaito y José Tineo por su amistad sincera e incondicional en cada etapa de mi vida, son un tesoro.

A mi querido tutor Antonio Seijas, por haber sido fundamental en la realización de este trabajo, gracias por tanta dedicación y amor impartiendo sus conocimientos y sobre gracias por tanta paciencia y por confiar en mí siempre.

Al profesor Jaime Leonardi, por el apoyo brindando y el cariño recibido a lo largo de mi carrera y por siempre ampliar y mejorar cada idea, fortaleciendo e incentivando siempre a ser mejores.

A la profesora Valentina Morales, por inspirarme en cada una de sus clases y por enseñarme a aprender a querer la ingeniería en el momento en donde más dude si estaba en el lugar correcto.

A la profesora Lila Parra, por cada una de sus enseñanzas y por su dedicación en que seamos mejores profesionales y personas, por cada mensaje motivacional en el momento que más lo necesite, gracias por el apoyo.

A Odimar López, Freddy Vergara y Jacklin Acosta por sus valiosos aportes para la realización de este trabajo, por su disposición y colaboración en todo momento, gracias.

A mis compañeros de clase, por las experiencias vividas durante este recorrido.

Oriannys Requena.

Índice de contenido

	pp
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	xii
Abreviaturas.....	xv
Resumen.....	xvi
Introducción.....	17
 Capítulo I: El problema	 19
Planteamiento del problema.....	19
Objetivos.....	21
Justificación.....	22
Alcance y limitación.....	23
 Capítulo II: Marco Teórico	 25
Antecedentes.....	25
Bases teóricas.....	29
Estado del arte.....	29
Ingeniería sanitaria.....	30
Excretas.....	32
Calidad de aguas.....	33
Hidrología.....	36
Ciclo hidrológico.....	37
Zona de convergencia intertropical.....	42
Recursos naturales.....	43
Parque Nacional.....	46
Monumentos naturales.....	46
Parque Nacional Canaima.....	46
Vulnerabilidad.....	53
Patrimonio.....	53
Conservación ambiental.....	53
Turismo.....	54
Lugares de interés turístico en la cima del Tepuy Roraima.....	54
Recorrido hacia la cima del Tepuy Roraima.....	57
Empresas turísticas.....	59
Operadores y Porteadores.....	59

Etnia Pemón.....	61
Capacidad de carga.....	63
Defecación al aire libre.....	67
Plan de mitigación.....	67
Digestor de desechos orgánicos o biodigestor.....	68
Bases legales.....	70
Terminología básica.....	76
Capítulo III: Marco Metodológico.....	80
Tipo de investigación.....	80
Diseño de la investigación.....	80
Población y muestra.....	81
Sistema de variables.....	81
Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	82
Procedimiento.....	87
Capítulo IV: Presentación y análisis de resultados.....	89
Descripción del área de estudio.....	89
Ubicación.....	89
Condiciones físico-naturales.....	90
Manejo de las excretas humanas en la cima del Tepuy Roraima.....	112
Representación y análisis de datos de encuesta.....	112
Análisis de la documentación sobre la presencia de la bacteria H.pylori en las aguas de las lagunas.....	137
Descripción de los documentos.....	137
Análisis del documento pionero.....	137
Análisis cruzado de antecedentes.....	140
Capacidad de carga soportable por el ecosistema de la cima del T.R.....	142
Capacidad de carga turística.....	142
Estimas numéricas y características de los visitantes del T.R.....	143
Entrevista a expertos.....	145
Proceso de selección de los expertos.....	145
Aplicación de la herramienta.....	146
Síntesis de entrevistas a expertos.....	160
Capacidad de autopurificación de las aguas.....	164
Plan de mitigación.....	167
Importancia.....	167
Desarrollo del plan de mitigación.....	168
Cálculo del biodigestor.....	170

Manual de uso del biodigestor.....	185
Conclusiones y recomendaciones.....	187
Referencias.....	191
Anexos.....	198
Anexo A. Resumen de Traducción de Documento titulado “Evidencia de Helicobacter spp. en agua dulce de Roraima Tepuy, Escudo Guayana, Sudamérica”.....	199
Anexo B. “Hoteles en la cima del Tepuy Roraima.....	203
Anexo C. Estructura de la encuesta realizada a los operadores turísticos de Santa Elena de Uairén, sobre el manejo de excretas en la zona de estudio.....	206
Anexo D. Baño portátil utilizado en la cima del T.R.....	211
Anexo E. Estructura de la entrevista realizada a los expertos, sobre la capacidad de carga soportable por el Tepuy Roraima.....	213
Anexo F. “Campo de golf” sobre la cima del T.R.....	215
Anexo G. Solubilidad de oxígeno disuelto en agua expuesta a aire saturado con agua a presión atmosférica (101,3 kPa).....	217
Anexo H. Valores de corrección según presiones atmosféricas y elevaciones....	219
Anexo I. Diseño del biodigestor.....	221
Anexo J. Comunidad indígena de Paraitepuy.....	223

Índice de Tablas

Tabla	pp
1. Ficha técnica de fauna que habita en la cima del T.R.....	51
2. Nombres de los llamados “Hoteles” de la cima del T.R.....	56
3. Cantidad de comunidades indígenas en el alto y medio Caroní.....	63
4. Clasificación de aguas tipo I en subtipos.....	71
5. Características de aguas subtipo 1A.....	71
6. Características de aguas subtipo 1B.....	72
7. Cuadro técnico metodológico de la encuesta.....	84
8. Cuadro técnico metodológico de la entrevista.....	86
9. Ficha de reconocimiento para <i>Orectanthe sceptrum</i> , <i>Connellia augustae</i> y Everardia.....	104
10. Ficha de reconocimiento para <i>Heliamphora</i> , <i>Campanula</i> y <i>Bonnetia roraimae</i>	105
11. Ríos que nacen en la cima del Tepuy Roraima.....	108
12. Resultados obtenidos mediante pregunta 1 en encuesta.....	113
13. Resultados obtenidos mediante pregunta 2 en encuesta.....	114
14. Resultados obtenidos mediante pregunta 3 en encuesta.....	116
15. Resultados obtenidos mediante pregunta 4 en encuesta.....	117
16. Resultados obtenidos mediante pregunta 5 en encuesta.....	118
17. Resultados obtenidos mediante pregunta 6 en encuesta.....	120
18. Resultados obtenidos mediante pregunta 7 en encuesta.....	122
19. Resultados obtenidos mediante pregunta 8 en encuesta.....	123
20. Resultados obtenidos mediante pregunta 9 en encuesta.....	124
21. Resultados obtenidos mediante pregunta 10 en encuesta.....	126
22. Resultados obtenidos mediante pregunta 11 en encuesta.....	127
23. Resultados obtenidos mediante pregunta 12 en encuesta.....	129
24. Resultados obtenidos mediante pregunta 13 en encuesta.....	130
25. Resultados obtenidos mediante pregunta 14 en encuesta.....	132

26. Resultados obtenidos mediante pregunta 15 en encuesta.....	134
27. Resultados obtenidos mediante pregunta 16 en encuesta.....	135
28. Valores de Capacidad de carga en cima de Roraima de Venezuela, Parque Nacional Canaima. Cadena de Tepuyes.....	142
29. Número de turistas al Monte Roraima año separado por mes, de marzo de 2002 a enero de 2003.....	144
30. Aumento de visitas al Tepuy Roraima desde 2002 a febrero 2007.....	145
31. Ficha de datos personales entrevistado (1).....	146
32. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (1): preg. 1 y 2.....	147
33. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (1): preg. 3 y 4.....	147
34. Información obtenida mediante la aplicación de la entr (1): preg. 5 y 6.....	148
35. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (1): preg. 7 y 8.....	148
36. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (1): preg. 9.....	149
37. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (1): preg. 10.....	150
38. Ficha de datos personales entrevistado (2).....	151
39. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (2): preg. 1 y 2.....	151
40. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (2): preg. 3 y 4.....	152
41. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (2): preg. 5 y 6.....	152
42. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (2): preg. 7 y 8.....	153
43. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (2): preg. 9.....	154
44. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (2): preg. 10.....	154
45. Ficha de datos personales entrevistado (3).....	155
46. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (3): preg. 1 y 2.....	155
47. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (3): preg. 3 y 4.....	156
48. Información obtenida mediante la aplicación de la entr.(3): preg.5 y 6.....	157
49. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (3): preg. 7 y 8.....	157
50. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (3): preg. 9.....	159
51. Información obtenida mediante la aplicación de la entr. (3): preg 10.....	159
52. Síntesis de entrevista a expertos preg. 1.....	160
53. Síntesis de entrevista a expertos preg. 2.....	161

54. Síntesis de entrevista a expertos preg. 3.....	161
55. Síntesis de entrevista a expertos preg. 4.....	161
56. Síntesis de entrevista a expertos preg. 5.....	162
57. Síntesis de entrevista a expertos preg. 6.....	162
58. Síntesis de entrevista a expertos preg. 7.....	162
59. Síntesis de entrevista a expertos preg. 8.....	163
60. Síntesis de entrevista a expertos preg. 9.....	163
61. Síntesis de entrevista a expertos preg. 10.....	164
62. Plan de mitigación de contaminación de aguas en el T.R.....	168
63. Composición de heces humanas para (1) jornada turística.....	171
64. Distribución de volumen del biodigestor.....	173
65. Distribución de volumen de la mezcla del biodigestor.....	174
66. Excretas generadas en la cima del T.R durante tres jornadas.....	175
67. Composición de heces humanas para (3) jornadas turísticas.....	175
68. Distribución de volumen del biodigestor.....	177
69. Distribución de volumen de la mezcla del biodigestor.....	178
70. Tiempo de retención hidráulica vs Temperatura.....	180
71. Calendario de implementación de uso de biodigestores.....	182
72. Cuestionario de encuesta preguntas 1 a la 4.....	207
73. Cuestionario de encuesta preguntas 5 a la 8.....	208
74. Cuestionario de encuesta preguntas 9 a la 12.....	209
75. Cuestionario de encuesta preguntas 13 a la 16.....	210
76. Cuestionario de entrevista preguntas 1 a la 10.....	214

Índice de Figuras

Figura	pp
1. Vista lateral del Tepuy Roraima.....	19
2. Esquema conceptual del método Estado del arte.....	30
3. Relación entre las bacterias Helicobacter Pylori y el grupo Coliforme.....	32
4. Parámetros que indican la calidad de un cuerpo de agua.....	34
5. Métodos de desinfección del agua.....	36
6. Modelo conceptual de flujos de materia y energía en el ambiente de turbera altotepuyano.....	38
7. Esquema de relación entre Precipitación- Vegetación- Suelo.....	39
8. Ciclo hidrológico del agua y sus distintas fases.....	42
9. Globo terráqueo y formación de vientos de convergencia Intertropical.....	43
10. Distribución del agua en el planeta tierra.....	45
11. Morfología de un Tepuy.....	47
12. Roca arenisca característica de la formación tepuyana.....	49
13. Formación rocosa de arenisca en la cima del Tepuy Roraima llamada “Elefante”..	50
14. Esquema sobre la importancia del Tepuy Roraima.....	52
15. Roca Maverick.....	54
16. Punto triple.....	55
17. Jacuzzis del Roraima.....	56
18. La fosa del Roraima.....	57
19. Ruta hacia la cima del Tepuy Roraima.....	58
20. Porteador ruta hacia la cima del Tepuy Roraima.....	60
21. Porteadores utilizando bolso tradicional “Wayare”.....	61
22. Casa comúnmente utilizada por la etnia pemón.....	62
23. Biodigestor, modelo taiwanés.....	69
24. Ubicación de la zona de estudio Adoptado de Google Earth.....	80
25. Ubicación de la Zona de Estudio.	90

26. Cantidad precipitaciones media anual en la cuenca alta del rio Caroní.....	92
27. Incidencia Solar media diaria en la cuenca alta del rio Caroní.....	94
28. Evaporación media anual en la cuenca alta del rio Caroní.....	95
29. Temperaturas media mensual Tepuy Roraima.....	96
30. Velocidad del viento media mensual Tepuy Roraima.....	97
31. Rosa del Viento del Tepuy Roraima.....	98
32. Zona geológica Tepuy Roraima.....	99
33. Paisajes de la geología, formaciones superficiales y vegetación.....	100
34. Mapa formaciones vegetales de la Cuenca del río Caroní.....	102
35. Paisaje vegetal cima del Tepuy Roraima.....	103
36. Mapa de la cima del monte Roraima.....	109
37. Distribución de precipitaciones sobre el paisaje tepuyano.....	110
38. Lagunas conocidas como “los Jacuzzis” en la cima del Tepuy Roraima.....	111
39. Representación porcentual preg.1.Encuesta.....	113
40. Representación porcentual preg.2.Encuesta.....	115
41. Representación porcentual preg.3.Encuesta.....	116
42. Representación porcentual preg.4. Encuesta.....	118
43. Representación porcentual preg.5.Encuesta.....	119
44. Representación porcentual preg.6.Encuesta.....	121
45. Representación porcentual preg.7.Encuesta.....	122
46. Representación porcentual preg.8.Encuesta.....	124
47. Representación porcentual preg.9.Encuesta.....	125
48. Representación porcentual preg.10.Encuesta.....	127
49. Representación porcentual preg.11.Encuesta.....	128
50. Representación porcentual preg.12.Encuesta.....	130
51. Representación porcentual preg.13.Encuesta.....	131
52. Representación porcentual preg.14.Encuesta.....	133
53. Representación porcentual preg.15.Encuesta.....	134
54. Representación porcentual preg.16.Encuesta.....	136
55. Relación Medio ambiente-H.pylori- Humanos.....	140

56. Relación de análisis documental sobre presencia de H.Pylori en cuerpos de agua.....	141
57. Zonas de autodepuración de un río.....	165
58. Representación gráfica de tiempo de retención vs Temperatura.....	180
59. Diseño de canteros para drenado y secado de lodos.....	183
60. Siembra en camellones.....	184
61. Hotel (1).....	204
62. Hotel (2).....	205
63. Baño portátil comúnmente utilizado en campamentos.....	212
64. Campo de golf en Roraima.....	216
65. Solubilidad de oxígeno en agua expuesta a aire saturado con agua a presión atmosférica (101,3 kPa).....	218
66. Valores de corrección para varias presiones atmosféricas y elevaciones.....	220
67. Diseño del biodigestor.....	222
68. Comunidad indígena Paraitepuy.....	224

Abreviaturas

Helicobacter pylori	H.pylori
Instituto Nacional de Parques	INPARQUES
Organización mundial de la salud	OMS
Oxígeno disuelto	OD
Parque Nacional Canaima	PNC
Temporada alta	TA
Tepuy Roraima	T.R
Zona de convergencia intertropical	ZCIT
Organización de las Naciones Unidad para la educación, la ciencia y la cultura	UNESCO
Evaluación de impacto ambiental	EIA
Viable pero no cultivable	VBNC



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Estado del arte de la calidad de aguas en las lagunas adyacentes a los sitios de pernocta por la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori* en el Tepuy Roraima, Parque Nacional Canaima.

Autora: Br. Oriannys Rosalía Requena
Herrera.

Tutor: Ing. Antonio Seijas Botana.

Fecha: Abril, 2022.

Resumen

El manejo de las excretas tiende a ser un problema en los lugares que no poseen un sistema sanitario adecuado, la defecación al aire libre es una de las principales causas de la introducción de bacterias de origen fecal como la *Helicobacter pylori*, que llegan a convertir cuerpos de agua en fuentes de infección, disminuyendo notoriamente su calidad y ocasionando enfermedades gastrointestinales a los usuarios que se surten de las mismas, es por ello que un óptimo manejo de excretas es de beneficio para el saneamiento de las aguas y de igual manera contribuye a mantener el equilibrio ecosistémico. Por ello, nace el objetivo principal de esta investigación, con el cual se pretende documentar el estado del arte de la calidad de aguas en las lagunas de la cima del Tepuy Roraima por la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori*, tomando en cuenta el manejo de las excretas humanas en el sitio. El desarrollo de la investigación inició por la descripción físico-natural del sitio, seguidamente se estudió el manejo de las excretas y de esta forma se reunieron las posibles causas de la introducción de la bacteria a los cuerpos de agua, luego se analizó la evidencia existente sobre la presencia de la bacteria en estudio, para después constatar la capacidad de carga soportable por el ecosistema y el proceso de autopurificación de las aguas manera natural, por último se realizó un plan de mitigación y se idearon medidas para la prevención y corrección del problema.

Palabras clave: Defecación al aire libre, *Helicobacter pylori*, calidad de aguas, manejo de excretas, fuentes de infección.

Introducción

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta. A pesar de su gran importancia y de ser vital para existencia humana, este recurso se encuentra seriamente amenazado por la actividades antropogénicas, la introducción de organismos patógenos y bacterias de origen fecal como la *Helicobacter pylori* representan un problema sobre los sistemas acuíferos de los cuales se surten los seres humanos, llegando a convertir estos cuerpos de agua en fuentes de infección de enfermedades para los seres vivos.

La calidad de aguas implica conocer qué cantidad de contaminación posee el cuerpo de agua, los factores naturales que la afectan, el suelo, el clima de la zona y su composición química puesto que en conjunto todos estos factores determinan el comportamiento de las mismas.

La mala calidad de aguas ocasiona daños al ambiente y a la salud humana, llegando a causar consecuencias irreversibles a ecosistemas con características particulares de vulnerabilidad, por esta razón, el manejo adecuado de las excretas humanas pretende reducir de la contaminación del agua y preservar el recurso hídrico.

De acuerdo con lo anterior conocer las características de las aguas y las posibles causas que propician la contaminación de las mismas, permite abordar el problema de manera tal en que se pueda establecer una relación adecuada entre las distintas variables de contaminación que indican la presencia de bacterias del grupo Coliforme.

A partir de lo expresado y con el propósito de contribuir a la protección y adecuado uso del recurso natural en cuestión, se estructuró el presente trabajo con el objetivo general de documentar el estado del arte de la calidad de aguas en las lagunas adyacentes a los sitios de pernocta por la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori* en el Tepuy Roraima, parque Nacional Canaima.

Presentado en cuatro capítulos los cuales se describen a continuación:

El capítulo I, presenta el planteamiento del problema, igualmente indica el objetivo general y los específicos, a través de los cuales se desglosan los temas a desarrollar durante la investigación, siguiendo el mismo orden de ideas se presenta la justificación, el alcance y las limitaciones a las cuales se restringió la investigación.

En el capítulo II, se presentan los antecedentes de la investigación, estableciendo relación con los aspectos más relevantes de este trabajo, asimismo se indican las bases teóricas y se describen las normativas y leyes que aplican en este caso.

El capítulo III, describe la metodología utilizada para el desarrollo del trabajo, indica el tipo de investigación, el diseño, la población y muestra, asimismo las técnicas de recolección de datos y el procedimiento de desarrollo del trabajo.

En el capítulo IV, se desarrollan cada uno de los objetivos específicos de la investigación, dentro del mismo se encuentra la descripción de área de estudio, sus características climatológicas y tipo de suelo, vegetación y parámetros físico químicos de los cuerpos de agua, luego se estudió el manejo de las excretas humanas en la zona de investigación, en donde se describieron las medidas sanitarias y el sistema que abarca el proceso, se revisó el contenido que describe la problemática y los posibles factores que lo propician, luego se diseñó un plan de mitigación que establece herramientas para la erradicación y la preservación de los cuerpos de agua estudiados.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta investigación, las referencias bibliográficas y anexos que integran la información expuesta.

Capítulo I

El Problema

Planteamiento del problema

Charles Brewer Carías en su obra “Sarisariñama” define a los Tepuyes como montañas constituidas por roca sedimentaria formadas por arenas solidificadas. Este tipo de montañas surgen repentinamente de las sabanas o selvas adyacentes con los laterales carentes de vegetación y ofrecen un paisaje único.



Figura 1. Vista lateral del Tepuy Roraima. Tomado de <https://www.puentedemandando.com/roraima/>

Este Tepuy se encuentra dentro del parque Nacional Canaima, declarado en 1994 patrimonio natural de la humanidad por la UNESCO, es uno de los destinos turísticos de mayor importancia a nivel mundial ya que cuenta con importantes recursos naturales, paisajes y comunidades indígenas únicas y características de este lugar por lo cual suele atraer la atención de viajeros de distintas partes del mundo así como científicos y promotores comerciales entre otros.

La ausencia del conocimiento del conjunto de normas y leyes por las cuales debe regirse y controlarse el Parque Nacional Canaima y el desacato de las mismas por parte de los visitantes del sitio han motivado al impacto ambiental sobre las aguas naturales de origen puro en la cima del Tepuy Roraima.

La presencia de bacterias como la *Helicobacter pylori* representan un problema en los reservorios de aguas dulces. El género *Helicobacter*, la primera bacteria conocida que coloniza el ambiente gástrico (Marshall y Warren, 1984) y el agente causante de gastritis, úlcera péptica y carcinoma gástrico (Van Amsterdam y otros, 2006).

Se ha evidenciado la presencia de esta bacteria en ambientes prístinos como en la cima del Tepuy Roraima en el parque Nacional Canaima, según se revela en trabajos de investigación que se citan en el desarrollo de este trabajo.

La contaminación de las aguas de la cima no solo representa un problema a nivel sanitario, sino que también significa un problema de salubridad para toda la población visitante y habitantes de comunidades aledañas a la zona estudiada, que se abastecen de las lagunas naturales que se encuentran en la cima del Tepuy en el parque Nacional.

La falta de un sistema sanitario adecuado para turistas y sustentable para con el ambiente en la cima de este Tepuy es el principal factor que ha propiciado que

estas aguas que en su momento fueron conocidas como unas de las aguas más puras del planeta, se estén convirtiendo en una fuente de infección. Dado lo anterior, se plantea la siguiente interrogante de la investigación:

¿Cómo influye el manejo de las excretas humanas con la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori* en las lagunas de la cima del Tepuy Roraima, ubicadas adyacentes a los sitios de pernocta en el parque Nacional Canaima del municipio Gran Sabana, estado Bolívar en Venezuela?.

Objetivos

Objetivo General

Documentar el estado del arte de la calidad de aguas en las lagunas adyacentes a los sitios de pernocta por la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori* en el Tepuy Roraima, parque Nacional Canaima.

Objetivos específicos

1. Definir las condiciones físico-naturales en el área de estudio.
2. Estudiar el manejo de las excretas en la cima del Tepuy Roraima, que son vertidas en las lagunas y que propician la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori*.
3. Analizar la evidencia de la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori* en las aguas de las lagunas en la cima del Tepuy Roraima.
4. Constatar la capacidad de carga soportable por el ecosistema de la cima del Tepuy Roraima referido a la calidad de sus aguas.

5. Elaborar un plan de mitigación por la presencia de la *Helicobacter Pylori* en las lagunas objeto de estudio.

Justificación

Las aguas del Roraima se encuentran en un estado de vulnerabilidad por lo cual un estudio adecuado no solo sería de beneficio a todos los visitantes de la cima del Tepuy Roraima si no también al ecosistema y el medio ambiente.

En cuanto a la transmisión de la *H.pylori* se ha demostrado la importancia que tiene en el agua tratada y no tratada como principal medio de transporte y reservorio de la bacteria.

Las consecuencias de infecciones causadas por la *H.pylori* son de gran impacto para la población, y es este el motivo por el cual dichas aguas deben ser estudiadas con un mayor rigor, ya que las mismas no solo se usan desde el punto de vista recreativo sino que también son utilizadas para beber y cocinar durante la estadía en la cima del Tepuy Roraima en los llamados “hoteles” que son lugares debajo de rocas que ofrecen protección de las condiciones climáticas que se presentan en la cima al momento de pernoctar.

La necesidad de buscar alternativas y propuestas sanitarias que se adapten al escenario ambiental, sin afectar el lado turístico el cual es uno de los principales ingresos económicos de los cuales se beneficia la localidad del municipio Gran Sabana en el estado Bolívar.

La importancia del cumplimiento de la capacidad de carga que soporta la cima del Tepuy no solo sería de suma importancia al momento de controlar la propagación de la bacteria sino también para generar conciencia y mayor control de

responsabilidad a todos los operadores encargados de trasladar personas a la cima del Tepuy y de esta forma contarían con la información necesaria para no exceder la capacidad de carga y afectar las aguas y ecosistemas del Tepuy.

La implementación de medidas que contribuyan al ecoturismo e integren tanto a visitantes como habitantes de la zona convertirían al lugar en un atractivo de interés científico y sustentable trayendo consigo múltiples beneficios a la localidad y al ecosistema estudiado.

Alcance y limitación

El presente trabajo de investigación corresponde al campo de ingeniería civil dentro del área de ingeniería sanitaria y en lo referente a la calidad de aguas haciendo estudio del manejo de excretas que son vertidas en las lagunas de la cima del Tepuy.

Esta investigación pretende evaluar el mecanismo sanitario utilizado en la cima del Tepuy Roraima y el impacto del mismo a nivel ambiental y ecológico desde el punto de vista bacteriológico motivado a la presencia de la *H.pylori* con el fin de dar a conocer el escenario y las causas que propician la situación.

Se inició la investigación a partir de la recolección intensiva de documentación bibliográfica para conocer primeramente el escenario de estudio y sus condiciones físico-naturales, así como la evidencia experimental de las posibles condiciones que producen la situación de contaminación del área de estudio y de esta manera lograr proponer medidas factibles dado el escenario físico de importancia que caracteriza el T.R que se encuentra dentro de un parque Nacional y de esta forma optimizar el vital recurso.

El área de estudio incluyó dos lagunas conocidas como Laguna de la Puerta (LP) y las Lagunas del Roraima también llamadas “Los Jacuzzis” (LJ) ambas ubicadas en la cima del Tepuy cuyas coordenadas son (5° 8'40.26"N

60°45'45.12"O) LP y (5°10'15.49"N 60°46'59.65"O) LJ respectivamente, por ende se analizaron los estudios realizados dentro de las mismas como referencia en el desarrollo de este trabajo.

La investigación tuvo ciertas limitaciones, empezando por la movilización hasta el lugar de estudio debido a que el parque Nacional Canaima se encontró cerrado durante el periodo de investigación en condición a la pandemia Covid-19 al igual que los recursos económicos para subir al Tepuy no eran suficientes para realizar el viaje.

En consecuencia la investigación es del tipo documental por lo cual es importante acotar que este trabajo se restringe y abarca únicamente documentación que fue encontrada en la web, libros, encuestas y entrevistas realizadas a los expertos a través de mensajería instantánea y haciendo uso de softwares para su realización de manera online.

El estudio se inició desde Agosto 2021 hasta Abril 2022, que comprende un lapso de ocho meses.

Capítulo II

Marco Teórico

Antecedentes

Para la realización del presente Trabajo Especial de Grado, se tomaron como referencia diferentes documentos previos acerca del tema de estudio; pertinentes para establecer sustento teórico a esta investigación, los cuales se muestran a continuación:

Fernández, Giarizzo, García, Contreras, Salazar, Barton y Suarez (2016), realizaron un trabajo de investigación titulado: “Evidence of *Helicobacter* spp. in freshwaters from Roraima Tepui, Guayana Shield, South America”. La publicación la realizaron en la revista académica Springer International Publishing Switzerland. El objetivo general de los microbiólogos del departamento de Oregon State University, Corvallis fue: Investigar la aparición de *Helicobacter* en aguas dulces naturales de Roraima Tepuy, un ecosistema poco estudiado y único del Escudo Guayanés.

La metodología utilizada consistió en la toma de muestras de agua dulce del lugar para su análisis, cultivo de bacterias para el enriquecimiento de dichas muestras y ensayos de hidratación in situ de fluorescencia (FISH). Dentro de sus conclusiones establecieron que existe presencia de bacterias en las aguas del ecosistema Tepuy y sostuvieron que este último pudo haber sido contaminado por turistas que visitan el paisaje (ver en anexo A).

Esta investigación aportó información sobre el ecosistema presente en el Tepuy Roraima, así como también ofrece resultados sobre ensayos realizados en sus

aguas dulces y los diferentes métodos de identificación de bacterias, útiles para establecer mejoras en el sistema de visitas y el comportamiento de los visitantes.

Rull, Vegas y Safont (2016), elaboraron un trabajo investigativo con título: “The Lost World’s pristinity at risk”, desde la Universidad de Barcelona, España. Los Doctores en Biogeoquímica e Impacto Ambiental proponen como objetivo principal resaltar los daños incipientes ocurridos en el Escudo Guayanés y discutir soluciones potenciales.

La metodología utilizada fue de tipo investigativa, exponiendo los daños causados por la inclusión de plantas exóticas no nativas, siendo algunas de carácter invasivo y la contaminación de las aguas por parte de los turistas, que podría afectar el rendimiento ecológico.

La conclusión expuesta por los autores se basa en medidas preventivas y correctivas para mitigar el problema, así como la ayuda de entes gubernamentales; las cuales servirán de fundamento para la redacción de esta propuesta.

Percival y Thomas (2009), realizaron un trabajo de investigación que lleva por nombre “Transmisión de *Helicobacter pylori* y el papel del agua y biopelículas” desde el departamento de Patología en la Facultad de Medicina de la Universidad de Virginia Occidental Ubicada en Morgantown, Estados Unidos. El objetivo de esta investigación se basó en resaltar los datos disponibles hasta la fecha que sugieren el agua y supervivencia en biopelículas como probable modo de transmisión de *H. pylori*.

Para la realización de este estudio recolectaron un conjunto de data sobre la *Helicobacter Pylori* y su comportamiento en el agua potable, así como también su eficacia en el proceso de desinfección en donde encontraron que *H. pylori* era más resistente a niveles bajos de cloro libre que *E. coli*.

Las conclusiones de esta investigación destacaron el hecho de que era posible que en condiciones de inadecuada desinfección la bacteria *H. pylori* persista en el agua y por ende *H. pylori* podría sobrevivir a las prácticas de desinfección que normalmente se usa en el tratamiento de agua potable cuando *H. pylori* se encuentran en el estado VBNC.

Acosta, Benavides y Sierra (2014). Realizaron la publicación en un artículo para la Universidad Nacional de Lanús en la República Argentina. Titulado: “Análisis cualitativo del deterioro de la calidad del agua y la infección por *Helicobacter pylori* en una comunidad de alto riesgo de cáncer de estómago (Cauca, Colombia)”.

El objetivo de este estudio consintió en conocer la situación existente en la comunidad del Cauca en Colombia, en relación al deterioro del recurso hídrico y los impactos en la salud en los colectivos y de esta manera establecer acciones para transformarla.

La metodología utilizada se basó en una investigación-acción participativa, para ello se conformó un equipo interdisciplinario al que se incorporaron once profesionales, miembros líderes de la comunidad y de instituciones a nivel local conocedores de la hidrología de la zona. El estudio se realizó en las comunidades abastecidas por siete acueductos rurales del municipio de Timbío del departamento Cauca, Colombia.

Dentro de las principales conclusiones se estableció que la ruta fecal-oral es bastante acertada para la transmisión de *Helicobacter pylori*, en la que el agua juega un rol importante como vector. Además, se exponen una serie de medidas para abordar la problemática de salud y se explica la necesidad de trabajar en acciones de prevención y promoción de la salud que permitan un uso adecuado de las fuentes de agua, el desarrollo de estrategias con la comunidad como

alternativas para mejorar la calidad del agua así como el uso de algún tipo de desinfectante o técnica de potabilización para el consumo del agua.

Acosta (2011), realizó una publicación para la revista de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad del Cauca en Colombia, que lleva por nombre: “Hombre-Naturaleza: relación ecosistémica de la contaminación por *Helicobacter pylori* en fuentes de agua”.

Este artículo tuvo como objetivo explorar el uso y manejo del agua desde un enfoque ecosistémico y su relación con la salud humana, también planteó un abordaje sistémico entre la relación hombre- naturaleza y su relación con la contaminación de los cuerpos de agua por *Helicobacter pylori*.

En donde se concluye que el tipo de suelo es un factor importante, ya que incide directamente en la penetrabilidad de patógenos en las aguas subterráneas. Las precipitaciones en grandes cantidades facilitan el esparcimiento del excremento que contiene la bacteria y una vez entra a los cuerpos de agua, puede permanecer allí hasta que es ingerida por una persona convirtiendo el agua en transporte de infección.

El estudio ecosistémico de la infección y la trasmisión de *H. pylori*, a través de fuentes de agua se muestra directamente a través de la relación hombre-naturaleza, esta relación es vital para conocer los usos y manejos de los recursos hídricos de las comunidades y esta forma establecer estrategias de erradicación del patógeno.

Bases teóricas

Estado de Arte

(Molina, 2005). “El estado del arte es una modalidad de la investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado (escrito en textos) dentro de un área específica”. Se aplican distintos métodos para la implementación del estado del arte, sin embargo el método general viene dado por tres pasos que se explican a continuación:

1. **Contextualización:** Esta etapa se basa en definir el problema, los aspectos que lo limitan y la búsqueda de los documentos que se utilizarán en la investigación, así como ciertos criterios de su entorno.

2. **Clasificación:** En esta etapa, los parámetros deben estar diseñados para observar el sistema de información, la capa de documentos, así como el orden de la investigación, los objetivos de la investigación y las principales conclusiones.

3. **Categorización:** Esta etapa se tiene en cuenta la jerarquía y crea categorías para tratar la información, un paso implícito de la importante recuperación de la información y facilita la investigación básica de los fenómenos para el estudio, al permitir el desarrollo de actividades que involucren la práctica de la investigación en un área en particular.

En la figura 2, se muestra un esquema que en resumidas palabras explica el estado del arte como concepto y el alcance de este tipo de metodología de investigación.

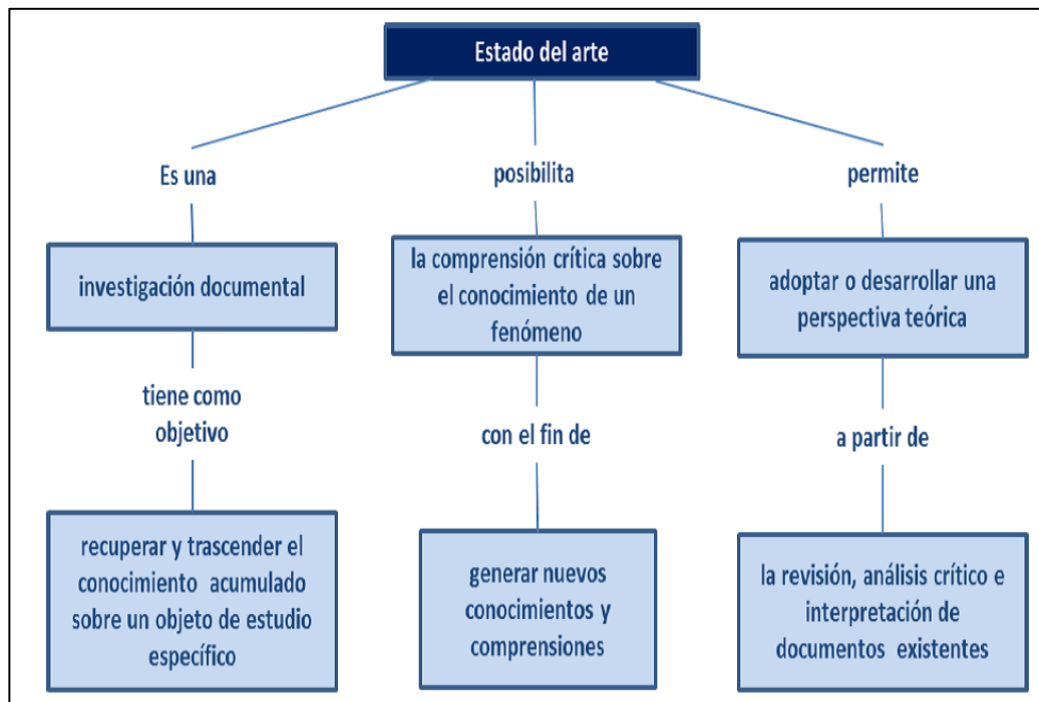


Figura 2. Esquema conceptual del método Estado del arte. Tomado de: <http://normasapa.net/wp-content/uploads/2017/03/fff4d97f-1158-4e28-b00e-b9106070874a.png>

Ingeniera Sanitaria

Metcalf, (1995), la define como “la rama de la ingeniería ambiental que aplica los principios básicos de la ciencia y de la ingeniería a los problemas de control de aguas contaminadas” (p.1).

En el estudio de aguas contaminadas los coliformes se utilizan como un indicador de la contaminación producto de desechos humanos, los coliformes son grupo de bacterias con características bioquímicas de importancia para la determinación de la calidad del agua se utilizan como un indicador de contaminación del agua y los alimentos.

Las bacterias de este grupo se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales, los coliformes se clasifican en:

Los coliformes totales, son bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 ° C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. (Carrillo y Lozano, 2008).

Los coliformes fecales, se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°-45°C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Easton, 1998).

Los organismos patógenos que se encuentran en el agua contaminada pueden proceder de excrementos humanos que estén infectados de una determinada enfermedad, el tracto intestinal humano contiene gran cantidad de bacterias conocidas como coliformes.

Dentro de estos patógenos infecciosos se encuentra la bacteria *Helicobacter pylori* que es una bacteria de tipo gram negativa que es transmitida por las vías fecal-oral, gastro-oral, oral-oral, cuyo mecanismo interno le permite sobrevivir en ambientes ácidos como el estómago y ha sido implicado en el desarrollo de la gastritis y úlceras pépticas. (Villalón y otros, 2020), en la figura 3 se muestra la relación entre la bacteria *Helicobacter pylori* con el grupo coliforme.

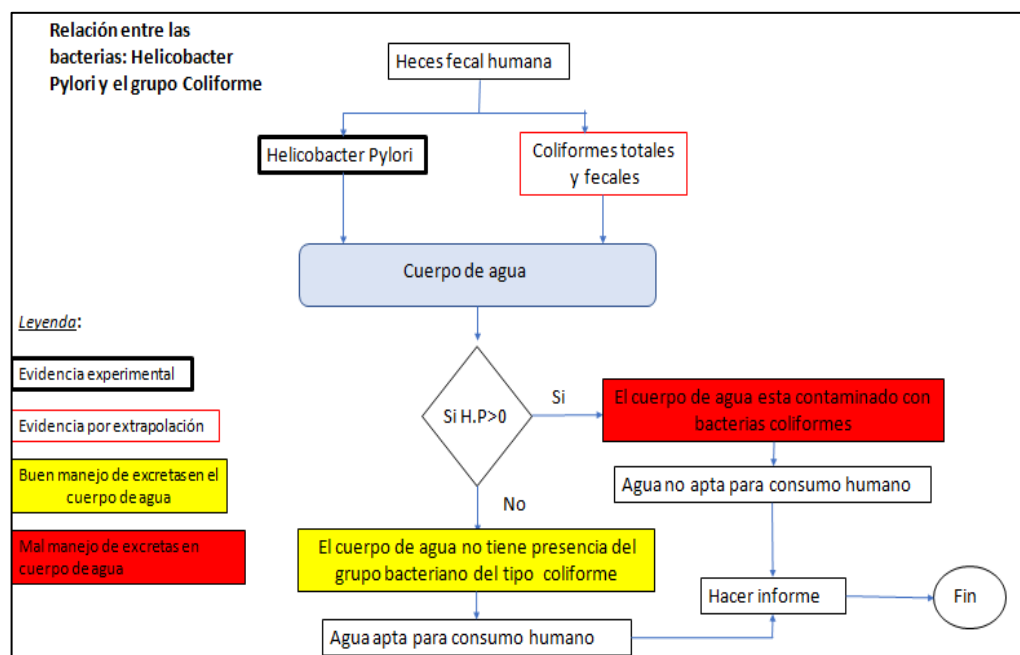


Figura 3. Relación entre las bacterias Helicobacter Pylori y el grupo Coliforme

Excretas

Se conocen como excretas a los excrementos humanos y animales que también son llamados heces o materias fecales y no son más que residuos que el cuerpo elimina a través de los intestinos después de que los alimentos han hecho efecto en el organismo.

(Gotaas, 1956), en un estudio realizado por la OMS titulado: “Sanitary disposal and reclamation of organic wastes”, una persona sana genera entre (135-270g) per cápita por día de peso húmedo de heces fecales y (35-75g) per cápita por día de peso seco de heces fecales y las mismas tienen una composición aproximada de humedad de 66-80%. (p.35).

En la publicación titulada “Revisión de heces humanas sintéticas y lodos fecales para la investigación de saneamiento y aguas residuales. Investigación del agua” (2018), se puede afirmar que las heces humanas se caracterizan por una

densidad de 1,06 g/ml y que los humanos sanos producen heces que flotan (tienen una densidad menor que 1 g/ml) debido al gas atrapado en las heces. (p.224).

Por su naturaleza, las excretas también son una salida para las bacterias y parásitos que circulan constantemente en el cuerpo y así se convierten en el foco de infección, elemento que debe ser convenientemente almacenado y alejado de las manos humanas, de los animales y del agua para consumo.

Las excretas sufren rápidamente la acción de bacterias, estas se descomponen rápidamente y se transforman en sustancias que pueden ser absorbidas por las plantas, inocuas para el cuerpo humano. Sin embargo, cuando se produce esta descomposición, el excremento es un contaminante que puede causar enfermedades.

En base de estas consideraciones, se puede asegurar que garantizar una disposición de excreta adecuada es esencial y debe considerarse como una de las formas básicas para mantener la higiene y evitar por completo la contaminación del suelo y el agua.

La disposición de excretas se refiere al manejo y al lugar en donde serán depositadas las mismas para mantener las adecuadas condiciones de agua, saneamiento e higiene.

Calidad de aguas

La calidad del agua puede definirse como aquellos factores que describen las características químicas, físicas y microbiológicas del agua. La calidad de las aguas puede verse afectada por causas naturales y por factores externos, cuando se habla de los factores externos que degradan la calidad natural del agua se hace referencia a aquellos ajenos al ciclo hidrológico como lo son la actividad antropogénica.

La siguiente figura muestra un esquema en donde se indican los principales parámetros que describen la calidad del agua.

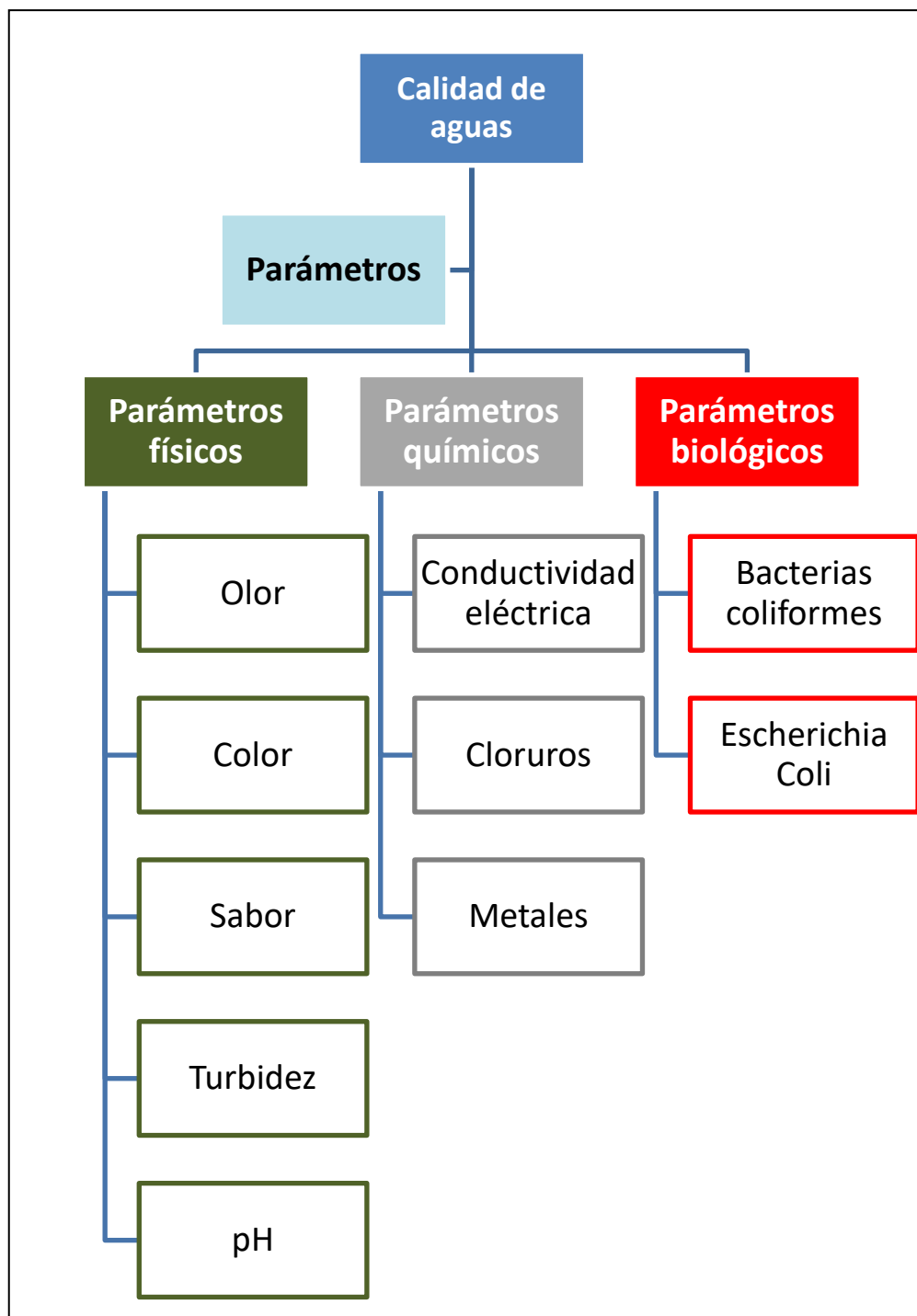


Figura 4. Parámetros que indican la calidad de un cuerpo de agua.

El agua apta para consumo humano puede considerarse de buena calidad cuando es libre de microorganismos patógenos que puedan afectar la salud del consumidor, esta debe haber estado sometida a algún proceso de potabilización o desinfección.

La OMS (2006) indica que “los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua”. Estos pueden aumentar la concentración de patógenos elevando el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua.

La desinfección del agua es la eliminación de los microorganismos especialmente los patógenos causantes de enfermedades, que pueden ser dañinos en los consumidores de agua, la desinfección es tal vez el tratamiento más importante para clasificar el agua como apta para consumo humano.

La desinfección puede realizarse a través de varios métodos, a continuación en la figura 5 se muestran algunos de los más populares:

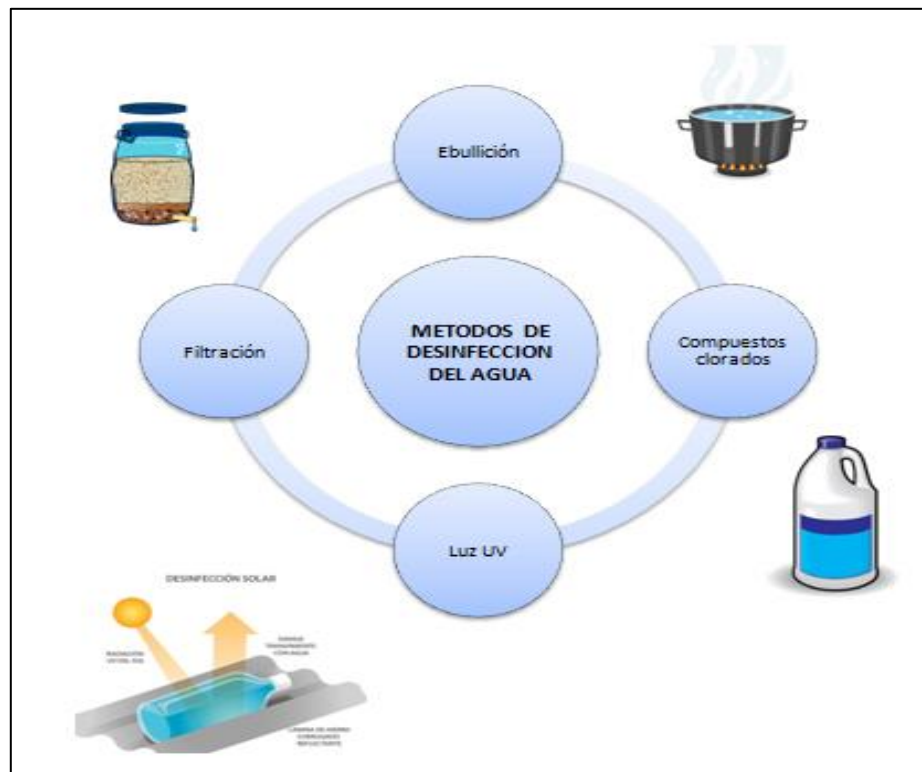


Figura 5. Métodos de desinfección del agua

Hidrología

(Villodas, 2008), establece el concepto de hidrología como “la disciplina que trata de las propiedades, existencia, distribución y movimiento del agua sobre y debajo de la tierra, sus conocimientos se aplican al uso y control de los recursos hídricos en los continentes del planeta”.

La hidrología de un área está definida por modelos tales como el clima, topografía, geología y vegetación. Con el avance de la civilización, la actividad humana penetró gradualmente en el medio ambiente natural, perturbando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico y provocando nuevos procesos y eventos (Chow, Maidment y Mays, 1994, p.5).

Ciclo Hidrológico

Según (Villón 2002). “Se denomina ciclo hidrológico, al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.)”, (p.16).

El agua se transfiere desde la superficie de la Tierra a la atmósfera en forma de vapor de agua, debido a la evaporación directa, la transpiración en animales y vegetación por la conversión directa de agua sólida a vapor, la cantidad de agua transferida que se encuentra inmersa en el ciclo hidrológico, es despreciable por sublimación, no tiene relación con el volumen transferido por evaporación y transpiración, a este proceso se le llama evapotranspiración. (Fattorelli & Fernández, 2011, p. 23).

Los componentes que integran el ciclo hidrológico se describen a continuación:

Precipitación

“Es el proceso mediante el cual, el agua en sus fases líquida y/o sólida, alcanza la superficie terrestre, proveniente de la troposfera, en forma de lluvia, llovizna, nieve, aguanieve o granizo”(Gabaldón, Rosales, Buroz, Córdova, Uzcátegui y Iskandar, 2015, p.82). Es decir, cualquier partícula de agua que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre.

Parte del agua que precipita se infiltra y almacena en el suelo, otra parte de ella en la vegetación y turberas ocasionando el proceso de evapotranspiración, y parte de la precipitación se infiltra en las rocas, la mayor proporción de estas aguas da a la formación de flujos superficiales, alimentando la zona acuífera de aguas subterráneas.

Las precipitaciones constantes en un determinado lugar impactan en la vegetación, dando origen a la formación de turberas que se definen como “sedimentos de origen orgánico, constituido por la acumulación de restos vegetales parcialmente descompuestos, de manera que en ellos dominan las fibras más resistentes, ricas en carbono” (Geo Venezuela 2, 2007,p.534).

Estos compuestos orgánicos son los responsables de la coloración amarillina de las aguas de las regiones tepuyanas y de los ríos de aguas negras de la Amazonia (El Macizo del Chimantá, Escudo de Guayana, Venezuela. Un ensayo ecológico tepuyano),(p.83). En la figura 6 se muestra la interacción entre la precipitación y la vegetación para la formación de la turba.

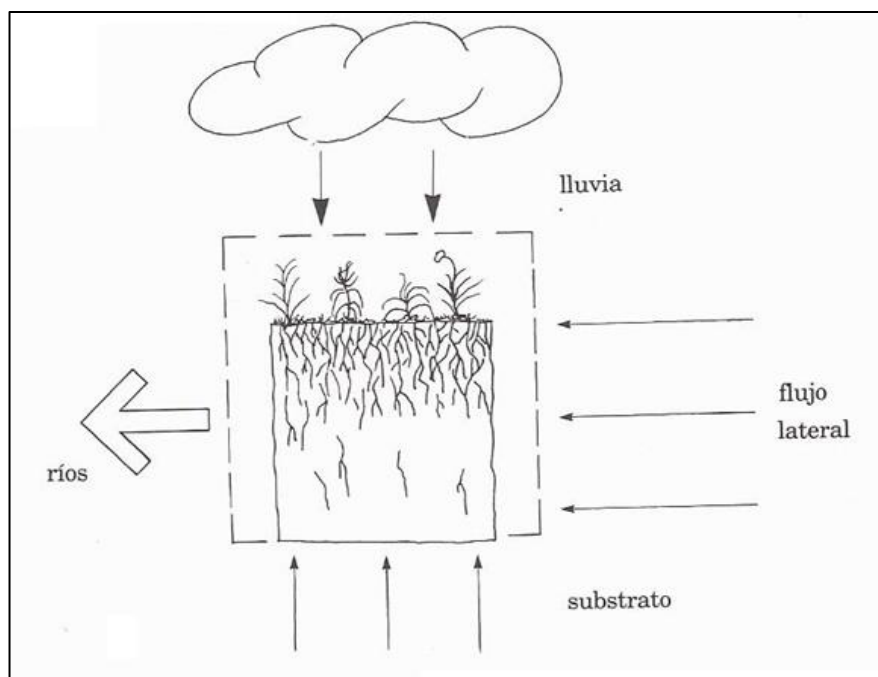


Figura 6. Modelo conceptual de flujos de materia y energía en el ambiente de turbera altotepuyano. Tomado de: El Macizo del Chimantá, Escudo de Guayana, Venezuela. Un ensayo ecológico tepuyano. (p.83).

La humedad del suelo producto de las precipitaciones y en conjunto con el sistema clima- suelo- vegetación inciden directa y indirectamente en los ciclos del carbono y nitrógeno del suelo en ella impacta la descomposición y toma de nutrientes por parte de la vegetación y a su vez la composición de los residuos vegetales como la turba. (Gabaldón, Rosales, Buroz, Córdova, Uzcátegui y Iskandar, 2015, p.89).

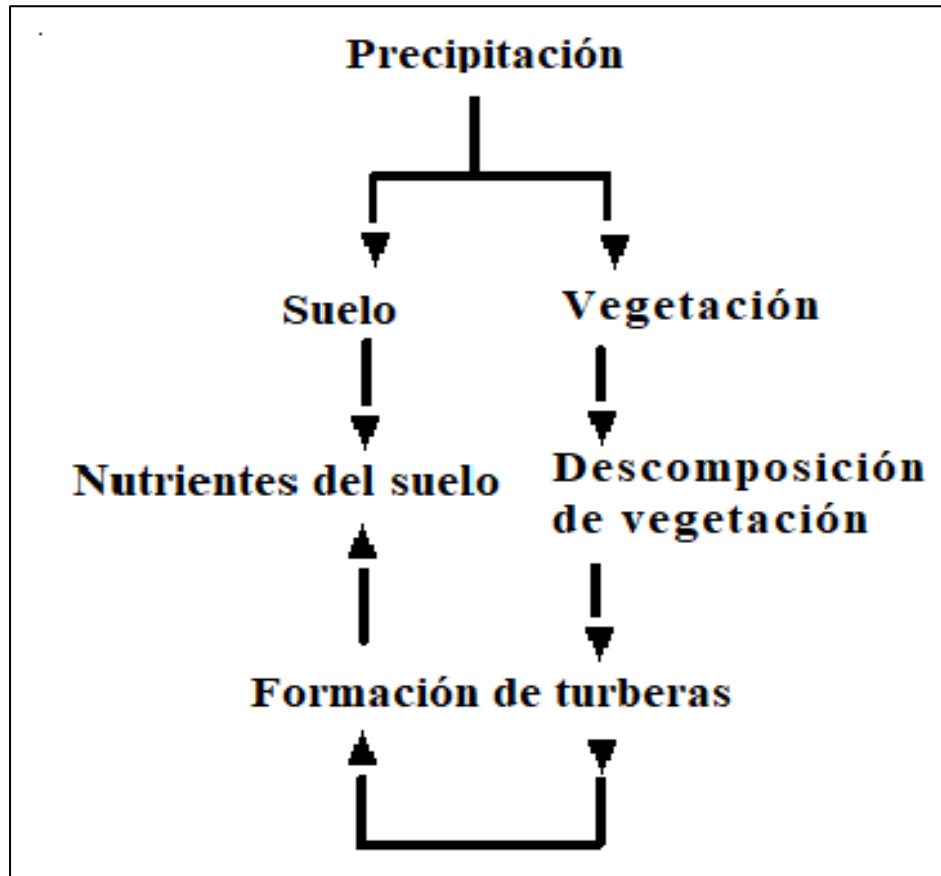


Figura 7. Esquema de relación entre Precipitación- Vegetación- Suelo.

Evaporación

“Es un proceso físico, que consiste en el paso del agua de un estado líquido hacia un estado gaseoso, desde diferentes tipos de superficies, tales como lagos, ríos,

humedales, áreas impermeables, suelos y follaje vegetal” (Gabaldón, Rosales, Buroz, Córdova, Uzcátegui y Iskandar, 2015, p.82).

La evaporación es el paso del estado líquido a gaseoso. En el caso del agua, este proceso se produce por la acumulación de energía, más concretamente del calor que proporciona la energía solar a través de sus rayos.

Transpiración

Utilizando el concepto de (Gabaldón y otros, 2015), es el proceso de evaporación del agua presente en los tejidos vegetales y liberación de ese vapor de agua a la atmósfera. (p.83).

Condensación

Es el proceso en donde el agua que se encuentra en estado gaseoso se vuelve a transformar en agua ocasionando la formación de las nubes, la neblina o el rocío, a causa del enfriamiento del aire.

Filtramiento

Es el proceso mediante el cual el agua penetra el suelo, la capacidad de infiltración depende del tipo de suelo y de factores como la textura y estructura del mismo (Gabaldón y otros, 2015, p.83)

Escorrentía superficial

Se conoce como escorrentía al proceso de drenaje de las aguas procedentes de las precipitaciones en la superficie de la tierra. Esta se da por los propios canales que

el agua ha ido formando sobre la capa terrestre a través del suelo y las rocas, llegando hasta lo que se conoce como circulación subterránea.

Aguas subterráneas

El agua que se filtra al interior de la tierra forma una suerte de canales y vías que se conocen con el nombre de circulación subterránea. Se trata de una de las mayores cantidades de volúmenes de agua que se encuentran almacenadas en la tierra y de la cual se obtiene en gran medida el agua potable para beber (tanto las personas como muchos animales), se encuentra bajo las rocas que forman la superficie terrestre.

Flujo superficial

“La parte de la precipitación que no es interceptada por el follaje de las plantas cae sobre el suelo, de la cual una parte se infiltra y el resto se almacena en la superficie o se mueve en forma de flujo superficial o escurrimiento superficial” (Gabaldón y otros, 2015, p.83)



Figura 8. Ciclo hidrológico del agua y sus distintas fases. Tomado de: <https://www.arkiplus.com/el-ciclo-del-agua/>

Zona de Convergencia Intertropical

Es la región del globo terráqueo que tiene una franja de bajas presiones que se extiende cerca del Ecuador, donde convergen los vientos alisios del noreste y del sureste. (Geo Venezuela 2, Fundación empresas polar.2007, p.246).

En la zona de convergencia intertropical (ZCIT), la masa de aire se ve obligada a aumentar, provocando una gran cantidad de nubes y precipitaciones, en parte acompañadas de descargas eléctricas. La ZCIT no es uniforme ni continua, puede ser discontinua, su espesor varía de un lugar a otro, y su actividad en regiones oceánicas y continentales.

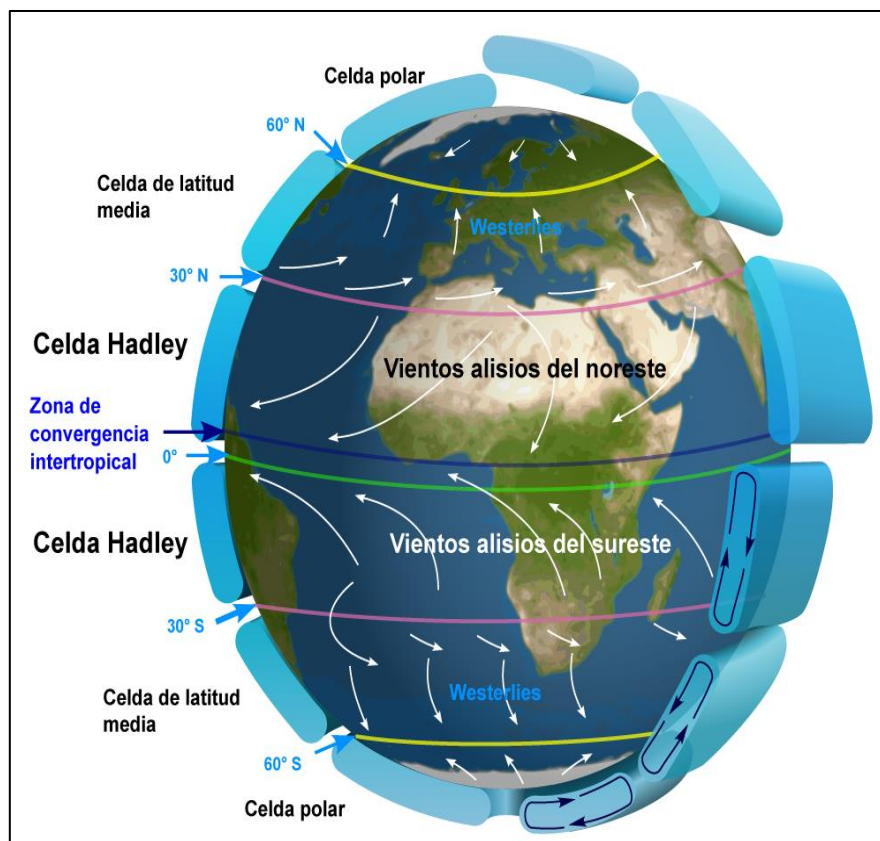


Figura 9. Globo terráqueo y formación de vientos de convergencia Intertropical. Tomado de: <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/GeografiaClima/>

Recursos Naturales

La ley Orgánica del Ambiente de Venezuela, en su artículo 3, lo define como “componentes del ecosistema, susceptibles de ser aprovechados por el ser humano para satisfacer sus necesidades”.

Según Suárez y González (2014), “Se denominan recursos naturales aquellos bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza y que son valiosos para las sociedades humanas por contribuir a su bienestar de manera directa (materias primas, minerales y alimentos) o indirecta”, (p.28).

Estos recursos a su vez se dividen en dos tipos como lo son: los recursos renovables y los no renovables que se explican a continuación:

Los recursos renovables, son aquellos capaces de recuperarse a lo largo del tiempo por lo que se consideran ilimitados, como lo son el agua que es capaz de transformarse mediante el ciclo hidrológico que es infinito, así como el sol o el suelo.

Los recursos no renovables, son aquellos que no pueden regenerarse, que existen en una cantidad limitada o cuya recuperación sea demasiado lenta como lo son el petróleo y el gas natural.

El agua a pesar de clasificar como un recurso renovable su escasez es un concepto relativo y dinámico, puesto que todas sus causas están relacionadas con la intervención humana en el ciclo del agua.

“El agua proviene del medio ambiente y toda el agua que extraen los seres humanos al final vuelve al medio ambiente, junto con las impurezas que se le hayan añadido”. (Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, 2021 p.3). Estas impurezas desmejoran la calidad del agua como consecuencia de la contaminación antrópica que vierten sus residuos a los cuerpos de agua. (Gabaldón y otros, 2015, p.67).

La distribución del agua varía según su tipo, el 97.5 % del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua, es decir, agua salada, únicamente el restante 2.5 % es agua dulce (ver figura 10), dentro de este porcentaje de agua dulce el 2,18 % está concentrado en glaciares, atmósfera y acuíferos subterráneos por ende solo el 0,32 % puede aprovecharse. (Gabaldón y otros 2015, p.66).

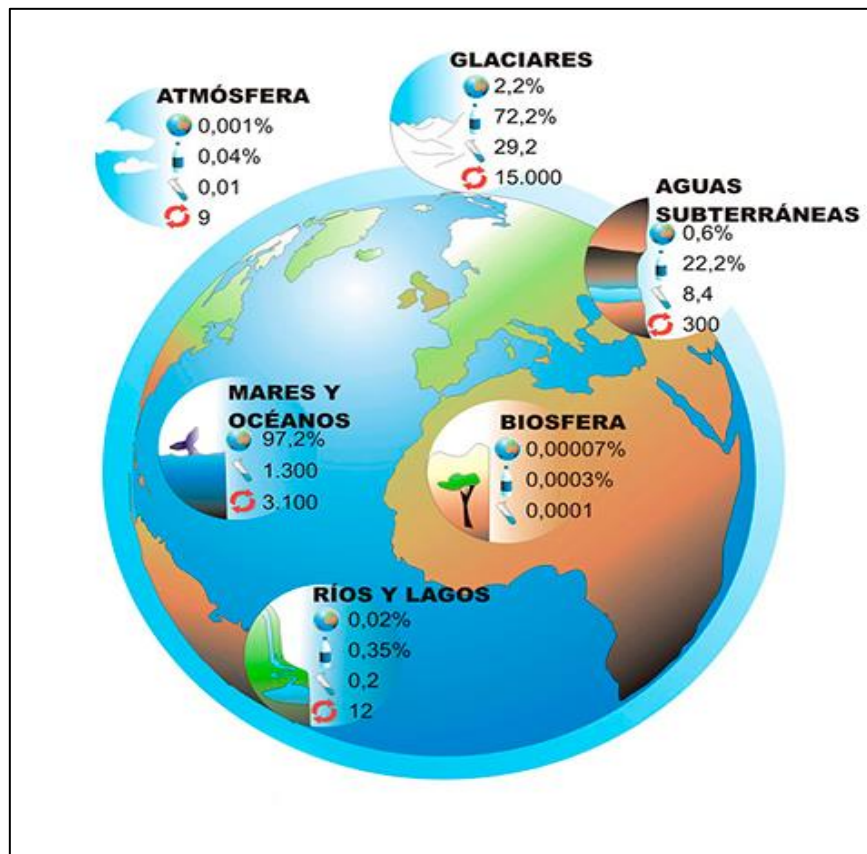


Figura 10. Distribución del agua en el planeta tierra. Tomado de: <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/>

Toda agua posee una capacidad de autopurificación, en donde según la cantidad de oxígeno disuelto en ella es capaz de biodegradar la materia orgánica que se encuentre en las mismas producto de la contaminación.

(Protocolo de oxígeno disuelto. Programa GLOBE Argentina ,2005). “El agua puede contener menos oxígeno disuelto a altas elevaciones porque hay menor presión. La Solubilidad del oxígeno también decrece con el incremento de la salinidad.”, (p.2).

Parque Nacional

“Los Parques Nacionales de Venezuela son áreas y territorios que albergan ecosistemas que deben protegerse de la alteración por la explotación o la ocupación humana en Venezuela. Constituyen paisajes donde existen especies de plantas y animales o hábitats de interés biológico, educativo y paisajista.” (INPARQUES).

Los parques nacionales de Venezuela están bajo la administración del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES).

Monumentos Naturales

Son áreas de superficie limitada, que, por sus características naturales, merecen protección y perpetuidad en su estado original. Se les considera de interés nacional y suelen presentar por lo menos una característica sobresaliente, tales como accidentes geográficos, belleza o rareza excepcionales. (INPARQUES).

Parque Nacional Canaima

Ubicado al sudeste de Venezuela, el territorio de este parque limita con las fronteras de Guyana y Brasil, abarca tres millones de hectáreas cubiertas en un 65% por tepuyes. Declarado como parque Nacional el 12 de junio de 1962 por Decreto del Gobierno de Venezuela y declarado patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 1994.

Los tepuyes son Mesetas de origen precámbrico situadas en el Escudo de Guayana en el estado Bolívar formadas por sedimentos arenosos convertidos en rocas y aisladas una de otra, separadas entre sí por valles de importantes dimensiones.

(Costa, Vilorio, Huber, Attal, Orellana, 2013, p. 194). Los tepuyes cuentan con características biogeológicas únicas que presentan un gran interés para la geología.

INPARQUES, en su publicación “Parques Nacionales y Monumentos Naturales de Venezuela”, define a los tepuyes como: “Formaciones de arenisca y conglomerados de cuarzo que cubren con su espesor de 2.500 metros el antiguo zócalo de los terrenos arcaicos, que ha sido erosionado casi por completo en su periferia, dejando aislados a estos altos cerros tabulares”.

EDELCA, en su publicación “El Hábitat y la Huella del Hombre” describe a los tepuyes de la siguiente manera: “Elevaciones típicas de nuestra Guayana que se formaron, a lo largo de millones de años, por el seccionamiento de grandes masas de materiales depositados sobre rocas del Escudo Guayanés”.

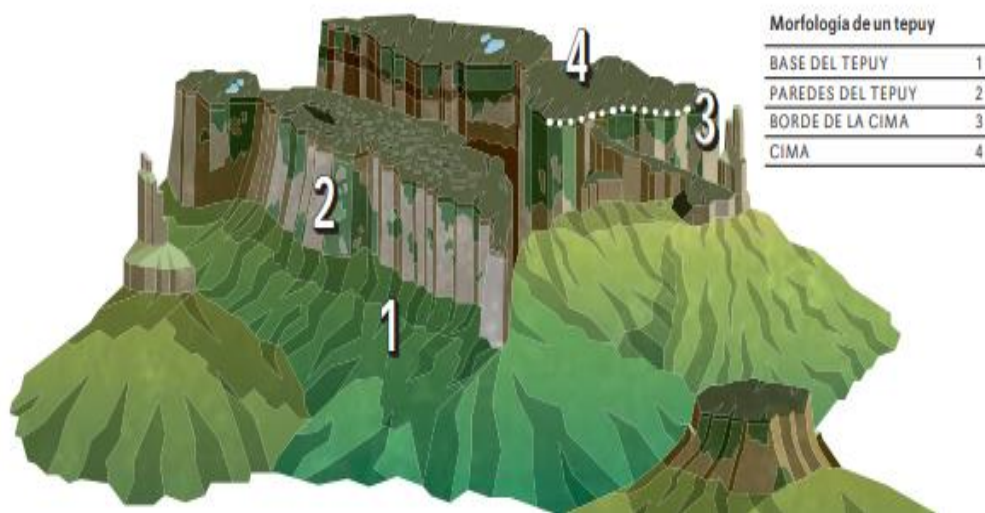


Figura 11. Morfología de un Tepuy. Tomado de: https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/16937/geo_u6_1151_guayana_r_elieve_tepuyes.pdf

“Los tepuyes están generalmente separados entre sí por grandes distancias, que a menudo se encuentran cubiertas por notables extensiones de selvas tropicales o sabanas bajas, lo que los hace parecer “islas” sobre un mar de vegetación”. (Costa, Vilorio, Huber, Attal y Orellana, 2013).

Dentro del parque Nacional Canaima en el sector oriental se encuentra el Tepuy Roraima, este cuenta con 2.810 metros de altura, siendo el más alto de la cadena de mesetas tepuyes de la sierra de Pacaraima, en América del Sur. El explorador inglés Sir Walter Raleigh en el año 1596 fue el primero en describir este Tepuy, sus 31 km² de área en la cima están divididos entre Venezuela (85 %), Guyana (10 %, Zona en reclamación de Venezuela) y Brasil (5 %) está rodeado de acantilados de hasta 400 metros de altura por todos sus lados.

El punto más alto del Tepuy es "El Maverick", de 2810 m, ubicándose en el extremo sur de la meseta dentro del lado Venezolano.

Muchas de estas formaciones tienen características distintivas como paredes extremadamente verticales y crestas planas. Están hechos principalmente de arenisca y geológicamente hablando, son las estructuras más antiguas que se encuentran en la tierra.

Las areniscas son rocas detríticas sedimentarias dominadas por capas de arenas consolidadas cuyo tamaño oscila entre 2 mm y 0,06 mm de diámetro, formado por fragmentos de roca o minerales.

Estos granos son principalmente minerales resistentes a la intemperie, principalmente cuarzo, mica, óxido de feldespato y fragmentos de roca, pueden ir acompañados de otras sustancias como la magnetita y se denominan arenas sin fermentar. También contienen algunos materiales relacionados, como la arcilla.

“Las litología predominantes de Roraima son arenitas cuarcíferas y minoritariamente arenitas líticas, feldespáticas, conglomerados, arcosas, waeas cuarcíferas, lutitas y limolitas interestratificadas.” (Urbani, 1986). Como se puede ver en la figura 12 se muestra la apariencia del tipo de roca arenisca.



Figura 12. Roca arenisca característica de la formación tepuyana. Tomado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Arenisca#/media/Archivo:Sandstone\(quartz\)USGOV.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Arenisca#/media/Archivo:Sandstone(quartz)USGOV.jpg)

La cima del Tepuy se caracteriza por la presencia de rocas de tipo arenisca que han sido moldeadas producto de la erosión y el clima, dando como resultado que estas rocas hayan formado figuras en donde los visitantes por su similitud en apariencia con algunos animales y objetos le hayan otorgados nombres por los que

son reconocidos, en la figura 13 se muestra la formación rocosa conocida como “El elefante”.

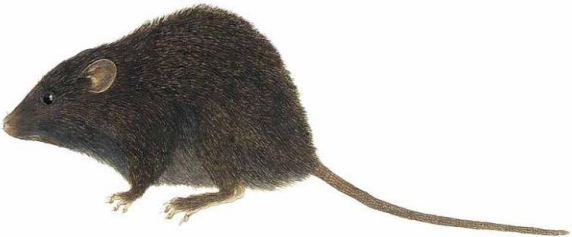


Figura 13. Formación rocosa de arenisca en la cima del Tepuy Roraima llamada “Elefante”. Tomado de: <http://www.hike-venezuela.com/es/site-roraima.html>

En lo que respecta a la fauna que hace vida en la cima del Tepuy alrededor del 35 % de sus especies son endémicas, entre ellas destacan la *Oreophrynella quelchii* o rana negra de Roraima, el ratón del Roraima o *Podoxymys roraimae*, el *Nausa narica* que es una especie cuatí, siendo estos dos últimos los únicos mamíferos que habitan en el Roraima y al que la etnia pemón llama “zorro guache”, la cascabel del Roraima o *Crotalus durissus ruruima*, en la tabla 1 se muestran las especies mencionadas anteriormente.

Tabla 1.

Ficha técnica de fauna que habita en la cima del T.R

Nombre científico: Oreophrynella quelchii. Características: Su coloración es negra, su vientre es marrón oscuro con manchas amarillas, no tienen la capacidad de saltar ni nadar por lo que caminan por las superficies de las rocas.	
Nombre científico: Podoxymys roraimae. Características: Es un roedor que se caracteriza por tener un pelaje largo, ojos pequeños y orejas que están parcialmente ocultas en su pelaje grueso.	
Nombre científico: Nausa narica. Características: Es un mamífero de cola delgada, su pelaje es de color pardo también puede ser rojizo o amarillento, con las partes inferiores más claras, son inofensivos y conocidos por robar alimentos a los visitantes del Roraima.	

Nombre científico: *Crotalus durissus ruruima*.

Características: Es un tipo de serpiente venenosa, puede llegar a medir hasta 1.8 metros de largo, su cuerpo tiene una textura escamosa y de acentuadas protuberancias.



Este Tepuy es un lugar de gran importancia por múltiples características que posee dentro de las cuales destacan su fauna por ser el hogar de especies endémicas y en peligro de extinción así como por su reserva de agua puesto que de él nace la cuenca alta del imponente río Caroní, su ubicación geográfica también es un aspecto importante de destacar ya que su cima es límite fronterizo con la república de Brasil y la república de Guyana (zona en reclamación) y por su puesto debido a su importancia turística por ser un atractivo tanto para extranjeros como para locales.

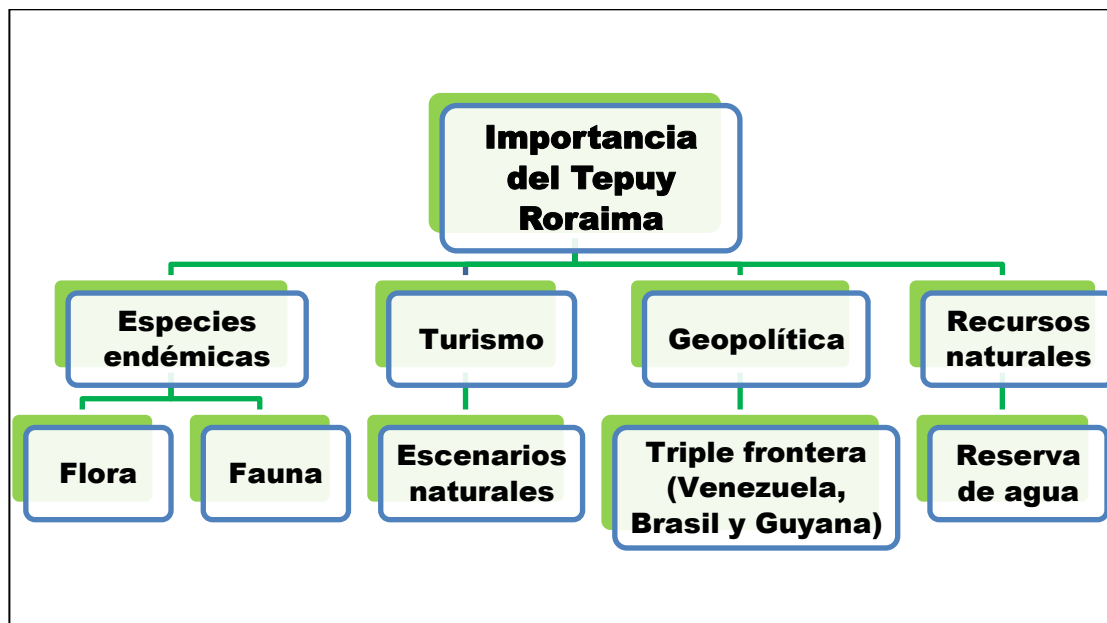


Figura 14. Esquema sobre la importancia del Tepuy Roraima.

Vulnerabilidad

Según Ruiz (2012), “se define siempre en relación con algún tipo de amenaza, sean eventos de origen físico como sequías, terremotos, inundaciones o enfermedades, o amenazas antropogénicas como contaminación, accidentes, hambrunas o pérdida del empleo”.

La vulnerabilidad ambiental se refiere a la resiliencia de un sistema, subsistema o componente ante dos grandes problemas ambientales que ocurren en todo el planeta: el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad. Ambos son causados directa o indirectamente por actividades humanas. (Roper, 2020).

Patrimonio

La UNESCO define patrimonio como “el legado cultural que recibimos del pasado, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras”. En general, se entiende por patrimonio una colección de bienes que han sido identificados por la historia de una comunidad y reconocidos dentro de ella. A través de la expresión de la naturaleza, la cultura, la arquitectura, el urbanismo, la gastronomía, las costumbres, la danza popular, etc. El patrimonio se convierte en un factor beneficioso para el desarrollo económico y social.

Conservación ambiental

Es la protección y manejo de los recursos naturales (tierra, agua, vida silvestre, etc.). Asegurar los mejores beneficios sociales, económicos, culturales y de desarrollo futuro posibles.

Turismo

El turismo se define como una serie de fenómenos migratorios temporales y voluntarios asociados a cambios en el entorno y ritmo de vida, y asociados al contacto cultural, natural y social de los individuos con los lugares visitados. Incluye las actividades que las personas realizan durante los viajes y estancias, con fines de ocio, negocios y otros, en lugares distintos al entorno habitual, en tiempo continuo no superior a un año. (Organización Mundial del Trabajo (OMT), 1995).

Algunos lugares de interés turístico en la cima del Tepuy Roraima

- ✓ El "*Maverick*", se trata del punto más alto del Tepuy (ver figura 15).



Figura 15. Roca Maverick. Tomado de https://en.wikipedia.org/wiki/Maverick_Rock

✓ **El punto triple**, es el punto compartido entre las fronteras de Venezuela, Brasil y la zona en reclamación sobre la cima del Tepuy. (Ver figura 16)



Figura 16. Punto triple Tomado de [https://es.smarttravelapp.com/poi/23549/Roraima-\(tepuy\).html](https://es.smarttravelapp.com/poi/23549/Roraima-(tepuy).html)

✓ **Los jacuzzis**, son cuerpos de agua en donde suelen bañarse los visitantes durante la estadía en el Tepuy (ver figura 17).



Figura 17. Jacuzzis del Roraima. Tomado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Jacuzzi_no_Monte_Roraima.jpg

✓ **Los Hoteles**, son lugares debajo de las rocas en donde los turistas suelen pernoctar (ver Anexo B), se clasifican según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 2.

Nombres de los llamados “Hoteles” de la cima del T.R

“Hotel”
Principal
Guácharo
San Francisco
Sucre
Cuatí
Arenal

Jacuzzi
Indio
Basilio

Nota: Tomado de *Evaluación ambiental del paisaje tepuyano caso Roraima, Venezuela.*

✓ **La Fosa**, se trata de un hundimiento formado producto de la erosión ocasionada por los ríos subterráneos que cursan en el interior del Tepuy.(ver figura 18).



Figura 18 .La fosa del Roraima. Tomado de https://www.venezuelatuya.com/gransabana/roraimaita.htm?foto=roraima%2Ffosa1_gde.jpg&titulo=La+Fosa

Recorrido hasta la cima del Tepuy Roraima

Tomando como referencia la figura 19 y la salida desde Santa Elena de Uairén en el Municipio Gran Sabana del Estado Bolívar, Venezuela, el recorrido inicia hacia

la comunidad de Paraitepuy con una duración de aproximadamente 1 hora en carro en donde los visitantes deben registrarse en la comunidad para así iniciar el primer día de caminata recorriendo una distancia de 12 km hasta el primer campamento en Rio Tek.

Continuando la caminata en dirección al segundo campamento base (Campamento Base Tepuy) para ello se atraviesa el rio tek y el rio kukenan este recorrido consta de 7 km de caminata y un tiempo aproximado de llegada de 5 horas, en una subida de 1.050 a 1.870 msnm.

Partiendo del campamento Base inicia el último recorrido de caminata en dirección hacia la cima de aproximadamente 4.5 km y de una duración de 4 a 5 horas. El recorrido en total puede llegar a durar entre unos 3 y 4 días, es importante destacar que para realizar este tour es obligatoria la compañía de un guía especializado. (Ver figura 19).

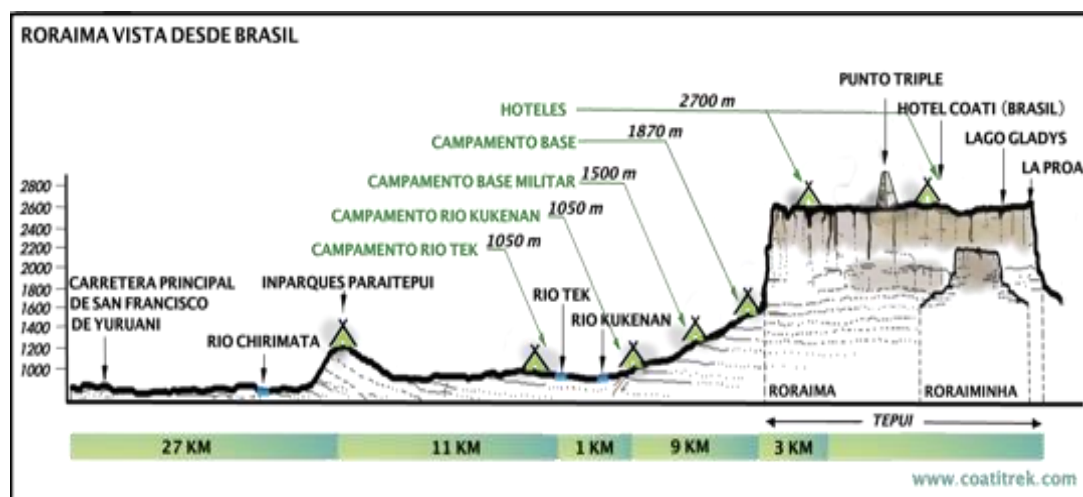


Figura 19. Ruta hacia la cima del Tepuy Roraima. Tomado de: <https://www.coatitrek.com/esp%C3%B1ol/tours-expediciones/roraima/>

Empresas turísticas

(Montaner, 2010). Lo define en su libro “Estructura del mercado turístico” como aquellas empresas que “se dedican a prestar directamente una serie de productos o servicios turísticos” (p.114).

Continuando en el mismo orden de ideas de Montaner se pueden definir dos tipos de empresas siguiendo el capítulo x de su libro titulado “Estructura del mercado turístico”.

1- **Agencias de Viajes:** Las agencias de viajes son empresas mercantiles “se dedican profesional y comercialmente en exclusividad al ejercicio de actividades de asesoramiento, medicación y organización de servicios turísticos” (p.117).

2- **Tourop operadores:** “ Son aquellas empresas mercantiles que organizan «paquetes turísticos» - viajes todo incluido-, en grandes cantidades y a precios más reducidos, pudiendo prestar ellos mismos todos o parte de los servicios al poseer, en un régimen de integración empresarial de carácter horizontal, es decir con otras agencias de viajes o vertical con compañías aéreas, cadenas hoteleras, empresas de restauración, etc.” (p.119).

Operadores y Porteadores

Operadores

El acceso al Tepuy no es permitido sin el acompañamiento de un guía turístico, a este se le otorga en nombre de operador turístico, el cual a su vez tiene su cargo un grupo de visitantes estos suelen rondar entre 10 y 15 excursionistas a cargo

del guía, los cuales pertenecen a agencias turísticas de la zona. Se pueden contratar sus servicios, sea de forma individual como en paquete turístico.

Porteadores

Son indígenas hombres y mujeres de la comunidad cargadores de equipaje o carga de la excursión, suelen ser los encargados de trasladar hacia la cima del Tepuy las pertenencias de los turistas y también los utensilios necesarios para la estadía, cada porteador es asignado a un excursionista, los mismos también son encargados de bajar los desechos que se generen en la cima del Tepuy, llevan un máximo de 15 kg de carga útil, en la figura 20 se muestra lo descrito anteriormente.



Figura 20. Porteador ruta hacia la cima del Tepuy Roraima. Tomado de <http://alfredoautiero.com/destinos/roraima/>

Los portadores utilizan un bolso artesanal indígena tradicional llamado wayare que utilizan para llevar la carga de los excursionistas hacia la cima del Tepuy que se muestra en la figura a continuación.



Figura 21. Portadores utilizando bolso tradicional “Wayare”. Tomado de <https://www.picuki.com/media/2779304619497101958>

Etnia Pemón

La principal etnia indígena que abunda en el parque Nacional Canaima es la pemón podemos describirlos como indígenas suramericanos que pernoctan la zona sureste del estado Bolívar en Venezuela, y también la frontera con Guyana y Brasil, físicamente se caracterizan por poseer rasgos finos, cuerpos esbeltos, piel típica amerindia, ojos rasgados y de tonalidad oscura, cabello negro lacio y compleción media, la mayoría de ellos se distinguen por ser de estatura media-baja entre 1.30 y 160 m.

Son reconocidos por ser introvertidos, trabajadores e ingeniosos, parte de ellos suele dedicarse a la artesanía así como también a la agricultura y al turismo prestando sus servicios como guías y porteadores en las empresas turísticas que se encargan de albergar a los visitantes del parque Nacional Canaima.

Su lengua característica es el idioma pemón de la familia Caribe, aunque suelen existir diferentes dialectos, pero todos se comprenden entre ellos. Comúnmente habitan en casas circulares o rectangulares con un aspecto de techo de paja y paredes de adobe o barrotes de madera, algunas de estas casas han sido sustituidas por programas gubernamentales en donde son convertidas en casas rurales pero conservando su estilo característico (en la figura 22 se muestra una de ellas como ejemplo). Esta etnia puede dividirse en tres sub-grupos tal como lo son los Arekuna, los Kamarokoto y los taurepanes.



Figura 22. Casa comúnmente utilizada por la etnia pemón. Tomado de <http://pueblosindgenasdevenezuelapemon.blogspot.com/2012/04/caracteristicas.html>

Dentro del parque se estima la presencia aproximadamente de 95 comunidades indígenas y posiblemente más de 8.000 habitantes, en la tabla que se muestra a continuación se muestra su distribución desde el alto y medio Caroní.

Tabla 3.

Cantidad de comunidades indígenas en el alto y medio Caroní.

Alto Caroní:	64 comunidades, 6.122 habitantes
Medio Caroní:	31 comunidades, 1.514 habitantes
Total:	95 comunidades, 7.636 habitantes

Nota: Tomado de Plan Maestro de la cuenca del Río Caroní. Elementos socioeconómicos (Borrador, 2001).

Capacidad de carga

La capacidad de carga turística es un tipo especial de capacidad de carga ambiental relacionada con la capacidad de carga biofísica y social del medio ambiente para las actividades y el desarrollo del turismo. (Universidad Complutense, 2020).

La capacidad de carga ambiental es la capacidad de un ecosistema para sustentar organismos mientras mantiene su productividad, adaptabilidad y regeneración, representa el límite de la actividad humana, si se supera este límite el recurso se degradará. (Entorno turístico, 2020).

La capacidad del medio biofísico y social está relacionada con las actividades y el desarrollo turístico. Se refiere al uso máximo de visitantes e infraestructura relacionada que un área puede servir sin afectar negativamente los recursos sin

reducir la satisfacción del visitante o afectar negativamente los aspectos sociales, económicos o culturales del área. (Cifuentes, 1992).

Entonces de acuerdo con lo definido anteriormente se puede deducir que para comprender la definición de capacidad de carga debemos considerar la existencia de tres niveles CCF, CCR y CCE, los cuales se explican a continuación:

La capacidad de carga física (CCF), se considera como el límite máximo de visitas que se pueden realizar en un sitio o atractivo determinado durante un día. Está dada por la relación entre la cantidad de visitas durante un día como el espacio disponible y la diferencia de espacio entre visitantes.

La capacidad de carga real (CCR), se considera como el límite de visitas máximo determinado a partir de la capacidad de carga física de un lugar después de someterlo a una serie de factores de corrección. Estos factores se obtienen considerando una serie de variables físicas, ambientales, ecológicas, sociales y de manejo y estas están definidas según las características particulares del sitio.

La capacidad de carga efectiva o permisible (CCE), se considera como el límite máximo de visitas que se puede permitir dada la capacidad para ordenarlas y manejarlas. Esto se logra comparando la capacidad de carga real con la capacidad de manejo del destino o lugar en estudio.

La capacidad de carga de cada clase es la capacidad de carga corregida de la clase anterior, por lo que es correcto que la capacidad de carga física sea siempre mayor que la capacidad de carga real, siendo así mayor o igual a la capacidad de carga efectiva, que podemos expresar como:

$$(CCF > CCR \geq CCE).$$

La metodología elaborada por (Cifuentes, 1992) la cual se tomó como base en este estudio, indica que el cálculo de la CCF puede expresarse con la fórmula general que se indica a continuación:

$$CCF = V/a \times s \times t \quad (1)$$

Donde:

$$\frac{V}{a} = \frac{\text{visitantes}}{\text{área ocupada}}$$

$s = \text{superficie disponible para uso público}$

$t = \text{tiempo necesario para ejecutar la visita}$

Esta fórmula debe adaptarse a una serie de criterios básicos supuestos tales como:

- a. Se estima que una persona requiere $1 m^2$ de espacio para moverse libremente.
- b. La superficie disponible estará determinada por la condición del sitio evaluado.
- c. El factor tiempo estará dado por el horario de visita y el tiempo que se necesita para visitar el sitio.

La capacidad de carga real (CCR) puede expresarse con la siguiente fórmula:

$$CCR = (CCF - FC_1) - \dots - FC_n \quad (2)$$

Siendo FC un factor de corrección expresado en porcentaje por lo tanto, la formula queda de la siguiente forma:

$$CCR = CCF \times \frac{100 - FC_1}{100} \times \frac{100 - FC_2}{100} \times \frac{100 - FC_n}{100} \quad (3)$$

Los factores de corrección están relacionados con las características y condiciones específicas del área protegida, tales como las condiciones físico-naturales, sociales y el impacto ambiental que puede generarse en al área de estudio y se expresan de la siguiente manera:

$$FC = \frac{Ml}{Mt} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

FC = factor de corrección

Ml = magnitud limitante de la variable

Mt = magnitud total de la variable

Por último la CCE se calcula con la formula siguiente:

$$CCE = CCR \times \frac{CM}{100} \quad (5)$$

En donde CM es el porcentaje de la capacidad de manejo mínima que se define como “la suma de condiciones que la administración necesita para cumplir a cabalidad con sus funciones y objetivos” (Cifuentes, 1992). Las variables tomadas en cuenta en la CM son respaldo jurídico, políticas, equipamiento, personal, equipo, infraestructura, facilidades y financiamiento.

Defecación al aire libre

La defecación al aire libre es la práctica de las personas de defecar en lugares abiertos, como en las calles, sobre vegetación, en suelos o en masas de agua. Uno de los problemas más grandes de defecar al aire libre se presenta cuando la lluvia llega a arrastrar las heces contaminando las fuentes de agua introduciendo en ellas microbios, parásitos y organismos patógenos que causan enfermedades muy graves que pueden llegar a causar la muerte.

Plan de mitigación

Un plan de mitigación puede definirse como un conjunto de medidas y acciones que se deben tomar antes de que ocurra un desastre para reducir el impacto en los componentes del sistema, también conocido como plan de riesgo o plan de respuesta al riesgo, es un documento que recopila la similitud de los eventos de riesgo que ocurrirán en un proyecto y reduce el impacto de esos eventos de riesgo a medida que ocurren. Desarrollar alternativas y acciones en el plan de mitigación para aumentar las oportunidades del proyecto y reducir el riesgo para los objetivos del proyecto.

Digestor de desechos orgánicos o biodigestor

Es un contenedor cerrado, hermético e impermeable, dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar, este puede ser excrementos de animales y humanos, desechos vegetales en determinada dilución de agua para que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, y además, se disminuya el potencial contaminante de los excrementos. Puede ser construido con diversos materiales como ladrillo, cemento, metal, plásticos, etc.

Por lo tanto, materiales que ingresan y abonan el Biodigestor se denominan afluente y efluente respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás.

El residuo del proceso de biodegradación, formado por efluente y lodo, se utiliza como biofertilizante. Este biofertilizante producido por el biodigestor puede ser utilizado como pesticida y restaurador de suelos siendo de beneficio para agricultores.

Factores de los que depende el funcionamiento del biogestor:

- Temperatura.
- Tiempo de retención.
- Porcentaje de sólidos.
- Factor pH.



Figura 23. Biogestor, modelo taiwanés (de polietileno o geomembrana). Tomado de <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>

Ventajas del biogestor, modelo taiwanés (de polietileno o geomembrana):

- ✓ Considerable menor costo, facilidad de manejo, transporte e instalación, rápida instalación.
- ✓ La reparación puede ser rápida y accesible.
- ✓ Se puede construir con materiales locales.
- ✓ Facilidad para alcanzar mayores temperaturas de digestión (puede ser calefaccionado utilizando energía solar).
- ✓ Limpieza, vaciado y mantenimiento sencillos.

Desventajas del biogestor, modelo taiwanés (de polietileno o geomembrana):

- ✓ Alta sensibilidad del material (mayor en el polietileno que en la geomembrana), por lo que requiere protección externa para evitar daños ocasionados

por animales u otros objetos y los rayos solares. Esto hace que su tiempo de vida sea en promedio de 5, pudiendo dañarse antes.

- ✓ Dependiendo del daño (tamaño de la ruptura del digestor) se puede tener una baja posibilidad de efectuar una reparación eficaz.
- ✓ Ocupa espacio en la superficie porque no está completamente enterrado.
- ✓ Requiere de una cantidad de agua mayor que el modelo chino.

Bases legales

- **Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes (Decreto 883)**

Capítulo Segundo: De la clasificación de las aguas

Artículo 3.- Las aguas se clasifican en:

Tipo I “Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo o que entre en contacto con el”.

Las aguas del tipo I se desagregan en los siguientes sub-tipos:

Tabla 4.

Clasificación de aguas tipo I en subtipos:

Sub- Tipo IA	Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adicción de desinfectantes.
Sub- Tipo IB	Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
Sub- Tipo 1C	Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional.

Nota: Tomado de Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes (Decreto 883, (p.2). Venezuela 1995.

Artículo 4.- “A los efectos de esta Norma, se establecen los siguientes criterios para la clasificación de las aguas, así como los niveles de calidad exigibles de acuerdo con los usos a que se destinen:”

1. Las aguas del sub-tipo 1A son aquellas cuyas características corresponden con los límites y rangos siguientes:

Tabla 5.

Características de aguas subtipo 1A.

Parámetro	Limite o rango máximo
Oxígeno disuelto (O.D)	Mayor de 4,0 mg/l. (*)
pH	Mínimo 6,0 y máximo 8,5
Color real	Menor de 50, U Pt-Co
Turbiedad	Menor de 25, UNT
Fluoruros	Menor de 1,7 mg/l
Organismos coliformes totales	Promedio mensual menor a 2000 nmp por cada 100 ml

* Este valor también se podrá expresar como porcentaje de saturación, el cual debe ser mayor de 50 %

2. Las aguas del sub-tipo 1B son aquellas cuyas características corresponden con los límites y rangos siguientes:

Tabla 6.

Características de aguas subtipo 1B.

Parámetro	Límite o rango máximo
Oxígeno disuelto (O.D)	Mayor de 4,0 mg/l. (*)
pH	Mínimo 6,0 y máximo 8,5
Color real	Menor de 150, U Pt-Co
Turbiedad	Menor de 250, UNT
Fluoruros	Menor de 1,7 mg/l
Organismos coliformes totales	Promedio mensual menor a 10000 nmp por cada 100 ml

* Este valor también se podrá expresar como porcentaje de saturación, el cual debe ser mayor de 50 %

Capítulo Tercero: Del control de los vertidos líquidos

Sección III: De las descargas a cuerpos de agua

Artículo 10.-

Parámetros Biológicos

“Número más probable de organismos coliformes totales no mayor de 1.000 por cada 100 ml, en el 90 % de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso será superior a 5.000 por cada 100 ml.”

Parágrafo Primero: “En ríos la variación de la temperatura media de una sección fluvial en la zona de mezcla, comparada con otra aguas arriba de la descarga del vertido líquido, no superará los 3 °C. En lagos y embalses la diferencia de temperatura del vertido con respecto al cuerpo de agua receptor no superará los 3 °C.”

Artículo 11.- El Ejecutivo Nacional mediante Decreto podrá establecer límites diferentes para los vertidos a determinados cuerpos de agua en función de sus características específicas. Igualmente podrá fijar el caudal de diseño de control para cada curso de agua receptor y condiciones especiales para determinadas épocas del año, conforme a la variación de las condiciones de caudal por cada periodo estacional, y límites de efluentes para determinados sectores industriales en los parámetros que les son relevantes, sujetos a las restricciones adicionales que imponga la capacidad de asimilación del cuerpo de agua receptor.

- **Ley del Instituto Nacional de parques.**

Capítulo Segundo: Del Instituto Nacional de Parques

Artículo 6.- En su párrafo quinto establece:

“Dictar las medidas necesarias para garantizar en los parques a su cargo, la seguridad de las personas, el orden, la conservación, el aseo, la higiene y la salubridad, así como la prevención de accidentes”.

- **Normas sanitarias de calidad del agua potable**

Capítulo Segundo: De los aspectos microbiológicos

Artículo 8.- “El ente responsable del sistema de abastecimiento de agua potable debe asegurar que ésta no contenga microorganismos transmisores o causantes de enfermedades, ni bacterias coliformes termorresistentes

(coliformes fecales), siguiendo como criterio de Evaluación de Calidad Microbiológica la detección del grupo coliforme realizada sobre muestras representativas captadas, preservadas y analizadas según lo establecido en las presentes Normas”.

Artículo 9.- Los resultados de los análisis bacteriológicos del agua potable deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Ninguna muestra de 100 mL., deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales).
- b. El 95 % de las muestras de 100 mL., analizadas en la red de distribución no deberá indicar la presencia de organismos coliformes totales durante cualquier período de 12 meses consecutivos.
- c. En ningún caso deberá detectarse organismos coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 mL, provenientes del mismo sitio.

Artículo 11.- “El agua potable no debe contener organismos heterótrofos aerobios en densidad mayor a 100 ufc/mL.”

- **Constitución de la república bolivariana de Venezuela**

Capítulo Noveno: De los Derechos ambientales

Artículo 127.- Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la

capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Artículo 129.- Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas. En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.

- Reglamento parcial de la ley orgánica para la ordenación del territorio sobre la administración y manejo de parques Nacionales y monumentos naturales

Capítulo sexto: De las actividades prohibidas, restringidas y permitidas

Artículo 20: “Las actividades restringidas en los parques nacionales y monumentos naturales son aquellas que pueden ser autorizadas siempre que no deterioren el paisaje o los recursos naturales y estén sujetas a la zonificación del área”
En el párrafo noveno se establece:

“Las actividades recreativas desde las puramente contemplativas hasta las que involucren un esfuerzo físico individual, siempre y cuando no se exceda, en un mismo momento y lugar, de la relación de una persona por cada treinta (30) metros cuadrados en promedio. En los planes de ordenación y manejo y en los reglamentos de uso de cada área protegida se determinará el número máximo de personas que se aceptará en cada sitio específico en total y por metro cuadrado.”

Terminología básica

Ambiente: Conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos, capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas. (UNESCO, 1983, p. 18).

Aprovechamiento sustentable: Es el proceso dirigido a la utilización de los recursos naturales y demás elementos de los ecosistemas, de manera eficiente y socialmente útil, respetando la integridad funcional y la capacidad de carga de los mismos, de manera tal su uso sea inferior a la capacidad de regeneración. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Bacteria: Microorganismos unicelulares sencillos, sin membrana nuclear, mitocondrias, aparato de Golgi, ni retículo endoplasmático que se reproducen por división asexual. (Murray, Rosenthal, Pfaller, 2009, p. 4).

Calidad del ambiente: Características de los elementos y procesos naturales, ecológicos y sociales, que permiten el desarrollo, el bienestar individual y colectivo del ser humano y la conservación de la diversidad biológica. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Circulación atmosférica: “El flujo o movimiento del aire. La circulación general de la atmósfera es el movimiento a gran escala que da a lugar los cinturones de vientos planetarios. A nivel de la superficie, encontramos los vientos alisios que soplan desde los centros de altas presiones subtropicales” (Geo Venezuela 2, Fundación empresas polar 2007 p.321).

Contaminación de las aguas: Es la acción o efecto de introducir elementos, compuestos o formas de energía capaces de modificar las condiciones del cuerpo de agua superficial o subterráneo de manera que se altere su calidad en relación con los

usos posteriores o con su función ecológica para el desarrollo de la vida acuática y ribereña. (Decreto 883- Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Artículo 2°).

Daño ambiental: Toda alteración que ocasione pérdida, disminución, degradación, deterioro, detrimento, menoscabo o perjuicio al ambiente o a alguno de sus elementos. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Desarrollo sustentable: Proceso de cambio continuo y equitativo para lograr el máximo bienestar social, mediante el cual se procura el desarrollo integral, con fundamento en medidas apropiadas para la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Ecosistema: Sistema complejo y dinámico de componentes biológicos, abióticos y energía que interactúan como una unidad fundamental. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Educación ambiental: Proceso continuo, interactivo e integrador, mediante el cual el ser humano adquiere conocimientos y experiencias, los comprende y analiza, los internaliza y los traduce en comportamientos, valores y actitudes que lo preparen para participar protagónicamente en la gestión del ambiente y el desarrollo sustentable. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Endémico: Concepto comúnmente usado para identificar a taxones nativos o grupos biológicos con área de distribución restringida. (Noguera-Urbano, 2017, p. 89).

Hidromorfismo: Condición característica de suelos mal drenados, en los cuales el exceso de agua produce una deficiencia de oxígeno que se manifiesta por el predominio de colores grises en los horizontes afectados. Si el exceso de agua es estacional, es común la presencia de manchas amarillentas o rojizas envueltas en una matriz gris” (Geo Venezuela 2, Fundación empresas polar 2007 p.530).

Instituto Nacional de Parques (INPARQUES): El Instituto Nacional de Parques es un instituto autónomo adscrito al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, su misión es garantizar la conservación de los Parques Nacionales y los Monumentos Naturales de Venezuela y promover su uso racional en actividades de investigación, educación, recreación y ecoturismo, dentro del marco jurídico vigente. De acuerdo con la Ley, es la máxima autoridad administrativa encargada del manejo y conservación del Parque Nacional Canaima.

Lagunas: Son definidas de la siguiente manera: “Cuerpo léntico, permanente o transitorio, cuya cubeta de contorno definido es asimilable, sin ciclo térmico definido ni estratificación persistente, de circulación continua, con sedimento propio que difiere del suelo emergido circundante.” (Ringuelet, 1962, p. 322).

Masa de aire: “Volumen grande de aire, que se extiende por varios millones de km^2 , cuyas propiedades térmicas de humedad y de estabilidad pueden identificarse. Las masas de aire se clasifican según su región de origen y sus características” (Geo Venezuela 2, Fundación empresas polar 2007 p.323).

Medidas ambientales: Son todas aquellas acciones y actos dirigidos a prevenir, corregir, restablecer, mitigar, minimizar, compensar, impedir, limitar, restringir o suspender, entre otras, aquellos efectos y actividades capaces de degradar el ambiente. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Preservación: Aplicación de medidas para mantener las características actuales de la diversidad biológica, demás recursos naturales y elementos del ambiente. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Riesgo Ambiental: Probabilidad de ocurrencia de daños en el ambiente, por efecto de un hecho, una acción u omisión de cualquier naturaleza. (Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela).

Vertido líquido: Descarga de aguas residuales que se realice directa o indirectamente a los cauces mediante canales, desagües o drenajes de agua, descarga

directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descarga al medio marino-costero y descargas submarinas. (Decreto 883- Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Artículo 2°).

Capítulo III

Marco Metodológico

Tipo de investigación

Este estudio cuenta con una orientación cuantitativa debido a que se analizaron estadística y documentalmente las causas y efectos sobre la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en las aguas de las lagunas de la cima del Tepuy Roraima.

Fernández y Díaz (2002), “La investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede.”

Diseño de investigación

Para Hernández, Fernández y Baptista (2003), el diseño se define como un “Plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea” (p. 184), esto significa que guía a los investigadores en la dirección más adecuada para lograr sus objetivos.

Esta investigación se adaptó a un diseño documental, “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (Arias, 2006, p. 27).

Población y muestra

Según Arias (2006) se define la población como un “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81), en sentido también establece como muestra al “subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83).

La población de este estudio se considera como las lagunas que se encuentran en la cima del Tepuy Roraima en el parque Nacional Canaima, Estado Bolívar y la muestra está conformada por dos lagunas.

Sistema de variables

Hernández, Fernández y Baptista (2003), definen el concepto de variable como “es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (p.143).

Es por ello que para llevar a desarrollar el objetivo principal de esta investigación, fue necesario estudiar la ocurrencia de las siguientes variables en el estudio de la calidad de aguas de las lagunas:

- Características físico-naturales del área de estudio
- Manejo de las excretas
- Capacidad de Carga

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Arias (2012), define el concepto de técnica de investigación como “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67) a su vez los instrumentos de recolección de datos los describe como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68).

Seguidamente se detallan cuales fueron las técnicas e instrumentos que se encuentran dentro de esta investigación:

Técnicas

- *Análisis Documental*

(Bernal, 2010). “Técnica basada en fichas bibliográficas que tienen como propósito analizar material impreso. Se usa en la elaboración del marco teórico del estudio. Para una investigación de calidad, se sugiere utilizar simultáneamente dos o más técnicas de recolección de información, con el propósito de contrastar y complementar los datos”. (p.194).

Para el desarrollo de esta técnica se utilizaron fichas bibliográficas y sitios web, donde se extrajo la información de interés según sea el caso y las herramientas utilizadas fueron publicaciones escritas, documentos y publicaciones online para ello se hizo uso de equipos de visualización y almacenaje de las fuentes consultadas, como computadoras y libros.

- ***Encuesta***

La encuesta es definida por Arias (2012) “como una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular” (p.72).

Los encuestados se seleccionaron mediante la condición de muestra intencional “en este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador.” (Arias, 2012 p.85).

Se utilizó la modalidad de encuesta escrita, realizada a través de un cuestionario digital con la herramienta de software de google formulario con el propósito de estudiar el manejo de las excretas en la cima del Tepuy Roraima.

A continuación se muestra el siguiente cuadro técnico metodológico que muestra los indicadores evaluados en la encuesta realizada:

Tabla 7.

Cuadro técnico metodológico de la encuesta.

Objetivo	Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos	Fuente
Estudiar el manejo de las excretas en la cima del Tepuy Roraima, que son vertidas en las lagunas y que propician la presencia de la bacteria <i>Helicobacter Pylori</i> .	Manejo de las excretas en la cima del Tepuy Roraima.	Medidas de Seguridad.	Cantidad dispositivos para la deposición de excretas.	Pregunta 1	Encuesta	Guión de preguntas.	Operadores Turísticos de Santa Elena de Uairén.
			Cantidad de Porteadores para el traslado de excretas.	Pregunta 2			
			Cantidad de lugares para el vertido de excretas.	Pregunta 3			
		Usos y Modalidades de los dispositivos sanitarios.	Cantidad de dispositivos sanitarios.	De la pregunta 4 a la 11			
		Recursos de higiene personal.	Cantidad residuos generados.	Pregunta 12 y 13			
		Calidad del agua de las lagunas.	Turbidez Olor y Sabor.	Pregunta 14 a la 16			

- ***Entrevista***

Definida por Arias (2012) como “una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p. 73).

En la presente investigación se aplicó el tipo de entrevista estructurada, la cual es “la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado” (Arias, 2012, p.73); la misma se empleó con la finalidad de constatar la capacidad de carga del Tepuy Roraima en estudio. Los instrumentos utilizados para la realización de esta técnica consistió en un cuestionario de preguntas para registrar la información obtenida.

A continuación se muestran los siguientes cuadros técnico metodológico que presentan los indicadores evaluados en las entrevistas estructuradas:

Tabla 8.

Cuadro técnico metodológico de la entrevista.

Objetivo	Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos	Fuente
Constatar la capacidad de carga soportable por el ecosistema de la cima del Tepuy Roraima referido a la calidad de sus aguas.	La capacidad de carga.	Capacidad de carga física.	Cantidad de visitantes	Pregunta 1 y 2	Entrevista.	Guión de preguntas.	Expertos.
			Tiempo de visita	Pregunta 3 y 4			
			Temporadas de mayor incidencia turística	Pregunta 5 y 6			
		Impacto ambiental en las lagunas.	(EIA)	De la pregunta 7 a la 9			
		Importancia ecológica.	Nivel de importancia	Pregunta 10			

Procedimiento

Para abordar los objetivos específicos planteados en esta investigación se realizaron las siguientes actividades:

El primer objetivo específico consistió en describir las condiciones físico-naturales del área de estudio, para ello se llevó a cabo la recopilación de datos hidrológicos, climatológicos, suelo y vegetación a través de documentación, artículos y sitios web que fueron analizados con el fin de evaluar su incidencia en las variables estudiadas. Sumado a esto, se describió la relación de los vientos que se presentan en el área haciendo relación con la zona de convergencia intertropical en la cual se encuentra.

El segundo objetivo consistió en estudiar el manejo de las excretas humanas en la cima del Tepuy para ello se seleccionó una muestra de operadores turísticos de la zona, a los cuales se les realizó una encuesta para determinar las técnicas, dispositivos, medidas que forman parte del manejo de las excretas, así como las medidas utilizadas para el consumo del agua.

El tercer objetivo específico se basó en realizar una revisión bibliográfica para demostrar el desarrollo del análisis de la evidencia de la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en las lagunas de la cima del Tepuy Roraima, se describió la ubicación de las lagunas tomadas como muestra, así como también el método experimental realizado en el estudio de campo y se evaluaron las posibles causas por las cuales las aguas pudieron llegar a contaminarse, en este mismo orden de ideas se realizó un análisis cruzado con los antecedentes descritos en este estudio para evaluar su relación con la presencia de la bacteria en este tipo de ecosistemas.

El cuarto objetivo consistió en recopilar la información pertinente que aportó datos sobre la capacidad de carga soportable por el Tepuy, para ello primeramente se

realizó la investigación sobre la capacidad de carga calculada para el T.R, seguidamente se establecieron comparaciones con un estudio realizado a nivel turístico y de esta forma se obtuvo una estima numérica de la cantidad de visitantes que recibe el Tepuy y de las principales épocas de mayor incidencia turística.

Para la obtención de datos actualizados, se realizaron entrevistas a expertos en donde se obtuvo información acerca de la cantidad de grupos que suben al T.R, de que manera se organizan, sobre el comportamiento de los visitantes y de la importancia del T.R desde diferentes factores.

Por último, en el quinto objetivo se realizó un plan de mitigación para la prevención y corrección de las causas que propician la presencia de la bacteria *H.pylori* y adicional a ello se diseñó un prototipo de biodigestor acorde a las características y capacidad de carga que permita el mejoramiento del manejo de las excretas humanas generadas durante la estadía en la cima.

Capítulo IV

Presentación y análisis de resultados

Descripción del Área de Estudio

Ubicación

Las lagunas presentadas como caso de estudio, se encuentran ubicadas en la cima del Tepuy Roraima dentro del parque Nacional Canaima del municipio Gran Sabana, estado Bolívar, las mismas llevan por nombre “Los Jacuzzis” y “Laguna de la Puerta” se encuentran ubicadas del lado Noroeste del Tepuy, en la figura 24 se puede observar la ubicación de las lagunas en el tope del Tepuy a través de la imagen satelital de Google Earth y en la figura 25 se aprecia un mapa cartográfico desde el mismo punto.

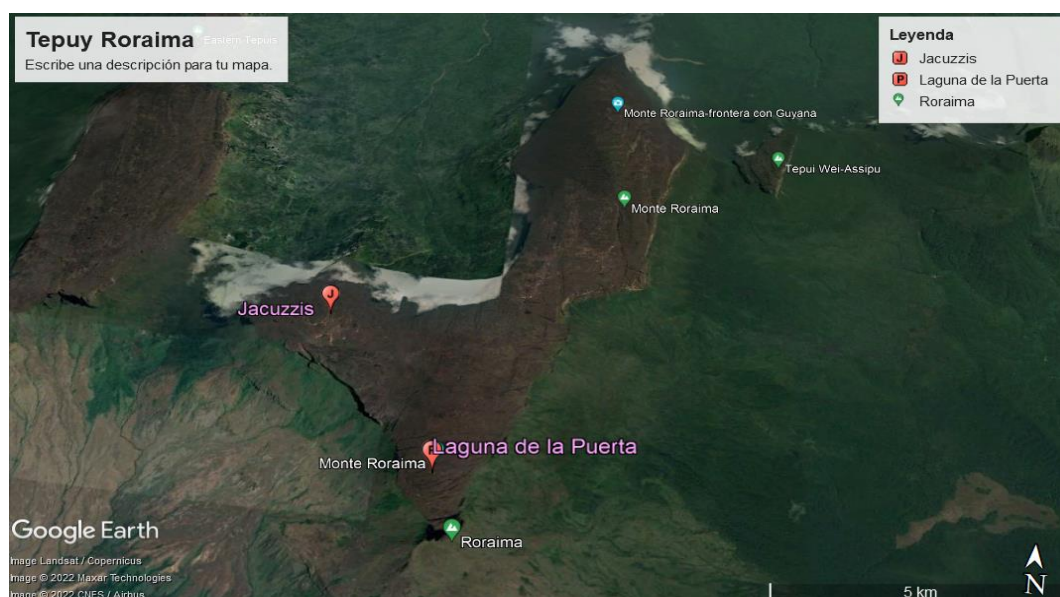


Figura 24. Ubicación de la zona de estudio. Adoptado de Google Earth.

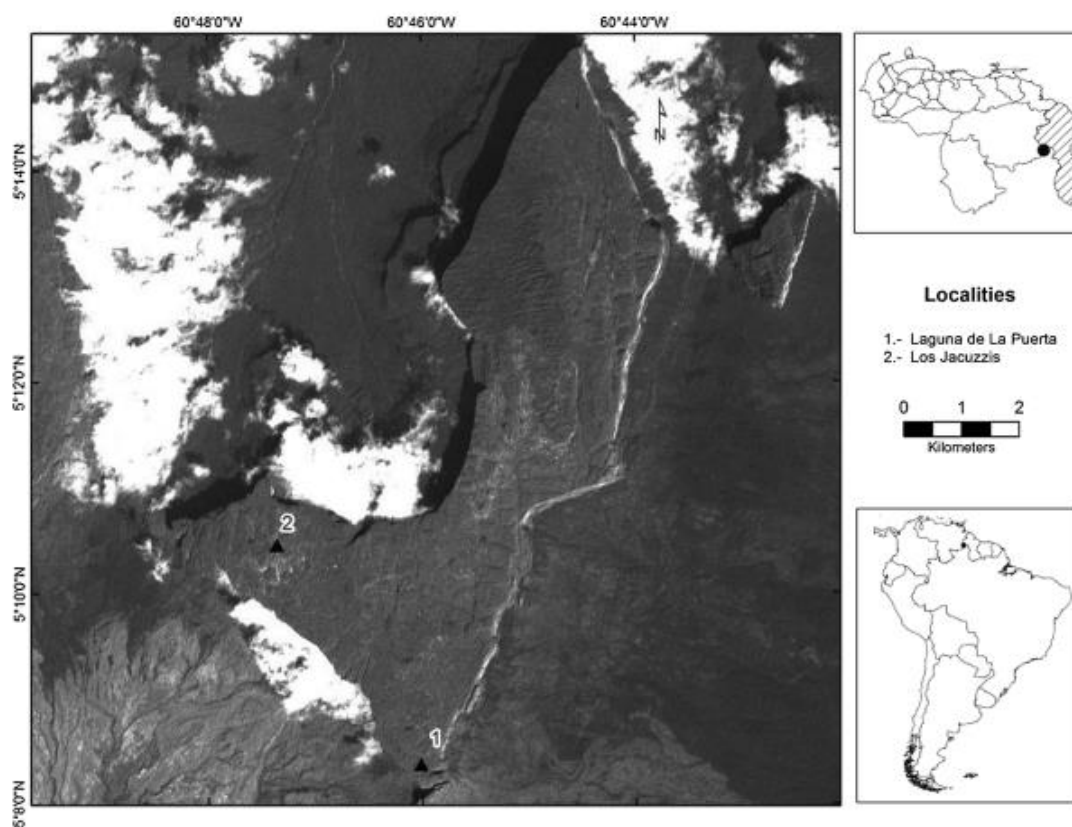


Figura 25. Ubicación de la Zona de Estudio. Tomado de: “*Springer International Publishing Switzerland*”. Trabajo titulado: *Evidencia de Helicobacter spp. en agua dulce de Roraima Tepui, Escudo Guayanés, Sudamérica.*

Condiciones físico-naturales

Para llevar a cabo el estudio de la calidad de aguas en las lagunas de la cima del Tepuy Roraima propuesto en esta investigación, fue imprescindible conocer las características físico-naturales de la zona estudiada, tomando en cuenta el comportamiento de las variables climatológicas como al igual que las condiciones del agua a estudiar, el tipo de suelo y la vegetación presente en el área.

1. Características hidrológicas y climatológicas

Las variables que se tomaron en cuenta por significar las de mayor importancia para este estudio son: precipitación, radiación, temperatura, dirección del viento y paisajes acuáticos puesto que estas son estratégicas para describir físicamente la zona de estudio.

Los valores de las variables como precipitación y radiación fueron tomados de la bibliografía expuesta en (La cuenca del río Caroní una visión en cifras, 2008). La temperatura y dirección del viento fueron tomados del modelo meteorológico global NEMS en el período comprendido entre 1985 hasta el 2014. Adaptado del Sistema Hidroclimatológico del Tepuy Roraima en el parque Nacional Canaima (METEOBLUE).

Meteoblue es un servicio meteorológico fundado en la Universidad de Basilea, Suiza, en cooperación con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos y los Centros Nacionales de Predicción Ambiental. Los datos son de dominio público y pueden encontrarse en la web teniendo acceso al sitio web de Meteoblue.

Precipitación

La precipitación es una variable fundamental para conocer la dinámica hidrológica de las lagunas de la cima del Tepuy Roraima y estudiar el manejo y aprovechamiento del recurso natural.

En la figura 26 se muestra la distribución de la precipitación media anual, de acuerdo a la imagen presentada las cantidad de precipitaciones anualmente sobre el T.R puede llegar a ser superior a los 5000 mm/ año.

Las variaciones de los datos de precipitación corresponden a lo previsto en la región tomando en consideración que el régimen de lluvias está regido por el desplazamiento anual de la Zona de Convergencia Intertropical, una gran fracción de bajas presiones que rodea toda la Tierra y que determina gran parte de la meteorología del mundo. La región presenta altas precipitaciones, con un período seco poco marcado, que abarca los tres primeros meses del año (Galán, 1984).

Hasta hace pocos años se estimaba que las precipitaciones en la cima del T.R eran de aproximadamente 4.000 mm/a, pero datos recopilados recientemente demuestran que el área de Roraima constituye uno de los núcleos de altas precipitaciones de la cuenca del río Caroní y recibe aproximadamente 5.700 mm/a (CVG – EDELCA 2004).

Radiación

La radiación solar, de igual forma que la variable anterior, es de gran utilidad para las medidas ambientales asociadas al agua y en relación con la bacteria *Helicobacter pylori*, pues permite conocer el comportamiento de la misma, considerando la utilidad de la incidencia solar y la destrucción de los organismos patógenos bacterianos en las lagunas estudiadas.

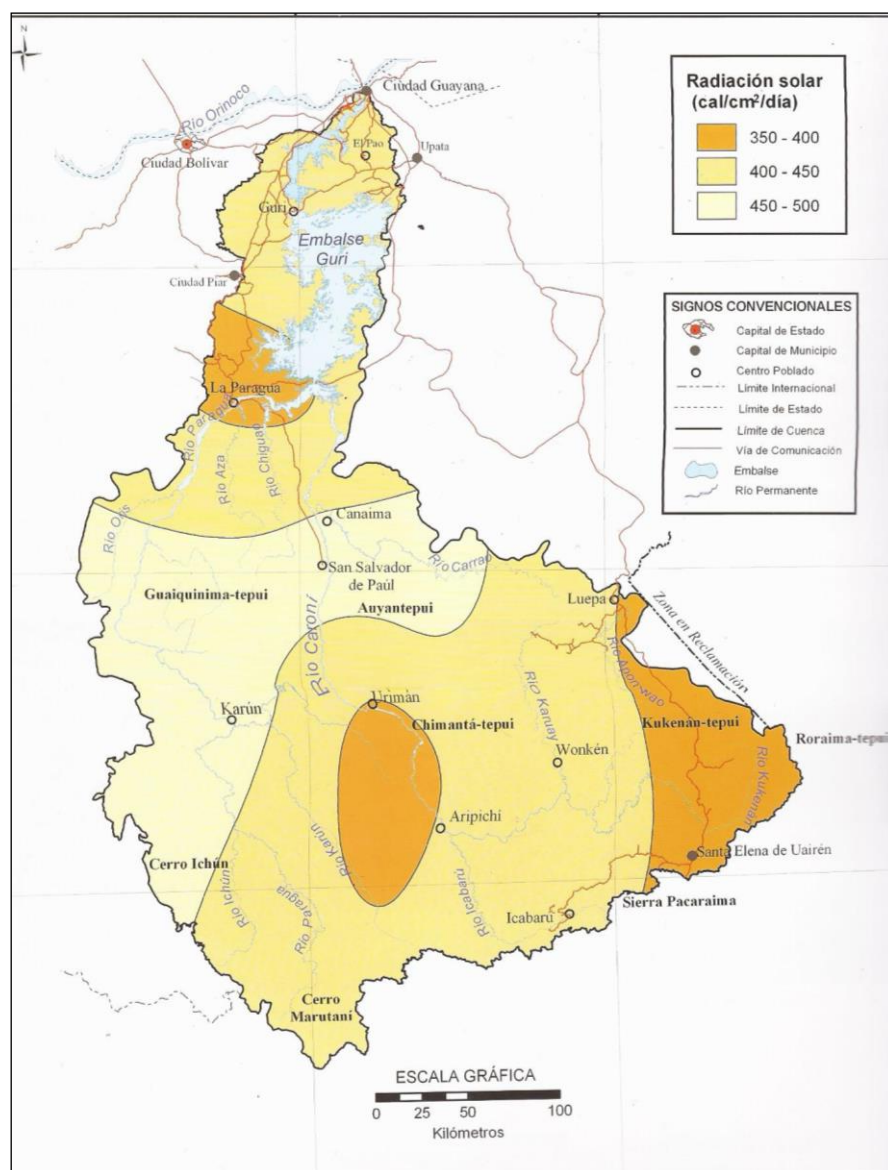


Figura 27. Incidencia Solar media diaria Tomado de *La cuenca del río Caroní una visión en cifras 2008*, p.40

Tal y como se aprecia en la figura 27 la radiación solar diaria oscila alrededor de $350\text{-}400\text{ cal/cm}^2/\text{día}$ teniendo dos máximos anuales durante los meses de febrero y septiembre y dos mínimos en los meses diciembre y junio. A pesar de contar con una incidencia solar alta en su mayoría los días en el Tepuy tienen una apariencia parcialmente nublada. En la figura 28 se muestra la cantidad de evaporación que

cambio las temperaturas mínimas están alrededor de 18 °C y 17 °C en consecuencia los días tienden a ser calurosos y las noches frías como se puede observar en la figura siguiente.

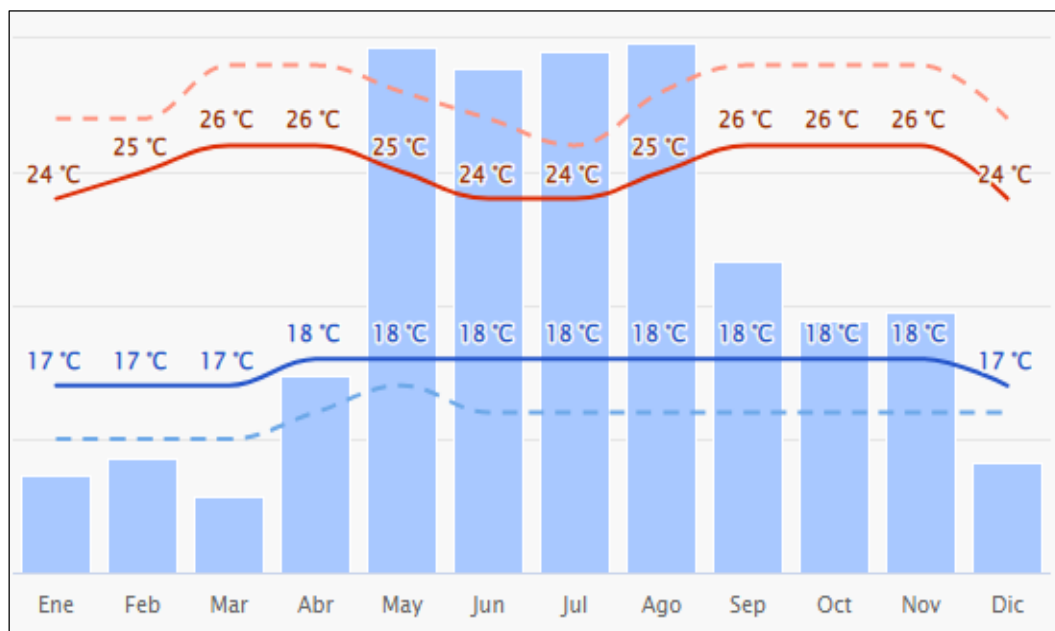


Figura 29. Temperaturas media mensual Tepuy Roraima. Adaptado del modelo meteorológico global NEMS en el período comprendido entre 1985 hasta el 2014. Adaptado del Sistema Hidroclimatológico del Tepuy Roraima en el Parque Nacional Canaima (METEOBLUE).

Viento

El viento es una variable importante en este estudio debido a la ubicación geográfica del área de estudio considerando que el Tepuy Roraima se encuentra en la zona de convergencia intertropical.

Por esta razón y el efecto de los viento alisios en Venezuela determinan el inicio de la época de lluvia en el país, asimismo la dirección de los vientos tiene

influencia en la formación de masas de aire causantes de la condensación de humedad, lo cual permite la formación de nubes abundantes en la cima del Tepuy.

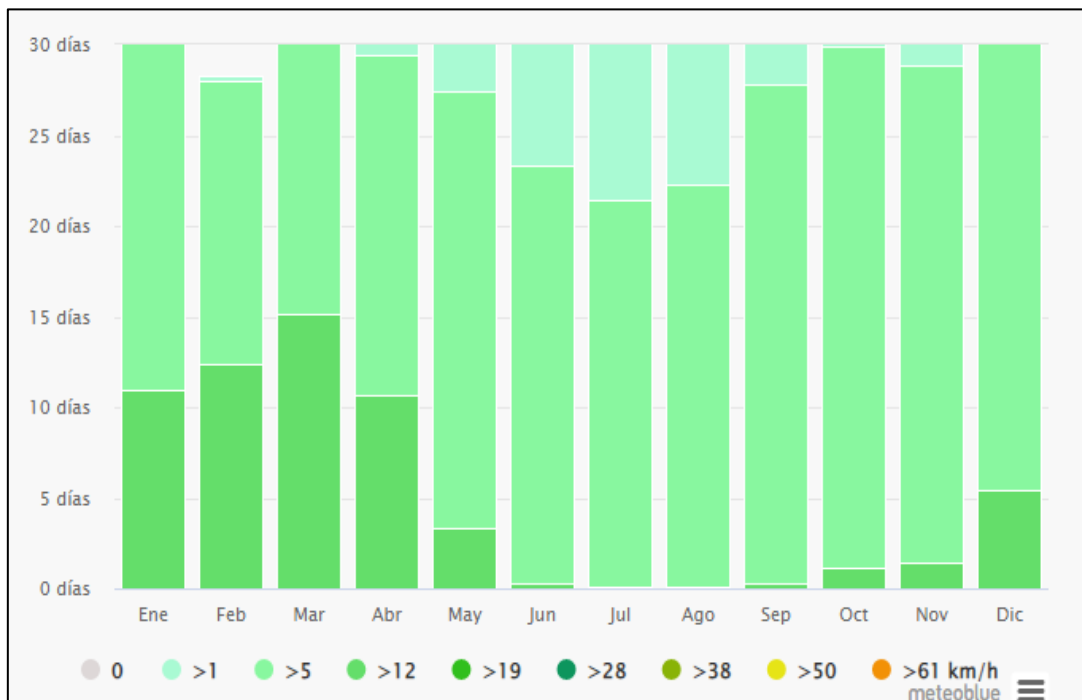


Figura 30. Velocidad del viento media mensual Tepuy Roraima Adaptado del modelo meteorológico global NEMS en el período comprendido entre 1985 hasta el 2014. Adaptado del Sistema Hidroclimatológico del Tepuy Roraima en el Parque Nacional Canaima (METEOBLUE).

En la figura anterior se muestra que la velocidad del viento ronda en velocidades entre 5 y 12 km/h, siendo esto aproximadamente 2,5 m/s. La cima de esta montaña, está expuesta a vientos de componente N (NE a NNE), reciben todas las nubes procedentes de las selvas bajas de Guyana como se evidencia en la figura a continuación.



Figura 31. Rosa del Viento del Tepuy Roraima Adaptado del modelo meteorológico global NEMS en el período comprendido entre 1985 hasta el 2014. Adaptado del Sistema Hidroclimatológico del Tepuy Roraima en el Parque Nacional Canaima (METEOBLUE).

2. Tipo de suelo

La tipología de suelo presente en el área de estudio, se caracterizó de acuerdo a lo descrito en un estudio geomorfológico realizado por la Sociedad de espeleología venezolana del sistema Roraima Sur en el año (2004), algunos datos de esta parte de la investigación fueron proporcionados por la investigación bibliográfica realizada en

“La cuenca del río Orinoco. Una visión en cifras 2008” y “El macizo del Chimantá escudo de Guayana, Venezuela”.

El Tepuy forma parte del escudo guayanés en la provincia geológica Roraima (ver figura 32), el cual está constituido por un conjunto de rocas arqueanas y prezoicas que pertenecen al precámbrico. Cabe destacar que los suelos del Tepuy son resultado de la interacción entre los factores físico-naturales y los factores biológicos, tal como lo es la vegetación típica del área.

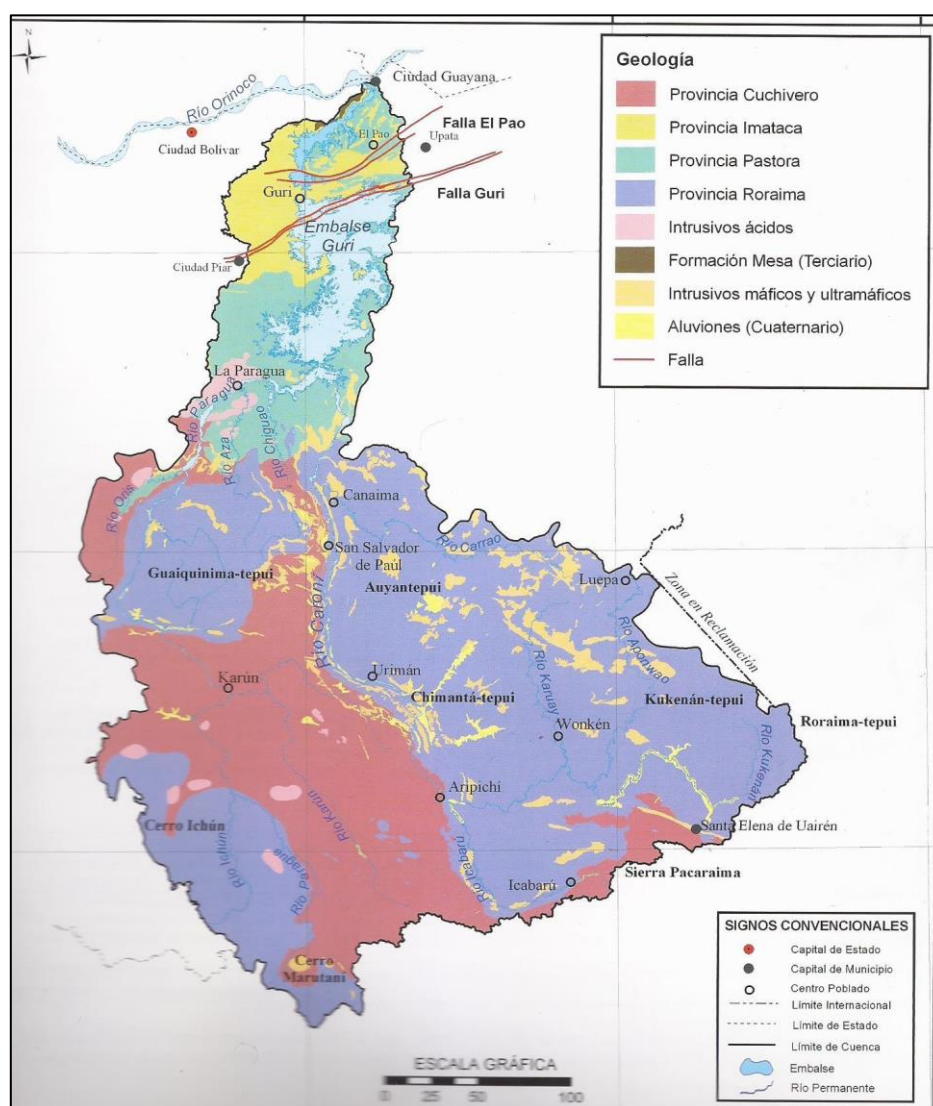


Figura 32. Zona geológica Tepuy Roraima Tomado de *La cuenca del río Orinoco una visión en cifras 2008*. (p.73)

Los suelos de la provincia Roraima se han desarrollado principalmente a partir de la formación de rocas ígneo-metamórficas y se clasifican como suelos de formación mesa, los suelos predominantes y de gran desarrollo pedogénico, debido a los procesos de alteración física y química de la roca madre y por las condiciones físico-naturales de la zona. (Interciencia, vol 11,1986)

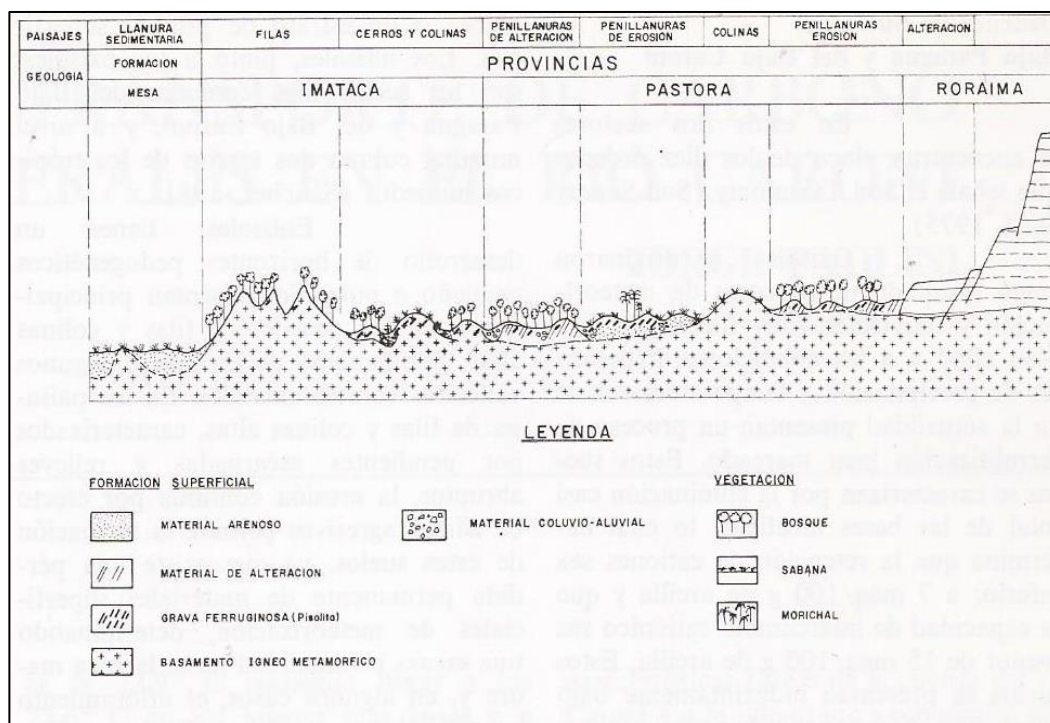


Figura 33. Paisajes de la geología, formaciones superficiales y vegetación. Tomado de *Interciencia*, vol 11,1986. (p.293)

La geología de Tepuy consiste en superficies semiplanas con crestas rocosas y paredes de arenisca. Las capas de tierra en la cima de la montaña fueron removidas, y la lluvia y la erosión del viento esculpieron en la roca extrañas formas. (Urbani, 1986).

La gran cantidad de precipitaciones condiciona que los suelos se caractericen por ser húmedos, en consecuencia al exceso de humedad y a la topografía de la

cumbre que se clasifica como plana y de escasa pendiente, aunque las áreas de baja planitud se combinan con pequeñas elevaciones de grietas.

Por consiguiente, las condiciones expuestas anteriormente han dado a lugar la acumulación de materia orgánica proveniente de la capa vegetal que ciertos casos ha ocasionado la formación de turberas.

La litología predominante del Tepuy Roraima está formado constituida por cuarzo Arenisca también conocida como cuarcita debido a su presencia metamorfismo de bajo grado, donde una sola partícula del cuarzo se une al cemento síliceo, con una imprimación sílice autigénico (Urbani, 1986).

La mayoría de los suelos son de baja fertilidad, textura gruesa, ácidos y distribuidos a lo largo de las principales riberas de los ríos, principalmente suelos arenosos se tratan de suelos con problemas de fase hidromorfismo y suelos con texturas medias. También existen suelos Entisoles menos desarrollados y muy delgados sobre las rocas superficiales (Guzmán, 1986, Mogollón y Comerma, 1999; Elizalde, Vilorio y Rosales, 2007).

“El espesor de los suelos es raramente superior a 0,25 m y los mismos descansan directamente sobre la roca” (El macizo del Chimantá Escudo de Guayana, Venezuela. p.92).

3. *Vegetación*

La vegetación en la cima del Tepuy tal y como se muestra en la figura 34 se caracteriza por ser de tipo litofita tepuyana, consiste en arbustales, herbazales latifoliados, vegetación litofita y bosques de galería dominados por *Bonnetia roraimae* (Huber 1994, 1995b; Safont et al. 2014, 2016b).

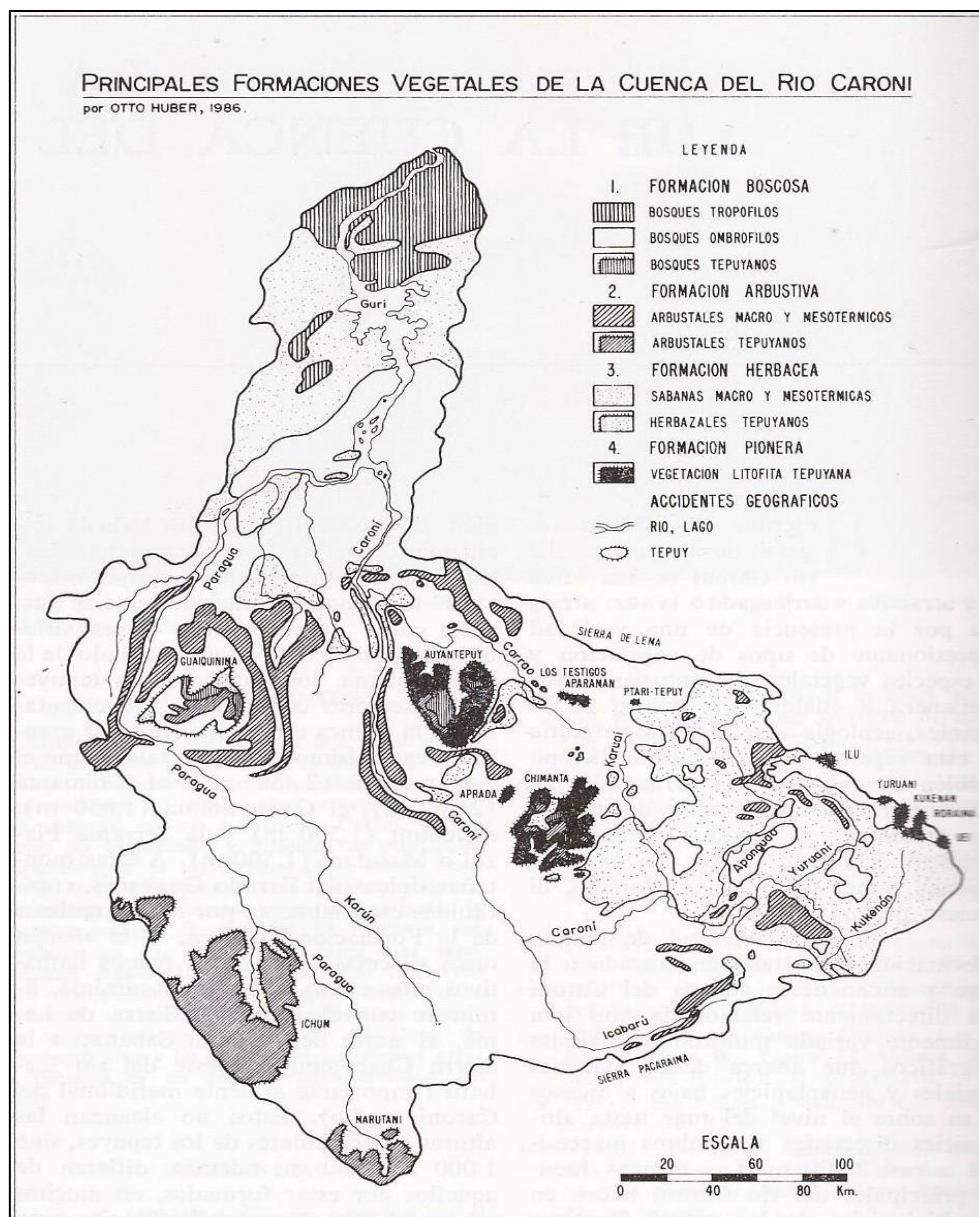


Figura 34. Mapa formaciones vegetales de la Cuenca del río Caroní. Tomado de *Interciencia*, vol 11, 1986. (p.302)

En la provincia de Roraima se han reportado 2.322 especies de plantas vasculares, de las cuales el 33 % son endémicas. La flora contiene una gran cantidad

de especies andinas y árticas, así como muchos géneros comunes entre los neófitos. (Berry ,1995; Huber, 1987).

Existen aproximadamente 9.400 especies de plantas vasculares en Guayana, Venezuela, con un alto índice de endemismo de 22,7 % a nivel de especie y 2 % a nivel de género. La vegetación del T.R, así como de otras regiones montañosas del altiplano de Guayana en Venezuela, corresponde a la provincia geográfica botánica de Pantepua, la cual está restringida a todas las elevaciones por encima de los 1.500 m. (Briofitos de las tierras altas de la Guayana Venezolana: hepáticas del Roraima-tepui, 2004).



Figura 35. Paisaje vegetal cima del Tepuy Roraima. Tomado de <https://botany.cz/cs/connellia-augustae/>

En la cumbre del Roraima existen pequeños parches de vegetación herbácea y subarbustiva sobre la roca desnuda abierta, afectada por los fuertes vientos de la

cumbre. Muchas de estas comunidades son herbazales arrosetados dominados por *Orectanthe sceptrum* (Xyridaceae), pequeñas rosetas de *Connellia augustae*, y rosetas menudas, densamente agrupadas, de muchas especies de Eriocaulaceae, así como densas macollas de *Everardia* spp. (Cyperaceae). *Heliamphora*, *Campanula* (una campanilla) y el raro brezo *Rapatea* (*Bonnetia roraimae*).

En la siguiente tabla se muestra como una ficha de reconocimiento, se pueden apreciar las diferentes especies de vegetación nombradas en el párrafo anterior con sus características.

Tabla 9

Ficha de reconocimiento para Orectanthe sceptrum, Connellia augustae y Everardia.

	Nombre científico: <i>Orectanthe sceptrum</i>	Características: -Es una planta herbácea -Alcanza un tamaño de más de 2 m de altura. -Tallo caudiciforme es corto. -Hojas de hasta 40 cm de largo.
	Familia: Xyridaceae	
	Nombre científico: <i>Connellia augustae</i>	Características: -Sus hojas crecen en roseta molida. -Crecen hasta 30 cm de largo y 4,5 de ancho. -Sus flores crecen en forma de racimos y en forma elíptica.
	Familia: Bromeliaceae	

	Nombre científico: Everardia	Características: -Posee flores pequeñas. -Los tallos suelen ser de una forma triangular. -Se clasifica como un tipo de hierba.
	Familia: Ciperáceas	

Tabla 10.

Ficha de reconocimiento para Heliamphora, Campanula y Bonnetia roraimae.

	Nombre científico: Heliamphora	Características: - Es una especie de tipo carnívora. - Es una planta endémica. - Requiere un alto nivel de humedad para su supervivencia.
	Familia: Sarraceniaceae	

	Nombre científico: Campanula	Características: - Sus flores tienen forma de campana. - Pueden llegar a medir de 5 hasta 2 metros de altura. - Su fruto es una capsula que contiene numerosas semillas.
	Familia: <u>Campanulaceae</u>	
	Nombre científico: Bonnetia roraimae	Características: - Es un arbolillo de tipo endémico. - Pueden llegar a medir de 3 hasta 28 metros de altura. - La copa de este arbolillo suele ser muy poblada y sus flores de coloración rosadas.
	Familia: Bonnetiaceae	

Los primeros colonizadores de los afloramientos rocosos de tierras altas, después de las cianobacterias, son algunos líquenes fruticosos y crustáceos de los géneros Siphula, Caloplaca, Xanthoparmelia y Usnea, los cuales son particularmente abundantes sobre los suelos delgados, sobre rocas y sobre la arenisca desnuda (Ahti 1992).

El clima de las cumbres de los tepuyes es ideal para el desarrollo de estas plantas criptógamas, ya que allí las precipitaciones son abundantes durante casi todo

el año y, aún cuando no llueva, la presencia de neblina y rocío es característica del área. (Galán 1992).

Entre las plantas vasculares, las especies de Bromeliaceæ son las más importantes como colonizadoras de rocas, con muchas especies endémicas de los géneros *Lindmania*, *Navia* y *Brocchinia*. Sobre el Macizo del Chimantá algunas especies de *Lindmania*, como *L. Subsimplex*, forman extensas alfombras densas casi monoespecíficas sobre las superficies rocosas planas. (Huber 1992).

Sobre las lomas rocosas abiertas de las cumbres de la Sierra de Maigualida (rocas graníticas), en contraste se encuentran como colonizadores sólo grupos dispersos de la ampliamente distribuida *Racinaea spiculosa* var. *stenoglossa*, junto con cianobacterias, líquenes y pequeños cojines de musgos.

Hasta cierto punto, muy poco es conocido acerca de las comunidades vegetales de las paredes verticales superiores de los tepuyes, pero las monocotiledóneas arrosetadas, tales como Bromeliaceæ, Liliaceæ, Eriocaulaceæ, Xyridaceæ y Rapateaceæ parecen dominar entre las plantas superiores.

En la siguiente etapa de colonización intervienen, mayormente, plantas fanerógamas que ocupan los espacios abiertos entre las fisuras, así como las pequeñas depresiones en las cuales se han ido acumulando detritos producidos por las algas y los líquenes, formando un delgado substrato compuesto esencialmente por arena cuarzosa y materia orgánica disuelta.

4. *Cuerpos de agua*

El área de estudio de esta investigación se basó principalmente en las lagunas de las cima del Tepuy a pesar de esto se encontraron dos tipos de cuerpos de agua en

la cima del Tepuy tal y como lo son: ríos y lagunas, siendo este último el que se va considerar ya que es el que se relaciona directamente con la fuente a estudiar, de igual manera se mencionaran en la tabla 11, los ríos que se desprenden desde la cumbre del Roraima por considerarse de importancia conocer en este trabajo, cabe destacar que por esta razón el T.R se considera popularmente como “ La madre de todas las aguas” a su vez estos ríos alimentan a los ríos Orinoco, Amazonas y Esequibo.

Por consiguiente debido a la ubicación geográfica de la cima del Tepuy sus aguas resultan un espacio de importancia geopolítica y estratégica para el país, puesto que integra un espacio de intercambio físico y económico con la República Federativa de Brasil y es territorio fronterizo con la zona en reclamación de Guyana.

Tabla 11

Ríos que nacen en la cima del Tepuy Roraima.

Rio	Delimitación	Características generales
Rio Arabopó	Sector definido por territorio venezolano, ubicado en la cima del Tepuy Roraima, Parque Nacional Canaima ubicado en el estado Bolívar.	Este río transcurre por el Valle de los cristales, que luego cae en el río Kukenán, y éste en el Caroní, el cual desemboca finalmente en el río Orinoco.
Rio Cotingo	Se encuentra dentro del territorio brasilero, es un río del estado de Roraima en el norte de Brasil.	Es un afluente del río Surumu tiene su nacimiento al pie del monte Roraima. Sus aguas caen en el río Branco, y luego en el río Negro, desembocando finalmente en el río Amazonas.

Rio Waruma	Sector definido por territorio de reclamación venezolano, ubicado en la cima del Tepuy Roraima, Parque Nacional Canaima ubicado en el estado Bolívar.	Este río nace en el Roraima del lado guyanes, del cual sus aguas drenan al río Kakó y este desemboca en el Mazzaruni y finalmente desemboca en el Esequibo.
------------	---	---



Figura 36. Mapa de la cima del monte Roraima. Tomado de: <https://steemit.com/spanish/@handmade/monte-roraima-un-paisaje-de-2000-millones-de-anos>

- Las Lagunas

En lo que respecta a la formación de las lagunas que se encuentran en la cumbre del Tepuy, el ciclo del agua juega un papel fundamental debido a las altas precipitaciones, las formaciones rocosas prácticamente impermeables y las

irregularidades del terreno producto de una intensa erosión han generado la formación de charcos, pequeños agujeros también llamados lagunas.

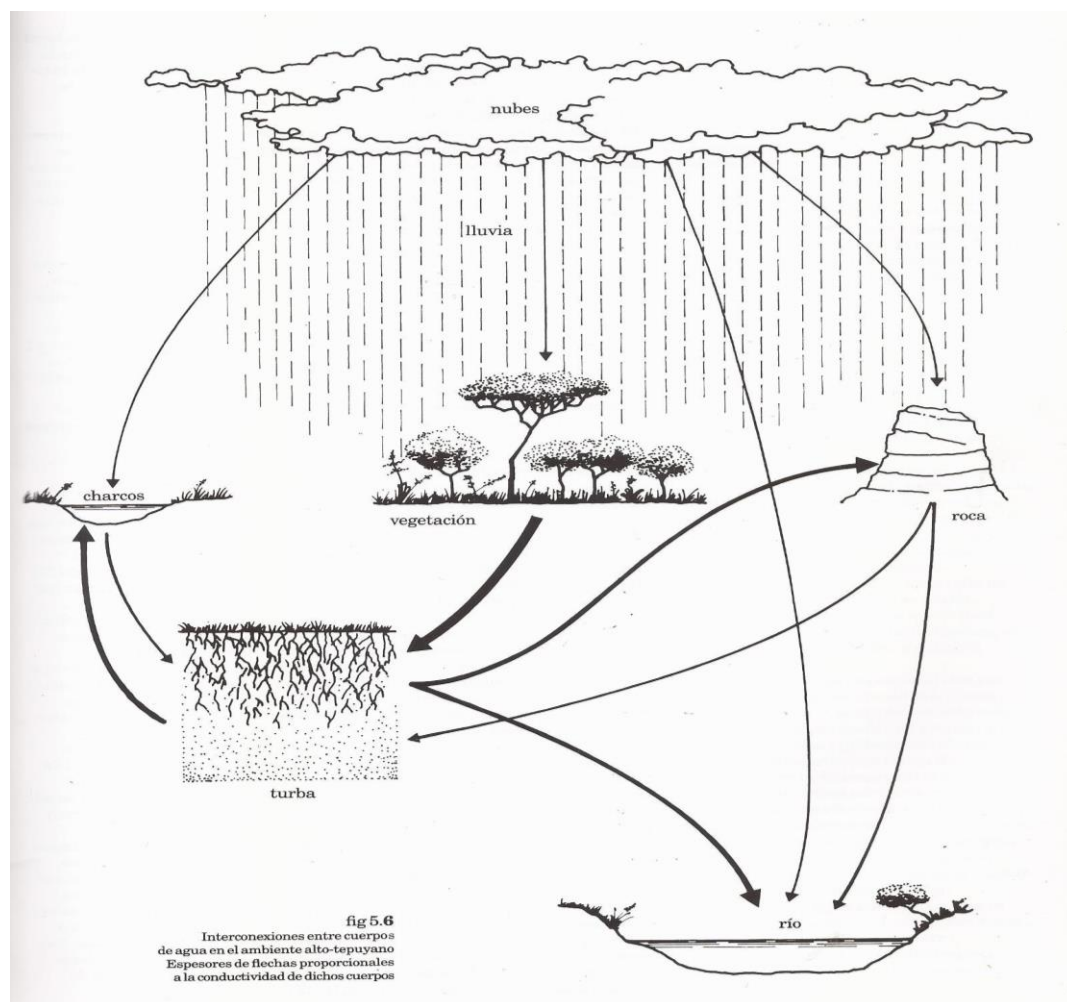


Figura 37. Distribución de precipitaciones sobre el paisaje tepuyano. Tomado de El macizo del Chimantá Escudo de Guayana, Venezuela. (p.85).

En la figura 37 se muestra la distribución del agua producto de las precipitaciones, señalando las diferentes rutas en interconexiones del destino de las aguas de lluvia, cabe destacar que el espesor de las flechas es proporcional a las especies iónicas disueltas en dichas aguas.

Estas aguas son retenidas por la vegetación de la zona y reciclada a las turberas que aportan la coloración característica de las lagunas, aunque una porción significativa de las aguas aportadas por las precipitaciones es destinada hacia los ríos.

En cuanto a las propiedades físico-químicas de las aguas de la cuenca alta del río Caroní se caracterizan por poseer una acidez de (pH entre 4 y 5), con una concentración de sólidos muy baja, sin embargo, actualmente la carga de sedimentos a aumentado producto de la actividad minera en la zona. (Estudio plan maestro de la cuenca del río Caroní, 2004).

En gran volumen toman una coloración ambarina en consecuencia de los ácidos húmicos y fúlvicos aportados por la vegetación en descomposición. Estas aguas son netamente subsaturadas en sílice (concentraciones medidas en diversos tepuyes dan valores de entre 1 y 6 mg/l, con un promedio en torno a 2 mg/l) (Galán, 1991).



Figura 38. Lagunas conocidas como “los Jacuzzis” en la cima del Tepuy Roraima. Tomado de <https://noticias251.com/2020/08/30/las-piscinas-naturales-de-roraima/>

Manejo de las excretas humanas en la cima del Tepuy Roraima

Para la recolección de información sobre el manejo de excretas humanas en la cima del Tepuy se realizó una encuesta a los operadores de Santa Elena que ofrecen sus servicios como guías turísticos al Tepuy, el instrumento utilizado consistió en un guión de preguntas digital (ver anexo C), mediante la herramienta de formularios de google.

Para la selección de la muestra de la población de la encuesta se utilizó como guía el concepto formado por (Arias, 2012) de muestra seleccionada para ello como fuente sobre la población de operadores turísticos se acudió a Odimar López (Directora de la cámara de turismo del estado Bolívar), proporcionando como dato poblacional la cantidad de 32 operadores turísticos.

Para delimitar el tamaño de la muestra los encuestados se clasificaron con las características que se muestran a continuación, siendo el total de estos 15 seleccionados:

Características de los encuestados:

- ✓ Operadores turísticos actualmente activos.
- ✓ Más de 10 años de experiencia en el área.
- ✓ Haber visitado el T.R recientemente.

Representación y análisis de datos de encuesta.

Pregunta 1

- 1- *¿Cuál es el dispositivo utilizado para la deposición de las excretas en la cima del Tepuy Roraima?*

Tabla 12

Resultados obtenidos mediante pregunta 1 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Baño portátil	8	53,33 %
Tubo de PVC	3	20,00 %
Bolsa	2	13,33 %
Otro	2	13,33 %
TOTAL	15	100,00 %

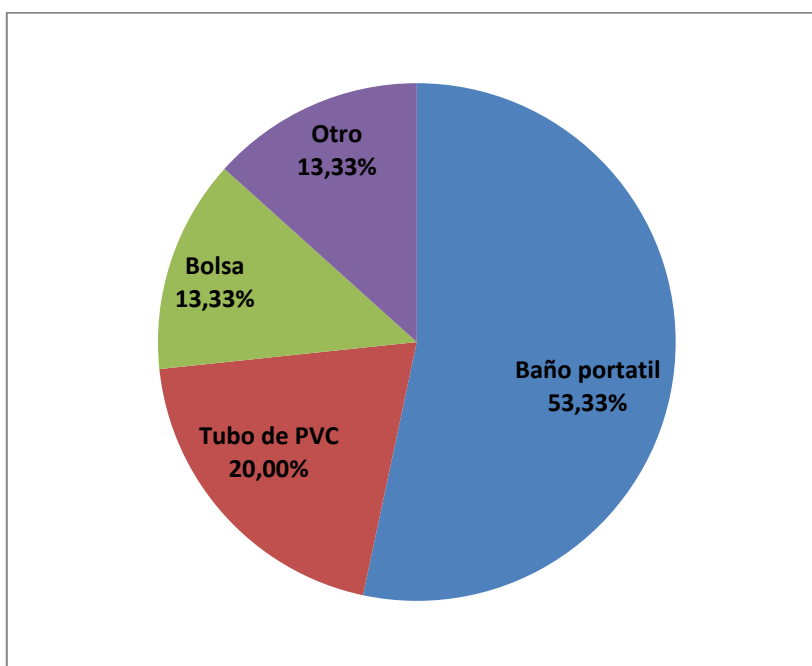


Figura 39. Representación porcentual preg.1.Encuesta

Análisis: El 53,33 % de los operadores turísticos encuestados, que es más de la mitad de la población encuestada, afirma que dispositivo predilecto para la deposición de las excretas humanas es un baño portátil. Mientras que el 20 % de ellos utilizan un tubo de PVC para la deposición de las mismas, un 13,33 % dispone de

bolsas y el mismo porcentaje indicó la opción (otro), en esta opción afirmaron que todas las opciones eran afirmativas y explicaron que el baño portátil (ver en anexo D) consta en su interior de una bolsa repleta de cal, la misma es colocada dentro de otra bolsa del mismo tamaño y luego todas estas bolsas dentro de una bolsa negra.

Interpretación: En su mayoría el dispositivo utilizado en la cima del Tepuy para la deposición de excretas es el baño portátil, lo que afirma que este es el sistema de mayor preferencia para la deposición de excretas humanas.

Pregunta 2

2- *¿Cuántos porteadores de desechos por grupo se encargan trasladar las excretas depuestas al destino de disposición?*

Tabla 13

Resultados obtenidos mediante pregunta 2 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
1	9	60,00 %
2	2	13,33 %
3	1	6,67 %
Otro	3	20,00 %
Total	15	100,00 %

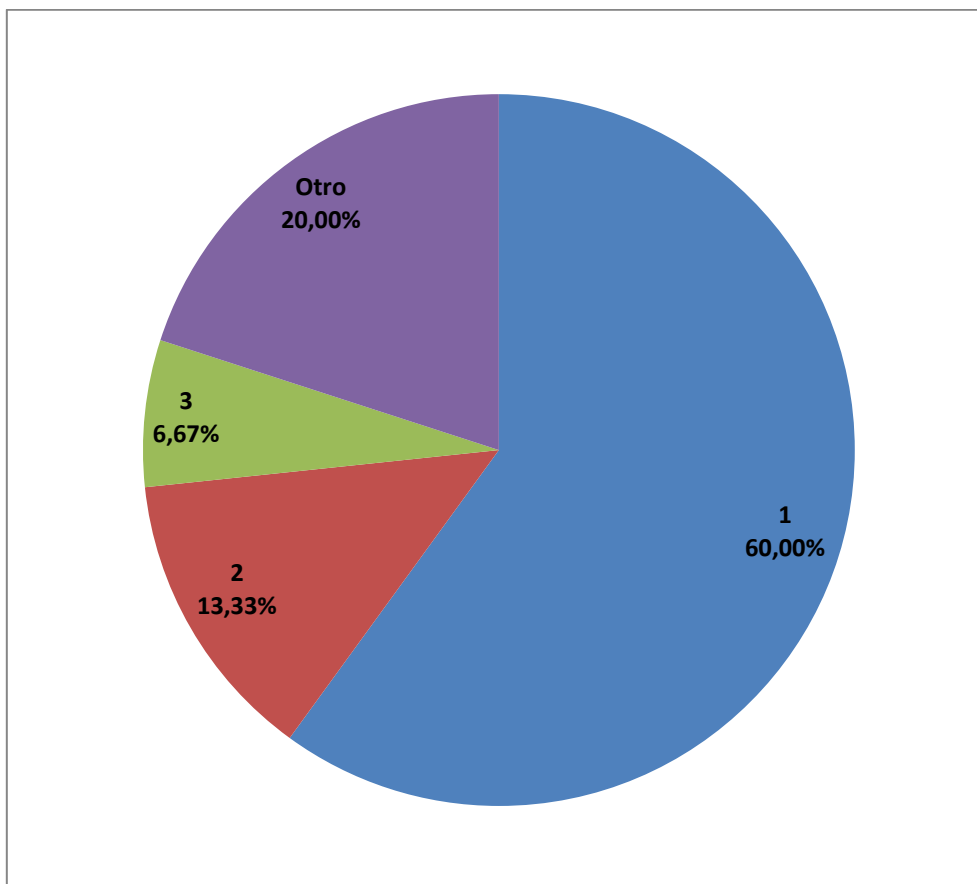


Figura 40. Representación porcentual preg.2.Encuesta

Análisis: La pregunta N.-2 indica que la cantidad de porteadores que se encargan de trasladar las excretas al destino de disposición en un 60 % es de (1) porteador, un 13,3 % indicó que (2), un 6,67 % afirmó que (3) y un 20 % la opción (otro) dentro de este porcentaje un 13,33 % explicó que dependiendo de la cantidad de turistas se asigna la cantidad de porteadores y un 6,67 % indicó que por cada 6 turistas corresponde un porteador.

Interpretación: Esto indica que el número de porteadores los asigna el número de visitantes del Tepuy y dependiendo de ello se asignan la cantidad de porteadores encargados de trasladar las excretas hasta el destino de su disposición.

Pregunta 3

3- ¿Cuál es el lugar destinado para las excretas depuestas?

Tabla 14

Resultados obtenidos mediante pregunta 3 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Vertedero de INPARQUES	10	71,43 %
Cauce con agua	0	0,00 %
Suelo	1	7,14 %
Quema	0	0,00 %
Otro	3	21,43 %
Total	14	100,00 %

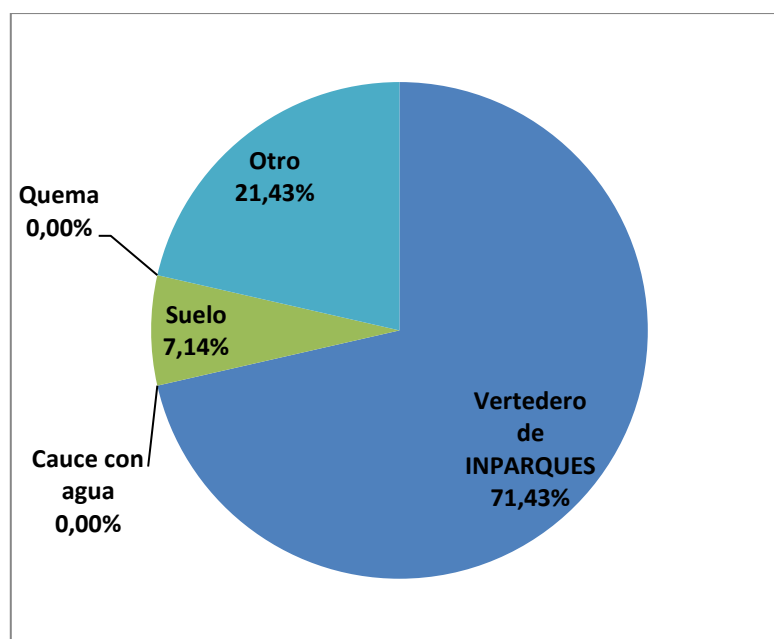


Figura 41. Representación porcentual preg.3.Encuesta

Análisis: Los resultados expresan que el 71,43 % de los encuestados indican que el lugar destinado para las excretas depuestas es el vertedero de INPARQUES, un 7,14 % indican que el lugar de disposición se trata del suelo y un 21,43 % indicó la opción (Otro), dentro de este porcentaje un 14,2 % indicó que el lugar de disposición se trata de un contenedor para desechos en la troncal 10 en el sector, un 7,1 % indicó que el lugar de disposición es un vertedero municipal.

Interpretación: Estos resultados indican que INPARQUES es el ente encargado de disponer de las excretas generadas.

Pregunta 4

4- *¿Cuántos dispositivos para la deposición de excretas son proporcionados por grupos de 10 personas?*

Tabla 15

Resultados obtenidos mediante pregunta 4 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
1	4	26,67 %
2	6	40,00 %
3	2	13,33 %
Otro	3	20,00 %
Total	15	100,00 %

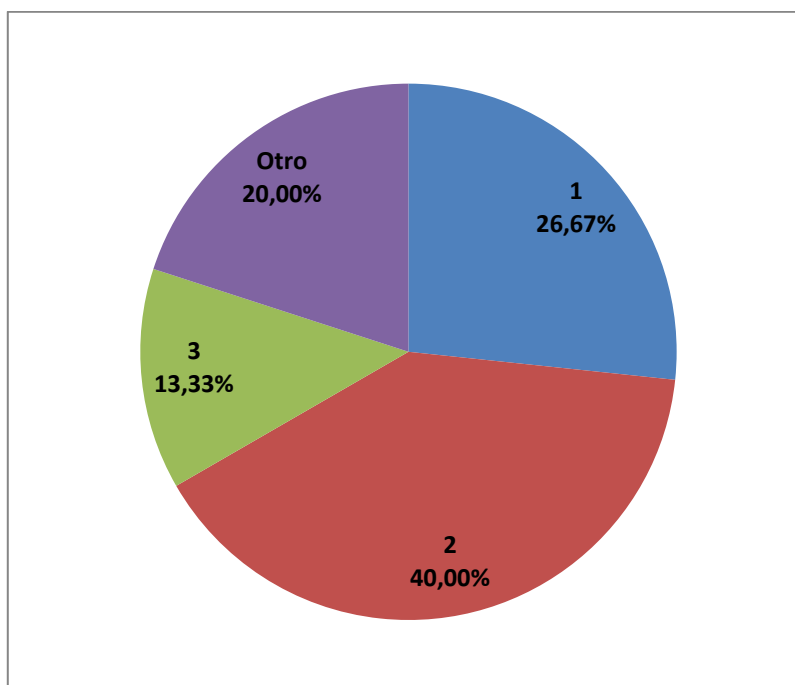


Figura 42. Representación porcentual preg.4.Encuesta.

Análisis: Según los resultados arrojados, un 40 % que se utilizan (2) dispositivos por cada grupo de 10 personas, un 26,67 % indica que se utiliza (1), un 13,33 % afirmó que son (3) y un 20 % optó por responder (Otro), dentro de este porcentaje indicaron que la cantidad de dispositivos corresponde a (1) pero que los grupos están conformados por cada 8 personas como máximo.

Interpretación: Al saber que los grupos están conformados por un máximo de 8 personas, se entiende que se utiliza (1) dispositivo por cada grupo, a menos que se sobre pase la cantidad de visitantes por grupo.

Pregunta 5

5- *¿Los portadores hacen uso adecuado para el dispositivo para la deposición de excretas?*

Tabla 16

Resultados obtenidos mediante pregunta 5 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Siempre	7	46,67 %
A veces	1	6,67 %
Usualmente	4	26,67 %
Nunca	3	20,00 %
Total	15	100,00 %

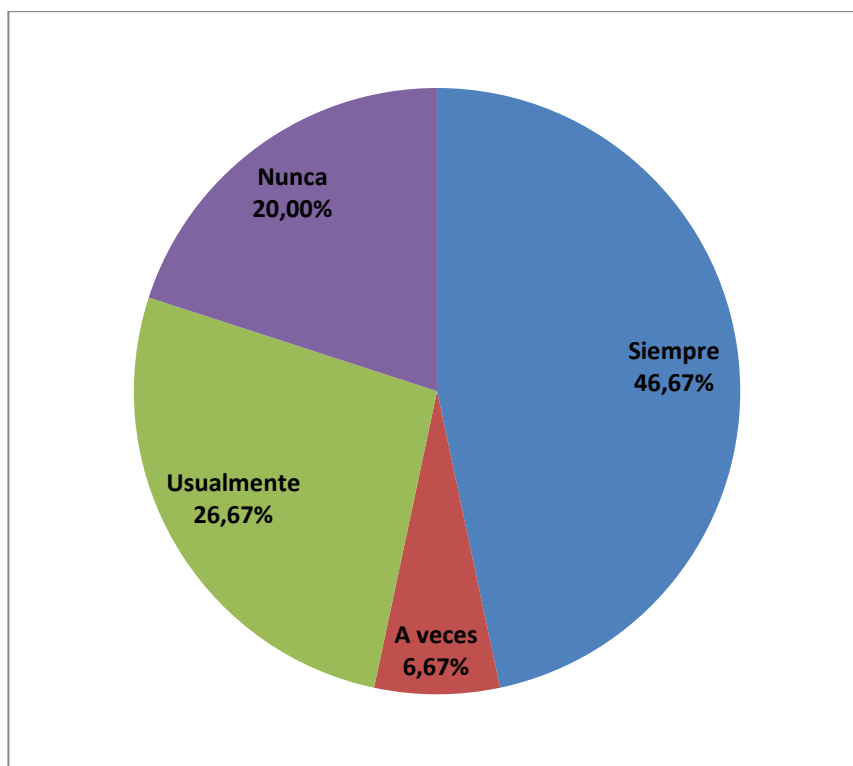


Figura 43. Representación porcentual preg.5.Encuesta

Análisis: Los resultados indican que solo el 46,67 % siempre hace uso adecuado del dispositivo para la deposición de excretas, un 26,67 % afirma que

usualmente lo utilizan, un 6,67 % expresa que a veces mientras que un 20 % indica que nunca lo utilizan adecuadamente.

Interpretación: Con los resultados obtenidos se puede decir que más del 50 % de los portadores no utilizan de manera adecuada el dispositivo lo que indica que una alta prevalencia prefiere optar por defecar al aire libre.

Pregunta 6

6- *¿Los visitantes utilizan de forma adecuada el dispositivo para la deposición de excretas?*

Tabla 17

Resultados obtenidos mediante pregunta 6 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Siempre	12	80,00 %
A veces	2	13,33 %
Usualmente	1	6,67 %
Nunca	0	0,00 %
Total	15	100,00 %

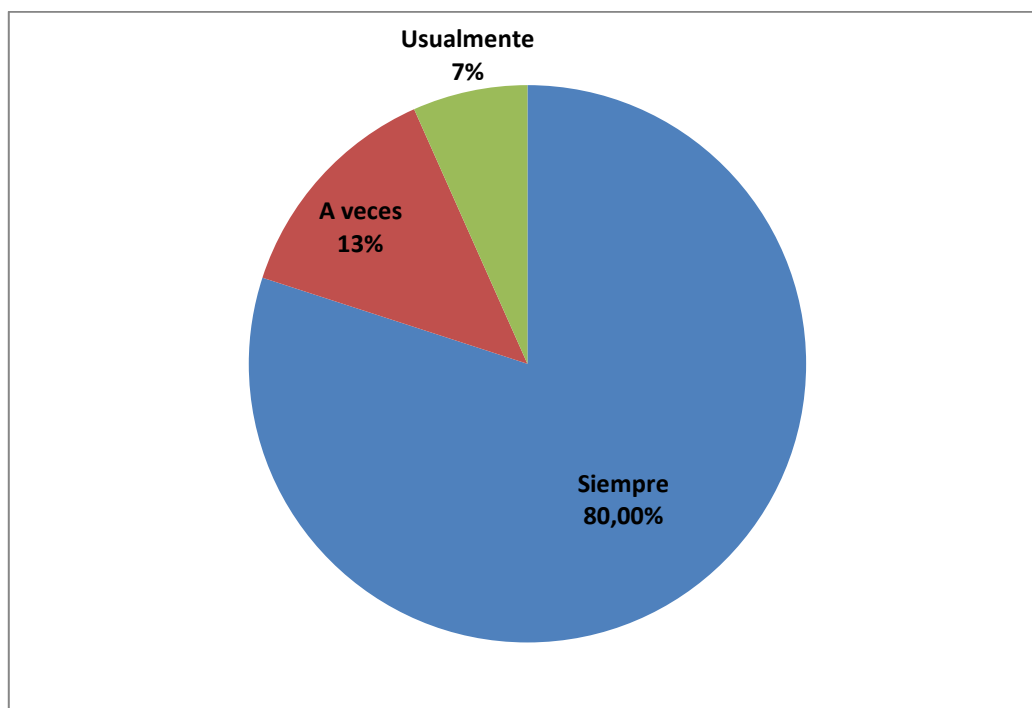


Figura 44. Representación porcentual preg.6.Encuesta

Análisis: El 80 % de los encuestados afirma que los visitantes utilizan de manera adecuada el dispositivo para la deposición de excretas, un 13 % indica que a veces lo utilizan de forma adecuada y un 7 % señala que usualmente es utilizado correctamente por parte de los visitantes.

Interpretación: Con los resultados obtenidos se puede decir que los visitantes utilizan de manera adecuada el dispositivo para la deposición de excretas en su alto porcentaje y que un pequeño grupo de ellos esporádicamente no lo hace de manera adecuada, es por ello que se puede decir que este pequeño porcentaje no influencia en gran cantidad con la contaminación presente por excretas humanas.

Pregunta 7

7- Según su experiencia, ¿Las lagunas han sido un lugar de preferencia para la deposición de excretas?

Tabla 18

Resultados obtenidos mediante pregunta 7 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Si	3	0,00 %
No	12	80,00 %
Otro	0	20,00 %
Total	15	100,00 %

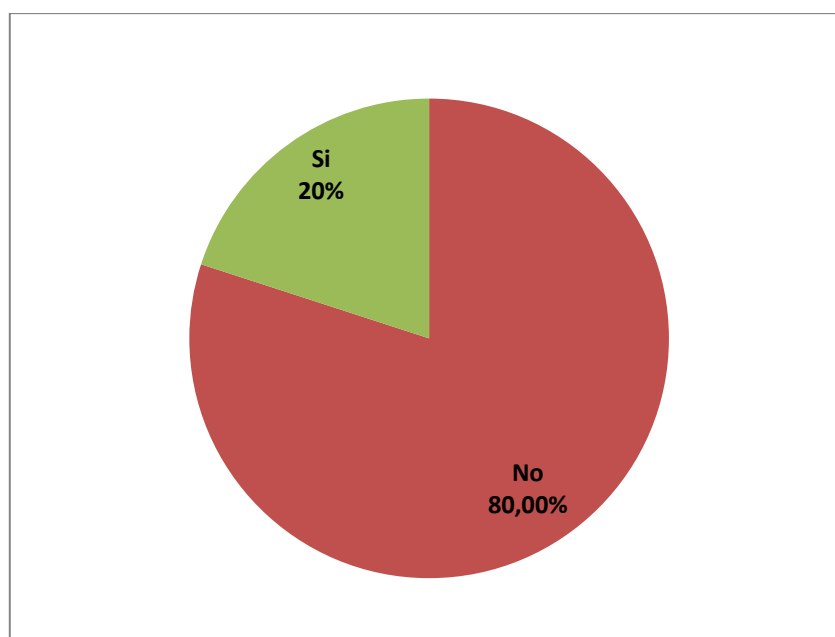


Figura 45. Representación porcentual preg.7.Encuesta

Análisis: Los resultados de la pregunta N.-7 indican que las lagunas no han sido un lugar de preferencia para la disposición de excretas fecales en un 80 % y un 20 % indicó la opción (si) en donde explican que las aguas de las lagunas han sido de preferencia en mayoría para excretar orina.

Interpretación: Según los resultados obtenidos se puede afirmar que la bacteria *Helicobacter pylori* no radica directamente por la deposición de las excretas en las aguas de las lagunas debido a que no son un lugar de preferencia para excretar.

Pregunta 8

8- Si su respuesta anterior fue positiva, ¿Quiénes la utilizan?

Tabla 19

Resultados obtenidos mediante pregunta 8 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Operadores	0	0,00 %
Porteadores	3	100,00 %
Visitantes	0	0,00 %
Otro	0	0,00 %
Total	3	100,00 %

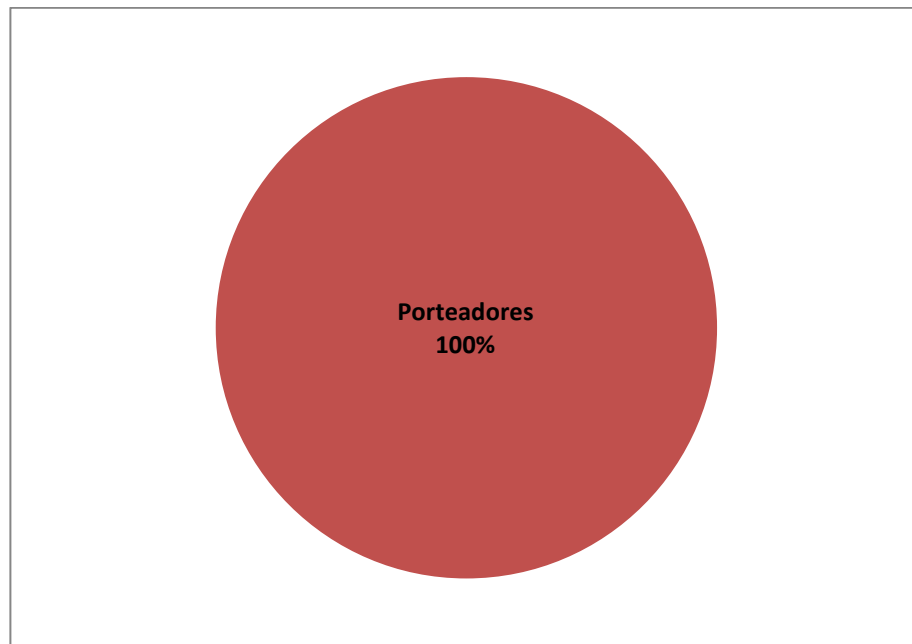


Figura 46. Representación porcentual preg.8.Encuesta

Análisis: Los resultados indican que el 100 % de los porteadores utilizan como lugar de preferencia para excretar las aguas de las lagunas, (cabe destacar que las preguntas 7 y 8 están relacionadas), es por ello que este resultado corresponde al 100 % de los encuestados en esta pregunta y no al 100 % de los porteadores que prestan sus servicios turísticos en el Tepuy.

Interpretación: Entendiendo que las preguntas 7 y 8 están relacionadas se puede decir que este resultado indica que se trata de excretas de orina en los cuales se muestra que los porteadores utilizan las aguas de las lagunas para excretar convirtiendo estas en un foco de contaminación.

Pregunta 9

9- *Según su experiencia, ¿Los suelos del Tepuy han sido un lugar de preferencia para la deposición de excretas?*

Tabla 20

Resultados obtenidos mediante pregunta 9 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Si	5	35,71 %
No	9	64,29 %
Otro	0	0,00 %
Total	14	100,00 %

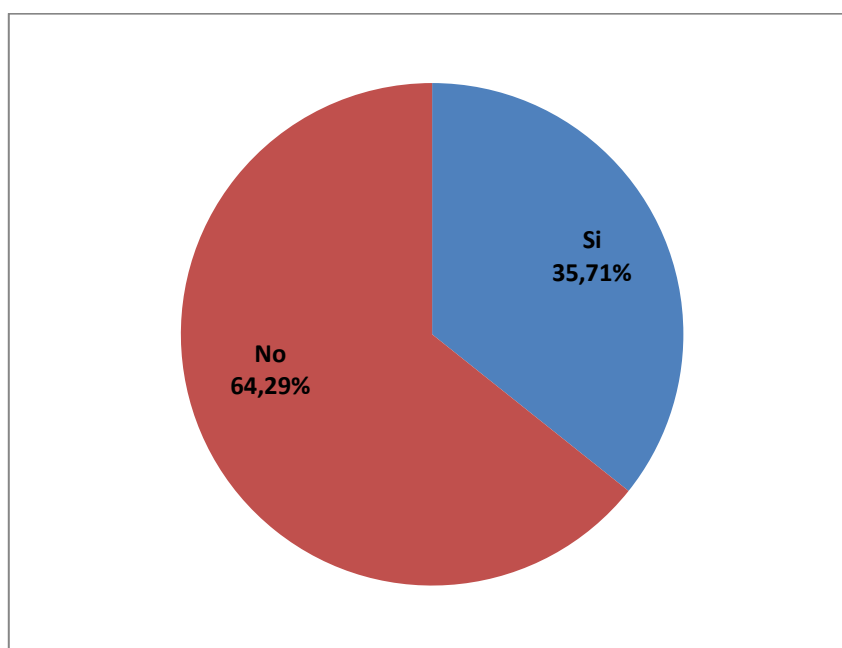


Figura 47. Representación porcentual preg.9.Encuesta

Análisis: El 64,29 % de los encuestados afirma que los suelos del Tepuy no han sido un lugar de preferencia para la deposición de excretas y un 35,71 % indica que si lo han sido.

Interpretación: Ya que el 35,71 % afirma que el suelo ha sido un lugar de preferencia para la deposición de excretas se puede decir que en el Tepuy se practica la defecación al aire libre.

Pregunta 10

10- Si su respuesta anterior fue positiva, ¿Quiénes la utilizan?

Tabla 21

Resultados obtenidos mediante pregunta 10 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Operadores	0	0,00 %
Porteadores	5	100,00 %
Visitantes	0	0,00 %
Otro	0	0,00 %
Total	5	100,00 %

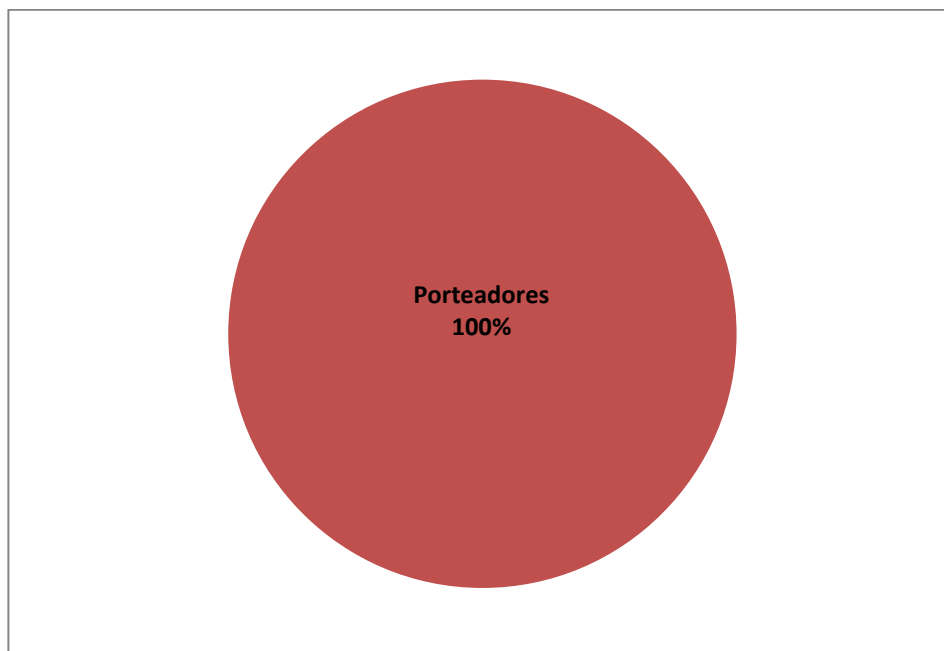


Figura 48. Representación porcentual preg.10.Encuesta

Análisis: Según los resultados obtenidos el 100 % indica que los porteadores utilizan los suelos del Tepuy como un lugar de preferencia para excretar.

Interpretación: Sabiendo que las preguntas 9 y 10 están relacionadas, se puede afirmar que los individuos que practican la defecación al aire en la cima del Tepuy se trata de los indígenas que realizan la labor de porteadores.

Pregunta 11

11- ¿La forma adecuada de uso del dispositivo para la deposición de excretas se explica previamente?

Tabla 22.

Resultados obtenidos mediante pregunta 11 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Siempre	14	100,00 %
A veces	0	0,00 %
Usualmente	0	0,00 %
Nunca	0	0,00 %
Total	14	100,00 %

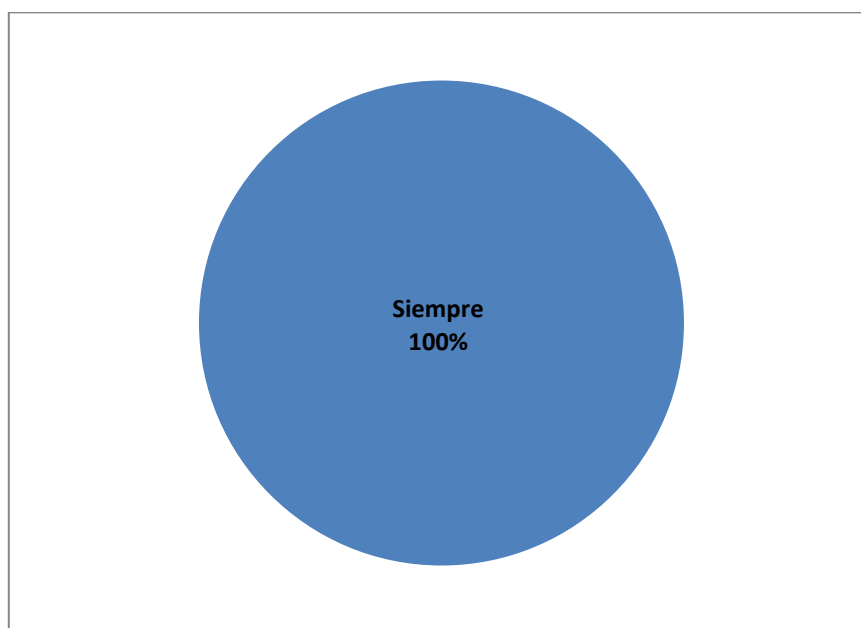


Figura 49. Representación porcentual preg.11.Encuesta

Análisis: Los resultados indican que el 100 % de las veces siempre se explica el uso adecuado del dispositivo utilizado para la deposición de las excretas.

Interpretación: Al saber que siempre es explicado el uso adecuado del dispositivo para la deposición de excretas se puede afirmar que la defecación al aire libre no se debe al desconocimiento del uso del dispositivo sino a una causa diferente a esta.

Pregunta 12

12- ¿Cómo es la higiene personal luego de defecar?

Tabla 23

Resultados obtenidos mediante pregunta 12 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Agua de las lagunas	0	0,00 %
Papel Higiénico	14	93,33 %
Esperan cuando descendan	0	0,00 %
Otro	1	6,67 %
Total	15	100,00 %

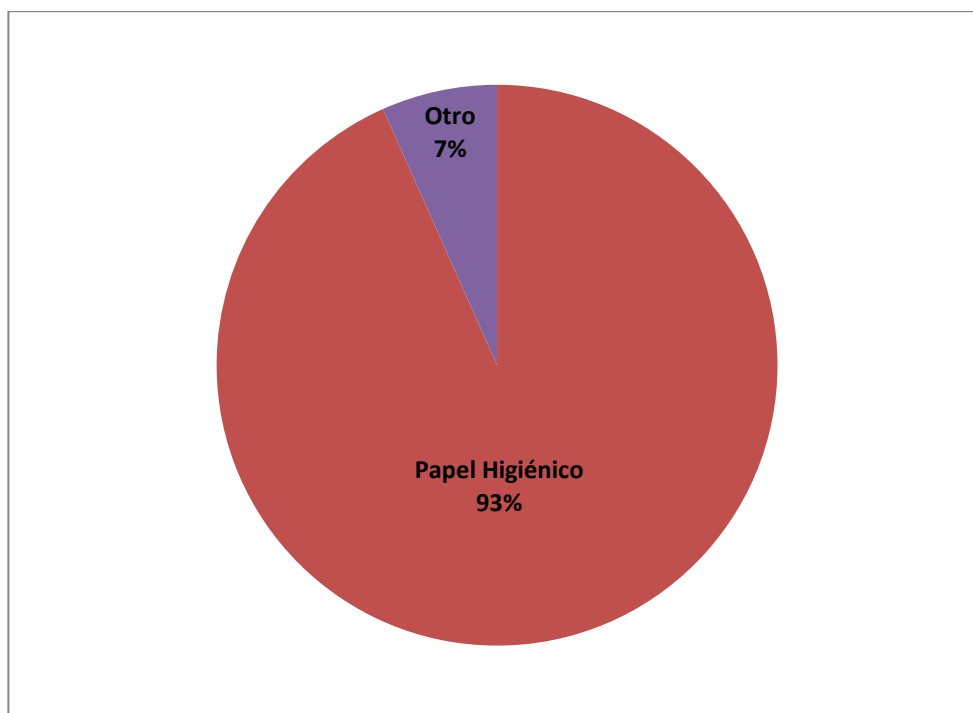


Figura 50. Representación porcentual preg.12.Encuesta

Análisis: Los resultados de la pregunta N.-12 indican que la higiene personal luego de defecar consta del uso de papel higiénico en un 93 % y un 7 % afirma el uso de toallas húmedas para realizar la higiene personal luego de defecar.

Interpretación: Es evidente que la higiene personal no influye en la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en las lagunas del Tepuy ya que las aguas no se utilizan para realizar la higiene personal luego de defecar.

Pregunta 13

13- ¿Cuál es la cantidad de excretas en kg generada por grupo?

Tabla 24

Resultados obtenidos mediante pregunta 13 en encuesta.

Respuestas	Muestra de encuestados	Porcentaje
7kg	1	11,11 %
16kg	1	11,11 %
10kg	1	11,11 %
24kg	2	22,22 %
15kg	1	11,11 %
6kg	2	22,22 %
11kg	1	11,11 %
Total	9	100,00 %

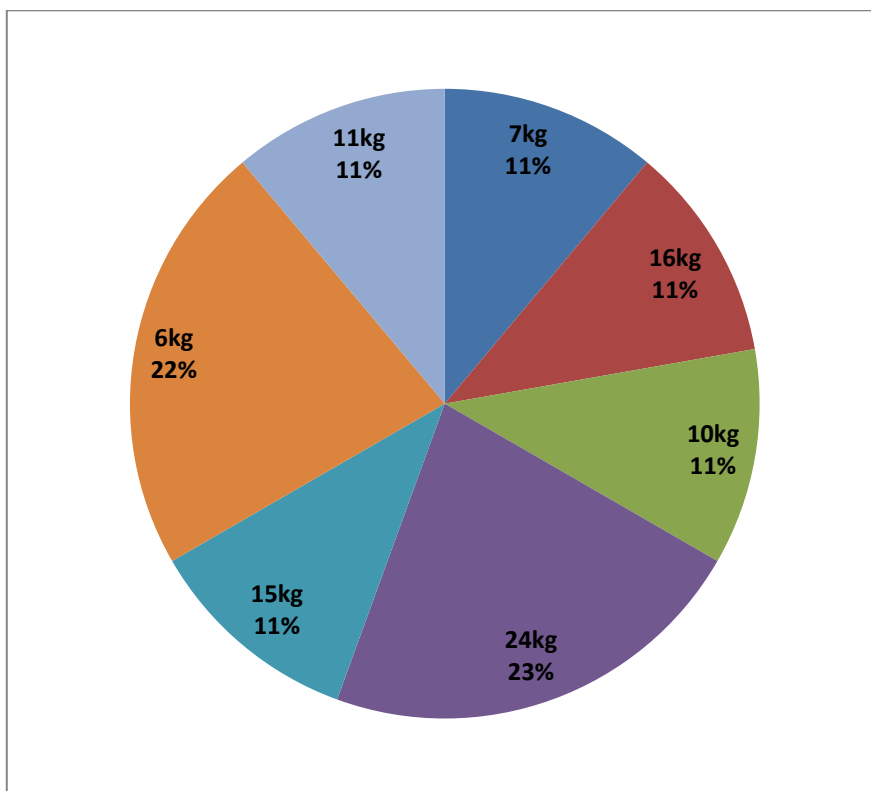


Figura 51. Representación porcentual preg.13.Encuesta

Análisis: Un 22 % expresa que el peso de las excretas generadas se estima alrededor de los 6 kg, mientras que un 23 % indica que el peso de las excretas es de 24 kg mientras que un 11 % afirma que la cantidad de excretas generadas es de 11 kg, este mismo porcentaje de encuestados indicó que el peso es de 15 kg, 10 kg, 16 kg y 7 kg.

Interpretación: En relación a los resultados obtenidos, cabe destacar que el peso de las excretas generadas está directamente relacionado con la cantidad de personas con las que estén conformados los grupos de la excursión y con los días de duración de la estadía.

Pregunta 14

14- ¿Cuál de las siguientes opciones describe el sabor del agua de las lagunas?

Tabla 25.

Resultados obtenidos mediante pregunta 14 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Ácida	2	16,67 %
Dulce	8	66,67 %
Amarga	0	0,00 %
Salada	0	0,00 %
Otro	2	16,67 %
Total	12	100,00 %

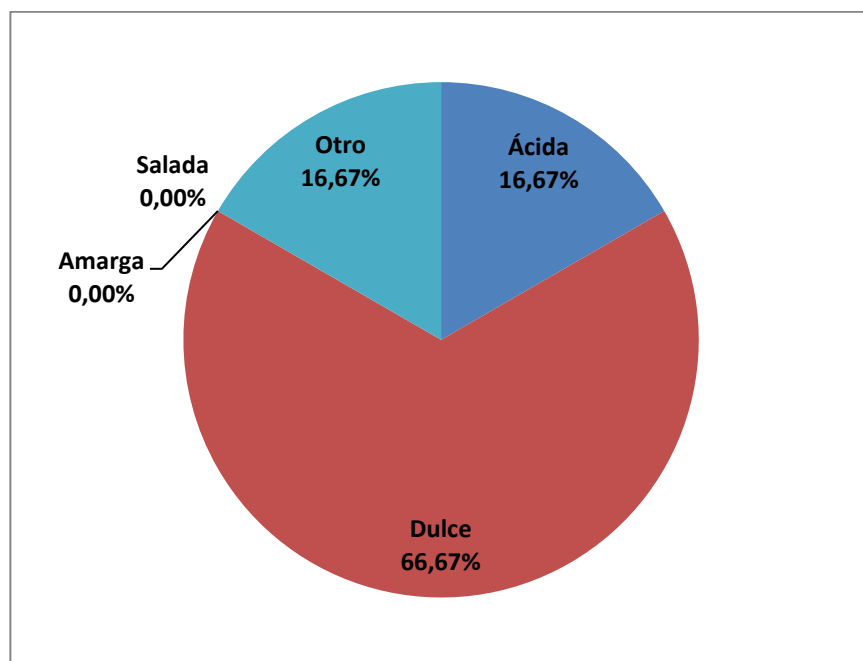


Figura 52. Representación porcentual preg.14.Encuesta

Análisis: Un 66,67 % expresa que el agua de las lagunas es perceptible con sabor dulce, mientras que un 16,67 % indica que estas son de un sabor ácido y un 16,67 % optó por indicar que presenta otro sabor, dentro de este porcentaje indicaron que presenta un sabor a hierro pero muy poco perceptible.

Interpretación: Conociendo las características de estas aguas expuestas en la descripción físico-natural se puede decir que el sabor a minerales y su acidez corresponde a su composición natural más sin embargo en su mayoría lo describe con su sabor poco perceptible por lo cual conservan un sabor agradable al gusto.

Pregunta 15

15- Seleccione las características que describen físicamente las lagunas del Tepuy (Puede seleccionar múltiples opciones)

Tabla 26.

Resultados obtenidos mediante pregunta 15 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Turbia	5	33,33 %
Presencia de elementos en suspensión	4	26,67 %
Mal olor	1	6,67 %
Otro	5	33,33 %
Total	15	100,00 %

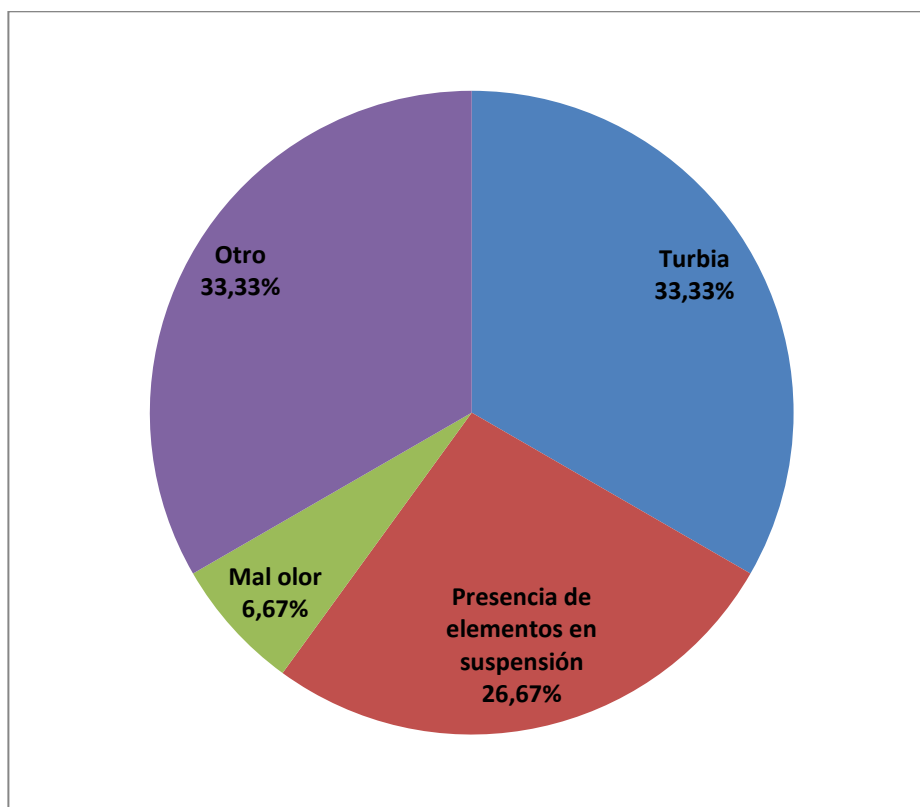


Figura 53. Representación porcentual preg.15.Encuesta.

Análisis: El 33,33 % afirma que las aguas de las lagunas son turbias, un 26,67 % de los encuestados indican que muestran la presencia de elementos en suspensión,

el 6,67 % señalan que tienen mal olor y el 33,33 % seleccionó la opción (Otro), dentro de este porcentaje indicaron por lo general las aguas tienden a ser cristalinas mientras están permanecen sin movimiento pero que al moverse estas suelen ponerse turbias por el tipo producto de material presente en el suelo.

Interpretación: Los resultados obtenidos muestran una serie de parámetros que podrían indicar alarmas sobre la calidad de las aguas, tales como la presencia de elementos en suspensión, el mal olor y la turbidez de las mismas.

Pregunta 16

16- ¿El agua que se consume en la cima del Tepuy pasa por algún tipo de tratamiento de potabilización?

Tabla 27.

Resultados obtenidos mediante pregunta 16 en encuesta.

Opciones	Muestra de encuestados	Porcentaje
Desinfección con cloro	8	53,33 %
No pasa por ningún tratamiento	3	20,00 %
Ebullición	2	13,33 %
Desinfección por radiación	0	0,00 %
Otro	2	13,33 %
Total	15	100,00 %

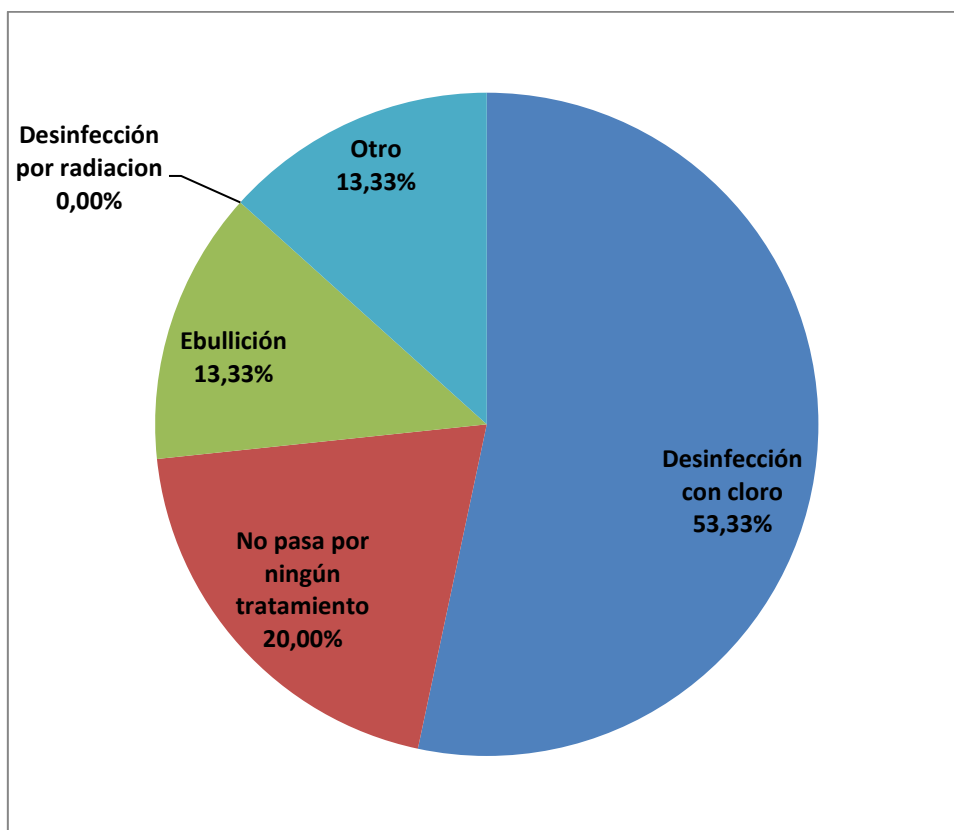


Figura 54. Representación porcentual preg.16.Encuesta

Análisis: El 53,33 % indicó utilizar la desinfección por cloro como un tratamiento para convertir el agua en apta para consumo humano, el 13,33 % señaló que el tratamiento utilizado es la ebullición, un 20 % señala que el agua no pasa por ningún tratamiento para su consumo y 13,33 % indicó la opción (Otro) en donde refieren que según la temporada seleccionan si se requiere o no tratamiento para que el agua se consuma, debido a que en la época lluviosa el agua de las lagunas es abundante y no es necesaria su potabilización, a diferencia de la época de sequía en donde esta tiende a estancarse por lo cual recurren a alguno de los tratamientos mencionados anteriormente.

Interpretación: Los resultados obtenidos reflejan que el tratamiento de preferencia utilizado para convertir las aguas en aptas para consumo es la

desinfección con cloro y está pudiese realizarse según el criterio del operador bien sea como un tratamiento de uso regular o un tratamiento regido por la temporada de la visita.

Análisis de la documentación sobre la presencia de la bacteria *H. Pylori* en las aguas de las lagunas.

1. Descripción de los documentos

Para realizar este análisis documental se tomó como referencia el estudio pionero “Evidence of *Helicobacter* spp. in freshwaters from Roraima Tepui, Guayana Shield, South America” y se realizó un análisis cruzado con el resto de antecedentes descritos en el Capítulo II de este estudio, finalmente se establecieron los puntos en común de todos ellos concluyendo un diagrama que muestra las causas y efectos que propician la contaminación de estas aguas, según la información recolectada a lo largo de la investigación.

2. Análisis del documento Pionero

Empezando por el trabajo de investigación reconocido como pionero que lleva por título “Evidence of *Helicobacter* spp. in freshwaters from Roraima Tepui, Guayana Shield, South America” publicado en el 20 de Enero de 2016 por la revista Académica Springer International Publishing Switzerland, con la participación de los autores y científicos expertos Milagro Fernández Delgado, Juan Giarizzo, María García, Mónica Contreras, Víctor Salazar, Hazel Barton y Paula Suárez.

El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de la *Helicobacter Pylori* en las aguas dulces del ecosistema del T.R mediante una combinación de

cultivos de enriquecimiento, hibridación in situ fluorescente (FISH) ensayos específicos de PCR, secuenciación del gen 16S rRNA y análisis filogenético.

Las muestras recolectadas en este estudio se extrajeron de la Laguna de la puerta y de los Jacuzzis, recolectando 50ml duplicados en recipiente estériles de ambos sitios de muestreo en donde se determinó el pH del agua y la temperatura en el sitio.

Se permitió que las partículas de agua sedimentaran para poner analizar el pH del agua con un medidor de pH portátil y se midió la temperatura con un Pshycrometer RH300, obteniéndose un pH de 6,9 y temperatura 13,3 °C.

A partir de estas muestras de agua se establecieron enriquecimientos de bacterias a partir de 1ml de muestras de aguas y se utilizaron frascos de suero con 9ml de caldo de H.Pylori que contenía una mezcla de componentes nutritivos y un sistema de protección de color para la producción de ureasa en presencia de una mezcla de gas microaeróbico.

Estos enriquecimientos se incubaron a una temperatura de 37 °C durante 3 a 5 días en el laboratorio, obteniéndose cuatro enriquecimientos de muestras de los sitios de recolección, para la detección de la Helicobacter se realizó un ensayo FISH y PCR.

Las bacterias se visualizaron con un microscopio eligiéndose 10 imágenes representativas en posiciones aleatorias para cada muestra.

Se identificaron bacterias Gram-negativas mixtas de tipo Helicobacter pylori en todos los enriquecimientos de la muestra, en este estudio se infiere que la presencia de esta bacteria en las aguas de las lagunas de la cima del T.R podría deberse a fuentes antropogénicas o de vida silvestre en las aguas dulces del Tepuy

Roraima se asume que estos ambientes acuáticos naturales pueden haber sido contaminados en segundo lugar con desechos humanos de turistas o de la comunidad pemón.

Puede afirmarse que esta bacteria es proveniente del tracto gastrointestinal de los humanos y son eliminadas a través de la materia fecal, por lo tanto estas lagunas naturales pueden haber sido contaminadas con heces fecales de turistas o de la comunidad indígena que se encarga de realizar la labor de portadores para las distintas empresas turísticas, de la zona.

Se afirma la existencia de informes epidemiológicos de los pueblos nativos americanos de Venezuela que indican una alta prevalencia de la bacteria *H. pylori* (seropositividad del antígeno cag A del 95 % en Guajibo-Piaroa) (Contreras ,2008). Sin embargo, una baja prevalencia de (11 %) se encontró recientemente en la comunidad de Paraitepuy Pemón, el grupo indígena radicado en el Parque Nacional Canaima quienes sirven como portadores y guías para los turistas, a los diferentes lugares emblemáticos del Parque Nacional.

Esta información es un indicador de una gran influencia de los visitantes del Tepuy en la entrada de *Helicobacter* a las aguas de las lagunas de la cima, la alta endemia de vida silvestre descrita en el T.R incluye un par de mamíferos del Parque Nacional Canaima representado en el capítulo II de este trabajo, no hay otros primates más que los humanos que sean visitantes habituales en la cumbre de Roraima.

Estableciendo relación con lo descrito en este análisis y lo expuesto anteriormente sobre las características físico-naturales y el manejo de las excretas humanas en la zona estudiada se planteó el siguiente ciclo en la figura 55 que se muestra a continuación que relaciona las variables que indican la presencia de la bacteria *H.pylori*.

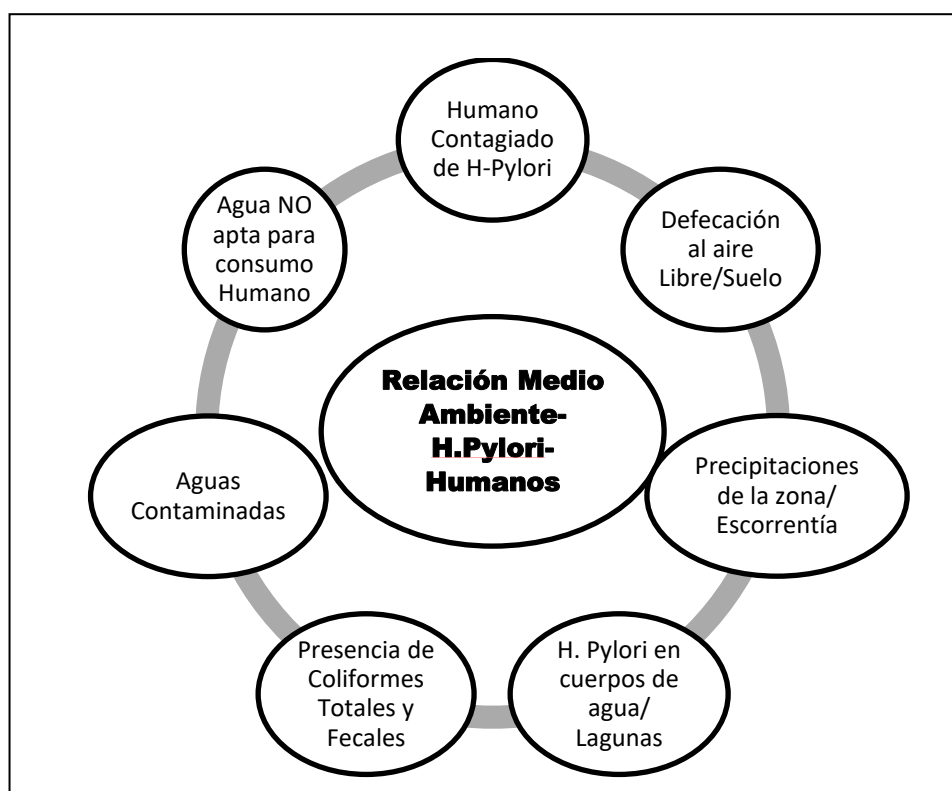


Figura 55. Relación Medio ambiente-H.pylori- Humanos

3. Análisis cruzado de antecedentes

Para realizar el análisis cruzado de la documentación presente en los antecedentes de este estudio se efectuó el esquema que se muestra a continuación con los puntos más relevantes llegando a los momentos de coincidencia que explican la presencia de H.pylori en los cuerpos de agua.

Tal y como se muestra en la figura 56, la mala calidad de los cuerpos de agua y la presencia de organismos patógenos y de bacterias de origen fecal como la H.pylori convierten a las mismas en fuentes de infección de enfermedades gastrointestinales, el origen de este tipo de bacteria en ecosistemas aislados como lo son los tepuyes convierte las aguas en no aptas para consumo destruyendo la pristinidad y pureza que las caracteriza.

Es importante resaltar que entre esta bacteria podría llegar aguas abajo, considerando que de este Tepuy nacen distintos ríos pudiendo llegar a contaminar otras fuentes de agua y a la población que se surte del vital recurso.

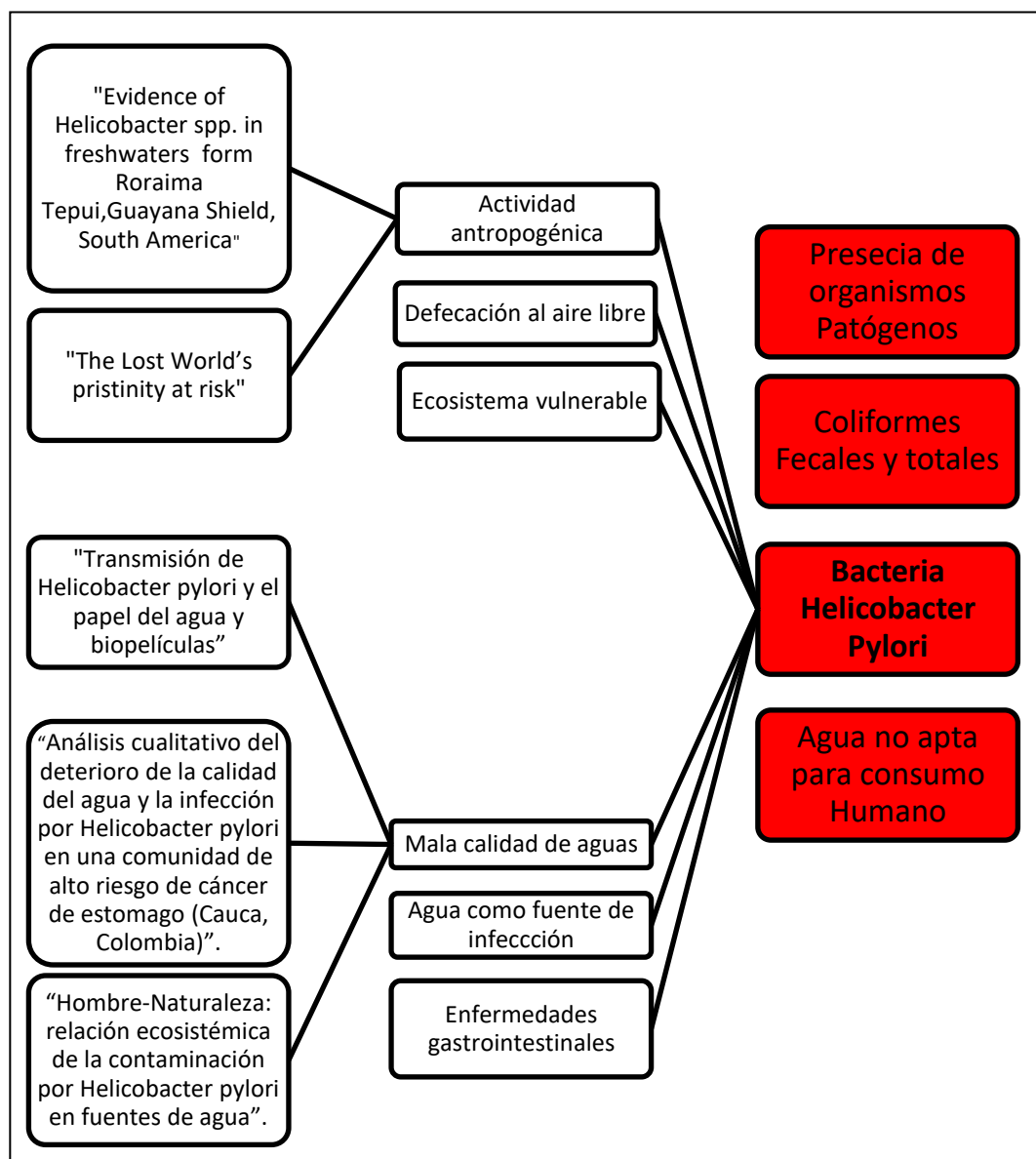


Figura 56. Relación de análisis documental sobre presencia de H.Pylori en cuerpos de agua.

Capacidad de carga soportable por el ecosistema de la cima del T.R

1. Capacidad de carga Turística (CCF)

La capacidad de carga es el límite máximo de visitas que puede hacerse a un sitio con espacio definido, en un tiempo determinado.

La capacidad de carga turística de la cima del Tepuy Roraima se investigó mediante la publicación titulada “Evaluación ambiental del paisaje tepuyano caso Roraima, Venezuela” de INPARQUES en donde utilizaron la metodología de Cifuentes descrita anteriormente en este trabajo, con una adaptación del área de las variables utilizadas en el método aplicado, obteniéndose

Tabla 28

Valores de Capacidad de carga en cima de Roraima de Venezuela, Parque Nacional Canaima. Cadena de Tepuyes

CCF	Factor de corrección	CCR	CM	CCE	Promedio
99,13	FC agua=0,92	91,20	0,614	55,996	56
99,13	FC Precipitación 60=0,8366	82,873	0,614	50,883	51
99,13	FC Impacto Ambiental=0,785	77,817	0,614	47,779	48
99,13	FC Precipitación=0,753	74,645	0,614	45,831	46

Nota: Tomado de Evaluación ambiental del paisaje tepuyano caso Roraima, Venezuela (INPARQUES, 2020).

Con los datos obtenidos se establece que la capacidad de carga de personas/día determinada es de 50 personas/día.

Es importante mencionar que se tomara como referencia el estudio realizado por Delfino Maia da Silva, R., da Cruz, J y Py-Daniel, V. (2007), titulado: “Monte Roraima en América del Sur, Venezuela: Destino mundial del Turismo de la Naturaleza” en donde se registran la cantidad de personas que pernoctan en el área de estudio, así como también los meses de mayor recurrencia turística.

Seguidamente se presentaran las entrevistas a expertos desarrolladas en esta etapa de la investigación aportaron datos actuales sobre la capacidad de carga que se maneja en el Tepuy.

Empezando por el análisis de la investigación realizado por :(Maia da Silva, da Cruz y Py-Daniel, 2007), en su trabajo de campo en el año 2007 realizaron un registro de los datos de la cantidad de turistas que suben el Tepuy Roraima en la base de datos (INPARQUES), realizaron el cálculo de las visitas turísticas hacia el Tepuy Roraima en donde mediante la observación y conteo numérico de las firmas del libro de visitas del Tepuy Roraima durante el transcurso de los años 2002,2003,2004,2005,2006 a 2007, explican que para realizar el cálculo se multiplicó el promedio de firmas por página que varían entre 23,24 y 25 líneas.

2. Estimaciones numéricas y Características de los visitantes del T.R

En la tabla 28 se encuentran registrados desde el mes de Marzo (2002) hasta Enero (2003) el total de personas que se registraron en el libro de visitas de INPARQUES para subir hacia el T.R, los meses de Marzo, Julio y Agosto resultaron ser los meses con mayor presencia de visitantes

Tabla 29

Número de turistas al Monte Roraima año separado por mes, de marzo de 2002 a enero de 2003.

Mes	Cantidad de páginas	Líneas	Cantidad de Visitantes
Marzo (2002)	19	23	437
Abril	05	23	115
Mayo	06	23	138
Junio	07	23	161
Julio	16	23	368
Agosto	26	23	598
Septiembre	08	25	200
Octubre	08	24	192
Noviembre	11	25	275
Diciembre	11	25	270
Enero (2003)	03	25	075
TOTAL	120	2819	2819

Nota: Tomado de Investigación de campo, febrero de 2007, libro INPARQUES. Paraytepy de Roraima, Venezuela. Trabajo de investigación “*Monte Roraima en América del Sur, Venezuela: Destino Mundo del Turismo de Naturaleza*”

Se explica el hecho de que dentro de los números encontrados que los guías también firmaron el libro y fueron incluidos como visitantes algunas veces. Puede evidenciarse que los periodos más visitados fueron los meses de marzo, julio y agosto de 2003. Desde septiembre del año 2005 hasta septiembre del año 2006 utilizaron el mismo proceso en la recopilación de los datos en donde se registra la presencia de 3.298 visitantes en el Tepuy Roraima. Estos datos corresponden a 97 páginas del libro de visitas del Instituto Nacional de Parques Venezolanos.

En el estudio se muestra un crecimiento año tras año sobre la cantidad de turistas que visitan el Tepuy Roraima, en la tabla que se muestra a continuación se muestra el ascenso del T.R como destino turístico predilecto.

Tabla 30.

Aumento de visitas al tepuy Roraima, desde 2002 a febrero 2007.

Años	Cantidad de visitantes
(2002-2003)	2819
(2005-2006)	3298
Julio 2006 a Febrero 2007	2224

Nota: Tomado de *Monte Roraima en América del Sur, Venezuela: Destino Mundo del Turismo de Naturaleza*

3. Entrevistas a expertos

Al no encontrar datos sobre la situación actual de la capacidad de carga que asume regularmente el Tepuy y consecuencia de la pandemia Covid-19 y los cambios sobre regulación de parques nacionales y capacidad de personas, se realizaron entrevistas a expertos por las cuales se pudo obtener información veraz y oportuna sobre este tema.

Proceso de selección de los expertos

El principal criterio que se siguió en cuanto a la selección de los informantes fue el que los participantes contaran con conocimiento o experiencia y tuvieran la capacidad de transmitir la información necesaria para cubrir los objetivos de las entrevistas. Se hizo necesario acometer la tarea de selección de los mismos bajo unos criterios, tales como:

- ✓ Conocimiento en lo que respecta al PNC.
- ✓ Principales épocas turísticas de la zona.

- ✓ Cantidad de personas que suben con regularidad al Tepuy.
- ✓ Control y manejo del parque.

Sabiendo que uno de los criterios considerados más importantes en esta fase de la investigación fue la cantidad e incidencia turística de la zona estudiada, la experiencia en el puesto de trabajo de los informantes fue base en el contexto en el que se encuentra el informante. Ya establecidos los principales criterios de selección de los informantes y sus características, se realizó un cuestionario (ver Anexo E) en donde plasmaron cada una de sus opiniones y experiencias sobre las interrogantes.

Aplicación de la herramienta

La aplicación de la herramienta realizada se basó en una entrevista de tipo estructurada tal y como se describió con anterioridad en el diseño de este trabajo, se seleccionaron tres expertos que permitieron dar respuesta al objetivo de constatar la capacidad de carga soportable por el Tepuy.

A continuación, se presentan las transcripciones de la entrevista realizada y su respectivo análisis:

Tabla 31.

Ficha de datos personales entrevistado (1)

Entrevistado 1	Profesión	Años de experiencia en el área
Odimar López. (Directora de la Cámara de turismo del estado Bolívar)	Licenciada en turismo	8 años

Tabla 32.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (1): pregunta 1 a la 2.

Texto entrevistado (1)	Variable
1- ¿Cuántos grupos de personas suben regularmente al Tepuy? R: De 16 personas por agencia es decir 150 turistas al mes aproximadamente.	Cantidad de Visitantes
2- ¿De cuántas personas están conformados los grupos que suben al Tepuy? R: De 8 a 16 personas.	
Palabras clave: De la pregunta 1: 16 personas por agencia. De la pregunta 2: 150 turistas/mes.	

Tabla 33.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (1): pregunta 3 y 4

Texto entrevistado (1)	Variable
3- ¿Cuánto tiempo dura el recorrido para subir al Tepuy? R: Son 3 días para llegar al tope de Roraima alrededor de 26 kilómetros.	Tiempo de visita
4- ¿Cuántos días en promedio dura la visita al Tepuy? R: 7 días en total dura todo el paseo al Roraima, con 3 noches en el tope.	
Palabras clave:	
De la pregunta 3: 3 días, 26 km.	
De la pregunta 4: 7 días en total, 3 noches en el tope.	

Tabla 34.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (1): pregunta 5 y 6.

Texto entrevistado (1)	Variable
5- ¿Cuáles son las temporadas de mayor incidencia Turística al Tepuy? R: Temporada alta a partir de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.	Temporadas de mayor incidencia turística
6- ¿Los visitantes pernoctan en lugares diferentes a los llamados hoteles, en las temporadas altas? R: Antes si pernoctaban a la intemperie es decir fuera de los hoteles establecidos porque la capacidad de carga era mucha	
Palabras clave:	
De la pregunta 5: Enero, Febrero, Marzo, Abril, Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre.	
De la pregunta 6: Intemperie, capacidad de carga.	

Tabla 35.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (1): pregunta 7 y 8.

Texto entrevistado (1)	Variable
------------------------	----------

7- Si su respuesta anterior fue positiva, ¿En dónde y cómo pernoctan? R: Algunas agencias y guías llegaron a pernoctar en un lugar llamado campo de golf, y cerca de los jacuzzis, pero ahora INPARQUES tiene esto totalmente prohibido y quien lo haga tendrá que pagar una multa al finalizar el tour, la pernocta la hacían en carpas. 8- ¿Qué tipo de impacto humano percibe sobre el ecosistema del Tepuy? R: El impacto humano más que todo por actividades irresponsables y esta puede tener un efecto no solo duradero, sino probablemente imposible de remediar en escala de tiempo humana, un ejemplo de esto es las pisadas continuas y el aterrizaje de helicópteros.	EIA
Palabras clave: De la pregunta 7: Campo de golf, Jacuzzi. De la pregunta 8: Pisadas continuas, aterrizaje de helicópteros.	

Tabla 36.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (1): pregunta 9.

Texto entrevistado (1)	Variable
9- ¿Considera que el agua de las lagunas ha disminuido su calidad? Explique: R: Ha disminuido si, debido al impacto ambiental y mal uso del tepuy no se toma en cuenta el daño que ha causado la capacidad de carga más que todo en temporadas, el agua se queda estancada no corre, el mal uso de fregar en alguna de ellas, así como bañarse, usar químicos, la masa de turismo ha alertado la presencia de aguas contaminadas por bacterias fecales de origen humano.	EIA
Palabras clave: De la pregunta 9: capacidad de carga, temporadas, masa de turismo, aguas contaminadas, bacterias fecales.	

Tabla 37.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (1): pregunta 10.

Texto entrevistado (1)	Variable
10- Explique la importancia ecológica del ecosistema del Tepuy Roraima desde el punto de vista ambiental, económico y social. R: Desde el punto de vista ambiental este ecosistema tan frágil se caracteriza por presentar una diversidad de flora y fauna con un alto grado de endemismo, los tepuyes son auténticas joyas para estudiar el origen y la evolución de los ecosistemas se remontan a unos 1.700 millones de años atrás además de que son las montañas más antiguas del planeta y tiene un valor ecológico muy importante. Desde el punto de vista económico es un atractivo turístico para las comunidades y ciudades aledañas a él, la comunidad de Paraitepui se beneficia en un 100% de los turistas que visitan esta montaña trayendo un bienestar a las familias que trabajan con las operadoras turísticas es por ellos que hay que cuidarlo y conservar su ecológica ya que es única en todo el mundo y de gran interés para estudios científicos, es una fuente de empleo para todos lo que hacen vida en la actividad turística, entre 3000 a 4000 turistas anuales visitan el Parque Nacional Canaima. En la parte social aumenta el nivel de vida de las comunidades, crea infraestructuras para su desarrollo, aumenta la producción artesanal y diversificación de los productos y el nivel de educación de cada una de las familias, continua el crecimiento y la actividad productiva.	Nivel de importancia
Palabras clave: De la pregunta 10: Endemismo, ecosistema frágil, atractivo turístico, interés científico, fuente de empleo, actividad productiva.	

Tabla 38.

Ficha de datos personales entrevistado (2).

Entrevistado 2	Profesión	Años de experiencia en el área
Freddy Vergara. (Documentalista)	Espeleólogo	32 años

Tabla 39.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (2): pregunta 1 y 2.

Variable	Texto entrevistado (2)
Cantidad de Visitantes	1- ¿Cuántos grupos de personas suben regularmente al Tepuy? R: Hoy en día no hay un número exacto de la cantidad de visitantes, entre los años 2013 a 2015 se calculaban dos mil visitantes al año pero luego del 2015 se cree que esa cantidad se duplico debido a la promoción en redes sociales.
	2- ¿De cuántas personas están conformados los grupos que suben al Tepuy? R: Los grupos varían desde 10 personas hasta más de 30 en algunos casos.
Palabras clave: De la pregunta 1: 2000/visitantes/ año , promoción en redes. De la pregunta 2: 10 y más de 30.	

Tabla 40.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (2): pregunta 3 y 4.

Texto entrevistado (2)	Variable
3- ¿Cuánto tiempo dura el recorrido para subir al Tepuy? R: El recorrido básico anteriormente era de 6 días pero actualmente duran hasta 8 y 9 días depende de la operadora. 4- ¿Cuántos días en promedio dura la visita al Tepuy? R: Antiguamente un día y medio hoy pueden llegar a ser más de tres días.	Tiempo de visita
Palabras clave: De la pregunta 3: 8 y 9 días. De la pregunta 4: más de 3 días	

Tabla 41.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (2): pregunta 5 y 6.

Texto entrevistado (2)	Variable
5- ¿Cuáles son las temporadas de mayor incidencia Turística al Tepuy? R: Semana santa, Agosto y Diciembre. 6- ¿Los visitantes pernoctan en lugares diferentes a los llamados hoteles, en las temporadas altas? R: Si, algunos.	Temporadas de mayor incidencia turística
Palabras clave: De la pregunta 5: Semana santa, Agosto y Diciembre. De la pregunta 6: Algunos.	

Tabla 42.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (2): pregunta 7 y 8.

Texto entrevistado (2)	Variable
7- Si su respuesta anterior fue positiva, ¿En dónde y cómo pernoctan? R: Van a zonas no tan cómodas como los “Hoteles” pero dan algo de cobijo, cercanía a islas de rocas etc. 8- ¿Qué tipo de impacto humano percibe sobre el ecosistema del Tepuy? R: - El pisoteo sobre la vegetación del Tepuy que marca trillas e impacta de muy mala manera la biota. - La introducción de bacterias como Helicobacter y Pseudomonas a los sistemas acuíferos debido a las excretas humanas - La introducción de al menos dos tipos de plantas invasoras al sistema vegetal del Tepuy transportadas en las suelas del calzado de los visitantes. - La manipulación de anfibios por parte de los visitantes que podrían transmitir bacterias a las ranas endémicas del Tepuy y terminar con su población por faltas de bio control.	EIA
Palabras clave: De la pregunta 7: cercanía a islas de rocas. De la pregunta 8: Pisoteo en la vegetación, Helicobacter, Pseudomona, excretas humanas, plantas invasoras, manipulación de anfibios.	

Tabla 43.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (2): pregunta 9.

Texto entrevistado (2)	Variable
9- ¿Considera que el agua de las lagunas ha disminuido su calidad? Explique: R: Si, la falta de control en la recolección de excretas humanas y la toponimia del Tepuy muy impermeable y la gran cantidad de lluvias anuales hace que prácticamente todo termine en el sistema acuífero del tepuy funcionando este al final como un cultivo de bacterias.	EIA
Palabras clave: De la pregunta 9: excretas humanas, cultivo de bacterias.	

Tabla 44

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (2): pregunta 10.

Texto entrevistado (2)	Variable
10- Explique la importancia ecológica del ecosistema del Tepuy Roraima desde el punto de vista ambiental, económico y social. R: Los tepuyes por su tipo de formación sin mesetas aisladas que son prácticamente laboratorios de vida , aún falta mucho por entender de ellos , aunque creamos que entendemos su mecánica , estamos considero muy lejos de saber todo, geológicamente, Biológicamente son mecas para el estudio de la ciencia , creo que con una buena planificación , podrían ser desarrollados para un turismo sustentable y de bajo impacto , cosa que por los momentos no sucede y podría ser la fuente de empleo principal de las comunidades indígenas aledañas, pero a este paso de lucro por encima del sistema ambiental, el futuro no promete mucho para este Tepuy.	Nivel de importancia

Palabras clave:

De la pregunta 10: Estudio de la ciencia, turismo, fuente de empleo.

Tabla 45.

Ficha de datos personales entrevistado (3)

Entrevistado 3	Profesión	Años de experiencia en el área
Jacklin Acosta. (Directora de INPARQUES Edo. Bolívar)	Ingeniero ambiental y de los recursos naturales.	14 años

Tabla 46.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (3): pregunta 1 y 2.

Texto entrevistado (3)	Variable
------------------------	----------

1- ¿Cuántos grupos de personas suben regularmente al Tepuy? R: En temporadas altas como Diciembre, Enero y Semana Santa, se presentan entre 10 y 12 grupos por día. Fuera de temporadas, máximo 3 grupos. 2- ¿De cuántas personas están conformados los grupos que suben al Tepuy? R: A pesar de que las recomendaciones y normativas institucionales son de 8 personas por grupo, la mayoría de las empresas turísticas ingresan grupos de más de 10 personas. Cabe destacar que la capacidad de carga estimada por el Instituto Nacional de Parques, para el Tepuy Roraima, es de 50 turistas por día, pero en la realidad, se sobrepasa esta cantidad.	Cantidad de Visitantes
Palabras clave: De la pregunta 1: En temporada 10 y 12 grupos, fuera de temporada 3 De la pregunta 2: Institucionalmente 8, Ingresan grupos de más de 10 personas, capacidad de carga.	

Tabla 47.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (3): pregunta 3 y 4

Texto entrevistado (3)	Variable
3- ¿Cuánto tiempo dura el recorrido para subir al Tepuy? R: Existen diversos tipos de excursiones, la mayoría dura un máximo de 6 a 7 días, sin embargo, si se considera visitar la parte del Tepuy ubicada en territorio Brasileiro, el recorrido dura 8 días. 4- ¿Cuántos días en promedio dura la visita al Tepuy? R: Entre 1 y 2 días, si la excursión sólo es en territorio venezolano. Si van hacia el lado brasileiro, entonces son 3 días.	Tiempo de visita

Palabras clave: De la pregunta 3: 6 a 7 días, lado brasileiro 8 días De la pregunta 4: 1 y 2 días del lado venezolano, 3 días lado brasileiro.

Tabla 48.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (3): pregunta 5 y 6.

Texto entrevistado (3)	Variable
5- ¿Cuáles son las temporadas de mayor incidencia Turística al Tepuy? R: La temporada decembrina (diciembre –enero) y semana santa. También el mes de febrero, por ser la temporada vacacional de Brasil; los visitantes de este país representan el 80% del turismo que ingresa al Tepuy Roraima. 6- ¿Los visitantes pernoctan en lugares diferentes a los llamados hoteles, en las temporadas altas? R: Si	Temporadas de mayor incidencia turística
Palabras clave: De la pregunta 5: Diciembre, Enero, Semana santa, Febrero, 80 % de los visitantes proviene de Brasil. De la pregunta 6: Si.	

Tabla 49

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (3): pregunta 7 y 8.

Texto entrevistado (3)	Variable
------------------------	----------

7- Si su respuesta anterior fue positiva, ¿En dónde y cómo pernoctan? R: Pese a que uno de los factores para calcular la capacidad de carga del Tepuy, es la cantidad de “hoteles” que existen, la falta de conciencia de algunas operadoras, hace que los turistas pernocten en sus carpas, en sitios a la intemperie, a cielo abierto. 8- ¿Qué tipo de impacto humano percibe sobre el ecosistema del Tepuy? R: Un impacto bastante considerable, representado por: - Pisar zonas que no se deben, al salirse de los senderos establecidos. - Inadecuada disposición de los residuos sólidos, que ocasionan contaminación de las aguas, crecimiento de plantas exóticas e invasoras, degradación de la vegetación, malos olores y un impacto visual bastante significativo. - Contaminación de las aguas, por la mala disposición o el no uso de baños portátiles, las condiciones climáticas de la zona no permiten la descomposición normal de las heces, lo que va creando un lixiviado hacia todas los cuerpos de agua presentes en el Tepuy. - Degradación de las rocas, por el mal uso de las cocinillas. - Contaminación de las aguas, por uso de jabones y lavaplatos no biodegradables. - Extracción de flora y fauna endémica, y de cristales de cuarzo. - Degradación de la vegetación por el establecimiento de nuevas zonas de camping, áreas para helipuntos y senderos.	EIA
Palabras clave: De la pregunta 7: Intemperie. De la pregunta 8: Disposición de residuos sólidos, contaminación de aguas, plantas invasoras, degradación de vegetación, malos olores, no uso de baños portátiles, degradación de rocas, extracción de fauna endémica, helipuntos.	

Tabla 50

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (3): pregunta 9.

Texto entrevistado (3)	Variable
9- ¿Considera que el agua de las lagunas ha disminuido su calidad? Explique: R: Si, debido a las situaciones expuestas en la respuesta anterior. Además esto se ve reflejado en el aumento de enfermedades gastrointestinales y dermatológicas presentadas por habitantes de las comunidades indígenas aguas abajo.	EIA
Palabras clave: De la pregunta 9: Enfermedades gastrointestinales.	

Tabla 51.

Información obtenida mediante la aplicación de la entrevista (3): pregunta 10.

Texto entrevistado (3)	Variable
------------------------	----------

10- Explique la importancia ecológica del ecosistema del Tepuy Roraima desde el punto de vista ambiental, económico y social. R: Ambiental: Roraima se encuentra dentro de la Cuenca Alta del Río Caroní, sobre él nacen diversos ríos de importancia estratégica. Además posee una cantidad significativa de plantas endémicas de relevancia internacional, y fauna autóctona. Es una de las formaciones geológicas más antiguas del planeta, y es vital para el proceso de la formación de nubes y el régimen pluviométrico de la zona. Económico: El turismo en el Tepuy Roraima representa la principal actividad económica de las comunidades indígenas de la Gran Sabana, Sector Oriental del Parque Nacional Canaima, además por su belleza, es imán para la filmación de documentales y películas, lo que genera beneficios económicos a diversos actores institucionales y gubernamentales. Social: La cultura indígena pemón se ve representada por las historias acerca de este Tepuy, además sirve de locación para diversos intercambios culturales a nivel nacional e internacional.	Nivel de importancia
Palabras clave: De la pregunta 10: Cuenca alta del río Caroní, plantas endémicas, turismo, beneficios económicos, intercambios culturales.	

Síntesis de entrevistas a expertos

En las siguientes tablas se muestra cada una de las preguntas con la síntesis correspondiente para su interpretación.

Tabla 52

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 1

Nº de pregunta	Síntesis
1	En las épocas de mayor incidencia turística

	pueden subir entre 10 y 12 grupos y fuera de temporada alrededor de 3 grupos, la demanda turística ha aumentado en consecuencia de la promoción en redes sociales de la zona.
--	---

Tabla 53

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 2

Nº de pregunta	Síntesis
2	Los grupos institucionalmente deberían conformarse de hasta 8 personas, pero esto no se cumple y los mismos pueden llegar a conformarse de 10 hasta 30 personas.

Tabla 54

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 3

Nº de pregunta	Síntesis
3	El recorrido para llegar a la cima del T.R consta de 3 días de caminata, aproximadamente 26 km.

Tabla 55

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 4

Nº de pregunta	Síntesis
4	En promedio la estadía en la cima del T.R es de 4 días, considerando que del lado brasilero pueden pernoctar un día más.

Tabla 56

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 5

Nº de pregunta	Síntesis
5	Las temporadas de mayor incidencia turística rondan en los meses de Enero, Febrero, Semana santa, Agosto y Diciembre.

Tabla 57

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 6

Nº de pregunta	Síntesis
6	En las temporadas altas, debido a la gran incidencia turística y al incumplimiento de la capacidad de carga algunos visitantes pernoctan en lugares diferentes a los hoteles.

Tabla 58

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 7.

Nº de pregunta	Síntesis
7	Suelen pernoctar en el llamado “Campo de golf” (ver en anexo F), cercanos a los “Jacuzzis” y en la intemperie en carpas.

Tabla 59

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 8.

Nº de pregunta	Síntesis
8	Las pisadas continuas sobre la vegetación, el aterrizaje de helicópteros, la introducción de bacterias de origen fecal como la <i>Helicobacter pylori</i> , las plantas invasoras, la disposición de los residuos sólidos y la manipulación de la fauna que se caracteriza por su endemismo, la defecación al aire libre, son las principales modificaciones a la naturaleza tepuyana producto de la actividad antropogénica.

Tabla 60

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 9.

Nº de pregunta	Síntesis
9	Se considera que las aguas del T.R han disminuido su calidad producto de la gran masa turística (Incumplimiento de la capacidad de carga) sobre todo en las temporadas de mayor incidencia de visitantes, además de esto la presencia de bacterias de origen fecal como la <i>H.pylori</i> y de la cual se han visto consecuencias sobre todo en la comunidad indígena que han mostrado síntomas de enfermedades gastrointestinales.

Tabla 61

Síntesis de entrevista a expertos pregunta 10.

Nº de pregunta	Síntesis
10	Desde el punto de vista ambiental: Se encuentra la cuenca alta del río Caroní, plantas endémicas y se trata de un ecosistema frágil que genera gran interés científico. Desde el punto de vista económico: Atrae beneficios económicos a la comunidad y se trata de una fuente de empleo para los habitantes de la zona. Desde el punto de vista social: Es un punto de intercambio cultural y de gran valor para la comunidad indígena.

Capacidad de auto purificación de las aguas de las lagunas estudiadas

Las aguas naturales cuentan con una capacidad de autodepuración, la cual puede definirse como el conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el cuerpo de agua de modo natural y que provocan la destrucción de organismos extraños incorporados (como bacterias del tipo coliforme) a las mismas.

Estos organismos que pueden ser degradados por los cuerpos de agua son llamados biodegradables. Pero hay compuestos que son persistentes y que no pueden ser transformados por el sistema acuífero, estos son denominados no biodegradables o permanentes. El desarrollo de esta investigación tendrá un aporte sobre el punto de

vista sanitario de la calidad de aguas en las lagunas adyacentes a los sitios de pernocta por la presencia de la bacteria *H.pylori* en el Tepuy Roraima.

Este proceso depende de factores tales como:

- Temperatura
- Oxígeno disponible
- Luz solar
- Características fisicoquímicas
- Presión atmosférica

Según estas variables el cuerpo receptor posee la capacidad de autoregenerarse, la cantidad de oxígeno disuelto (O_2) es uno de los parámetros más importantes en el proceso puesto que es un indicador de la actividad microbiana.

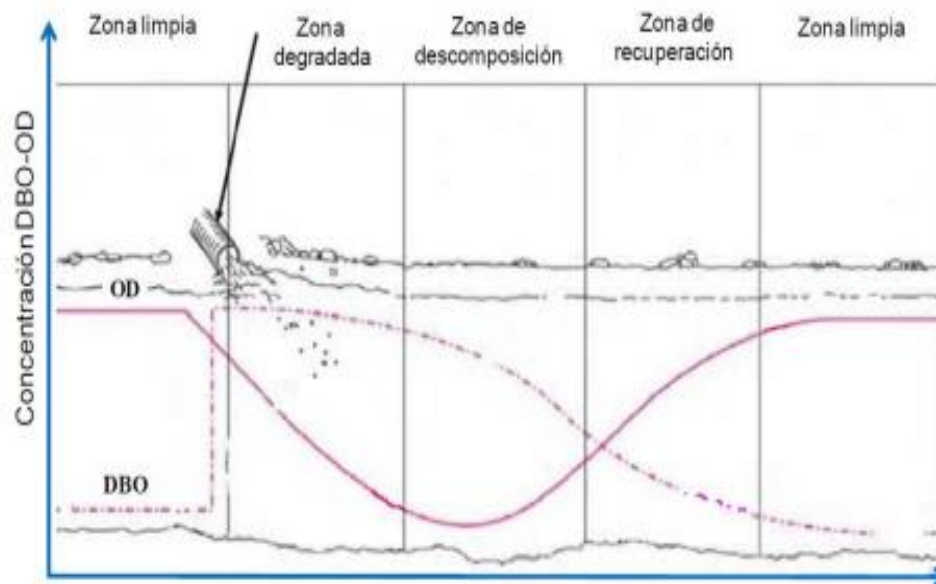


Figura 57. Zonas de autodepuración de un río. Tomado de: *Metodología para evaluar la modificación de la capacidad de autodepuración de los ríos por el efecto del cambio climático* (p.12), por R.Monte,2013,Mexico.

Como se indica en la figura 57 en la zona de descomposición aparecen aguas sucias, con mal olor y existe la descomposición anaerobia que provoca el desprendimiento de gases. En la zona de recuperación el agua tiende a clarificarse debido a la presencia de oxígeno disuelto, que ayuda a degradar los compuestos contaminantes.

En la zona de aguas limpias, se restauran las condiciones de oxígeno disuelto originales, la velocidad de autodepuración depende de la cantidad de movimiento del agua, es decir, a mayor velocidad mayor autodepuración, ya que el agua se oxigena con mayor velocidad.

Un nivel alto de oxígeno disuelto representa un agua con mayor capacidad de autodepuración y un nivel bajo de oxígeno, indica lo contrario. Para determinar el nivel de OD de las lagunas estudiadas, se hizo uso de la tabla de “Solubilidad de oxígeno en agua expuesta a aire saturado con agua a presión atmosférica (101,3 kPa)” de la norma fondo norma 2871-2007 (ver anexo G).

Según la tabla mencionada con anterioridad y tomando como referencia el valor obtenido de temperatura del agua aportado en el estudio “Evidence of *Helicobacter* spp. in freshwaters from Roraima Tepui, Guayana Shield, South America”, se tiene que la temperatura del agua es de 13,3 °C por lo tanto se asumirán 13 °C para la lectura en la tabla, considerando que se trata de un agua dulce se asume la clorinidad de 0, obteniéndose una cantidad de oxígeno disuelto de 10,537 mg/l.

Cabe destacar que el valor de oxígeno disuelto obtenido es a una presión de 101,3 kPa que es igual a la presión atmosférica a nivel mar, por lo tanto, se realizó una corrección por altitud del OD.

Utilizando la metodología descrita en el “Protocolo de oxígeno disuelto. Programa GLOBE Argentina” y según la altitud del T.R de 2.810 msnm además de la

tabla para los valores de corrección en la metodología citada anteriormente (ver anexo H), se tiene que el valor de corrección es de 71 % por lo tanto el nivel de OD es el siguiente:

$$\text{Nivel de OD} = OD_{101,3 \text{ kPa}} \times \text{Valor de correccion}(\%) \quad (6)$$

Realizando sustitución de datos en la ecuación 6, se obtuvo:

$$\text{Nivel de OD} = \frac{10,537\text{mg}}{1} \times 71\%$$

Obteniéndose el siguiente resultado:

$$\text{Nivel de OD} = 7,481 \text{ mg/l}$$

Todo ecosistema acuático por debajo de 4 ppm de oxígeno disuelto tiene comprometido garantizar la biota existente, por debajo de los 4 ppm los peces tienen problemas para respirar, por lo tanto, el 7,481 mg/l, que si bien es un valor de saturación de oxígeno para la temperatura en referencia es más que adecuado para garantizar la vida dentro del ecosistema.

Es de suponer que habiendo hecho las correcciones por altitud que la temperatura promedio de las aguas del Roraima están en el orden del valor establecido, lo que hace a su vez que garantice al ecosistema un gran poder de autodepuración.

Plan de mitigación de la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori*

Importancia

Una vez realizada la recolección de información pertinente para generar un análisis sobre la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en las aguas de las aguas de la cima del Tepuy Roraima, se determinó que es importante realizar un plan de mitigación en cual pueda incorporarse dentro del mismo la participación de INPARQUES y de los operadores turísticos para establecer medidas frente a la problemática de contaminación encontrada en el agua.

Este plan es de suma importancia ya que demuestra la relación de existente entre INPARQUES y los Operadores turísticos para la mejora de la problemática de contaminación, ya que por cada medida establecida se propone prevenir la situación negativa por la cual estas aguas se encuentran en un estado de vulnerabilidad.

Desarrollo del plan de mitigación

Tabla 62.

Plan de mitigación de contaminación de aguas en el T.R

MEDIDAS	RESPONSABLE	RECURSOS	INDICADORES
1.1 Crear un comité encargado de supervisar a los porteadores en la cima del Tepuy, o elegir un responsable.	Operadores Turísticos	Miembros de los operadores turísticos	Verificar que todos los porteadores hagan uso adecuado de los dispositivos para la deposición de excretas y a su vez que estos no practiquen la defecación al aire libre.

1.2 Realizar inspecciones periódicas para comprobar, en especial que se haya realizado de manera adecuada la recolección de desechos sólidos y excretas.	INPARQUES	Comisión encargada de supervisión seleccionada por INPARQUE S.	Verificar el informe de las inspecciones realizadas.
1.3 Realizar jornadas de capacitación a Operadores y porteadores.	INPARQUES	Mesa de trabajo con funcionarios de INPARQUE S y expertos invitados.	-Talleres de concientización ambiental. - Actualización del personal que presta labores como operadores y porteadores. - Curso de gestión sostenible sobre los recursos naturales, en especial sobre las aguas.
1.4 Contar con guardias de seguridad en la comunidad de Paraitepuy.	INPARQUES	Guardias de seguridad	Verificar cumplimiento de la cantidad de personas y grupos autorizados para la subida hacia el Tepuy.
1.5 Operativos especiales en las temporadas de mayor incidencia turística.	INPARQUES	Comisión encargada seleccionada por INPARQUE S.	-Difusión sobre las normas establecidas en el Reglamento parcial de la ley orgánica para la ordenación del territorio sobre la administración y manejo de parques nacionales y monumentos naturales. NATURALES - Mayor control en registros de los grupos de los visitantes. - Difusión de normativas para la conservación de los parques nacionales a través de redes sociales.

1.6 Verificar el cumplimiento de la capacidad de carga soportable.	INPARQUES	Comisión encargada seleccionada por INPARQUES	Verificar el cumplimiento adecuado de los controles establecidos para el registro de los visitantes.
1.7 Realizar semestralmente evaluaciones de desempeño a los porteadores.	Operadores turísticos	Miembros de los operadores turísticos.	- Verificación del cumplimiento de las normas establecidas sobre el uso de los dispositivos para la deposición de excretas. - Asistencia a los cursos de concientización ambiental. - Retroalimentación sobre las jornadas realizadas.
1.8 Implementación de Biodigestores (Ver diseño en anexo I) en las temporadas de mayor incidencia turística.	Operadores Turísticos e INPARQUES	Miembros de los operadores turísticos e INPARQUES	- Implementación de biodigestores en la comunidad indígena de Paraitepuy durante las principales épocas de incidencia turística en la zona.

Cálculo del biodigestor

1. Cantidad de excretas humanas generadas por jornada (EH)

Para este cálculo se consideró lo descrito por Gotaas (1956) y se asumió que los visitantes en promedio generan 202,5 g per cápita por día de peso húmedo de heces fecales, cabe destacar que se realizó el siguiente cálculo considerando el cumplimiento de la capacidad de carga limitada para la zona de estudio de 50 personas/jornada y asumiendo el tiempo de las jornadas de 4 días.

Por lo tanto, la cantidad de excretas humanas generada por jornada (EH) es la siguiente:

$$EH = \text{heces fecales(g)} \times \text{\#personas} \times \text{\#dias} \quad (7)$$

Aplicando la ecuación 7, se tiene:

$$EH = 202,5\text{g} \times 50 \text{ personas} \times 4 \text{ dias} = 40.500\text{g/jornada}$$

2. Caracterización físico-químico de las excretas humanas

Una vez conocida (EH), es necesario conocer la cantidad de humedad procedente dentro de las mismas, puesto que este valor afectara la distribución de agua añadida y masa seca dentro del biodigestor.

Según Gotaas (1956) en su publicación “Sanitary disposal and reclamation of organic wastes” las heces fecales humanas se componen aproximadamente de la siguiente manera:

Tabla 63.

Composición de heces humanas para (1) jornada turística.

	Distribución	Cantidad (g)
Heces humanas (HH)	100 %	40.500
Materia seca (MS)	27 % de H.H	10.935
Contenido de humedad (H)	73 % de HH	29.565

Para considerar el volumen húmedo de las heces fecales, se asumió que la densidad de las mismas es igual a 1 g/ml descrito en la publicación “Revisión de heces humanas sintéticas y lodos fecales para la investigación de saneamiento y aguas residuales. Investigación del agua” (2018), sabiendo que:

V_{HH} = Volumen de heces fecales humeda

d = Densidad de las heces fecales humedas

EH = Cantidad de excretas humadas/jornada

$$V_{HH} = \frac{EH}{d} \quad (8)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 8, se obtiene:

$$V_{HH} = \frac{40.500g}{1g/ml}$$

$$V_{HH} = 40.500 \text{ ml}$$

Por lo tanto:

$$V_{HH} = 40,5 \text{ lts}$$

Para determinar el volumen de agua presente en las excretas se consideraron los datos en la tabla 63, sabiendo que la densidad del agua es 1 g/ml:

$$V_H = \frac{H}{1g/ml} \quad (9)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 9 se obtiene:

$$V_H = \frac{29.565 \text{ g}}{1 \text{ g/ml}}$$

$$V_H = 29.565 \text{ ml}$$

Por lo tanto:

$$V_H = 29,565 \text{ lts}$$

Tomando en cuenta las siguientes condiciones se determinó el volumen de agua a añadir para dilución:

Tabla 64

Distribución de volumen del biodigestor

Biodigestor	%	Cantidad en litros
Volumen total (VT)	100 %	200
Volumen de la mezcla (VM)	70 % de VT	140
Volumen libre (VL)	30 % de VT	60

Basándonos en los datos de la tabla 64, la carga de la mezcla se constituirá de un 30 % de materia seca y de un 70 % de agua, por lo tanto:

Tabla 65

Distribución de volumen de la mezcla del biodigestor

Biodigestor	%	Cantidad en litros
Volumen de la mezcla (VM)	100 %	140
Volumen de Materia Seca (VS)	30 % de VM	42
Volumen de agua (VA)	70 % de VM	98

Cabe destacar que para determinar el volumen de agua a anexar para la dilución (V_d) se tomó en cuenta el agua presente en las excretas por lo tanto:

$$V_d = VA - VH \quad (10)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 10, se obtiene:

$$V_d = 98 - 29,565$$

$$V_d = 68,435 \text{ lts}$$

Por lo tanto, el volumen final de la mezcla (VTM) vendría siendo:

$$VTM = VHH + V_d \quad (11)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 11, se obtiene:

$$VTM = 40,5 \text{ lts} + 68,435 \text{ lts}$$

$$VTM = 108,935 \text{ lts}$$

Cabe destacar que el biodigestor tiene una capacidad de VM de 140 lts y al ser VTM inferior quiere decir que el mismo tiene capacidad de soportar un número superior de excretas, para determinar la capacidad máxima del biodigestor por jornada se realizaron los siguientes cálculos:

Tabla 66

Excretas generadas en la cima del T.R durante tres jornadas

Número de jornadas	3
Tiempo de estadía promedio por jornada	4
Cantidad de visitantes/ jornada	50
Excretas por persona/día	202,5 g
Total de excretas generadas/ 3 jornadas (EH1)	121.500 g

Seguidamente se determinó la cantidad de humedad y de materia seca proveniente del total de las excretas generadas (ver tabla 67).

Tabla 67

Composición de heces humanas para (3) jornadas turísticas.

	Distribución (%)	Cantidad (g)
Heces humanas (HH1)	100 %	121.500
Materia seca (MS1)	27 % de H.H	32.805
Contenido de humedad (H1)	73 % de HH	88.695

Se determinó el volumen proveniente de MS1 y H1 de la siguiente manera:

V_{HH1} = Volumen de heces fecales humeda

d = Densidad de las heces fecales humedas

$EH1$ = Cantidad de excretas humadas/jornada

Mediante la ecuación 12 se determinó V_{HH1} a continuación:

$$V_{HH1} = \frac{HH1}{1g/ml} \quad (12)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 12, se obtiene:

$$V_{HH1} = \frac{121.500 \text{ g}}{1 \text{ g/ml}}$$

$$V_{HH} = 121.500 \text{ ml}$$

Por lo tanto:

$$V_{HH1} = 121,5 \text{ lts}$$

Para determinar el volumen de agua presente en las excretas se consideraron los datos en la tabla 67, sabiendo que la densidad del agua es 1 g/ml:

$$V_{H1} = \frac{H1}{1g/ml} \quad (13)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 13, se obtiene:

$$V_{H1} = \frac{88.695 \text{ g}}{1 \text{ g/ml}}$$

$$V_{H1} = 88.695 \text{ ml}$$

Por lo tanto:

$$V_{H1} = 88,695 \text{ lts}$$

Tomando en cuenta las siguientes condiciones se determinó el volumen de agua a añadir para dilución:

Tabla 68

Distribución de volumen del biodigestor.

Biodigestor	%	Cantidad en litros
-------------	---	--------------------

Volumen total (VT)	100 %	200
Volumen de la mezcla (VM)	70 % de VT	140
Volumen libre (VL)	30 % de VT	60

Basándonos en los datos de la tabla 68, la carga de la mezcla se constituirá de un 30 % de materia seca y de un 70 % de agua, por lo tanto:

Tabla 69

Distribución de volumen de la mezcla del biodigestor.

Biodigestor	%	Cantidad en litros
Volumen de la mezcla (VM1)	100 %	140
Volumen de materia seca (VS1)	30 % de VM	42
Volumen de agua (VA1)	70 % de VM	98

Cabe destacar que para determinar el volumen de agua a anexar para la dilución (V_{d1}) se tomó en cuenta el agua presente en las excretas por lo tanto:

$$V_{d1} = VA1 - VH1 \quad (14)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 14, se obtiene:

$$V_{d1} = 98 - 88,695$$

$$V_{d1} = 9,305 \text{ lts}$$

Por lo tanto, el volumen final de la mezcla (VTM1) vendría siendo:

$$VTM1 = VHH1 + V_{d1} \quad (15)$$

Sustituyendo términos en la ecuación 15, se obtiene:

$$VTM1 = 121,5 \text{ lts} + 9,305 \text{ lts}$$

$$VTM1 = 130,805 \text{ lts}$$

3. Tiempo de retención (T_r)

El tiempo de retención se estimó según la tabla 70, de acuerdo a la temperatura ambiental de la zona, considerando que en la zona estudiada la temperatura varía de manera considerable durante el día y la noche se realizó un promedio de las mismas siendo estas 25 °C durante el día y 17 °C durante la noche, obteniéndose un valor promedio de 21 °C (temperatura del PNC).

Para el cálculo del tiempo de retención de la temperatura calculada (21 °C) se realizó la gráfica 57 con los datos provenientes de la tabla 70 en donde mediante la ecuación de la curva se obtuvo el tiempo de retención para la temperatura mencionada.

Tabla 70

Tiempo de retención hidráulica vs Temperatura

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

Nota: Tomado de <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>

Considerando los datos de la tabla 70, se realizó la gráfica temperatura vs tiempo de retención, en donde mediante la ecuación de la curva se determinó el tiempo de retención para 21°C (temperatura promedio del PNC).

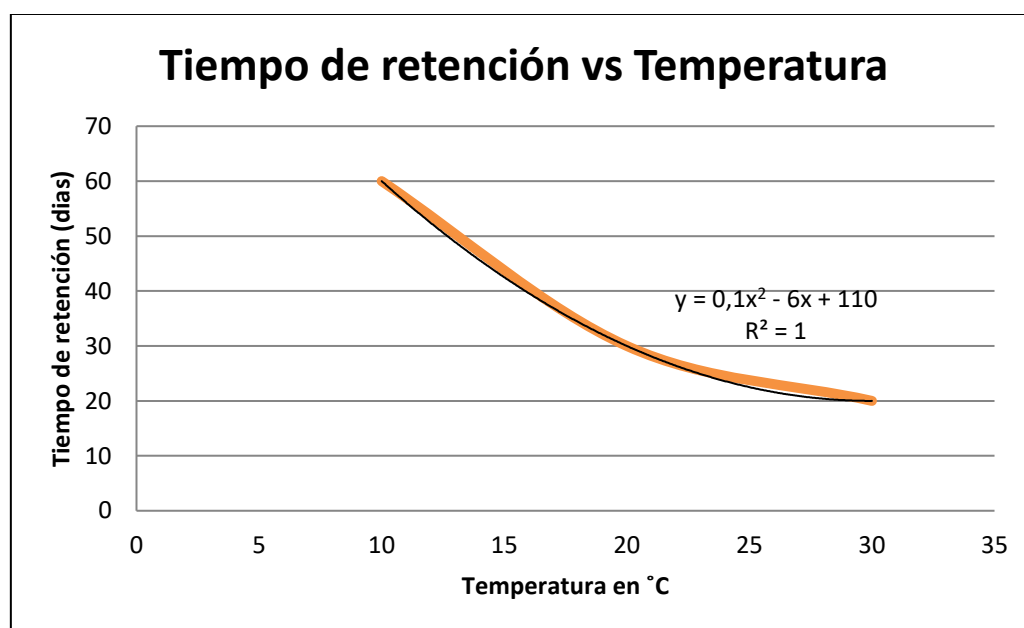


Figura 58. Representación gráfica de tiempo de retención vs Temperatura

Siendo la ecuación de la curva la siguiente:

$$y = 0,1x^2 - 6x + 110 \quad (16)$$

En donde:

$$X = 21^{\circ}\text{C}$$

$$Y = T_r$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 16, se obtiene:

$$y = 0,1(21)^2 - 6(21) + 110$$

$$(T_r) = 28 \text{ dias}$$

4. Implementación de los biodigestores

Los biodigestores se utilizarán en las principales épocas de T.A para ello se realizó un calendario de las fechas de mayor incidencia turística y el tiempo del recorrido y estadía al T.R, asumiendo que cada mes consta de 4 semanas y que las excretas se bajaran semanalmente (al finalizar el recorrido) ver tabla 71.

La cantidad recomendada de biodigestores es de 8, distribuidos en un año en los meses de mayor incidencia turística, sin embargo los mismos pueden ser distribuidos según conveniencia de la comunidad y dadas las condiciones de la masa poblacional que visite el T.R.

Tabla 71.

Calendario de implementación de uso de biodigestores.

Mes	Semana	T.A	Biodigestor	Mes	Semana	T.A	Biodigestor
Enero	1		B	Julio	25		
	2				26		
	3		27		B		
	4		28				
Febrero	5		B	Agosto	29		B
	6				30		
	7		B		31		B
	8				32		
Marzo	9		B	Septiembre	33		B
	10				34		
	11		B		35		
	12				36		
Abril	13		B	Octubre	37		
	14				38		
	15				39		
	16				40		
Mayo	17			Noviembre	41		
	18				42		
	19				43		
	20				44		
Junio	21			Diciembre	45		B
	22				46		
	23				47		
	24				48		

La implantación de los biodigestores se realizará en la comunidad de Paraitepuy (ver en anexo J) cuyas coordenadas son: (4°35'40"N 61°29'23"W) hacia

donde serán trasladadas las heces fecales producidas durante las jornadas turísticas, que contribuirán a la mezcla del biodigestor.

Se recomienda embaular una pequeña área mediante estacas de madera para la construcción de canteros de aproximadamente 10 metros x 5 metros para el drenado y secado de los lodos, el drenado se realizará mediante una manguera conectada a la salida de bioabonos. A continuación se muestra un diseño de cantero que funciona como un ejemplo ideal del requerido (ver figura 59).



Figura 59. Diseño de cantero para drenado y secado de lodos tomado de <https://designingidea.com/garden-fence-ideas/>

Para mayor rapidez de salida se recomienda que el biodigestor se encuentre ubicado en un lugar que posea una ligera altitud en el sitio y de esta forma descienda mediante gravedad, posteriormente secos los mismos serán aprovechables para la siembra utilizando la técnica de camellones.



Figura 60. Siembra en camellones tomado de <https://www.redagricola.com/cl/las-ventajas-de-un-sistema-innovador-pero-poco-usado-en/>

Se recomienda adicionar a la mezcla del biogestor $\frac{1}{2}$ kg de cal cada 15 días y desechos orgánicos de los siguientes tipos:

- Residuos de alimentos (excepto cítricos)
- Aceite de cocinar usado
- Restos de vegetales
- Césped recién cortado

Para permitir mayor degradación, todos los desechos a utilizar deben ser triturados según sea el caso, en fragmentos de aproximadamente 1 mm para los más blandos y menor a 5 mm los más consistentes, estos deben pesarse para no sobrepasar el volumen de la mezcla del biodigestor según sea requerido por cada jornada.

Cabe destacar que este sistema tiene múltiples beneficios ambientales y a su vez trae consigo beneficios sociales, como por ejemplo: mejorar la calidad de vida de las personas de la comunidad ya que los lodos producto de la desintegración de la materia orgánica en el biodigestor pueden ser aprovechados para la agricultura en la zona, también en el ámbito turístico genera una expectativa de lo que se puede lograr con los residuos generados y sirve de ejemplo para la práctica del ecoturismo.

A partir del cumplimiento de los 28 días de tiempo de retención hidráulica (T_r) se realizará la extracción de lodos continuamente.

5. Manual de uso del biodigestor

- ***Recolección de desechos:*** Las excretas deben ser recolectadas por separado (orina y heces fecales), el biodigestor será alimentado con heces fecales, las mismas deben ser introducidas previamente pesadas a través de la boca de carga (Embudo de entrada) del biodigestor.
- ***Ubicación del Biodigestor:*** Se ubicará en la comunidad indígena de paraitepuy, esto para el aprovechamiento de lodos por parte de la comunidad y mantener la pristinidad de la cima del Tepuy no introduciendo el sistema a su naturaleza.
- ***Alimentación del biodigestor:*** La alimentación iniciará a partir de finalizada la primera jornada turística, hasta cumplirse 3 de ellas, luego a partir de los primeros 28 días de alimentación (Tiempo de retención hidráulica) se empezarán a extraer los lodos y posteriormente iniciar el proceso de alimentación nuevamente.

- ***Mezclado:*** Se recomienda mezclar lentamente el contenido dentro del biodigestor de cada 2 a 5 veces por día durante al menos 2 min.

- ***Extracción de lodos:*** Los lodos o el bioabono se extraerá a través de la válvula inferior del biodigestor conectada mediante una manguera hacia los canteros de drenado y secado de lodos.

- ***Drenado de agua clarificada:*** El agua clarificada del biodigestor se extraerá a través de la válvula intermedia del mismo.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

De las condiciones físico-naturales del área de estudio

- La incidencia solar puede llegar a ser escasa, la mayoría de los días se tratan de cielos con abundante nubosidad.
- La temperatura puede variar desde 26 °C durante el día a 17 °C durante la noche, por lo que suelen tratarse de días calurosos y noches frías.
- La dirección del viento determina el inicio de la época de lluvia en la región, al igual que es el responsable de la formación de la abundante nubosidad, esto se debe a la ZCIT.
- Las aguas de la cima se caracterizan por ser ácidas y de un color ambarino producto de la formación de las turberas.

Manejo de las excretas humanas en la Cima del Tepuy Roraima

- Un porcentaje mayoritario de los portadores no hacen uso adecuado del dispositivo para la deposición de excretas y practican la defecación al aire libre.
- El lugar de preferencia por parte de los portadores para practicar la defecación al aire libre se trata de los suelos del Tepuy.
- Las aguas utilizadas para consumo humano pueden o no pasar por algún tratamiento de potabilización según el criterio del operador turístico, dentro de los métodos más utilizados para su potabilización se encuentra a desinfección con pastillas de cloro.
- Las aguas de las lagunas muestran una apariencia turbia y presencia de elementos en suspensión.

- Se infiere que la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* se debe al traslado de las excretas desde los suelos hasta las aguas por la escorrentía producto de las precipitaciones.

Del análisis de la evidencia de la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori*

- El área de estudio está determinada como la laguna de la puerta (LP) y las Lagunas del Roraima también llamadas “Los Jacuzzis” (LJ) ambas ubicadas en la cima del Tepuy cuyas coordenadas son (5° 8'40.26"N 60°45'45.12"O) LP y (5°10'15.49"N 60°46'59.65"O) LJ
- La muestra recolectada consistió en 50ml duplicados en recipiente estériles de ambos sitios de muestreo en donde se determinó el pH del agua y la temperatura en el sitio, obteniéndose 6,9 y 13,3°C respectivamente.
- Los enriquecimientos se incubaron a una temperatura de 37°C durante 3 a 5 días en el laboratorio, obteniéndose cuatro enriquecimientos de muestras de los sitios.
- Se identificaron bacterias Gram-negativas (la misma condición de coliformes totales y fecales) mixtas de tipo *Helicobacter pylori* en todos los enriquecimientos de la muestra.
- Se infiere que la presencia de esta bacteria en las aguas de las lagunas de la cima del Tepuy Roraima podría deberse a fuentes antropogénicas o de vida silvestre.

Capacidad de carga soportable por el Tepuy

- La capacidad de carga física limite soportable por el Tepuy Roraima consta de 50 personas/día.
- La capacidad de carga del Tepuy no se cumple, puesto que la cantidad de visitantes suele ser mucho mayor.
- Las épocas de mayor incidencia turista suelen ser los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Agosto, Septiembre y Diciembre.

Plan de mitigación

- Se propone la realización de talleres y jornadas de capacitación y actualización a los portadores y operadores turísticos.
- Se propone el cumplimiento de la capacidad de carga de la zona y se plantean medidas de seguridad para su seguimiento.
- Se sugiere realizar un registro actualizado de los operadores turísticos por parte de INPARQUES.
- Se propone la implementación de biodigestores en la comunidad de Paraitepuy para el tratamiento de las excretas generadas durante los tours realizados al T.R.

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación y a las conclusiones presentadas anteriormente, se indican las siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio experimental sobre las aguas estudiadas, con el propósito de obtener datos actualizados sobre la calidad de las mismas.
- A las autoridades municipales y de salud realizar monitoreos constantes respecto a los parámetros obligatorios para la calidad del agua para consumo humano dado que se evidenció presencia de organismos patógenos que afectan la salud humana en las aguas estudiadas.
- Se sugiere realizar los talleres de concientización ambiental en acompañamiento de la escuela de educación e ingeniería para la preparación del material didáctico.

- La realización de programas de educación sobre el ambiente tepuyano periódicamente que orienten a los visitantes y personal que ofrece servicios turísticos a mantener y cuidar los recursos naturales que existen en el mismo.
- La realización de un manual sobre la importancia de uso de los dispositivos sanitarios utilizados sobre la cima del Tepuy Roraima promoviendo la erradicación de la defecación al aire libre.
- Desarrollar una propuesta en donde se defina un periodo de cierre del parque nacional en cual se prohíban las visitas al Tepuy, que permita al ecosistema restaurarse naturalmente dentro de cada año sin afectar económicamente al sector.
- Estructurar una corporación internacional entre los países que convergen sobre el Tepuy Roraima que permita intercambios científicos y educativos sobre la conservación de este ecosistema.

Referencias

- Acosta (2011). *Hombre-Naturaleza: relación ecosistémica de la contaminación por Helicobacter pylori en fuentes de agua*. Recuperado de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/rfcs/article/view/70/68>
- Acosta, P., Benvides, J., Sierra, C. (2014). *Análisis cualitativo del deterioro de la calidad del agua y la infección por Helicobacter pylori en una comunidad de alto riesgo de cáncer de estómago (Cauca, Colombia)*. Recuperado de <http://revistas.unla.edu.ar/saludcolectiva/article/view/796/856>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica*. Caracas: Episteme, C.A
- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica*. Caracas: Episteme, C.A.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson.
- Brewer-Carías, C. (1983). *Sarisariñama*. Fundación Explora.
- Carrillo, E. M. y A. M. Lozano. 2008. *Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando Agar Chromocult*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Ceip, B., Pérez, GT, *Ecosistemas y Cuidado del medio ambiente*. Gobiernodecanarias.org. Recuperado de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/asanramf/files/2015/10/ECOSISTEMAS-Y-EL-CUIDADO-DEL-MEDIO-AMBIENTE-largo-comprimido.pdf>
- Cifuentes M. (1992). *Determinación de capacidad de carga en áreas protegidas*. Recuperado de https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag51898/1992_METODOLOG%C3%8DA%20CIFUENTES.pdf
- Cómo hacer un biodigestor casero. (2022). EcoInventos. Recuperado de <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>

- Costa, Mauro & Vilorio, Ángel & Huber, Otto & Attal, S. & Orellana, A. (2013). Lepidoptera of pantepui. Part I: Endemism and biogeographic characterization. *Entomotropica*. 28. 193-217.
- CVG, *Estudio plan maestro de la cuenca del río Caroní*. Recuperado de https://www.pilcomayo.net/media/uploads/biblioteca/libro_1116_LG-130.pdf
- CVG. (2001). *Estudio plan maestro de la Cuenca del río Caroní, Elementos socioeconómicos*.
- CVG. (2004). *Estudio plan maestro de la Cuenca del río Caroní*.
- CVG-EDELCA. (2004). *La cuenca del río Caroní. Una visión en cifras*. Caracas.
- Decreto N° 276. (1989). *Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre ADMINISTRACION Y MANEJO DE PARQUES NACIONALES Y MONUMENTOS NATURALES*.
- Disposición de excretas . Salahumanitaria.co. Recuperado de https://wiki.salahumanitaria.co/wiki/Disposici%C3%B3n_de_excretas
- Distribución de Agua en el Planeta ..* Gob.mx. Recuperado de <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/>
- EASTON, J. (1998). *The development of a risk assessment methodology to evaluate the adverse human health effect of pathogens found in sewage contaminate waters. Environmental health engineering program*. University of Alabama at Birmingham.
- El ciclo del agua . (2016). Recuperado de <https://www.arkiplus.com/el-ciclo-del-agua/>
- Entorno turístico (2020) .¿Qué es la capacidad de carga turística. Recuperado de <https://www.entornoturistico.com/la-capacidad-carga-turistica/>
- Escudo de Guayana* . Hmong.es; tok.wiki. Recuperado de https://hmong.es/wiki/Guiana_Highlands
- Fattorelli, S. y Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. Water Assessment & Advisory Global Network
- Fernández. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*.

- Fernandez-Delgado, M., Giarrizzo, JG, García-Amado,MA, Contreras, M., Salazar, V., Barton, H. & Suarez, P.(2016) *Evidence of Helicobacter spp. in freshwaters form Roraima Tepui,Guayana Shield, South America* . Antoine Van Leeuwenhoeck,109, 529–542.
- Gabaldón,A.,Rosales,A.,Buroz,E.,Cordova,J.,Uzcátegui,G.y Iskandar,L. (2015).*Agua en Venezuela: una riqueza escasa. Venezuela: Fundación empresas polar*
- Gaceta Oficial N° 2.290. (1978). *Ley del Instituto Nacional de parques*.
- Gaceta Oficial N° 36.395 (1998). *Normas sanitarias de calidad del agua potable*.
- Gaceta Oficial N° 36.860 (1999). *Constitución de la república bolivariana de Venezuela*.
- Gaceta Oficial N° 5.021. (1995). *Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes (Decreto 883)*.
- Gaceta Oficial N° 5.833. (2006). *Ley Orgánica del Ambiente. Venezuela*.
- Galán, C., Herrera, F y Carreño, R. (2004). *Geomorfología e hidrología del sistema Roraima Sur, Venezuela: La cueva más larga del mundo en cuarcita*. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología , 38 , 2–16. <http://dx.doi.org/>
- GeoVenezuela 2. (2007). Fundación empresas polar.
- Gondelles, R. (1978). El hábitat y la huella del hombre. *Editorial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*.
- Goodwin CS, Armstrong JA, Chilvers T, Peters M, Collins MD, Sly L, McConnell W, Harper WES, (1989). *Transfer of Campylobacter pylori and Campylobacter mustelae to Helicobacter gen. nov. as Helicobacter pylori comb. Nov. and Helicobacter mustelae com. Noc., respectively*. Ins Syst Bacteriol, 39: 397.
- Gotaas,H. (1956). *Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*. Organización mundial de la salud (OMS) Recuperado de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41665/WHO_MONO_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill
- Huber, O. (1992). El Macizo del Chimantá, Escudo de Guayana, Venezuela. Un ensayo ecológico tepuyano.
- INPARQUES. (1990). *Monumento natural los Tepuyes*. Recuperado de <http://www.inparques.gob.ve/cms/main/verCalendarioV/575>
- INPARQUES. (2020). *Evaluación Ambiental del Paisaje Tepuyano Caso Roraima, Venezuela*. Recuperado de <http://www.inparques.gob.ve/cms/main/verPublicaciones/300>
- INPARQUES. *Parques Nacionales*. Recuperado de <http://www.inparques.gob.ve/cms/main/galeria>
- Interiencia vol 11. (1986). *Venezuela la cuenca del rio Caroní*.
- Linares-Lujan, GA, Echeverria-Perez, C., & Cespedes-Aguilar, T. (2017). *Potencial energético de la zona rural del Departamento de La Libertad (Perú) producido por biogás obtenido de excretas humanas*. Revista Tecnología en Marcha , 30 (4), 108. Recuperado de <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3415>
- Maidment, D. R., & Te Chow, V. (1994). *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill
- Marshall B, Warren R, (1984). *Unidentified curved bacilli in the stomach of patients with gastritis and peptic ulceration*. Lancet, 16:1311-1315.
- Marshall BJ, Warren JR (1984) *Unidentified curved bacilli in the stomach of patients with gastritis and peptic ulceration*. Lancet 1:1313–1314
- Metcalf, A. (1995). *Ingeniería de Aguas residuales*. McGraw-Hill Interamericana.
- Molina Montoya, NP (2005). *¿Qué es el estado del arte?*. Ciencia y tecnología para la salud visual y ocular , 5 , 73. Recuperado de <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Montaner Montejano, J. (2010). *Estructura del Mercado turístico* . Editorial Síntesis
- Monte Roraima – *Expedición a la cima del “Mundo Perdido”* . Caminata-venezuela.com. Recuperado de <http://www.hike-venezuela.com/es/site-roraima.html>

- Monte Roraima: *Un paisaje de 2000 millones de años* Recuperado de <https://steemit.com/spanish/@handmade/monte-roraima-un-paisaje-de-2000-millones-de-anos>
- Moreno R., Ibañez, S., Gisbert, J. Producción Vegetal, D. *ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16651/rocas%20detríticas.pdf>
- Norma Fondonorma 2871 (2007). *Aguas naturales, industriales y residuales*. Determinación de oxígeno disuelto
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*, volumen 1.
- Organización Mundial del Trabajo (1995). *Definiciones de turismo*. Recuperado de <https://www.eunwto.org/doi/pdf/10.18111/978928442>
- Penn, R., Ward, BJ, Strande, L. y Maurer, M. (2018). *Revisión de heces humanas sintéticas y lodos fecales para la investigación de saneamiento y aguas residuales*. Investigación del agua , 132 , 222–240. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.063>
- Percival, S. L., & Thomas, J. G. (2009). *Transmisión de Helicobacter pylori y el papel del agua y biopelículas*. Journal of Water and Health, 7(3), 469–477. <https://doi.org/10.2166/wh.2009.070>
- Protocolo de oxígeno disuelto. Programa GLOBE Argentina (2005). Recuperado de http://www.globeargentina.org/guia_del_maestro_web/hidrologia/protoxigeno_disuelto.pdf
- Pueblos Indígenas de Venezuela “Pemón” . Recuperado de <http://pueblosindgenasdevenezuelapemon.blogspot.com/2012/04/caracteristicas.html>
- Qué es un biogestor. Medellín Colombia. Recuperado de <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-un->

biodigestor#:~:text=Un%20digestor%20de%20desechos%20org%C3%A1nicos,que%20acidifican%2D%2C%20etc%C3%A9tera)%20en

Rico, R., & Pócs, T. (s/f). *Briofitos de las tierras altas de la Guayana Venezolana: hepáticas del Roraima-tepui I*. Mnhn.fr. Recuperado de <https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/cryptogamie-bryologie2004v25f3a3.pdf>

Ringuelet, R. A. (1962). *Rasgos principales de las lagunas pampeanas con criterio bioecológico*. An. Com. Inv. Cient. Prov. Buenos Aires, La Plata, Argentina, 3: 315-338

Ropero, S. (2020). *Qué es la VULNERABILIDAD AMBIENTAL - Definición y Ejemplos*. *ecologiaverde.com*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-vulnerabilidad-ambiental-2518.html>

Roraima . Cumbres2000.com. Recuperado de <https://cumbres2000.com/roraima/>

Ruiz Rivera, N. (2012). *La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo*. Investigaciones Geográficas , 77 , 63. Recuperado de <https://doi.org/10.14350/rig.31016>

Rull, V., Vegas ,T.,Safont,E. (2016). *The Lost World's pristinity at risk*.

Salud Ambiental. Recuperado de https://www.ecomchaco.com.ar/ministeriosalud/salud_ambiental/excretas.php

Suárez, M. y González, A. (2014). *Desarrollo sustentable*. Un nuevo mañana. México: Grupo Editorial Patria

UNESCO .(2021). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021 Resumen ejecutivo “El valor del agua”* . Unhabitat.org. Recuperado de <https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/07/375750spa.pdf>

UNESCO. *Centro del Patrimonio Mundial* . Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Recuperado de <https://whc.unesco.org/es/list/701>

- Universidad Complutense (2020). *Capacidad de carga*. Recuperado de <https://www.ucm.es/capacidadcargaturistica/estado-del-arte>
- Urbani, F. (1986). *Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela*. *Interciencia* 11(6): 298-300.
- Van Amsterdam K, Van Vliet AHM, Kusters JG, van der Ende A. (2006). *Of microbe and man: determinants of Helicobacter pylori-related diseases*. *FEMS Microbiol Rev* 30:131–156
- VENEZUELA - mount Roraima - *Campo de golf & Los jacuzzis*. Theasys. Recuperado de <https://www.theasys.io/viewer/X6ww8RT17M31t2FVrU5od1fz36HiOg/>
- Villalón F, A., Reyes P, D., Ortiz O, J., Gándara F, V., Díaz P, L. A., Chahuán A, J., Pizarro R, M., & Riquelme P, A. (2020). *Tratamiento y manejo de la infección por Helicobacter pylori*. *Revista Gastroenterología Latinoamericana*, 3, 136–146. Recuperado de <https://doi.org/10.46613/gastrolat2020003-0>
- Villodas, R. (2008). *Hidrología I*. Universidad Nacional de Cuyo.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Editorial Villón

Anexos

Anexo A

Resumen de Traducción de Documento titulado “Evidencia de Helicobacter spp. en agua dulce de Roraima Tepuy, Escudo Guayana, Sudamérica”

Evidencia de *Helicobacter* spp. en agua dulce de Roraima Tepui, Escudo Guayana, Sudamérica. Por autores: Milagro Fernández-Delgado .Juan G. Giarrizzo .Maria A. García-Amado . Mónica Contreras .Víctor Salazar .Hazel Barton .Paula Suarez

Resumen (traducido al español):

El estudio se realizó en la cumbre del Tepuy Roraima, Parque Nacional Canaima, en la esquina sureste del Estado Bolívar en el sur de Venezuela. El Tepuy está formado por una capa de arenisca que se encuentra sobre un basamento ígneo (el Escudo de Guayana) y presenta características topográficas, litológicas, hidrológicas y estructurales particulares que han propiciado el desarrollo de un extenso sistema de aguas subterráneas, que probablemente pudo surgir por afloramientos localizados en la base de pared exterior de tepuy (600 a 700 m por debajo del nivel de la cumbre) (Galán et al. 2004).

El clima regional es semihúmedo / tropical con altas precipitaciones (5700 mm / año), siendo los meses más lluviosos entre mayo y septiembre, y una estación relativamente seca que dura los primeros tres meses del año (Nimer 1989). El muestreo fue autorizado con permisos emitidos por el Ministerio de Medio Ambiente. de Venezuela. En octubre de 2007, se recolectaron muestras de agua dulce de dos sitios en la parte central sur de la cumbre de Roraima. Sitio de muestreo 1 denominado en este estudio como Laguna de la Puerta (LP), la laguna de entrada de

la Cueva Ojos de Cristal o Sistema de Cuevas Roraima Sur (la cueva más larga del mundo en cuarcita), y el sitio de muestreo 2 o Los Jacuzzis (LJ), un pozo de agua dulce utilizado como lugar de baño o piscina para los visitantes.

Ambos sitios están ubicados al final de un sumidero superficial en Roraima Tepui que toma un arroyo permanente, que drena a través de la vegetación superficial. Los flujos de agua son producto del drenaje superficial de la precipitación y el movimiento subterráneo (Galan et al. 2004). Las condiciones ambientales adversas y la ubicación geográfica remota del tepui dificultan el acceso a los sitios de muestreo y la recolección de un gran volumen y número de muestras de agua para ser transportadas al laboratorio.

Se recolectaron 50 mL de muestras de agua dulce con recipientes plásticos estériles (Fisherbrand®, EE. UU.) Por duplicado de cada localidad

(n = 4), unos 10 cm por debajo de la superficie. Se dejó que las partículas en el agua sedimentaran antes de analizar el pH del agua con un medidor de pH portátil Accumet AP61 (Fisher Scientific, EE. UU.). La temperatura se midió con un Pshycrometer RH300 (Extechinstruments, EE. UU.).

En los sitios de recolección y durante el período de muestreo, los parámetros fisicoquímicos probados para las muestras de agua dulce fueron pH 6,9 y temperatura 13,3 ° C. Estos parámetros fueron similares a informes anteriores (Mecchia et al. 2014). Cultivo bacteriano En condiciones microaeróbicas descritas anteriormente (Degnan et al. 2003), se observó crecimiento en cuatro enriquecimientos de agua

dulce en caldo *H.pylori*, dos de cada sitio (LP1, LP2, LJ1 y LJ2), y once colonias positivas para ureasa seleccionadas como supuestas *Helicobacterspp.* de agar HP (cinco de LP y seis de LJ).

La tinción Gram mostró bacterias Gram-negativas mixtas sin la morfología en espiral típica de nuestro género objetivo. Se realizaron más intentos para aislar *Helicobacter* o *H.pylori* a partir de enriquecimientos en caldo HP sin éxito. API ATB / Plus (BioMérieux, Lyon, Francia) identificó previamente once colonias positivas para ureasa como *Chromobacterium violaceum* (99,9% de identidad), *Photobacterium damsela* (86,0% de identidad), *Pantoea sp.* (85,7% de identidad), *Moraxella lacunata* (90,9% de identidad) y *Serratia liquefaciens* / *plymuth-ica* (85,9-99,9% de identidad), siendo esta última la más comúnmente aislada (7/11) de enriquecimientos con HP.

Anexo B

“Hoteles” en la cima del Tepuy Roraima

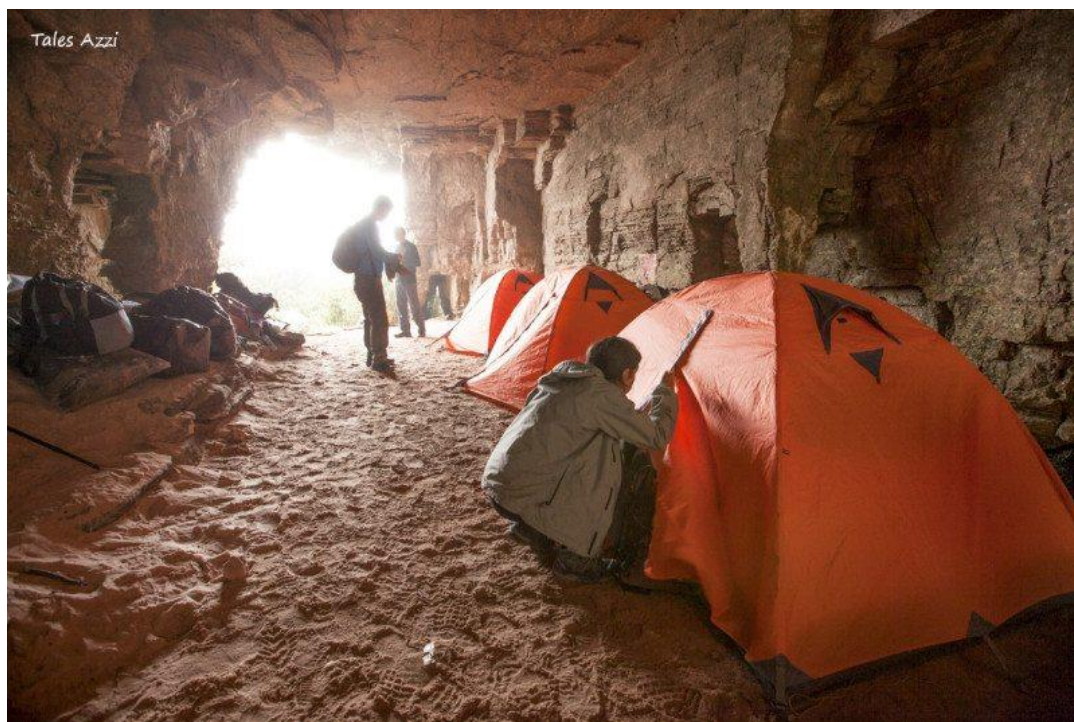


Figura 61. Hotel (1) .Tomado de <https://www.dicasdeviagem.com/monte-roraima-o-mundo-perdido/>

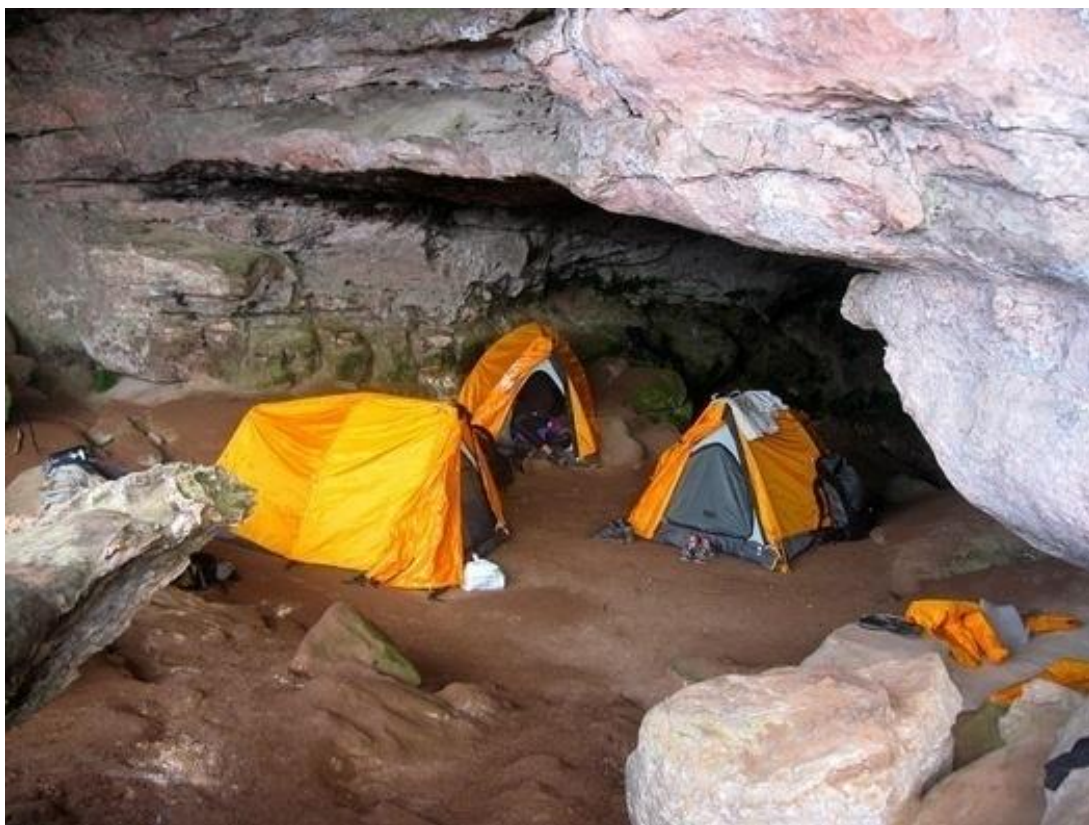


Figura 62. Hotel (2) en cima del Roraima .Tomado de <https://serturista.com/venezuela/subida-al-tepuy-roraima/>

Anexo C

Estructura de la encuesta realizada a los operadores turísticos de Santa Elena de Uairén, sobre el manejo de excretas en la zona de estudio.

Tabla 72.

Cuestionario de encuesta preguntas 1 a la 4.

1. ¿Cuál es el dispositivo para la deposición de las excretas humanas en la cima del Tepuy Roraima?
Opciones:
Baño portátil
Tubo de PVC
Bolsa
Otro indique:
2. ¿Cuántos porteadores de desechos por grupo se encarga de trasladar las excretas depuestas al destino de disposición?
Opciones:
1
2
3
Otro indique:
3. ¿Cuál es el lugar destinado para las excretas depuestas?
Opciones:
Vertedero de INPARQUES
Cauce con agua
Suelo
Quema
Otro indique:
4. ¿Cuántos dispositivos para la deposición de excretas son proporcionados por grupos de 10 personas?
Opciones:
1
2
3
Otro indique:

Tabla 73.

Cuestionario de encuesta preguntas 5 a la 8.

5. ¿Los portadores hacen uso adecuado del dispositivo para la deposición de excretas?
Opciones:
Siempre
A veces
Usualmente
Nunca
Otro indique:
6. ¿Los visitantes utilizan de forma adecuada el dispositivo para la deposición de excretas?
Opciones:
Siempre
A veces
Usualmente
Nunca
Otro indique:
7. Según su experiencia, ¿Las lagunas han sido un lugar de preferencia para la deposición de excretas?
Opciones.
Si
No
Otro indique:
8. Si su respuesta anterior fue positiva, ¿Quiénes la utilizan?
Opciones:
Operadores
Visitantes
Portadores
Otro indique:

Tabla 74.

Cuestionario de encuesta preguntas 9 a la 12.

9. Según su experiencia, ¿Los suelos del Tepuy han sido un lugar de preferencia para la deposición de excretas?
Opciones:
Si
No
Otro indique:
10. Si su respuesta anterior fue positiva, ¿Quiénes lo utilizan?
Opciones:
Operadores
Porteadores
Visitantes
Otro indique:
11. ¿La forma adecuada de uso del dispositivo para la deposición de excretas se explica previamente?
Opciones:
Siempre
A veces
Usualmente
Nunca
Otro indique:
12. ¿Cómo es la higiene luego de defecar?
Opciones:
Agua de las lagunas
Papel higiénico
Esperan cuando descendan
Otro indique:

Tabla 75.

Cuestionario de encuesta preguntas 13 a la 16.

13. ¿Cuál es la cantidad de excretas en (kg) generada por grupo?
Indique su respuesta:
14. ¿Cuál de las siguientes opciones describe el sabor del agua de las lagunas?
Opciones:
Acida
Dulce
Amarga
Salada
Otro indique:
15. Seleccione las características que describen físicamente las lagunas del Tepuy (Puede seleccionar múltiples opciones)
Opciones:
Turbia
Presencia de elementos en suspensión
Mal Olor
Otro indique:
16. ¿El agua que se consume en la cima del Tepuy pasa por algún tipo de tratamiento de potabilización?
Opciones:
Desinfección con cloro
No pasa por ningún tratamiento
Ebullición
Desinfección con radiación
Otro indique:

Anexo D

Baño portátil utilizado en la cima del T.R



Figura 63. Baño portátil comúnmente utilizado en campamentos. Tomado de <https://sprintervanusa.com/2016/08/05/toilet-tent-for-the-modest-van-camper/>

Anexo E

Estructura de la entrevista realizada a los expertos, sobre la capacidad de carga soportable por el Tepuy Roraima.

Tabla 76.

Cuestionario de entrevista preguntas 1 a la 10.

PREGUNTAS:	
1-	¿Cuántos grupos de personas suben regularmente al Tepuy?
2-	¿De cuántas personas están conformados los grupos que suben al Tepuy?
3-	¿Cuánto tiempo dura el recorrido para subir al Tepuy?
4-	¿Cuántos días en promedio dura la visita al Tepuy?
5-	¿Cuáles son las temporadas de mayor incidencia Turística al Tepuy?
6-	¿Los visitantes pernoctan en lugares diferentes a los llamados hoteles, en las temporadas altas?
7-	Si su respuesta anterior fue positiva, ¿En dónde y cómo pernoctan?
8-	¿Qué tipo de impacto humano percibe sobre el ecosistema del Tepuy?
9-	¿Considera que el agua de las lagunas ha disminuido su calidad? Explique:
10-	Explique la importancia ecológica del ecosistema del Tepuy Roraima desde el punto de vista ambiental, económico y social.

Anexo F

“Campo de golf” sobre la cima del T.R



Figura 64. Campo de golf en Roraima. Tomado de <https://www.theasys.io/viewer/X6ww8RT17M31t2FVrU5od1fz36HiOg/>

Anexo G

Solubilidad de oxígeno disuelto en agua expuesta a aire saturado con agua a presión atmosférica (101,3 kPa).

Tabla 1
Solubilidad de oxígeno en agua expuesta a aire saturado con agua
a presión atmosférica (101,3 kPa)

Temperatura (°C)	Solubilidad de oxígeno (mg/l)					
	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
0,0	14,621	13,728	12,888	12,097	11,355	10,657
1,0	14,216	13,356	12,545	11,783	11,066	10,392
2,0	13,829	13,000	12,218	11,483	10,790	10,139
3,0	13,460	12,660	11,906	11,195	10,526	9,879
4,0	13,107	12,335	11,607	10,920	10,273	9,664
5,0	12,770	12,024	11,320	10,656	10,031	9,441
6,0	12,447	11,727	11,046	10,404	9,799	9,228
7,0	12,139	11,442	10,783	10,162	9,576	9,023
8,0	11,843	11,169	10,531	9,930	9,362	8,826
9,0	11,559	10,907	10,290	9,707	9,156	8,636
10,0	11,288	10,656	10,058	9,493	8,959	8,454
11,0	11,027	10,415	9,835	9,287	8,769	8,279
12,0	10,777	10,183	9,621	9,089	8,586	8,111
13,0	10,537	9,961	9,416	8,899	8,411	7,949
14,0	10,306	9,747	9,218	8,716	8,242	7,792
15,0	10,084	9,541	9,027	8,540	8,079	7,642
16,0	9,870	9,344	8,844	8,370	7,922	7,496
17,0	9,665	9,153	8,667	8,207	7,770	7,356
18,0	9,467	8,969	8,497	8,049	7,624	7,221
19,0	9,276	8,792	8,333	7,896	7,483	7,090
20,0	9,092	8,621	8,174	7,749	7,346	6,964
21,0	8,915	8,456	8,021	7,607	7,214	6,842
22,0	8,743	8,297	7,873	7,470	7,087	6,723
23,0	8,578	8,143	7,730	7,337	6,963	6,609
24,0	8,418	7,994	7,591	7,208	6,844	6,498
25,0	8,263	7,850	7,457	7,083	6,728	6,390
26,0	8,113	7,711	7,327	6,962	6,615	6,285
27,0	7,968	7,575	7,201	6,845	6,506	6,184
28,0	7,827	7,444	7,079	6,731	6,400	6,085
29,0	7,691	7,317	6,961	6,621	6,297	5,990
30,0	7,559	7,194	6,845	6,513	6,197	5,896
31,0	7,430	7,073	6,733	6,409	6,100	5,806
32,0	7,305	6,957	6,624	6,307	6,005	5,717
33,0	7,183	6,843	6,518	6,208	5,912	5,631
34,0	7,065	6,732	6,415	6,117	5,824	5,546
35,0	6,950	6,624	6,314	6,017	5,734	5,464
36,0	6,837	6,519	6,215	5,925	5,648	5,384
37,0	6,727	6,416	6,119	5,835	5,564	5,305
38,0	6,620	6,316	6,025	5,747	5,481	5,228
39,0	6,515	6,217	5,932	5,660	5,400	5,152
40,0	6,412	6,121	5,842	5,576	5,321	5,078
41,0	6,312	6,026	5,753	5,493	5,243	5,005
42,0	6,213	5,934	5,667	5,411	5,167	4,933
43,0	6,116	5,843	5,581	5,331	5,091	4,862
44,0	6,021	5,753	5,497	5,252	5,017	4,793
45,0	5,927	5,665	5,414	5,174	4,944	4,724
46,0	5,835	5,578	5,333	5,097	4,872	4,656
47,0	5,744	5,493	5,252	5,021	4,801	4,589

Figura 65. Solubilidad de oxígeno en agua expuesta a aire saturado con agua presión atmosférica (101,3 kPa) Tomado de Norma Fondonorma 2871 (2007) .Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de oxígeno disuelto (p.10)

Anexo H

Valores de corrección según presiones atmosféricas y elevaciones.

Tabla HI-OD-2: Valores de Corrección para varias Presiones Atmosféricas y Elevaciones

Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)	Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)
1023	-84	1,01	841	1544	0,83
1013	0	1,00	831	1643	0,82
1003	85	0,99	821	1743	0,81
993	170	0,98	811	1843	0,80
988	256	0,97	800	1945	0,79
973	343	0,96	790	2047	0,78
963	431	0,95	780	2151	0,77
952	519	0,94	770	2256	0,76
942	608	0,93	760	2362	0,75
932	698	0,92	750	2469	0,74
922	789	0,91	740	2577	0,73
912	880	0,90	730	2687	0,72
902	972	0,89	719	2797	0,71
892	1066	0,88	709	2909	0,70
882	1160	0,87	699	3203	0,69
871	1254	0,86	689	3137	0,68
861	1350	0,85	679	3253	0,67
851	1447	0,84	669	3371	0,66

Figura 66. Valores de corrección para varias presiones atmosféricas y elevaciones. Tomado de

http://www.globeargentina.org/guia_del_maestro_web/hidrologia/protoxigeno_disuelto.pdf

Anexo I

Diseño del biodigestor.



Figura 67. Diseño del biodigestor. Tomado de <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>

Anexo J

Comunidad indígena de Paraitepuy.



Figura 68. Comunidad de Paraitepuy Tomado de <https://www.flickr.com/photos/wruh19/4858793352>