



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos
Hidráulicos (ERIS)

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA
REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE GREAT CORN ISLAND, NICARAGUA.**

Licenciado Francisco Ismael Mendoza Cruz

Asesorado por MSc. Ing. Joram Matías Gil

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA
REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE GREAT CORN ISLAND, NICARAGUA.**

ESTUDIO ESPECIAL

PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS-
POR

LICENCIADO, FRANCISCO ISMAEL MENDOZA CRUZ

ASESORADO POR
MSC. ING. JORAM MATÍAS GII

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
**MAESTRO (MAGISTER SCIENTIFICAE) EN CIENCIAS EN RECURSOS
HIDRÁULICOS OPCIÓN GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

EXAMINADOR(A) MSc. Ing. Joram Matías Gil
EXAMINADOR(A) MSc. Ing. Adán Pocasangre Collazos
EXAMINADOR(A) MSc. Ing. Pedro Saravia Celis

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE GREAT CORN ISLAND, NICARAGUA.

Tema que me fuera asignado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS, con fecha de aprobación 02 de febrero del 2017.

Lic. Francisco Ismael Mendoza Cruz

franmendoz@yahoo.es

Carné 201690168

Guatemala 08 de agosto de 2017

M.Sc. Ing. Elfego Odvin Orozco Fuentes

Coordinador de la Maestría en Recursos Hidráulicos

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS)
Facultad de ingeniería, USAC

Habiendo revisado el estudio especial titulado:

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA REDUCIR LA
CONTAMINACIÓN DE GREAT CORN ISLAND, NICARAGUA.**

Elaborado por el Licenciado **Francisco Ismael Mendoza Cruz**, como requisito para optar al grado académico de Maestro en Ciencias en Maestría en Recursos hidráulicos opción Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, mediante la presente me permito informarle mi satisfacción con su contenido, por lo tanto, apruebo este trabajo y que siga los tramites respectivos.

Agradeciendo la atención prestada a la presente me suscribo de usted.

Atentamente.



MSc. Ing. Joram Matías Gil Laroj

Asesor del estudio

ERIS-USAC

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRAULICOS - ERIS -
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - USAC -

Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería
Sanitaria y Recursos Hidráulicos
COORDINACION
RECURSOS HIDRÁULICOS

Edificio ERIS,
Área de prefabricados, CII
Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 2418 8000,
Ext. 86213 y 86212
(502) 2418 9138

www.ingenieria-usac.edu.gt

Guatemala, 09 de agosto de 2017

Señores
Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
Facultad de Ingeniería, USAC

Respetuosamente les comunico que he revisado la versión corregida, en mi calidad de Coordinador de la Maestría de Recursos Hidráulicos, el trabajo de Estudio Especial titulado:

Plan de gestión integrada de los recursos hídricos para reducir la contaminación de *Great Corn Island*, Nicaragua

presentado por el estudiante,

Licenciado Francisco Ismael Mendoza Cruz

Les manifiesto que el estudiante cumplió con los requisitos exigidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) Y la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la realización de su estudio en forma satisfactoria.

Agradeciéndoles la atención a la presente, se suscribe de ustedes,

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MSc Ing. Elfego Orozco
Coordinador Maestría de Recursos Hidráulicos



ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRAULICOS - ERIS -
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - USAC -

Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería
Sanitaria y Recursos Hidráulicos
COORDINACION
RECURSOS HIDRÁULICOS

Edificio ERIS.
Área de prefabricados. CII
Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 2418 8000.
Ext. 86213 y 86212
(502) 2418 9138

www.ingenienira-usac.edu.gt

Guatemala, 11 de agosto de 2017

El director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: MSc. Ing. Joram Matías Gil, MSc. Ing. Pedro Saravia Celis y MSc. Ing. Adán Pocasangre Collazos, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Recursos hidráulicos; MSc. Ing. Elfego Orozco Fuentes y la revisión lingüística realizada por la Licenciada Ruth Nohemí Cardona Mazariegos, Colegiada No. 12498, al trabajo del estudiante Lic. Francisco Ismael Mendoza Cruz, titulado: **PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACION DE GREAT CORN ISLAND, NICARAGUA.** En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala a los once días del mes de agosto de 2017.

Imprimase

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis
DIRECTOR



ACTO QUE DEDICO

Dios

Por darme la oportunidad de estudiar la maestría y alcanzar un logro profesional.

Mi madre

Rosa Argentina Cruz, por su dedicación, amor, comprensión y paciencia.

Mi padre

Baltazar Mendoza Alfaro, por su confianza e inspirarme hacer mejor cada día

Mis hermanos

Por su cariño, apoyo y amor hacia mi persona.

Mi amor

Por su cariño incondicional en el transcurso de mi maestría, por su comprensión, motivación y su gran dedicación a mí.

AGRADECIMIENTOS A:

**Autoridad Nacional
del Agua (ANA)**

Por darme el apoyo necesario para estudiar la maestría, estudio especial y alcanzar un logro profesional.

Mi asesor

M.Sc. Ing. Joram Gil Laroj, por su dedicación en mi formación y brindarme los conocimientos necesarios para culminar mis estudios.

**Catedráticos de la
Escuela Regional de
Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos**

Por su dedicación, esmero y enseñanzas en el transcurso de la maestría, que serán muy útiles en mi desempeño profesional.

Personal de ERIS

A todo el personal que colabora en ERIS, por su amabilidad y cordialidad.

Mis compañeros

Por su cariño, estima y calidez durante el proceso de aprendizaje, además de compartir nuevas experiencias junto a ellos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
JUSTIFICACIÓN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
GENERAL:.....	XVII
ESPECÍFICOS:.....	XVII
HIPÓTESIS.....	XIX
ANTECEDENTES.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Gestión integrada de recursos hídricos.....	1
1.2. Planificación dentro de la cuenca hidrográfica.....	2
1.3. El enfoque de gestión integrada de recursos hídricos.....	3
1.4. Limitantes en la gestión integrada.....	4
1.5. Importancia de la calidad de agua.....	4
1.6. Caracterización biofísica.....	5
1.7. Servicios públicos vinculados a los recursos hídricos.....	6
1.8. Saneamiento ambiental.....	8
1.9. Importancia del saneamiento ambiental.....	8
1.10. Matriz de análisis FODA.....	9
1.11. Marco lógico.....	10

2.	METODOLOGÍA	13
2.1.	Evaluación de estudios existentes	13
2.2.	Base de datos de la caracterización.....	13
2.3.	Consulta de datos a la Alcaldía Municipal.....	14
2.4.	Levantamiento de información primaria	14
2.4.1.	Entrevista a grupos focales	14
2.4.2.	Inventario y georeferenciación de pozos.....	14
2.4.3.	Medición de parámetros de calidad de agua en campo a pozos de abastecimiento	15
2.4.4.	Descripción geológica	15
2.4.5.	Inventario de fuentes de contaminación.....	15
2.5.	Elaboración de la caracterización y diagnóstico de los recursos hídricos.....	16
2.6.	Elaboración del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos	16
2.6.1.	Análisis FODA y marco lógico.....	16
2.6.2.	Ejes de desarrollo.....	17
2.6.3.	Líneas de acción para el plan de gestión de los recursos hídricos	17
2.7.	Elaboración del plan de acción de los recursos hídricos.....	17
3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SUS RECURSOS HÍDRICOS	19
3.1.	Localización del área de estudio	19
3.2.	Clima	19
3.3.	Precipitación.....	19
3.4.	Evapotranspiración.....	20
3.5.	Temperatura.....	21
3.6.	Fenómenos naturales.....	21

3.7.	Relieve.....	21
3.8.	Geología.....	22
3.8.1.	Formación de arena litoral.....	22
3.8.2.	Formación del cuaternario residual (Qr).....	22
3.8.3.	Formación volcánica miocena tardío (Terciario).....	23
3.9.	Uso de los suelos.....	25
3.9.1.	Orden Entisol.....	25
3.9.2.	Orden Ultisol.....	25
3.10.	Caracterización socioeconómica.....	27
3.10.1.	Población.....	27
3.10.1.1.	Turistas.....	27
3.10.2.	Vivienda.....	27
3.10.2.1.	Establecimientos comerciales.....	28
3.10.3.	Educación.....	28
3.10.4.	Salud.....	28
3.10.5.	Economía.....	29
3.10.5.1.	Sector industrial (Turismo).....	29
3.10.6.	Agua potable.....	31
3.10.7.	Alcantarillado sanitario.....	31
3.10.8.	Recolección y disposición de residuos sólidos.....	32
3.11.	Hidrología.....	32
3.12.	Hidrogeología.....	34
4.	DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS VINCULADOS A LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	37
4.1.	Empresa Municipal de Agua de Corn Island (EMACI).....	37
4.2.	Empresa Municipal de Energía de Corn Island (EMECI).....	38
4.3.	Saneamiento ambiental en Great Corn Island.....	39

4.4.	Análisis sobre el estado de los servicios públicos en Great Corn Island.....	40
5.	DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LA CONTAMINACIÓN DE LA ISLA	41
5.1.	Recursos hídricos.....	41
5.2.	Niveles de los pozos de abastecimiento	41
5.3.	Demanda del recurso agua de la población en la isla	42
5.4.	Oferta de agua para la población de la isla	43
5.5.	Análisis de calidad de agua de los pozos de abastecimiento... 44	
5.5.1.	Conductividad eléctrica y pH.....	45
5.5.2.	Salinidad.....	46
5.5.3.	Resultados de análisis bacteriológicos en los pozos de abastecimiento.....	47
5.5.4.	Resultado de análisis de metales del agua de abastecimiento de la empresa EMACI	47
5.5.5.	Resultados de los análisis de hidrocarburos en los pozos de abastecimiento de la empresa EMACI.....	48
5.5.6.	Determinación de la hidroquímica del agua	49
5.5.6.1.	Cationes y aniones mayoritarios	50
5.6.	Análisis de resultados de la calidad de agua en los pozos de abastecimiento	51
5.7.	Contaminación de la Isla.....	53
5.7.1.	Aguas residuales y alcantarillado sanitario.....	53
5.7.2.	Residuos sólidos	56
5.7.3.	Sector industrial (Industria Pesquera)	58
5.7.4.	Sector turismo	59
5.7.5.	Contaminación de los humedales	60

6.	SOLUCIONES PARA EL SANEAMIENTO CON ENFOQUE INTEGRAL PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN	61
6.1.	Abastecimiento de agua potable	61
6.1.1.	Alternativas para potabilizar el agua en Great Corn Island	62
6.1.2.	Salinidad.....	63
6.1.2.1.	Destilación	64
6.1.2.2.	Proceso de evaporación multiefecto (MED)	64
6.1.2.3.	Destilación solar	65
6.1.2.4.	Destilación instantánea multi etapa	66
6.2.	Tratamiento de aguas residuales domesticas	67
6.2.1.	Tratamiento con biofiltros	68
6.3.	Tratamiento de aguas residuales industriales (Industria Pesquera).....	70
6.3.1.	Caracterizar las aguas residuales.....	71
6.4.	Construcción o mejoras en el sistema de disposición de excretas.....	71
6.5.	Mejoras en el sistema de recolección y manejo de desechos sólidos	76
6.5.1.	Sistema para la clasificación de desechos sólidos	77
6.5.1.1.	Realizar caracterización de los residuos sólidos	79
6.5.2.	Reubicación del vertedero municipal.....	80
6.5.3.	Participación comunitaria.....	84
6.5.4.	Desarrollar el ecoturismo sostenible.....	85
6.5.4.1.	Razonamientos eco ambientales para empresas turísticas	85
6.5.4.2.	Guía que seguir para un turismo amigable con el ambiente (Turista).....	86

7.	PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE GREAT CORN ISLAND	89
7.1.	Misión de la municipalidad de Corn Island	89
7.2.	Visión de la municipalidad de Corn Island.....	89
7.3.	Análisis FODA.....	90
	7.3.1.1. Análisis de escenarios.....	91
	7.3.1.2. Marco institucional.....	94
7.4.	Líneas estratégicas del plan de gestión integrada de recursos hídricos.....	98
7.5.	Acciones para la sostenibilidad de los recursos hídricos y reducción de la contaminación mediante el saneamiento ambiental.....	104
	7.5.1. Ejes de desarrollo.....	105
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES	115
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
	ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Objetivos de desarrollo	1
2. Macro localización	20
3. Geología de Great Corn Island	24
4. Mapa taxonómico.....	26
5. Relación conductividad eléctrica y pH de acuerdo a los resultados de los análisis físico químicos del pozo 1-9.....	45
6. Conductividad eléctrica y STD de acuerdo a los resultados de los análisis físico químicos del pozo 1-9	45
7. Relación de salinidad y con iones de sodio y cloruro de acuerdo a los resultados de los análisis físico químicos del pozo 1-9.....	46
8. Ubicación de pozos contaminados en la isla	52
9. Focos de contaminación por aguas residuales	55
10. Vertedero municipal	57
11. Letrina de pozo elevado.....	73
12. Organigrama del programa de manejo de excretas.....	74
13. Reubicación del vertedero controlado.....	81

TABLAS

I	Balance hídrico superficial de Great Corn Island	34
II.	Comportamiento de los niveles de agua de abastecimiento de la empresa EMACI de los pozos 1-9	42
III	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9	44
IV.	Resultados de análisis bacteriológico de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9	47
V.	Resultado de análisis de metales pesados de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9	48
VI.	Resultado HTP ($\mu\text{g/L}$), de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9	49
VII.	Cationes y aniones mayores	50
VIII.	Relaciones iónicas.....	50
IX.	Tratamientos según el tipo de contaminante	62
X.	Desalinización y costo por agua producida	63
XI.	Costos por tipo de tecnología	66
XII.	Remoción de contaminantes con el biofiltro	69
XIII.	Costes de construcción del sistema	69
XIV.	Presupuesto construcción de letrinas	75
XVI.	Presupuesto aproximado de la construcción de un relleno sanitario	82
XVII.	Presupuesto aproximado para el sistema de tratamientos de lixiviados	82
XVIII.	Costos aproximados de operación y mantenimiento.....	83
XIX.	Análisis FODA de Great Corn Island.....	90
XX.	Marco lógico.....	97
XXI.	Plan de gestión integrada de los recursos hídricos	107

RESUMEN

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas prevalece en el país como consecuencia de actividades antrópicas; descarga de aguas residuales, industriales y agroindustriales sin previo tratamiento, además de la falta de saneamiento en algunas zonas del país. El presente estudio se realizó en la isla de Great Corn Island; el cual pretende reducir la contaminación de los recursos hídricos, mediante la implementación de un saneamiento ambiental integral.

Los objetivos para realizar el presente estudio son: caracterización de los recursos hídricos de Great Corn Island. Con base a lo anterior, la situación administrativa y financiera de los servicios públicos vinculados a los recursos hídricos, el diagnóstico de los recursos hídricos y la contaminación de la isla, soluciones para el saneamiento con enfoque integral, a fin de disminuir la contaminación y la propuesta de líneas estratégicas para elaborar el plan de gestión de los recursos hídricos.

La metodología utilizada se basó en la recopilación de información existente y trabajo de campo; de la cual se elaboró la caracterización y diagnóstico de los recursos hídricos de la isla, de acuerdo con el diagnóstico se propusieron soluciones para reducir o evitar la contaminación; así como el plan de gestión integrada de los recursos hídricos.

De acuerdo a los resultado de la caracterización y diagnóstico, se logró identificar los principales problemas que presenta la isla, entre los cuales se tiene: falta de agua de calidad para el abastecimiento de la población, un

saneamiento inadecuado y mala disposición de residuos sólidos y líquidos, la falta de documentos técnicos actuales que sirvan como herramientas para el manejo sostenible de los recursos naturales de la isla y en general la contaminación de la isla que afecta los recursos hídricos y la salud humana.

En cuanto a los servicios públicos vinculados a los recursos hídricos; se pudo concluir que hay una deficiencia en la prestación de estos servicios por parte de la municipalidad, en gran manera, debido al poco presupuesto financiero con el cual operan y la falta de material humano para cubrir áreas de interés.

Este documento contiene una iniciativa de plan de gestión de recursos hídricos de la isla de Corn Island, para reducir la contaminación a diferentes escalas y causas; con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes del área al mismo tiempo que conservar un ambiente en su estado más natural, así como mejorar notablemente la economía de la comunidad, mediante las divisas que genera la actividad turística en aumento cuando se proporciona un ambiente sano en todos los aspectos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática sobre el manejo inadecuado del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas es muy complejo, y la velocidad de degradación a la que están expuestas las fuentes de agua es mayor que todas las acciones y medidas que puedan lograr la recuperación, rehabilitación y conservación mediante el uso sostenible de dicho recurso; específicamente en la isla de Great Corn Island, Nicaragua, la cual en las últimas décadas se ha visto una reducción por un manejo inadecuado no solo del recurso agua; sino también de todos los recursos naturales dentro del área; esto sumado a la escasez del vital líquido, debido a la salinización de las aguas y una reducción considerable de las precipitaciones, debido al cambio climático.

De no tomar medidas urgentes frente al manejo inadecuado del agua, la población dentro del municipio se verá seriamente afectada por la falta de este recurso tan vital para las diferentes actividades. Es necesario desarrollar e implementar planes de gestión en las cuencas, así como aplicar y dar a conocer políticas públicas que sensibilicen y resuelvan la problemática; en este caso la Ley 620 “Ley General de Aguas Nacionales”.

Los problemas más importantes de la población son tres: la salud, a causa de la falta de instalaciones sanitarias y de personal médico especializado, por lo que el gobierno central está construyendo un hospital que preste mejores condiciones para atender a la población; la educación, de difícil acceso por los bajos salarios y la sobrecarga de trabajo de los docentes; y el medio ambiente en tanto las condiciones de acceso sostenible a servicios básicos de saneamiento, ya que se encuentran con problemas serios en la manipulación

de los residuos (no existe sistema de alcantarillado, por ejemplo; y el botadero está en el centro de la isla) y al agua que se abastece no es apta para consumo humano.

El turismo aumenta la demanda de infraestructura local, transporte, agua potable, recolección y tratamiento de aguas servidas, eliminación de desechos sólidos, instalaciones médicas y de varios servicios públicos que generalmente son responsabilidad del gobierno local, sin las condiciones básicas y un ambiente contaminado el turismo se ve seriamente afectado.

La problemática planteada realza la necesidad de dar un enfoque integrado en el manejo de los recursos hídricos del municipio; en especial del agua subterránea, y da como manifiesto la prioridad de la realización de un trabajo de investigación como el que se pretende desarrollar.

¿Se puede evitar o disminuir la contaminación con una herramienta de toma de decisión para mejorar la gestión integral de recursos hídricos en Great Corn Island?

JUSTIFICACIÓN

El motivo de este estudio es crear un plan de gestión de recursos hídricos que favorezca al manejo adecuado y sostenible del recurso agua y que pueda ayudar a reducir el problema del desabastecimiento de agua potable y la contaminación de Great Corn Island; se está reduciendo la disponibilidad y calidad del recurso agua al mismo tiempo que aumenta la contaminación ocasionada por falta de saneamiento básico adecuado, creando problemas socioeconómicos y ambientales en los habitantes y los recursos naturales del área de estudio.

En algunos sectores se ve un sistema inadecuado de disposición de desechos sólidos y líquidos. En los sistemas se repite el inconveniente de falta de diseño y planificación, generando así un foco contaminante que puede estar ubicado a escasa distancia de los pozos de abastecimiento ya sean públicos o privados.

Turismo y contaminación del ambiente van de la mano. El turismo trae una gran cantidad de ingresos, pero un descenso en las ofertas naturales reduce la afluencia de turistas. Por lo que se necesita un ambiente sano para que este sistema se mantenga, creando empleos y mejorando así la calidad de vida de los habitantes.

Cabe destacar que el tema de investigación es de gran importancia para Great Corn Island, ya que sus habitantes están presentando serios problemas de sequía, salinización y un manejo inadecuado del recurso agua y problemas

de saneamiento en el área, lo que eleva de forma negativa los indicadores ambientales y socioeconómicos en la isla.

OBJETIVOS

General:

Elaborar el plan de gestión integrada de los recursos hídricos para disminuir la contaminación, a través del saneamiento de Great Corn Island.

Específicos:

1. Caracterizar el área de estudio y sus recursos hídricos.
2. Determinar la situación administrativa y financiera de los servicios públicos vinculados a los recursos hídricos.
3. Elaborar el diagnóstico de los recursos hídricos y la contaminación de la isla.
4. Proponer soluciones para el saneamiento con enfoque integral para disminuir la contaminación.
5. Proponer líneas estratégicas para el plan de gestión integrada de recursos hídricos enfocadas en agua potable y manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, para un saneamiento integral en la isla.

HIPÓTESIS

Con un plan de gestión integrada de recursos hídricos se sientan las bases para mejorar el estado del ambiente, a través de agua de buena calidad y un manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos que gestione un saneamiento integral, lo cual logrará la prosperidad en el 100 % de la población de la isla.

ANTECEDENTES

En el 2005, el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), elaboró la Caracterización Sociodemográfica de la Región Autónoma Atlántico Sur (R.A.A.S.) a partir de los resultados del VIII Censo de Población y IV de Vivienda, 2005.

En el 2010 el Lic. Eduardo Francisco Pérez Manzanares, realizó su trabajo de estudio especial en la ERIS-USAC para optar al título de Magíster en Ciencias Recursos Hidráulicos/Opción Gestión Integrada de los Recursos hídricos, dicha investigación llamada: “Propuesta de Estrategia Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Nicaragua”.

Desde el año 2012, la alcaldía municipal de Corn Island en conjunto con el Gobierno central ha realizado un esfuerzo de carácter técnico para elaborar un diagnóstico inicial de la situación hídrica del municipio, que incluye una caracterización hídrica, climática, uso de suelo y de gestión de riesgo; debido al déficit que se ha presentado en las aguas subterráneas producto de la salinización, variabilidad climática y la influencia de los factores naturales y antrópicos.

En el municipio se cuenta con escasa información, uno de los documentos que se puede consultar es el “Borrador de informe técnico de diagnóstico y propuesta técnica de pre factibilidad del proyecto de agua potable de Corn Island”, elaborado por el Ing. Walter Mayorga Dávila en enero del 2012.

Proyecto Adaptación al Cambio Climático en el Sector de Abastecimiento de Agua Potable realizado en el año 2012, por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), Fondo de Inversión Social para Emergencias (Nuevo FISE) Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Otro documento que revisar es el informe técnico levantamiento de puntos geodésicos para la georeferenciación de las áreas delimitadas para ser protegidas por el MARENA y la alcaldía de Corn Island con apoyo del proyecto PACCAS, octubre 2013.

Además de documentos de inspecciones realizadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) desde el 2014 hasta la fecha; de monitoreos de pozos y calidad de agua en Corn Island.

En el 2015, el MTI realizó un documento llamado: Valoración Ambiental “Tramo: Little Corn Island (0.30 km), así como el proyecto PACCAS con un estudio hidrológico e hidrogeológico en Great Corn Island y Little Corn Island.

INTRODUCCIÓN

GWP define la GIRH, como: “un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (GWP,2000).

El área donde se realizó este estudio es Great Corn Island, ubicada en la Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua, una isla de gran importancia debido a su potencial turístico y la cultura de sus habitantes, donde además del turismo; su población se dedica a la pesca y comercio para solventar sus necesidades económicas. El principal problema de la isla se basa en la mala calidad de sus recursos hídricos para abastecimiento humano; debido principalmente al inadecuado saneamiento y falta de fuentes alternas para solucionar las necesidades de la población.

Esta investigación de estudio especial va orientada en la elaboración de un Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Great Corn Island, Nicaragua, dicho estudio especial también va enfocado en el saneamiento ambiental de la isla, para disminuir la contaminación de los recursos hídricos y mejorar las condiciones de vida de los habitantes; así como gestionar acciones para un ambiente sano y así mejorar el turismo en el área.

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en cuanto a recursos hídricos se refiere, Corn Island tiene un gran potencial turístico y se debe procurar que sea sostenible mediante herramientas viables y aplicables; esto con la participación ciudadana y apoyo de las autoridades pertinentes.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Gestión integrada de recursos hídricos

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso sistemático para el desarrollo, concesión y monitoreo de los usos de los recursos hídricos. GIRH se fundamenta en el concepto de que los recursos hídricos son limitados y sus usos son interdependientes. Por lo tanto, el GIRH se define como “un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas” (GWP, 2008).

Figura 1. **Objetivos de desarrollo**



Fuente: GWP, 2008.

En la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, adoptada en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente “El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI” (Dublín, Irlanda, 26 al 31 de enero de 1992), se señala que, dado que el agua es indispensable para la vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque integrado que concilie el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas naturales. La gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero” y que la “entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial”.

1.2. Planificación dentro de la cuenca hidrográfica

La planificación dentro del manejo integral de las cuencas hidrográficas busca establecer las mejores alternativas de aprovechamiento, manejo y conservación de los recursos naturales, con base a los problemas y la situación actual en la que se desenvuelve la cuenca; en este proceso la sociedad es participe de la toma de decisiones (Rada, 2000). Las características biofísicas de una cuenca forman sistemas ambientales coherentes, por lo que se transforman en unidades de planificación para el desarrollo (Exhibición y del Río Bermejo, 1978).

Pese a que la planificación de las cuencas tienen numerosas implicaciones, el manejo de los recursos hídricos ha sido considerado como el punto más importante; lo que en sus inicios hizo que la planificación de las cuencas se encargue de temas específicos, hasta que se implementó el concepto de planificación por propósito, que buscaba dividir el agua existente en una estructura en todos sus posibles usos, sin embargo ya que

los diferentes usos pueden ser competitivos se presentaba un problema con esta conceptualización de planificación (Exhibición y del Río Bermejo, 1978).

1.3. El enfoque de gestión integrada de recursos hídricos

El enfoque de GIRH ayuda a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible y equilibrada, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y ambientales. Reconoce los diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y sobreexplotan el agua, y las necesidades del medio ambiente. Pone énfasis en la participación en los procesos de formulación de leyes y políticas, estableciendo una buena gobernabilidad y creando acuerdos normativos e institucionales efectivos que permitan tomar decisiones más equitativas y sostenibles. Existe una gama de herramientas, tales como evaluaciones sociales y ambientales, instrumentos económicos, y sistemas de información y monitoreo, que respaldan este proceso (GWP, 2009).

Las funciones fundamentales o sustantivas de gestión del agua son: (i) la aplicación de la legislación respectiva; (ii) la asignación del agua; es decir, la definición y modificación de las condiciones de acceso al recurso, principalmente el otorgamiento de permisos, autorizaciones, concesiones, derechos u otros instrumentos de uso o aprovechamiento; (iii) el control de la contaminación; es decir, la definición y modificación de condiciones de devolución del agua al ecosistema después de su uso o aprovechamiento, principalmente el establecimiento de los límites máximos permisibles de descarga de aguas servidas y el otorgamiento de permisos o autorizaciones de descarga; (iv) la identificación, evaluación y monitoreo del recurso, tanto en cantidad como en calidad, y la determinación de recursos utilizables y caudales mínimos o ecológicos; (v) el inventario, registro y catastro de usos y usuarios y

la fiscalización de los aprovechamientos; (vi) la elaboración de planes de recursos hídricos; (vii) la evaluación de proyectos y aprobación de obras; (viii) la determinación técnica de líneas de ribera y de áreas protegidas; y (ix) la adjudicación en instancia administrativa de conflictos vinculados al uso del agua.

1.4. Limitantes en la gestión integrada

Para lograr un manejo integral de las cuencas hidrográficas es necesario realizar estudios detallados de la relación entre el hombre y el uso que este le da a los recursos, y el marco legal que ampara esta relación (Aguirre, 2007). Es necesario la capacitación de los actores inmersos en el territorio sobre prácticas y técnicas de producción y conservación de los recursos, los cuales en la mayoría de los casos son desconocidos (Aguirre, 2007).

El desconocimiento de prácticas ajustadas a las características del territorio es una de las principales limitantes para alcanzar un manejo integral de las cuencas. Más aún si se toma en cuenta que la pérdida de vegetación natural, conlleva a procesos de degradación del suelo, biodiversidad y recursos hídricos (Ramakrishna, 1997). Este fenómeno se debe principalmente a prácticas de producción agropecuaria y de extracción forestal de alto impacto, que erosionan el suelo y contaminan los ríos con sedimentos y otras sustancias tóxicas (Ramakrishna, 1997).

1.5. Importancia de la calidad de agua

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incrementos en consumo per cápita, la contaminación de fuentes de agua y en general, al manejo inadecuado de las

cuencas hidrográficas (Radulovich, 1997). Faustino (1997), refiere que, aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual generaría estrés hídrico a nivel general en la mayoría de los países centroamericanos, siendo más notorio en las ciudades capitales. La magnitud del problema de la contaminación es tal, que en muchos países es ya imposible solucionar el problema, mediante dilución (por efecto del aumento de caudal) y que a largo plazo se prevé un descenso de los recursos alimentarios sostenibles (Ongley, 1997).

Con el aumento de la población va implícito la cantidad de desechos generados, en el que los vertederos de basura son focos posibles de contaminación, al arrastrar la lluvia en forma superficial o filtrándose a través del suelo, ciertos elementos solubles que se incorporan a los recursos de agua existentes y aun en mayor grado si entran directamente en contacto con aguas superficiales o subterráneas (Anónimo, s.f.). Las implicaciones de consumir agua contaminada son variadas; en el contexto de salud pública, la OMS (1998) calcula que aproximadamente un 80 % de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el agua contaminada, ya que alrededor del 70 % del agua consumida directamente por humanos en zonas rurales está altamente contaminada por heces fecales (Radulovich, 1997).

1.6. Caracterización biofísica

La caracterización está dirigida a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca o un territorio en específico, con el fin de establecer la vocación, posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales y el ambiente, así como

las condiciones socioeconómicas de la comunidad que la habitan (Jiménez, 2017).

La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo, con el fin de profundizar el conocimiento sobre la isla (en este caso Corn Island). Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir (caracterizar) de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado (sistematizar de forma crítica) (Bonilla, Hurtado y Jaramillo, 2009).

Por lo tanto, la caracterización constituye para el presente estudio el componente base sobre el cual se edifica la planificación e implementación del plan de manejo, identificado desde una perspectiva biofísica, económica, social y política administrativa. Los componentes y variables que se incorporan en la caracterización de la cuenca se agrupan en tres grandes temas: 1) ubicación, morfometría e hidrología; 2) caracterización biofísica; y 3) caracterización socioeconómica.

1.7. Servicios públicos vinculados a los recursos hídricos

Desde el punto de vista de la gestión del agua, las más importantes de las competencias municipales son las relacionadas con la prestación de los servicios públicos basados en el agua y el ordenamiento territorial, la gestión integrada del agua debe emplear numerosos instrumentos, y en el ámbito local el más importante es el compuesto por el diseño de los servicios hídricos locales, aunque no se pueden desconocer las funciones de planificación física, ya sea urbanística o ambiental, así como las normas que se aprueben para la utilización de los distintos recursos naturales, o incluso las actividades de educación ambiental” (Álvarez, 1998).

La estrategia más común es la desconcentración administrativa, que es un proceso jurídico-administrativo que permite a la autoridad de aguas a nivel nacional o central delegar en sus oficinas, direcciones o gerencias a nivel local (de cuencas, de regiones hidrológicas o de jurisdicciones político-administrativas) la responsabilidad del ejercicio de algunas funciones que le son legalmente encomendadas y transferir los recursos necesarios para el desempeño de tales responsabilidades. Su objeto es doble: por un lado, hacer que se tomen decisiones con mayor cercanía a los usuarios y al sistema hídrico, y por el otro, descongestionar al nivel central. Lo que normalmente se desconcentra son: (i) las funciones que no implican actos de autoridad (por ejemplo, monitoreo y recolección de datos); y (ii) las funciones sustantivas que implican actos de autoridad, pero hasta un cierto umbral de relevancia (por ejemplo, entrega de permisos de uso o descarga hasta cierto caudal (CEPAL,1995).

En muchos casos, la unidad territorial óptima para este tipo de coordinación resulta ser la cuenca, lo que explica el interés que se observa en muchos países en crear instancias de concertación y coordinación a este nivel. Se trata normalmente de entidades colegiadas en cuya estructura directiva están representados los organismos del gobierno central, los usuarios de agua y, en algunos casos, los gobiernos locales.

En cuanto a la participación municipal en sistemas de coordinación y concertación a nivel de cuencas, así como de otro tipo, un problema común es encontrar una fórmula razonable que permita garantizar la operatividad de la representación, pues no tienen sentido los procedimientos impracticables o que dificultan el diálogo sin acrecentar la legitimidad de los procesos de participación y toma de decisiones (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002).

1.8. Saneamiento ambiental

El saneamiento ambiental básico es el conjunto de acciones, técnicas y socioeconómicas que garantizan la salud pública, que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental. Consiste en el mantenimiento de los elementos del medio ambiente (tanto naturales como aportados por el hombre) en condiciones aptas para el desarrollo del ser humano, en lo individual y en lo colectivo (OMS).

La mejora y conservación de la salud debe colocarse en el centro de las inquietudes sobre el ambiente y el desarrollo. En gran parte, la aparición de problemas ligados al medio ambiente fue consecuencia del crecimiento y desarrollo anárquicos de las comunidades humanas y la aparición del desarrollo tecnológico, en unos casos actuando de una manera directa sobre la salud humana y en otras ocasiones merced a una alteración o deterioro del medio ambiente. Muchas enfermedades de transmisión digestiva podrían ser evitadas si se redujeran los riesgos producto de los estilos de vida de la sociedad moderna, si se evitara la contaminación ambiental, si se garantizara el acceso al agua potable y el saneamiento ambiental, si se asegurara el acceso universal a las inmunizaciones y otros servicios básicos de salud, y si se preservara y protegiera el medio ambiente (ECURED, 2017).

1.9. Importancia del saneamiento ambiental

La importancia del saneamiento ambiental se puede puntualizar en las siguientes razones. El hombre necesita área suficiente para vivir y para la realización de sus actividades; por ello, es negativo que haya un ambiente congestionado, superpoblado, de hacinamiento. Para el mantenimiento de la

salud es indispensable que el ambiente tenga siempre suficiente aire puro, no contaminado.

Las aguas negras o de desecho deben desplazarse por conductos separados y no estar expuestas al peligro de mezclarse o confundirse con las aguas blancas, no contaminadas, o con aguas aptas para beber o potables. Deben mantenerse suficientes áreas verdes y cuidar de la vegetación en beneficio del desarrollo normal de nuestras actividades. Estas áreas contribuyen a la purificación del ambiente. El aseo, tanto en el domicilio como en las ciudades y poblados en general es básico para la conservación de la salud.

1.10. Matriz de análisis FODA

La matriz de análisis FODA, es una conocida herramienta estratégica de análisis de la situación de una determinada área. El principal objetivo de aplicar la matriz es ofrecer un claro diagnóstico para tomar las decisiones estratégicas oportunas y mejorar en el futuro. Su nombre deriva del acrónimo formado por las iniciales de los términos: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. La matriz de análisis FODA permite identificar tanto las oportunidades como las amenazas que presenta el territorio, y las fortalezas y debilidades que muestra el área de interés (Jiménez, 2013).

La matriz FODA se divide: oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades, las cuales se describen a continuación.

- **Fortalezas:** Son todas aquellas capacidades y recursos con los que cuenta la empresa para explotar oportunidades y conseguir construir ventajas competitivas. Para identificarlas podemos responder a

preguntas como: ¿qué ventajas se tienen en el área?, ¿qué recursos hay disponibles?, ¿cuáles son los puntos fuertes en los servicios básicos?

- Debilidades: son aquellos puntos de los que el territorio carece, de los que se es inferior a otros municipios o simplemente de aquellos en los que se puede mejorar. Para identificar las debilidades podemos responder a preguntas como: ¿qué perciben los habitantes como debilidades? ¿en qué podemos mejorar?, ¿qué evita que no sea una isla llamativa para el turismo?
- Oportunidades: representan una ocasión de mejora. Las oportunidades son factores positivos y con posibilidad de ser explotados buscando el desarrollo. Para identificar las oportunidades podemos responder a preguntas como ¿qué cambios tecnológicos, sociales, legales o políticos se presentan en nuestro territorio?
- Amenazas: Si identifica una amenaza con suficiente antelación podrá evitarla o convertirla en oportunidad. Para identificar las amenazas de nuestro territorio, puede responder a preguntas como: ¿qué obstáculos se pueden encontrar?, ¿existen problemas de financiación?, ¿cuáles son las nuevas tendencias que siguen en cuanto a técnicas de conservación?

1.11. Marco lógico

El marco lógico es una metodología que tiene el poder de comunicar los objetivos de un proyecto clara y comprensiblemente en un sólo marco o matriz. Su poder reside en que puede incorporar todas las necesidades y puntos de vista de los actores involucrados en el proyecto y su entorno (CEDEC, 2017).

El marco lógico es una herramienta que resume las características principales de un proyecto, desde el diseño e identificación (¿cuál es el problema?), la definición (¿qué hacer?), la valoración (¿cómo hacerlo?), la ejecución y supervisión (¿se está realizando bien?), hasta la evaluación (¿se ha logrado?).

La matriz de marco lógico debe constituirse en un documento de gestión esencial, para realizar un seguimiento adecuado del proyecto, tanto en su etapa de inversión como en la post inversión y evaluar, en todo momento, el nivel de cumplimiento en las metas de las actividades, componentes, resultados y fines, comparándolos con una línea de base, previamente elaborada, ejemplos:

- Planeación estratégica
- Desarrollo comunitario
- Conservación de la biodiversidad
- Saneamiento ambiental
- Capacitación y educación
- Mercadotecnia
- Cambios culturales
- Mejoramiento de la calidad de procesos y desempeño de las personas y organismos
- Investigación y obtención de información

2. METODOLOGÍA

2.1. Evaluación de estudios existentes

Se realizó una revisión y recopilación de los estudios o documentos disponibles relacionados en la isla. Dicha recopilación se enfoca en la obtención de datos meteorológicos, fotografías aéreas, mapas temáticos, imágenes satelitales, registros de pozos, resultados de reportes técnicos, estudios y artículos científicos. Para lo cual, se estableció visitas y entrevistas a instituciones públicas y privadas, tales como ANA, ENACAL, MAGFOR, MARENA, Centros de Investigación de las universidades, INETER, entre otros.

De igual manera, se realizó una revisión bibliográfica en la biblioteca de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS); en busca de estudios que pudieran dar pautas en cuanto a metodología y desarrollo estructural de la investigación; así como información relevante de interés.

La información relevante se incorporó en la base de datos del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de Great Corn Island y al sistema de información geográfica del mismo de acuerdo con su naturaleza.

2.2. Base de datos de la caracterización

Toda la información obtenida se incorporó en una base de datos digital con sus respectivos archivos físicos, los cuales fueron anexados al informe final de este estudio. Dicha base incluyó información referente a tablas (datos

recopilados), mapas, figuras, imágenes satelitales, imágenes áreas, gráficos, fotografías, entre otros. Para el almacenamiento, administración y tratamiento de la base de datos geoespaciales se trabajará con la versión 10.3 de ARCGIS.

2.3. Consulta de datos a la Alcaldía Municipal

Se llevó a cabo entrevistas y recopilación de datos e información en la Alcaldía de Corn Island, así como, a usuarios del recurso hídrico de diferentes sectores económicos, tales como, hoteles, centros urbanos. La recopilación se enfocó en identificar los sectores que utilizan mayor volumen de agua, los usuarios, ubicación de las fuentes de agua, posibles fuentes de contaminación, y toda información que permita un mayor entendimiento del contexto económico, social y de uso de los recursos hídricos.

2.4. Levantamiento de información primaria

2.4.1. Entrevista a grupos focales

Se utilizó esta técnica para interactuar con un grupo seleccionado al azar de la población y que se expresa de manera libre y espontánea sobre la temática planteada, esto con el propósito de recaudar información relevante de la población enfocándose en los problemas más sentidos en la isla. (preguntas ver anexo).

2.4.2. Inventario y georeferenciación de pozos

Se registraron las coordenadas, elevación sobre el nivel del mar de gran parte de los pozos existentes en el área de estudio. También se tomaron

mediciones de nivel estático y dinámico del agua (NEA, NDA), profundidad, diámetro, condiciones de protección del pozo y otras características necesarias para el correcto análisis de los resultados hidrogeológicos y de calidad de agua.

2.4.3. Medición de parámetros de calidad de agua en campo a pozos de abastecimiento

Se midieron los parámetros de campo (pH, conductividad eléctrica, salinidad, redox, saturación de oxígeno, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y temperatura) de cada uno de los pozos inventariados, tanto de pozos excavados como perforados.

2.4.4. Descripción geológica

Para este acápite se utilizaron datos de estudios anteriores; dado que ya se tiene una caracterización geológica del área.

2.4.5. Inventario de fuentes de contaminación

Se registraron las coordenadas, elevación sobre el nivel del mar de todos posibles focos de contaminación existentes, tanto puntuales como difusas en el área de estudio. El inventario contiene la tipología de la fuente de contaminación, posibles contaminantes, sector económico que la produce.

2.5. Elaboración de la caracterización y diagnóstico de los recursos hídricos

Los datos e información tanto primaria como secundaria se procesaron y posteriormente se analizaron, con el fin de generar un documento con el diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos de Great Corn Island.

En este acápite se incorporó todos los resultados de la caracterización y el diagnóstico y de los recursos hídricos de la zona de estudio; así como el diagnóstico de la situación administrativa y financiera de los servicios vinculados a los recursos hídricos. Las grandes actividades se agruparon en levantamiento de actividades de campo y la elaboración del diagnóstico de los RRHH de Great Corn Island, así como el Plan de Manejo de Recursos Hídricos.

También se realizó un diagnóstico de la contaminación de la isla; así como posibles medidas para evitar o disminuir este problema.

2.6. Elaboración del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

El plan de Gestión de los Recursos Hídricos de Great Corn Island, se basó en medidas, estrategias y planes en función de los resultados obtenidos en la caracterización y diagnóstico de los recursos hídricos de la zona de estudio, así como de los principales problemas encontrados en el área.

2.6.1. Análisis FODA y marco lógico

Para el análisis de variables se utilizaron herramientas de planificación tales como: análisis FODA y marco lógico. De acuerdo con ello se permitió

obtener una priorización de variables y partiendo de ahí se definieron las líneas de acción propuestas para el plan de acción de la isla.

2.6.2. Ejes de desarrollo

De acuerdo con la matriz FODA, se elaboraron ejes de desarrollo que van desde el tendencial, alcanzable hasta el óptimo, esto para visualizar a futuro lo que se desea desarrollar en la isla.

2.6.3. Líneas de acción para el plan de gestión de los recursos hídricos

En este acápite se describieron las líneas de acción y estrategias que garantice el aprovechamiento sostenible del agua en cantidad y calidad, optimizando el desarrollo socioeconómico de la isla. Además de estrategias para mejorar el saneamiento ambiental en la isla, para prevenir la contaminación y así mejorar la inversión y desarrollo turístico.

2.7. Elaboración del plan de acción de los recursos hídricos

Como resultado de todas herramientas utilizadas, se elaboró el plan de acción en la isla, el cual va enfocado a la gestión de los recursos hídricos con base en el saneamiento de la isla e incentivos en el turismo sostenible, esto para crear un ambiente próspero y donde se proteja los recursos naturales en ella.

Las distintas líneas de acción se traducen en un conjunto coherente de actividades, destinadas a desarrollar cada línea de acción con miras a lograr los objetivos específicos y por ende, el objetivo general del plan.

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SUS RECURSOS HÍDRICOS

La información descrita a continuación, se basó en extractos de investigaciones realizadas en el área, tales como: Informe Técnico de Diagnóstico y Propuesta Técnica de Prefactibilidad del Proyecto de Agua Potable de Great Corn Island (Mayorga, 2012), y Estudio Hidrológico e Hidrogeológico en Corn Island (PACCAS, 2015).

3.1. Localización del área de estudio

Great Corn Island está ubicada entre las coordenadas 12° 10' de latitud Norte y 83° 03' longitud Oeste, aproximadamente a 83.3 Km. al este de Bluefields ciudad principal de la costa Caribe de Nicaragua. Tiene una extensión territorial de 10 km² a como muestra la figura 1.

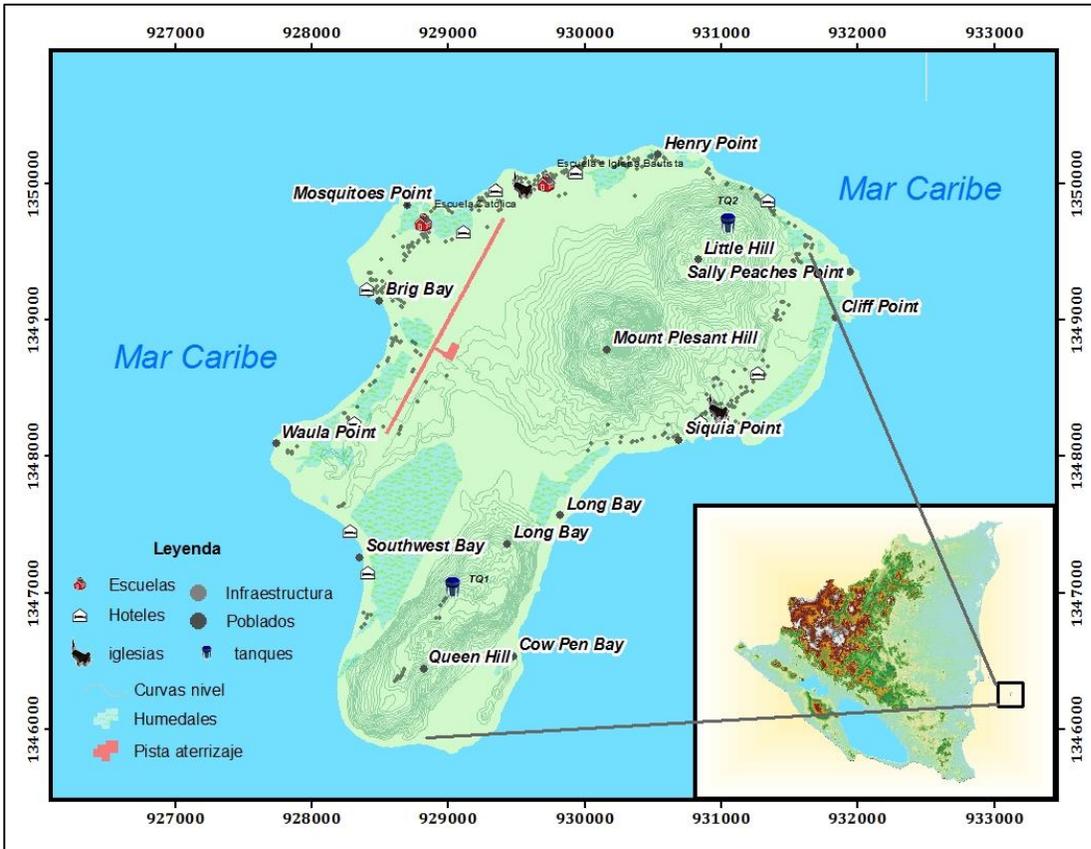
3.2. Clima

De acuerdo con la Clasificación de Köppen, Great Corn Island presenta un clima del tipo Monzónico Tropical (Am).

3.3. Precipitación

Para la estación de Corn Island la precipitación promedio anual en el 2005 fue de 2822; los meses de mayor precipitación son de mayo a septiembre. El promedio mensual fue de 235 mm. El período con menores precipitaciones son los meses de febrero y abril.

Figura 2. Macro localización



Fuente: elaboración propia.

3.4. Evapotranspiración

La evaporación media anual de la zona, según los datos tomados de la estación meteorológica de Bluefields, es de 1494 mm con máximos mensuales registrados entre marzo y abril cuando se registran 172.7 mm y 175 mm respectivamente, a partir de mayo la evaporación decrece hasta alcanzar sus mínimos valores en octubre y noviembre registrándose en estos meses 97 mm y 96 mm.

La ETP mensual calculada mediante el método Hargreaves, muestra un valor promedio anual de 1476 mm.

3.5. Temperatura

De acuerdo con los datos de la Estación de Bluefields, la temperatura media anual es aproximadamente de 25.8 °C. Las mayores temperaturas se presentan en abril y mayo registrándose promedios de 27.0 y 27.1 °C respectivamente; a partir de septiembre se observa un descenso de este parámetro hasta alcanzar su mínimo anual en enero al registrarse un promedio de 24.9.

3.6. Fenómenos naturales

La zona de Great Corn Island se considera como de Amenaza Alta por huracanes y otros tipos de fenómenos meteorológicos extremos.

3.7. Relieve

Great Corn Island es una isla de origen Volcánico en el Océano Atlántico de Nicaragua. Cubre un área de aproximadamente 10 Km² y tiene forma elongada en dirección NE-SO, conformada por una estructura geomorfológica de colinas y montañas, cuya base son los 40 msnm.

En la parte NE de la isla se encuentra una loma que tiene una altura de 70 msnm con pendientes que varía entre 0 - 15 % y estos cambios de relieve describen una costa de acantilados.

En dirección SO se localiza una elevación de relieve abrupto que alcanza las 85msnm con una pendiente que varía entre los 30 - 40 %. A partir de los 30msnm hasta la línea de costa el relieve es semiplano. Al SO también se observa una loma alargada, angosta en forma de domo que se conoce como Queen Hill y alcanza poco más de 60 m s n m. El cuerpo volcánico se eleva de forma abrupta formando acantilados y relieve escarpado y en su porción más al SO se presentan más deformada.

3.8. Geología

De acuerdo con las observaciones de campo Great Corn Island, está geológicamente formada por rocas volcánicas extrusivas de composición básica del tipo andesita-basalto en contacto con una formación de suelos residuales y aluviales (arenas). La descripción de las unidades geológicas se presenta en función de las características hidrogeológicas.

3.8.1. Formación de arena litoral

Esta formación está presente en Great Corn Island y está conformada por una acumulación de arenas producto del oleaje constante del mar, que arrastra detritos de rocas y material calcáreo (restos de moluscos, ostrácodos y corales entre otros).

3.8.2. Formación del cuaternario residual (Qr)

Los suelos recientes están formados por suelos arcillosos con algún contenido de limo y arenas. Esta formación ocupa el relieve más bajo de las dos islas. Las investigaciones de campo, principalmente el inventario de pozos

realizado para efectos del estudio, permitió conocer con mayor exactitud cuál es el espesor de los suelos en algunos sitios dentro de la isla.

El espesor de los suelos es bien variable, se observan mayores espesores en las partes bajas y a medida que el relieve aumenta hacia las partes altas, estos valores decrecen; aunque, en algunos puntos se observaron pocos afloramientos en los caminos con espesores de la capa del suelo mayor de 1 m.

3.8.3. Formación volcánica miocena tardío (Terciario)

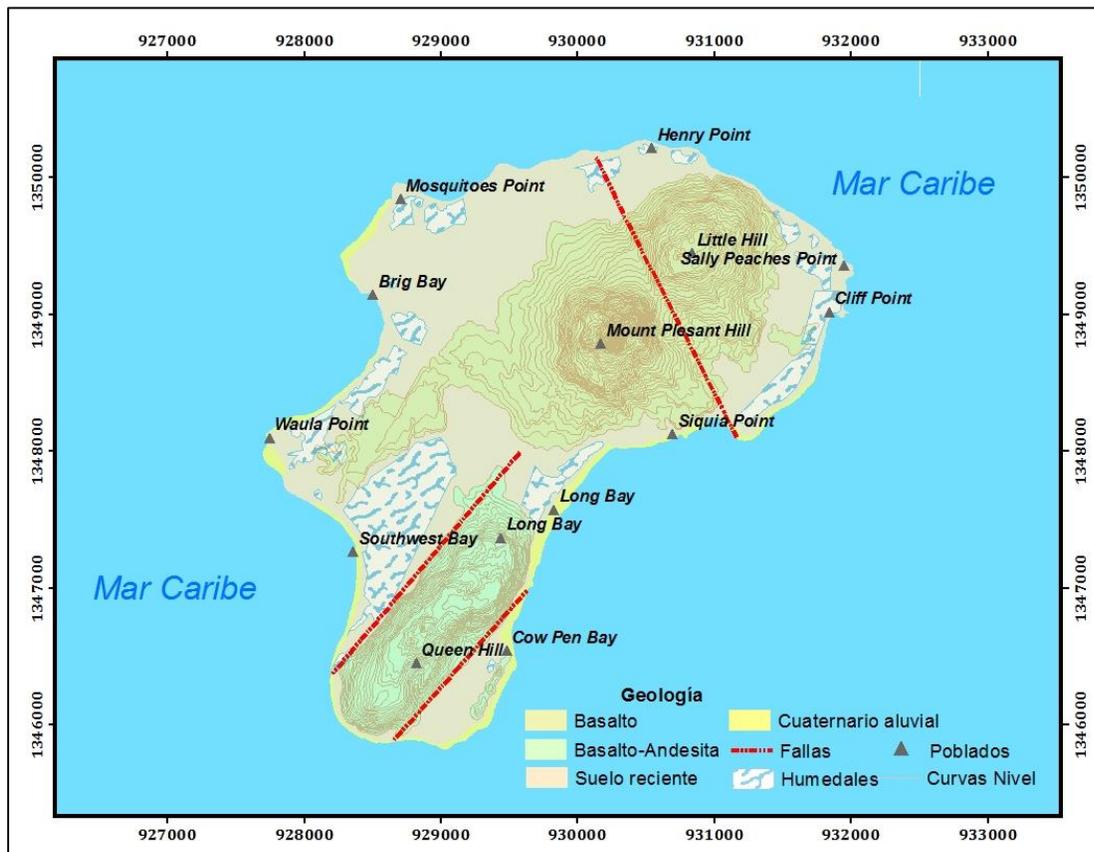
Esta formación volcánica está compuesta por una secuencia de basalto-andesita y la cual forma el basamento de las dos islas.

De acuerdo con McBirney-Williams, (1965), Great Corn Island está compuesta de basalto olivínico, también indica de la existencia de un sitio con ocurrencia de material piroclástico y de la misma manera, reporta la ocurrencia de rocas finamente estratificadas de pelagonitahialoclástica que se observan solo el pie del talud en la parte de Quin Point (en Great Corn Island) esta formación pelagonítica tiene un buzamiento 30 °S y aparentemente indica que es la parte frontal de un flujo subacuático de lava.

La pelagonita es un vidrio basáltico hidratado fragmental de color amarillo pálido o marrón amarillento, formado por la hidratación de hialoclastitas y por el intercambio de hierro, debido a la acción del agua subterránea o por la acción del agua de mar, en cuyo proceso gran parte de los minerales del flujo lávico se pierden, el hierro se oxida y se gana agua.

La hialoclastita es una brecha de origen volcánico rica en vidrio volcánico que se forma en erupciones bajo agua. La mayoría de las partículas son lapillis o cenizas.

Figura 3. **Geología de Great Corn Island**



Fuente: elaboración propia.

3.9. Uso de los suelos

En la zona de estudio predominan áreas de pasto, parcelas agrícolas no muy utilizadas, claros dentro de bosques y pasto natural en zonas con poca pendiente. Algunas áreas de pasto presentan árboles dispersos. Las actividades de cultivo anual y permanente se realizan al norte de la isla. Los bosques latifoliados abiertos y cerrados se distribuyen por toda la isla, mayormente en las lomas y cerros. Cabe señalar que en los bosques hay presencia de palmas, aunque las mayores concentraciones de cocos se localizan al extremo Sur. Los pantanos incluyen zonas llanas y bosques con palmas que están inundadas la mayor parte del año, los de mayor extensión se localizan al sur de la isla, identificándose también manglares en el área.

De acuerdo con estudios realizados en el área; a continuación, se presenta la descripción de los resultados del análisis de suelos realizado en Great Corn Island:

3.9.1. Orden Entisol

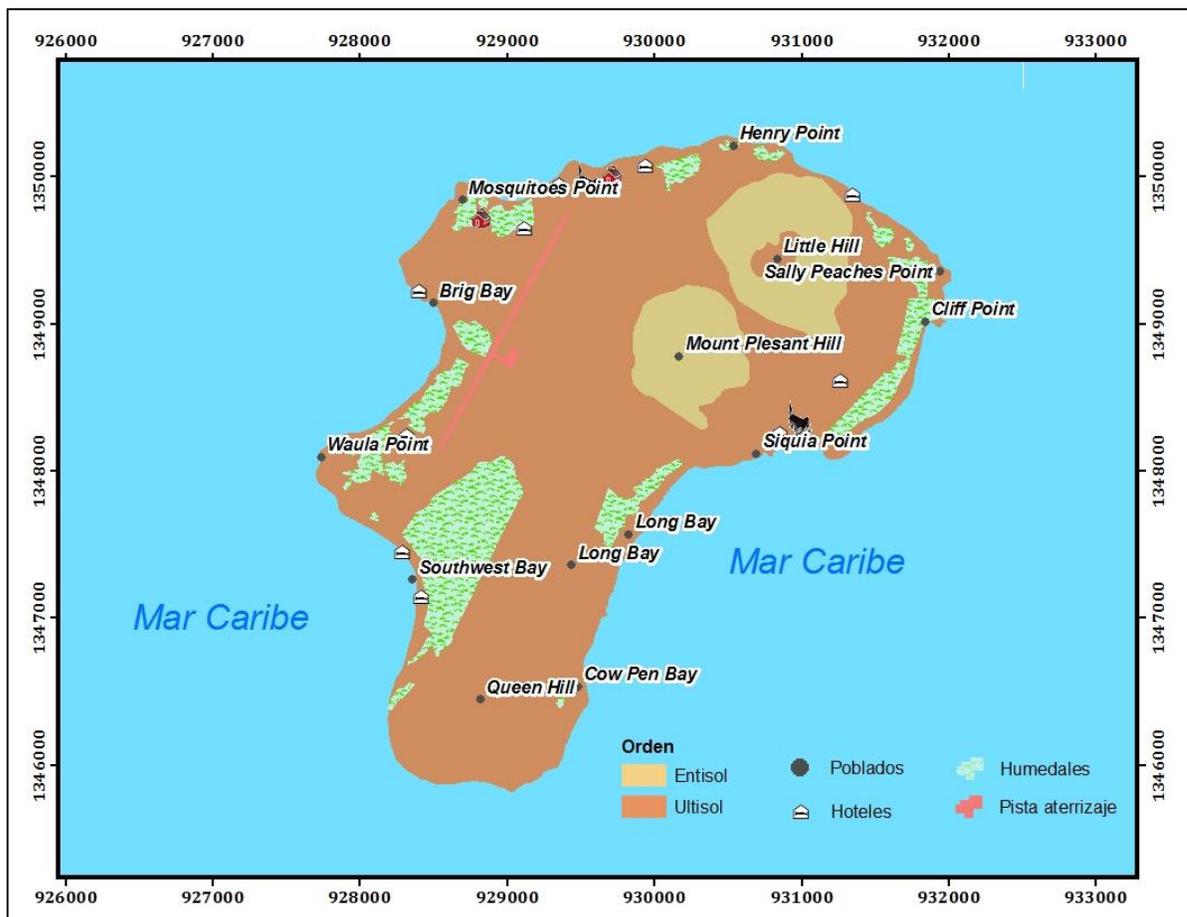
Son suelos que presentan escasa o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos. En Great Corn Island los entisoles se encuentran en suelos de relieve moderadamente escarpado a escarpado, con pendientes de quince a cincuenta por ciento (15 a 50 %) y erosión activa. Este tipo de suelo cubre el 15.4 % del área de Great Corn Island.

3.9.2. Orden Ultisol

Son suelos que se caracterizan por poseer un horizonte argílico, en el cual aparecen arcillas filosilicatadas traslocadas que contienen una cantidad

apreciable de arcilla aluvial y una saturación de bases menor de 35 %, la cual decrece con la profundidad, en Great Corn Island Cubren el 84.16 % del área de la isla.

Figura 4. Mapa taxonómico



Fuente: elaboración propia.

3.10. Caracterización socioeconómica

3.10.1. Población

Según el último Censo Nacional 2005, el municipio de Corn Island contaba con una población de 6 861 habitantes (INIDE, 2008). En el año 2015, la población era de 7, 467 habitantes (INIDE, 2015).

3.10.1.1. Turistas

La población flotante que está compuesta de turistas y visitante foráneos es de aproximadamente 1,582 personas por mes, cabe destacar que este dato incluye la isla pequeña (EMACI, 2015).

3.10.2. Vivienda

Según el censo 2005 del INIDE en el municipio existen 1,659 viviendas de las cuales 1,315 se encuentran ocupadas. Del total de viviendas existentes hay algunas que no se consideran adecuadas para ser habitadas dado que el piso es de tierra, con paredes y techos que no son de calidad ni de buena estructura u otras anomalías en su estructura.

Muchas de las viviendas están construidas de madera, con techos bastante inclinados, sin verjas y construidas al estilo 'tambo', es decir sobre pilotes, y sin grandes diferencias en su estilo y ubicación, según niveles socioeconómicos. En la actualidad en los centros poblados estas diferencias son cada vez más visibles, ya que existe un rápido crecimiento en las áreas centrales de modernas casas de concreto, que conservan cada vez menos los estilos arquitectónicos típicos de la región.

3.10.2.1. Establecimientos comerciales

Como principales establecimientos en la isla están: hoteles (6), hospedajes (20), bares (10), Pulperías (108), Cafetines (2), Farmacia (3), Empresas Pesqueras (2), Banco (1), Gasolinera (2), Aerolíneas (1).

3.10.3. Educación

Según el Ministerio de Educación (MINED), en Great Corn Island existen centro de educación: 9 centro formales de nivel de preescolar, 8 centro de primaria regular y dos centros de secundarias, también existe programa de educación bilingüe, además de la Bluefields Indian y Caribbean University con muchas opciones de educación superior. Los y las jóvenes que concluyen la educación media también tienen como alternativa educacional continuar estudios en los centros de Managua o en Bluefields, lo que hacen en dependencia de los recursos económicos disponibles.

3.10.4. Salud

Según el Ministerio de Salud, en la isla grande existen un centro de salud tipo A. En el centro de salud se brinda atención odontológica, laboratorio, farmacia, emergencia, URO, atención de partos, epidemiología (tuberculosis, inmunizaciones), enfermedades transmitidas por vectores, atención general, higiene y educación y otros programas. Además del avance en la construcción de un hospital que tendrá más de 30 camas, y tiene un área total de 3,622 metros cuadrados, además cuenta con seis edificios, emergencia, administración, consulta externa, farmacia, quirófano, entre otros.

3.10.5. Economía

En Great Corn Island la economía está constituida por 3 sectores: sector primario, secundario y terciario. La mayor parte de la población se dedica a la actividad pesquera y a la actividad turística, ésta última se considera una alternativa económica que actualmente se desarrolla con fuerza en el municipio.

El sector primario representado por la agricultura (a pequeña escala debido a la alta salinidad de los suelos en el área), ganadería y pesca artesanal, el sector secundario representado principalmente por la pesca industrial, seguido del sector terciario que incluye comercio y turismo.

En el municipio se está llevando a cabo la conformación de las pequeñas y medianas empresas con ayuda del gobierno central, mediante los programas de MYPYME, revitalización de la cultura y CARUNA. En las que se resaltan la actividad artesanía, panaderías, talleres de costura, entre otros.

Según INIDE, en el municipio de Corn Island la población que goza de un trabajo permanente es: hombres (15-29= 325), (30 a más=454) y las mujeres (15-29 = 192) (30 más=277).

3.10.5.1. Sector industrial (Turismo)

El Mercado Turístico es donde confluyen la oferta de productos y servicios turísticos y la demanda que está interesada y motivada en consumir esos productos y servicios turísticos. Se basa en unos recursos (potenciales que posee un núcleo turístico para atraer y motivar a los turistas) e infraestructuras (elementos fijos que componen el mercado para atender las necesidades de los turistas) para atraer y prestar los correspondientes servicios a los turistas. Estos

productos y servicios turísticos deben competir en el mercado frente a otros para conseguir una sólida demanda.

En los últimos años se ha incrementado notoriamente la visita de turistas al municipio, los cuales son atraídos por su belleza natural. Las islas no cuentan con infraestructura que dé cobertura a la gran demanda turística generada últimamente, es por eso por lo que en los últimos cinco años se han impulsado diferentes proyectos turísticos que pueden alterar los sistemas naturales de las islas, interrumpiendo la interacción necesaria para lograr un equilibrio entre ambiente natural y construido.

Debido a las condiciones climáticas, topográficas y la fragilidad de su ecosistema (presencia de humedales, arrecifes de coral, reducidas extensiones de bosques etc.), el tipo de turismo a desarrollar en la isla debe estar en concordancia con los recursos que posee y su sustentabilidad. Es por eso que el turismo de bajo impacto ambiental es el ideal a desarrollar en el municipio, ya que éste contempla la realización de una serie de actividades que no afectan o causan impactos negativos al medio ambiente natural y cultural que caracteriza al municipio.

En este sentido, la alcaldía de Corn Island cuenta con una oficina de Turismo Sostenible la cual pretende impulsar actividades turísticas respetuosas con el medio natural, cultural y social, y con los valores de una comunidad, que permita disfrutar de un positivo intercambio de experiencias entre residentes y visitantes (fuente: sitio web Alcaldía de Corn Island).

3.10.6. Agua potable

La fuente de suministro de agua de los pobladores de Great Corn Island, la constituyen la captación de aguas subterráneas, mediante 9 pozos cavados que forman la red de distribución de la Empresa de Agua de Corn Island (EMACI). Existen tanques de almacenamiento de agua. De estos tanques dos tienen la capacidad de doce mil galones están ubicados en Sally Peachie y una de cinco mil galones ubicado en Queen Hill, además de un tanque de 20,000 litros en el barrio South End camino al basurero municipal.

El servicio de agua potable que brinda a la municipalidad es de 21,186 m³ de agua que se bombea mensual y lo que se consume es de 18, 936 m³. Actualmente hay 6,720 habitantes servidos equivalentes a 1,120 viviendas con conexión domiciliar (fuente: EMACI).

3.10.7. Alcantarillado sanitario

En Great Corn Island no se cuenta con sistemas de alcantarillado sanitario ni drenaje pluvial. Las aguas servidas se disponen en fosas sépticas, y/o el uso de letrinas.

Conforme va en crecimiento la población; uno de los mayores problemas que esto trae consigo es la contaminación ambiental ante la falta de un lugar adecuado para procesar la basura. Como consecuencia del mal manejo que se la da a la basura domiciliar existen constantes brotes de enfermedades que afectan sobre todo a la población infantil. No existe un lugar único y adecuado para depositar los desechos sólidos y se carece de un sistema de recolección y tratamiento de la basura.

3.10.8. Recolección y disposición de residuos sólidos

La recolección de residuos sólidos lo realiza la municipalidad. Este servicio se brinda a parte de los sectores de Brig Bay, Sally Peach, North End, South End y cierta área de La Loma. La recolección se realiza a través de 2 camiones recolectores que circulan por las principales calles de la isla con frecuencia diaria de lunes a viernes. El personal está compuesto por 2 conductores y 2 ayudantes.

Los desechos sólidos una vez recolectados son depositados en el basurero central, ubicado en el centro de la ciudad, los cuales son vertidos a cielo abierto. Esta basura incluye los desechos hospitalarios que, sin ningún tratamiento ni clasificación, son tirados junto con el resto de desechos que se recolectan en la isla

En las áreas de los diferentes sectores donde el sistema de recolección no es cubierto por el servicio, se localizaron a través del levantamiento de campo diferentes basureros ilegales que la población utiliza a manera de depósito. Dentro de éstos se contemplan numerosas áreas de humedales en donde se observa todo tipo de desechos orgánicos e inorgánicos. No se obtuvieron datos sobre la densidad de basura, la capacidad, ni el tiempo disponible de operación de los basureros que funcionan actualmente.

3.11. Hidrología

La hidrología de la Isla se limita a pequeñas corrientes efímeras que solo toman lugar durante las lluvias extremas; luego desaparecen. El agua superficial está limitada a los diferentes humedales que forman parte del sistema subterránea, actuando como zonas de descarga del acuífero.

Se ha definido la red de drenaje de acuerdo con el modelo de elevación digital. El relieve volcánico en Great Corn Island se describe un drenaje radial concéntrico hacia afuera de Mt. Pleasant y Queen Hill, en dirección a los humedales y el Mar Caribe.

La mayor parte de las corrientes son de poca longitud. Solamente entre las dos mayores elevaciones hacia el sureste y al suroeste se describen drenajes entre 800 - 900 m respectivamente.

El drenaje se presenta radial a partir de las elevaciones de Mt. Pleasant y Queen Hill. La dirección de las corrientes es en todas las direcciones con origen en las partes altas de las colinas hacia las partes más bajas. No se localizó ninguna corriente permanente. La distribución de los cauces es paralela, lo que evidencia el dominio estructural de fallas y fracturas. Todos estos pequeños cauces representan para la isla vías de flujo preferencial para infiltración de agua hacia el acuífero. Dada la distribución paralela de la red de drenaje se describen cuencas muy pequeñas.

La formación de numerosos humedales en la isla es evidencia de la baja altitud del relieve en estos sectores, en los que la altura del terreno es cercana al nivel medio del mar. Aquí ocurre la descarga del agua subterránea en la ribera de las Islas y en la depresión formada al Suroeste.

Se realizó el balance hídrico superficial para la Isla de Corn Island por el método de Thornwhite, que toma en cuenta la posición del área de estudio, de la cual dependen las condiciones de radiación que provocan la evapotranspiración. Se calcula el exceso de escorrentía superficial.

Tabla I Balance hídrico superficial de Great Corn Island

BALANCE HIDRICO POTENCIAL THORNTHWAITE MODIFICADO													
Corn Island													
Tipo de Suelo	Ultisol		CC(mm)		151.0								
Area (km²)	10.30 km²		Lat :		12.2 °								
			Long :		-83.1 °								
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T	25.32	25.83	26.57	27.43	27.95	27.74	27.48	27.55	27.39	26.62	25.73	25.52	26.76
i	11.7	12.0	12.5	13.2	13.5	13.4	13.2	13.2	13.1	12.6	11.9	11.8	152.2
ETPm	111	120	134	151	162	158	152	154	150	135	118	115	1662
No. Dias	31.0	28.3	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	30.44
Horas Sol	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
ETP	115	113	138	151	168	158	157	159	150	139	118	119	1687
P	309.3	21.4	19.0	18.7	435.4	207.9	318.9	337.7	303.4	116.5	534.3	171.6	2794.1
P-ETP	194	-92	-119	-132	268	50	161	179	153	-23	416	53	1107
ALMA	151.0	59.2	0.0	0	151	151	151	151	151	128	151	151	1395
D.ALMA	0.0	-91.8	-59.2	0	151	0	0	0	0	-23	23	0	0
ETR	115	21	19	19	168	158	157	159	150	117	118	119	1320
EXC	35.8	37.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1	12	33	32	151
Qsup(mm)	6.56	1.22	1.082	1	10	9	9	9	9	7	7	6.76	75
DEFICIT	0.00	0	19.00	19	17	7	6.4	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	76
Qsup(m³)	67.5256	12.5483	11.1410	10.9651	98.3873	92.5260	92.3080	93.1255	88.2090	68.3122	69.4652	69.5819	774.10
Qsup(MMC)	0.6955	0.1292	0.1148	0.1129	1.0134	0.9530	0.9508	0.9592	0.9086	0.7036	0.7155	0.7167	7.97

Fuente: PACCAS, 2015

La lluvia promedio de 2794 mm anuales provoca una escorrentía superficial de 774.1 m³ en escurrimiento y escorrentía superficial. Este volumen oscila entre 0.1 x 10⁶ m³ a 0.9 x10⁶ m³ mensuales, que suman un total de 7.97 X 10⁶ m³/anuales de escurrimiento y escorrentía superficial (PACCAS, 2015).

3.12. Hidrogeología

En Great Corn Island se monitorearon 56 pozos a los que se tuvo acceso en la isla; los que incluyen los pozos de EMACI (tanto los que abastecen actualmente la isla como los nuevos aun no incluidos al sistema), pozos de uso privado y pozos de uso comunal.

La profundidad de los niveles en los pozos monitoreados oscila entre los 0.97 - 6.8 m. La superficie freática presenta una estricta correlación con la elevación del terreno. Se puede apreciar que donde la elevación es de 0.7 m

sobre el nivel del mar, la profundidad del agua es de cero metros. Esto conduce a pensar que en los bordes de la isla existe una barrera hidráulica.

Como se anotó en la geología del área, ésta se presenta compleja. Está definida principalmente por dos cuerpos volcánicos distintos el de Mt Pleasant y el de Queen Hill. Estos están representados por las dos elevaciones alargadas en dirección NE-SO.

Las rocas basálticas toleíticas de Mt. Pleasant se presentan más compactas, en cambio las de Queen Hill son más granulares, lo que les confiere diferenciación en las características Hidrogeológicas, estas últimas se muestran más permeables.

Con respecto a la alteración (intemperización), descrito en el apartado de geología, la capa intemperizada, esta se presenta discontinua y tendiendo a aumentar a medida que disminuye la pendiente.

De la geología se deriva que el medio hidrogeológico se presenta principalmente poroso y fracturado en la mayor parte de la isla. Las dos lomas presentan capas meteorizadas, así como grietas fallas y fracturas que sirven de vías de flujo preferencial de infiltración al acuífero somero. Las fallas señaladas y las estructuras que definen el drenaje de la Isla pueden servir de vías para la infiltración del agua alimentando el acuífero en profundidad.

La descripción litológica de la muestra el perfil general de las condiciones del terreno en Corn Island. En total se tiene aproximadamente 10 m de acuífero conformado por la capa aluvial, el suelo arcilloso y la capa meteorizada y fracturada de la parte superior de la roca. Estos datos se utilizan para las Unidades Hidrogeológicas del Acuífero en el modelo conceptual.

La dirección de flujo en general es desde el centro a las periferias de la Isla. Predominan los flujos hacia el NO desde Mt. Pleasant y hacia el SO desde Queen Hill. La particularidad es al oeste de Queen Hill donde se observa que la mayor dirección de flujo es hacia el humedal vecino de esta loma.

4. DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS VINCULADOS A LOS RECURSOS HÍDRICOS

La situación financiera para la gestión del recurso hídrico es un tema complejo. Debido a que es esencial para la sociedad humana, se le considera frecuentemente como un bien de propiedad común y se asigna al estado o a la comunidad la responsabilidad de regular su acceso y uso de acuerdo con los recursos financieros y humanos con el que cada municipalidad cuenta.

4.1. Empresa Municipal de Agua de Corn Island (EMACI)

La distribución de agua potable está bajo la administración de la Empresa Municipal de Agua de Corn Island (EMACI). El servicio de agua beneficia a los 6 sectores del municipio incluyendo infraestructuras turísticas e industrias existentes en el área.

La empresa EMACI cuenta con tres oficinas en el área administrativa: una oficina de Gerencia, comercialización, contabilidad y una oficina de bodega de almacenamiento de materiales. En referencia a los recursos humanos disponibles para brindar el servicio. Actualmente hay 4 personales de mantenimiento, 1 operador para el acueducto Little Corn Island y 7 del personal administrativo que equivale a 12 personas (11 activos en sus funciones).

La disponibilidad de recursos financieros es limitado, debido a que la empresa en años anteriores tenía unas deudas con ENEL, por lo que esa deuda se ha estado reduciendo anualmente para volver a levantar a la empresa y destinar fondos para inversiones nuevas; sin embargo, la alcaldía de Corn Island en los últimos cuatro años ha invertido a la empresa anualmente un

proyecto para ayudar a mantener el sistema y, a su vez, hay mucha gestión de proyectos de agua potable con donantes como el banco mundial que ya está por dar inicio la segunda etapa del proyecto de agua con la construcción de 6 pozos nuevos, existen otras gestiones de financiamiento en proceso para mejoras de servicio tanto en cantidad, calidad y a la vez preservando el medio ambientes y las fuentes de agua existentes.

Hay aproximadamente 1,120 viviendas con conexión domiciliar a las que presta servicio EMACI, donde la tarifa promedio mensual por vivienda es de C\$ 280, equivalente a US\$ 9.50, de lo que se obtiene aproximadamente una facturación promedio mensual de 335,248 equivalente a US\$ 11,200 por servicio de abastecimiento de agua. EMACI cuenta con fondos disponibles propios y fondos proporcionados por el gobierno de Nicaragua para la administración, operación y mantenimiento de la empresa. Cada dos años se realiza el mantenimiento de la infraestructura abarca cambio de válvula sectorial, pintura y cambio de tuberías, la limpieza y saneamiento de los tanques se realiza cada tres meses.

4.2. Empresa Municipal de Energía de Corn Island (EMECI)

El servicio de energía eléctrica en CORN ISLAND es proveído por la Empresa Municipal de Energía de CORN ISLAND (EMECI), propiedad de la municipalidad y cuya Junta Directiva está integrada por los concejales de la isla. La empresa se abastece de una estación que empezó a operar en 1993, suministrando tres horas diarias de energía con una cobertura de 300 abonados.

Para 1998, se dio una ampliación de la red obteniendo la planta una capacidad instalada de 710 kW., distribuida en dos generadores marca

Caterpillar que se encuentran ubicados en la Isla Grande en el sector de South West Bay. Actualmente, la red tiene una cobertura de 1300 abonados, abasteciendo al sector domiciliario, hospital local, locales turísticos y servicios administrativos como la Alcaldía de Corn Island, EMACI, ENITEL, etc. Esta empresa no brinda servicio a las industrias existentes en el municipio, ni a los pozos generadores de agua de la empresa EMACI, por lo que estas tienen que trabajar con planta propia.

En cuanto al alumbrado público, existe una cobertura de 32 % en toda la isla. Éste carece de mantenimiento adecuado presentando deterioro, debido a la presencia de contaminación salina.

El gobierno de Nicaragua tiene en futuros proyectos invertir en energía limpia renovable en la costa caribe, asimismo en Corn Island se analiza la instalación de una planta de energía eólica que garantizará un servicio eléctrico de calidad para sus pobladores y así resolver el problema de energía que presentan habitantes de algunos sectores que carecen de este servicio en la isla.

4.3. Saneamiento ambiental en Great Corn Island

Los problemas más importantes de la población son tres: la salud, a causa de la falta de instalaciones sanitarias y poco personal médico especializado, la educación, de difícil acceso por los bajos salarios y la sobrecarga de trabajo de los docentes; y el medio ambiente en tanto las condiciones de acceso sostenible a servicios básicos de saneamiento y agua potable, ya que se encuentran con problemas serios en la manipulación de los residuos (no existe sistema de alcantarillado, por ejemplo), varios botaderos clandestinos y mala

gestión de los desechos peligrosos y no peligrosos, además no toda la población recibe agua potable.

4.4. Análisis sobre el estado de los servicios públicos en Great Corn Island

Con respecto a los servicios básicos que presta la municipalidad se concluye que se necesita más capital financiero y humano, además de capacidad técnica para atender las necesidades básicas de la isla enfocados en el bienestar social, ya que en este momento la alcaldía no puede solventar los servicios para procurar una buena calidad de vida de los habitantes en la isla.

Las personas de escasos recursos constituyen el grupo de población, más vulnerable a enfermar e incluso hasta morir por causa de agua de mala calidad y un ambiente contaminado por la deficiente eliminación de excretas y basura, esto sumado a las mala condiciones higiénicas. El suministro inadecuado de agua potable y la inexistente cobertura de alcantarillado sanitario tienen como resultado una alta frecuencia de que la población padezca enfermedades, de los cual se derivan costos significativos tanto para las familias pobres como para la sociedad.

5. DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LA CONTAMINACIÓN DE LA ISLA

5.1. Recursos hídricos

El diagnóstico tiene como objetivo proporcionar conocimiento de la situación actual de los recursos hídricos de Great Corn Island, para ello, fue necesario analizar los datos de la caracterización del área de estudio, por lo que el diagnóstico se basó en los resultados de dicha caracterización.

Great Corn Island no cuenta con fuentes de agua superficial que puedan ayudar a solventar y mejorar el abastecimiento de agua a la población, por lo que el sistema de abastecimiento funciona con 9 pozos propiedad de EMACI y recientemente, el NUEVO FISE ejecutó la construcción de 6 pozos, los cuales serán administrados por EMACI para ser incorporados a la red del sistema de distribución existente.

5.2. Niveles de los pozos de abastecimiento

Para tener conocimiento de los comportamientos de los niveles de agua en época seca y época lluviosa; se realizó un monitoreo de los niveles dinámicos (ND) y estáticos (NEA) del agua en los 9 pozos de EMACI (medición realizada de la superficie del terreno hasta la lámina de agua); así como en los 6 pozos construidos por el NUEVO FISE y que en un futuro cercano serán incorporados a la empresa de agua de Corn Island, dicho monitoreo se realizó en los meses de abril a noviembre del 2016, los resultados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla II. **Comportamiento de los niveles de agua de abastecimiento de la empresa EMACI de los pozos 1-9**

Nombre Pozo	Abril		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	NEA	ND	NEA	ND	NEA	ND	NEA	ND	NEA	ND
Pozo 1	-	2.8	-	3,41	-	3,43		3,43		3,26
Pozo 2	0.97	-	1,51	-	-	1,66		1,67		1,47
Pozo 3	-	2.69	-	3,63	3,03	-		3,51		3,41
Pozo 4	-	4.91	-	5,92	-	5,85		5,88		5,68
Pozo 5	-	4.63	-	5,37	-	5,12		5,31		4,99
Pozo 6	-	2.73	-	3,07	-	3,32		3,3		3,22
Pozo 7	-	2.63	2,45	-	2,46	-	2,46		2,49	
Pozo 8	-	2.78	3,28	-	-	3,17		3,29		3,31
Pozo 9	-	2.6	6,72	-	-	6,81		6,74		6,4

** NEA: Nivel estático del agua en metros. ** ND: Nivel dinámico del agua en metros.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

De acuerdo con la tabla, existe un descenso en los niveles dinámicos del agua en los meses de agosto, septiembre y octubre, los cuales pertenecen a la época lluviosa; en comparación con el mes de abril. Si bien el monitoreo muestra un descenso del nivel del agua, no se logró determinar la causa; pero una de las hipótesis es que los niveles bajan por mayor extracción de agua en esos meses, ya que puede coincidir con la época donde las industrias del sector pesca tienen mayor producción y exportación de pescado, esto sumado a una mayor afluencia de turista tanto nacional como extranjero.

5.3. Demanda del recurso agua de la población en la isla

Para conocer la población a dotar de agua para este estudio, se tomaron en cuenta los datos del INIDE (2015), y se utilizó el método de proyección geométrica recomendado por Normas Técnicas NTON 09001-99 de INAA, lo cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$P_n = P_o(1 + r)^n,$$

Donde:

P_0 : Población del año base

P_n : Población futura en el año “n”

R: Razón de crecimiento

De acuerdo con la población base (año 2015), con una tasa de crecimiento anual de 2.5 % se estima la población para cada uno de los años desde 2015 hasta los 2035 (20 años de período de análisis).

En cuanto a los cálculos realizados, se estima un crecimiento de la población en Great Corn Island de 12,171 habitantes en los 20 años de proyección.

La dotación de agua según las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua (NTON 09 003-99) de INAA es de 95 l/hab/día, por lo que se obtiene una demanda de agua de 10 l/s actualmente y el año 2035 se requerirán 23 l/s, esto incluye la dotación para uso comercial, público e institucional con el 7 % de la dotación doméstica y el consumo industrial con el 2 % respectivamente, además de la turística.

5.4. Oferta de agua para la población de la isla

La oferta actual de agua es de 290 gpm (18,3 l/s), lo cual satisface la demanda calculada para el año 2015 que es de 215 gpm (13.6 l/s) y también satisface la demanda estimada para el año 2025 que es de 277 (17.4 l/s). Sin embargo, para el año 2035 la demanda se satisface en un 78.9 %, lo cual supone que se deben buscar alternativas viables para superar el déficit, entre las cuales podrían ser las captaciones de agua de lluvia y la construcción de nuevos sistemas de abastecimiento (PACCAS, 2015).

5.5. Análisis de calidad de agua de los pozos de abastecimiento

Se realizaron análisis de calidad de agua en los 9 pozos que son usados para el abastecimiento de agua de la población de Great Corn Island, dichos análisis se efectuaron entre los meses de mayo y agosto del 2016; los cuales estuvieron a cargo del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos en Nicaragua (CIRA), entre los parámetros analizados están: fisicoquímicos, hidrocarburos, metales pesados y bacteriológicos.

Tabla III **Resultados de los parámetros fisicoquímicos de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9**

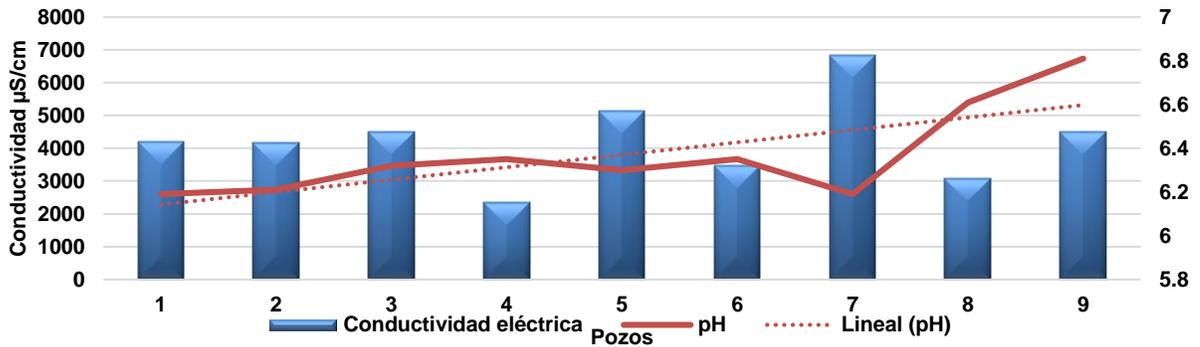
Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Valores Admisibles CAPREE
Turbidez (UNT)	1	0,60	1,85	0,50	0,30	0,40	1,50	1,10	0,40	5
pH	6,19	6,21	6,32	6,35	6,30	6,35	6,19	6,61	6,81	6,5 - 8,5
Conductividad (µS/cm)	4180	4150	4490	2340	5140	3480	6840	3090	4500	0-400
Salinidad (%)	2,2	2,2	2,4	1,2	2,8	1,8	3,8	1,6	2,4	-
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	2485,61	2516,1	2829,52	345,77	3234,79	2090,45	4406,72	1825,09	2842,41	0-1 000
Color Verdadero (mg/L Pt - Co)	< 5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	15
Dureza Total (mg/L)	1000	990	1115	580	1240	785	1 645	855	745	SR
Alcalinidad Total (mg/L)	53	48	140	50	50	105,01	40,01	145,02	145,02	SR
Alcalinidad a la Fenolftaleína (mg/L)	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	SR
Silice Reactivo Disuelto (mg/L)	40,44	42,95	42,74	45,15	42,94	59,66	39,82	44,75	51,8	SR

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

5.5.1. Conductividad eléctrica y pH

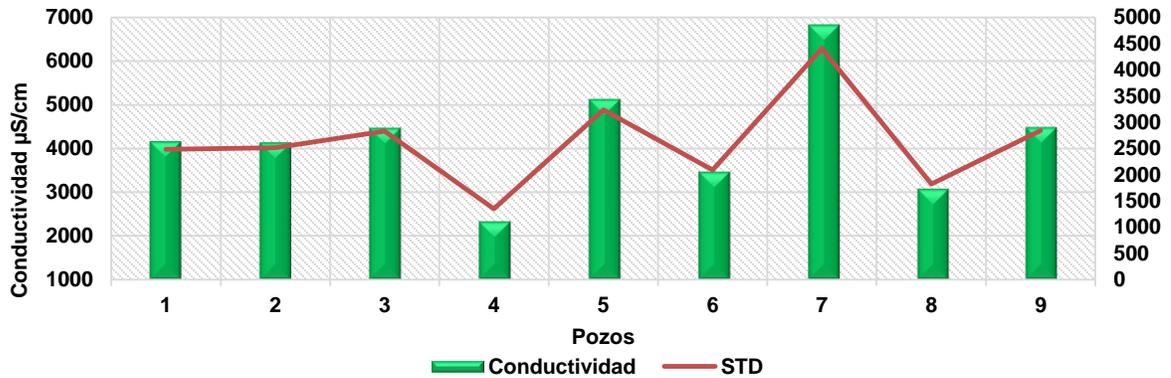
Los valores de conductividad eléctrica en los 9 pozos se encuentran por encima de la norma CAPRE, cuyo valor recomendado es de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta alteración podría ocasionarse por la relación entre los iones cloruros y sodios, el pH interviene en muchos de estos procesos de intercambio iónico.

Figura 5. Relación conductividad eléctrica y pH de acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos del pozo 1-9



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Conductividad eléctrica y STD de acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos del pozo 1-9



Fuente: elaboración propia.

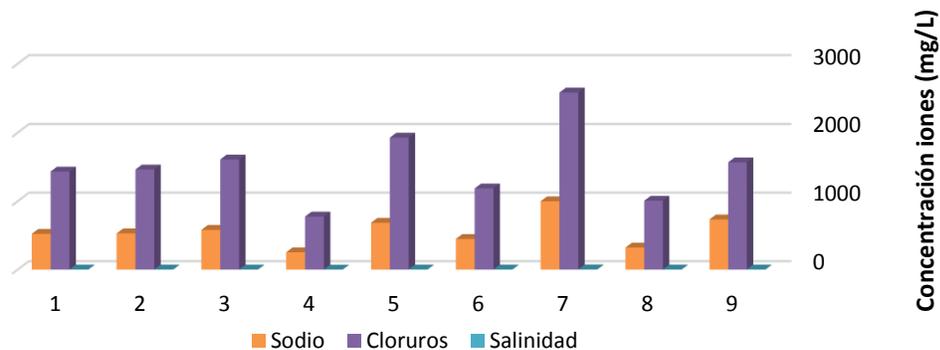
La conductividad eléctrica es una forma indirecta de medir la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene el agua natural; cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas.

La determinación de sólidos disueltos totales (TDS) mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) en el agua. En el siguiente gráfico se puede observar que los valores de conductividad son directamente proporcionales a las concentraciones de sólidos totales disueltos en los 9 pozos.

5.5.2. Salinidad

Los resultados de salinidad oscilan entre los 1.2 a 3.8 UPS, cuyos valores no están regulados en la Normas CAPRE, sin embargo, es un parámetro indicador de que existe un intercambio iónico donde participan principalmente el cloruro y el sodio; además de otros elementos como bicarbonatos, sulfatos, calcio, magnesio, potasio.

Figura 7. **Relación de salinidad y con iones de sodio y cloruro de acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos del pozo 1-9**



Fuente: elaboración propia.

5.5.3. Resultados de análisis bacteriológicos en los pozos de abastecimiento

En condiciones naturales, el agua de los acuíferos rara vez presenta contaminación bacteriológica natural; sin embargo, la calidad de las aguas se ve afectada por la generación de diferentes microorganismos nocivos a la salud debido a las actividades antropogénicas. En la tabla III, se presentan los resultados del agua de los pozos de abastecimiento para consumo humano (EMACI), donde se refleja contaminación bacteriológica.

Tabla IV. Resultados de análisis bacteriológico de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Valores Admisibles CAPRE
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	110	4,50	2	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	Negativo
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	2	4,50	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	Negativo
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	2	2	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	Negativo

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

5.5.4. Resultado de análisis de metales del agua de abastecimiento de la empresa EMACI

En la siguiente tabla se puede observar elevadas concentraciones de plomo en los pozos 1, 4 y 7. Además el pozo 7 tiene concentración de 9,43, la cual está por debajo del rango máximo de la norma; no obstante, la presencia de plomo en este pozo es considerable.

Tabla V. **Resultado de análisis de metales pesados de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9**

Metales Pesados	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	CAPRE		OMS (µg/L)	
										(µg/L)	(mg/L)		
Arsénico (µg/L)	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	10	0,01	10
Cadmio (µg/L)	0,76	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,38	<0,15	<0,15	<0,15	50	0,05	3
Cromo hexavalente (µg/L)	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	NR	NR	-
Cromo total (µg/L)	1,44	<0,46	0,96	<0,46	<0,46	1,94	9,24	1,39	<0,46	<0,46	50	0,05	50
Manganeso (µg/L)	54,07	6,14	1,71	4,96	2,32	2,26	6,95	4,03	<1,16	<1,16	500	0,05	400
Mercurio (µg/L)	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	1	0,001	1
Plomo (µg/L)	16,40	<0,84	<0,84	23,85	<0,84	<0,84	9,43	<0,84	<0,84	<0,84	10	0,01	10
Zinc (µg/L)	50,40	<35,95	44,40	71,15	<35,95	<35,95	264,9	<35,95	41,05	41,05	3000	3	3000

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Las posibles fuentes del plomo en el agua de consumo son las tuberías, soldaduras, accesorios o las conexiones de servicio a las casas. Cabe destacar que la cantidad de plomo que se disuelve depende del pH, temperatura, dureza del agua y el tiempo de contacto; puesto que el plomo es más soluble en aguas blandas y ácidas. El valor de referencia en agua para consumo es 0,01 mg/L y en peso corporal 3,5 g/Kg de peso corporal al día para lactantes y niños.

5.5.5. Resultados de los análisis de hidrocarburos en los pozos de abastecimiento de la empresa EMACI

Debido a los antecedentes sobre derrames accidentales de hidrocarburos en Corn Island, también se incluyó el análisis de laboratorio de la presencia de hidrocarburos totales de petróleo.

Tabla VI. **Resultado HTP ($\mu\text{g/L}$), de agua de abastecimiento de la empresa EMACI del pozo 1-9**

Pozo	Resultado HTP ($\mu\text{g/L}$)
Pozo 1	ND
Pozo 2	ND
Pozo 3	ND
Pozo 4	ND
Pozo 5	ND
Pozo 6	ND
Pozo 7	ND
Pozo 8	ND
Pozo 9	61,89

* HTP: Hidrocarburo totales del petróleo

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En la tabla anterior se puede apreciar que en el pozo 9 hay presencia de hidrocarburos totales de petróleo.

La exposición a componentes de los productos derivados del petróleo, a través del agua de consumo suele ser breve, como consecuencia de un vertido accidental o un incidente de corta duración. En el 2005, se aconteció un derrame de combustible en la isla esto debido a que en ese entonces los tubos del depósito estaban oxidados; lo que pudo ocasionar dicho problema, la fuga ocurrió por un período aproximado de 20 días, en los cuales estuvo en peligro de gran manera el acuífero de la isla.

Otro problema que se observa es que donde se localiza los pozos de extracción, en las cacetas de estos también se almacena combustible.

5.5.6. Determinación de la hidroquímica del agua

Para determinar la hidroquímica del agua, se utilizaron los resultados fisicoquímicos de laboratorio, obtenidos de los análisis realizados en mayo.

5.5.6.1. Cationes y aniones mayoritarios

En la tabla VII, se muestran los resultados de laboratorio de cationes y aniones obtenidos en los 9 pozos de EMACI y la comparación con la Norma Regional CAPRE.

Tabla VII. Cationes y aniones mayores

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Valores Admisible CAPRE
Sodio (mg/L)	524	530	581	253	685	448	1000	322	734	200
Potasio (mg/L)	12,32	11,92	13,32	8,35	15,70	11,52	15,90	6,96	19,28	10
Magnesio (mg/L)	179,82	181,04	187,11	103,29	221,17	138,53	286,79	136,1	137,32	50
Calcio (mg/L)	104,21	98,20	138,28	62,12	132,26	86,17	186,37	118,24	72,14	SR
Cloruros (mg/L)	1434,37	1464,24	1610,08	775,57	927,36	1187,48	2581,35	1007,37	1568,66	250
Nitratos (mg/L)	6,82	6,48	2,11	3,72	2	1,49	0,85	2,33	3,35	50
Sulfatos (mg/L)	173,36	175,34	194,14	87,90	201,22	126,36	289,84	124,16	196,43	250
Carbonatos (mg/L)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	SR
Bicarbonatos (mg/L)	64,68	58,58	170,86	61,02	61,02	128,14	48,82	176,96	176,96	SR

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Tabla VIII. Relaciones iónicas

Relaciones iónicas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
rCl/rHCO ₃	38.11	42.95	16.19	21.84	54.27	15.92	90.86	9.78	15.23
rSO ₄ /rCl	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
rMg/rCa	2.85	3.05	2.24	2.75	2.76	2.66	2.54	1.90	3.15
rNa/rCl	0.56	0.56	0.56	0.50	0.55	0.58	0.60	0.49	0.72

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Los valores de la relación rCl/rHCO₃ se encuentra en el rango de 9.78 a 54.27, dado que este índice hidrogeoquímico en aguas continentales varía entre 0,1 y 5, mientras que en agua del mar alcanza entre 20 y 50; puede inferirse que los pozos p1, p2, p4, p5 y p7 tienen influencia de aguas salobres. Por otro

lado, no se descarta la influencia de aguas salobres sobre el resto de pozos de una manera u otra, ya que estos valores son cercanos a 20.

Debido a la altitud de los pozos con respecto al nivel del mar, el humedal ejerce influencia sobre la mezcla de agua salobre con agua dulce en los pozos circundantes a estos humedales.

En la mayoría de los puntos considerados para este estudio, la relación rSO_4/rCl es menor a 0.3, lo que indica que existe influencia del agua del mar hacia los pozos. Los valores de relación rMg/rCa de los pozos muestreados oscilan entre 1.90 y 3.15. Esta relación varía entre 0,3 y 1,5 en aguas continentales, por lo que este valor indica que existe la presencia de aguas salobres en las aguas de los pozos.

Los valores de relación de sodio y cloro varían en los pozos muestreados entre 0.49 y 0.72. La relación rNa/rCl es de 0.88 para el agua del mar, y muy variable para aguas dulces, dependiendo de su origen. En terrenos volcánicos alcalinos puede alcanzar valores de 3 o más. Por tanto, existe influencia salobre en los pozos muestreados.

5.6. Análisis de resultados de la calidad de agua en los pozos de abastecimiento

De acuerdo con los análisis se puede evidenciar que los pozos de abastecimiento están contaminados; entre los principales contaminantes están: bacterias coliformes, plomo, alto contenido de sólidos totales disueltos, conductividad alta, salinidad, presencia de hidrocarburos totales del petróleo (HTP).

Figura 8. Ubicación de pozos contaminados en la isla



Fuente: elaboración propia.

Con los análisis realizados a los pozos de abastecimiento de Great Corn Island, se pudo confirmar la presencia de sustancias nocivas para la salud, y con concentraciones no admisibles para agua de consumo humano, como lo son plomo total e hidrocarburos totales de petróleo. Tres de los nueve pozos presentan concentraciones altas de plomo, y uno de ellos presenta hidrocarburos totales de petróleo, además presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y/o E. coli en los pozos 1,2 y 3, lo que es un indicador de contaminación bacteriológica.

5.7. Contaminación de la Isla

5.7.1. Aguas residuales y alcantarillado sanitario

La gestión de los recursos hídricos, el saneamiento y el sector industria están estrechamente vinculados. El agua es un recurso al que le damos diferentes usos en la industria o de uso doméstico, pero al mismo tiempo se contamina con distintas sustancias, las cuales al mezclarse entre sí producen otras que pueden ser aún más nocivas. Actualmente el agua residual, se les considera como un desecho, pues no se ha estimado que pueden ser un recurso valioso que simplemente se encuentra sin tratamiento para otros usos. La mala gestión de aguas residuales son la raíz de muchos problemas, entre los cuales están: la escasez del agua, la baja productividad, los problemas de salud y la contaminación ambiental, por mencionar solo algunos. De tal manera que, solo un enfoque que reconozca a las aguas residuales como un recurso puede superar estos problemas.

El problema que existe con las fuentes de agua es que cuando no existen ríos o lagos, o cualquier otra fuente superficial, se intervienen directamente los acuíferos. En muchos casos, estos se llegan a sobreexplotar, pues no se recargan, debido a diversas circunstancias hidrológicas. Además, las aguas residuales que se generan, y que en algunos casos no se tratan, son descargadas de manera continua a cuerpos de agua superficiales y en ningún momento se da la oportunidad de que los acuíferos se recarguen. Esto tiene como consecuencia el descenso del nivel freático y contaminación del recurso.

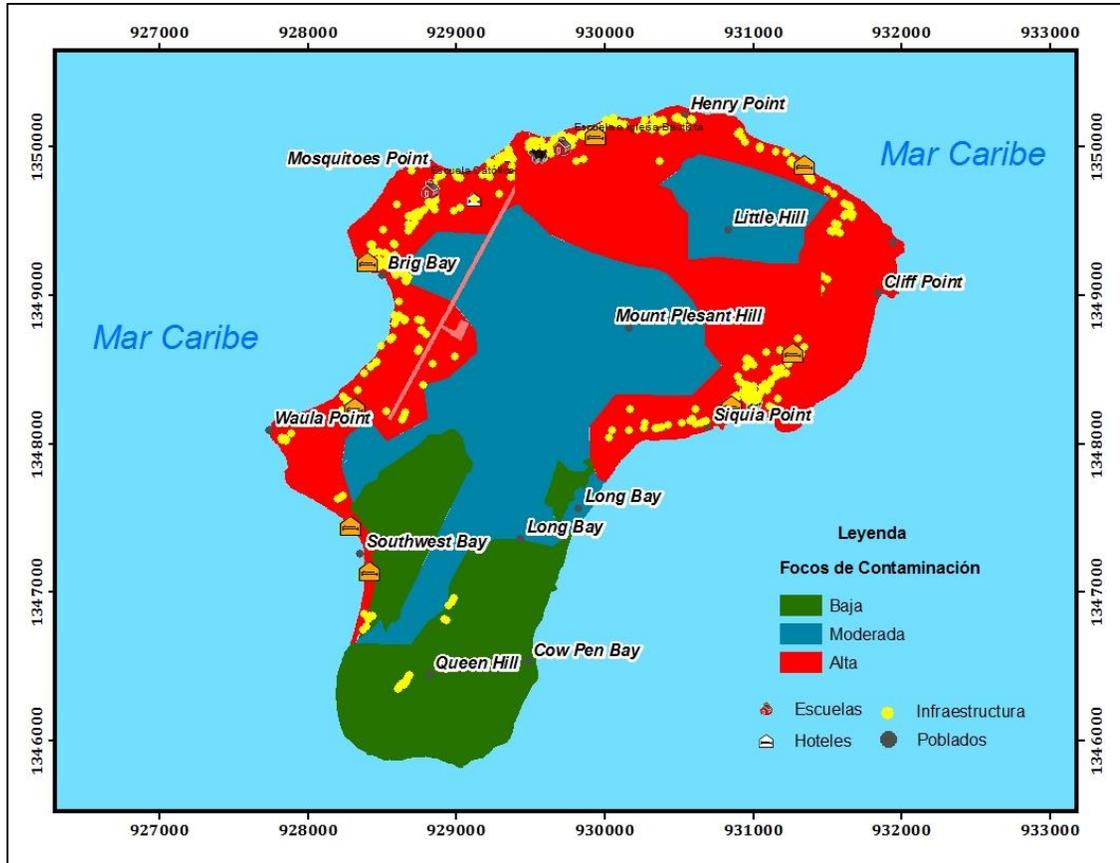
En Great Corn Island no existe alcantarillado sanitario, por lo que la mayoría de las viviendas, cuentan con pozos y fosas sépticas o letrinas para la disposición final de las excretas. Las aguas servidas de la mayoría de las

viviendas son conducidas a través de tuberías hacia el mar, humedales cercanos o hacia la calle y tienen conexión directa o indirectamente con estos cuerpos de agua; lo que genera contaminación de los mismos.

Con respecto al agua residual el caudal se determinó, estimando un factor de retorno del 80 % del abastecimiento de agua en la isla, el agua que se consume en Great Corn Island es aproximadamente 18,936 m³ mensual, según la Empresa Municipal de Agua de Corn Island (EMACI), por lo que el agua residual es de 15, 148 m³ equivalentes a 504.9 m³/día, agua que no cuenta con ningún tipo de tratamiento al ser vertida a un cuerpo receptor.

El agua pluvial corre de acuerdo con el drenaje natural de la isla orientado hacia el mar o hacia los humedales; esta agua lleva consigo basura que la gente tira a las calles y algunas veces hasta animales muertos. En la actualidad existen cunetas y canales de drenaje que complementan la ampliación de la vía adoquinada, que debe completarse para evitar pequeñas áreas de inundación.

Figura 9. Focos de contaminación por aguas residuales



Fuente: elaboración propia.

En la figura 9 se muestra el mapa de amenaza por contaminación de aguas residuales, donde se puede observar que la mayor vulnerabilidad ante la contaminación está en áreas densamente pobladas y donde está ubicada la industria hotelera, esto debido a las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores sin previo tratamiento.

5.7.2. Residuos sólidos

El crecimiento de la población en Great Corn Island ha ido en constante aumento, esto sumado al turismo y uno de los mayores problemas que trae consigo esto es la contaminación ambiental ante la falta de un lugar adecuado para procesar la basura. Como consecuencia del mal manejo que se le da a la basura domiciliar existen constantes brotes de enfermedades que afectan sobre todo a la población infantil, además de la contaminación de los recursos hídricos por el mal manejo de los desechos sólidos y líquidos generados en la isla.

Los principales desechos que se generan son los orgánicos, los cuales se clasifican en restos de comida y residuos de poda de árboles, entre otros.

Tradicionalmente se les ha asignado a las alcaldías municipalidades, la responsabilidad de limpieza de áreas públicas y el servicio de recoger la basura generada en casas habitación. Es muy importante destacar que en Great Corn Island se tienen establecidos rutas de evacuación por tipo de residuos, o recolección diferenciada en algunos domicilios, sin embargo, los residuos del sector comercio, hospitalarios e industrial son evacuados en algún momento revueltos con los demás residuos.

Para la recolección de los desechos sólidos se cuenta con 1 camión recolector compactador de 11 metros cúbicos, el cual inicia la jornada a las 7 de la mañana y concluye a las 12 del mediodía. También poseen otros vehículos como camiones volquetes y tractores con rastra que en ocasiones apoyan con la evacuación de los residuos en los lugares de difícil acceso del camión compactador, pero debido al difícil acceso en algunas áreas esto se ve limitado,

lo que obliga a la población a buscar sitios alternos y no autorizados para botar la basura.

La frecuencia de recolección es de 2 veces por día y se distribuye de la siguiente manera: la primera recolección del día se evacuan los residuos que la población está clasificando en los recipientes que la alcaldía les facilitó. La segunda vuelta es para la evacuación de los residuos que no son separados. Según las autoridades de la alcaldía se tiene estimado un volumen de generación de desechos sólidos compactados de 40 a 50 metros cúbicos (m³) al día.

El sitio de disposición final de los desechos es un sitio diseñado como relleno sanitario, actualmente se utiliza como botadero a cielo abierto (figura 10); principalmente por la falta de maquinaria y equipos para darle el tratamiento, así como de equipo humano.

Figura 10. **Vertedero municipal**



Fuente: elaboración propia.

Los desechos sólidos recolectados no reciben ningún tratamiento, estos son depositados en el botadero municipal (vertedero a cielo abierto) ubicado entre las elevaciones Mount Pleasant y Little Hill. Este botadero se encuentra una de las áreas establecidas como de recarga al acuífero en la isla; por lo que su mala ubicación podría estar contaminando dicho acuífero; y la mala disposición de desechos peligrosos y no peligrosos que se vierten en el sin ninguna clasificación adecuada.

5.7.3. Sector industrial (Industria Pesquera)

Los impactos ambientales negativos provocados en el procesamiento de camarones, langostas y pescados, como los principales productos del sector tienen que ver con la irracionalidad en cuanto al uso de agua que se utiliza en el proceso de lavado y, por otro lado, tiene que ver con el manejo inadecuado de los desechos sólidos y líquidos que contaminan cuerpos de agua y suelos aledaños a costas. Otro factor contaminante de los suelos y cuerpos de aguas, son los desechos de hidrocarburos utilizados para los motores y maquinaria de las embarcaciones de pesca.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos y líquidos derivados de la actividad pesquera, además de contaminar suelos y cuerpos de agua, contamina el aire con olores que resultan altamente ofensivos y perjudiciales al olfato de las personas que viven en los alrededores de los sitios de procesamiento.

5.7.4. Sector turismo

El turismo depende de la existencia y permanencia de ciertos atractivos socioculturales y políticos, naturales y artificiales. Su desempeño económico, social y ambiental demanda una amplia comprensión, con el propósito de establecer los límites dentro de los cuales es posible una adecuada gestión de su relación con el ambiente.

En general, los diversos impactos negativos de distinta índole que se le atribuyen al turismo son resultado de un sobredimensionamiento de esta actividad respecto de la capacidad de carga que pueden soportar esos atractivos turísticos. A continuación, se describen algunos de los impactos más importantes:

Turismo y vegetación: es en ocasiones, uno de los atractivos que posee un determinado sitio turístico, sea esta por su magnitud, belleza, rareza, etc. Pero diversas actividades turísticas influyen sobre la misma.

La tala indiscriminada de árboles: por un lado, las masivas para construcción, o bien las destinadas al propio turismo, a pequeña escala para acampadas o leña, alteran sobre todo las especies más jóvenes.

La excesiva acumulación de basura: además de ser un impacto visual negativo, y alterar otros elementos de la naturaleza, cambia la condición de los nutrientes, según el tipo de basura, y en ocasiones bloquea el paso del aire y la luz, generando alteraciones en la vegetación y contaminación de los recursos hídricos.

Turismo y calidad de agua: Los problemas están asociados al abastecimiento de su consumo, limpieza y para la realización de actividades recreativas (natación, buceo, entre otros).

Presencia de los derivados del petróleo: por el uso de los vehículos de recreo, o derrames de barcos o cruceros en los puertos, ha disminuido el oxígeno y alterado el estado natural de las aguas.

Descargas residuales: El equipamiento hotelero y los servicios de apoyo, así como las residencias privadas, son las principales fuentes de descargas residuales en muchos de los desarrollos turísticos.

5.7.5. Contaminación de los humedales

En general, los humedales son ecosistemas altamente productivos que proveen variados beneficios, estos pueden ser descritos como recarga de acuíferos, control de inundaciones, investigación, entre otros.

Otra de las funciones que ejerce este sistema de humedales es la recarga de acuíferos, por lo que son de gran importancia, ya que son fuentes de agua dulce y depuran el recurso, lo que hace más primordial su protección y saneamiento.

La contaminación de los humedales en la isla se debe principalmente a la gran cantidad de basura que se deposita en ellos, el fecalismo al aire libre que cuando llueve los desechos son transportados a los humedales, sumado esto que se vierten aguas residuales domiciliarias que tienen conexiones hacia estos sistemas.

6. SOLUCIONES PARA EL SANEAMIENTO CON ENFOQUE INTEGRAL PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN

El saneamiento sostenible es un enfoque integral al manejo de los recursos, en el que no solo se busca implementar tecnologías para evitar el contacto humano con la excreta, sino también se considera la aceptación de estos sistemas por parte de los usuarios, así como su viabilidad económica y su impacto en el medio ambiente. El saneamiento sostenible se diferencia de los conceptos convencionales del manejo de aguas residuales, pues considera la excreta y las aguas residuales como recursos valiosos, que contienen cantidades significativas de energía y nutrientes que pueden ser aprovechados.

La municipalidad de Corn Island pretende en sus proyectos futuros reducir la contaminación ambiental; además de la vulnerabilidad social de familias de escasos recursos económicos y que se encuentran en áreas ubicadas en zonas de riesgo mediante inversiones en el manejo sostenible de los recursos hídricos y mejoras en el saneamiento ambiental de la isla, esto con el apoyo de las instituciones del estado y gobierno central.

6.1. Abastecimiento de agua potable

El consumo de agua potable ha venido creciendo rápidamente. El problema de salud relacionados con el agua afecta en mayor porcentaje a la población pobre; la salud de los pobres se ve afectada, en primera instancia, por la mala nutrición, y, en segundo lugar, por condiciones deficientes de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene. La deficiencia en la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales, produce gran cantidad de gente enferma, al mismo tiempo grandes pérdidas económicas.

Para mejorar el abastecimiento de agua en Great Corn Island se deben implementar iniciativas tales como:

- Inversiones del Gobierno Central con apoyo de Organismos no Gubernamentales (ONG,s) en infraestructuras de abastecimiento y potabilización de agua a través de plantas especializadas, así como el fomento de capacidades para estimular los flujos de inversión, empoderar a los beneficiarios y abordar necesidades socioeconómicas.
- Interacción de organizaciones de base, entes gubernamentales y otras instituciones locales para garantizar el suministro de agua a los hogares y las instalaciones e instituciones de la isla.
- Integración de medidas de recuperación de costes para asegurar la sostenibilidad y autofinanciamiento de del servicio de agua potable.

6.1.1. Alternativas para potabilizar el agua en Great Corn Island

Tabla IX. Tratamientos según el tipo de contaminante

Contaminante	Tratamientos
Contaminación microbiológica	Cloro, Ozono, Luz ultravioleta, Filtración en múltiples etapas.
Características físicas y organolépticas (color, olor, sabor y turbidez)	Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, Adsorción con carbón activado.
Arsénico	Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.
Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo .	Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, Intercambio iónico u osmosis inversa.
Cloruros	Intercambio iónico, osmosis inversa o evaporación.

Fuente: (INAA, 1999; OMS, 2006)

6.1.2. Salinidad

Con respecto a la salinidad elevada presente en el agua de consumo, una posible alternativa son las plantas desalinizadoras destinadas a la desalación de agua de mar. Anteriormente, la desalación del agua se realizaba por medio de la evaporación, en donde el agua se calentaba hasta evaporarse y posteriormente se condensaba; sin embargo, se consumían grandes cantidades de energía en este proceso, por lo que los costes de agua obtenida eran elevados.

Conforme los avances tecnológicos en los métodos de desalinización, se ha incorporado maquinaria más competitiva y menos contaminante; así como la aparición de la ósmosis inversa que ha reducido considerablemente el consumo energético y el costo del agua desalinizada.

De acuerdo con Karagiannis y Soldatos (2008), los sistemas de desalación utilizados en la actualidad son: sistemas de destilación y físico – químicos. Ambos se basan en técnicas de evaporación, procesos químicos o de permeabilidad, a través de membranas. A continuación, se presenta los costos de desalinización por metro cúbico, según la capacidad de la planta:

Tabla X. **Desalinización y costo por agua producida**

Tipo de agua	Capacidad (m ³ /d)	Costo (m ³)
Agua salobre	< 1000	US\$ 0,68- US\$1,140,23
	5000-60000	- US\$ 0,46
Agua de mar	< 1000	US\$1,91 - US\$ 9,67
	1000 - 5000	US\$ 0,60 - US\$ 3,33
	12000 - 60000	US\$ 0,38 - US\$ 1,40
	>60000	US\$ 0,43 - US\$ 0,86

Fuente: (Karagiannis y Soldatos, 2008)

Algunos de los métodos de desalinización por destilación son los siguientes, según Karagiannis y Soldatos (2008):

6.1.2.1. Destilación

La desalación obtenida por destilación consiste en evaporar agua para conseguir vapor que no contenga sales. El vapor se condensa posteriormente en el interior o exterior de los tubos de la instalación. Los sistemas desalinizadores suelen funcionar por debajo de la presión atmosférica, con el fin de reducir el consumo energético, por lo que necesita un sistema de vacío (bombas o eyectores), además de extracción del aire y de gases no condensables.

La destilación como proceso de desalinización es efectiva, ya que la mayoría de las especies químicas que se encuentran en el agua salada no son volátiles a las temperaturas empleadas, y, por lo tanto, permanecen en la salmuera no evaporada. Este método es muy utilizado en Oriente Medio, ya que está indicado especialmente para aguas con alta salinidad y alta temperatura. Pero el inconveniente es que el consumo específico de energía es mayor que el de otros tipos de desalinización, lo que lo hace solamente permisible en países con energía barata.

6.1.2.2. Proceso de evaporación multiefecto (MED)

El agua que desalinizar pasa a través de una serie de evaporadores puestos en serie. El vapor de una de las celdas se usa para evaporar el agua mientras que el aporte de energía primaria se hace sobre la primera de las celdas o etapas. En las plantas de MED se utilizan varios evaporadores del tipo de película delgada (la evaporación se produce de forma natural en una cara de

los tubos de un intercambiador aprovechando el calor latente desprendido por la condensación del vapor en la otra cara del mismo), con los cuales se logran mejores coeficientes de transferencia de calor.

6.1.2.3. Destilación solar

Es un sistema de desalinización que aprovecha la energía solar y el efecto invernadero, para la evaporar agua. Los elementos básicos para la destilación solar son: una piscina o estanque y una cubierta. En la piscina se encuentra almacenada el agua salada y la cubierta consta de una superficie transparente colocada encima del estanque. El proceso de desalinización comienza cuando la radiación solar atraviesa la cubierta transparente y es absorbida por el agua que se encuentra en la piscina. Debido a su mayor longitud de onda, la radiación no es capaz de atravesar la cubierta transparente hacia el exterior, quedando atrapada y provocando un aumento de la temperatura ambiente. Este aumento de temperatura favorece a la evaporación de una pequeña fracción del agua de la piscina que posteriormente se condensa al entrar en contacto con la cara interior de la cubierta. Las gotas de agua destilada se deslizan siguiendo la pendiente de la cubierta hasta unos conductos recolectores que la dirigirán hasta un depósito de almacenamiento de agua.

El inconveniente de este sistema de desalinización es que presenta baja producción de agua destilada por unidad de superficie. La producción diaria de agua que se produce con este método es aproximadamente de entre 1 y 4 litros de agua por m², además del mantenimiento constante del sistema para su funcionamiento óptimo.

6.1.2.4. Destilación instantánea multi etapa

La destilación instantánea en multi etapa o *Multistage Flash Distillation*, consiste en la destilación de agua de mar y condensar el vapor obtenido, recuperando el calor latente para calentar más agua de mar que posteriormente se evaporará. Si la transmisión de calor se produjese con área infinita e infinito número de etapas sin pérdidas, no habría que aportar más calor y el proceso se auto – mantendría; sin embargo, es termodinámicamente imposible puesto que hay que disponer de una fuente externa de energía que suministre el incremento de temperatura que falta para iniciar el ciclo.

En los procesos físico – químicos, destaca la osmosis inversa, donde se utiliza el principio el fenómeno físico al poner en contacto dos soluciones salinas con diferentes concentraciones separadas por medio de una membrana semipermeable, en donde el paso del agua crea una presión denominada osmótica. El proceso consiste en invertir el fenómeno, en donde el flujo de agua se desplaza de la parte más concentrada a la menos concentrada, mediante una presión superior a la presión osmótica. Dicha presión dependerá de la cantidad de sales disueltas y del grado de desalinización deseado.

Tabla XI. Costos por tipo de tecnología

Tecnología	Capacidad	Costo
Destilación Instantánea Multi Etapa	25000 m ³ /d	US\$/ m ³ 0,88 (US\$/ m ³ 1,10)
Destilación por Efecto Múltiple	10000 m ³ /d	US\$/ m ³ 0,64 (US\$/ m ³ 1,80)
Destilación por compresión de vapor	3000 m ³ /d	US\$/ m ³ 0,56 (US\$/ m ³ 0,70)
Osmosis Inversa	6000 m ³ /d	US\$/ m ³ 0,56 (US\$/ m ³ 0,70)

Fuente: (Karagiannis y Soldatos, 2008)

6.2. Tratamiento de aguas residuales domesticas

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación. Las industriales son las aguas que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso se utilice el agua ya sea de producción, transformación o manipulación, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje.

Actualmente, las aguas residuales que se generan en la isla son devueltas al medio natural sin ningún tratamiento, esto impacta negativamente en la salud pública, la preservación de los recursos naturales, el ambiente y el sector turístico, siendo las poblaciones vulnerables con peor calidad de servicios, las que se llevan la peor parte.

Las consecuencias económicas y de salud pública son muy evidentes, cada vez las aguas residuales están más contaminadas, y pueden requerir de procesos de eliminación de contaminantes más intensos y por lo tanto, más costosos. Además, el agua contaminada suele ser el origen de múltiples enfermedades, lo cual no solo representa un gran riesgo para las personas, sino que también aumenta considerablemente el gasto del gobierno central y municipal en salud.

Es por esto por lo que el gobierno municipal y las autoridades pertinentes deben aplicar las normas y crear manuales para la disposición de aguas residuales y su respectivo tratamiento que reduzca en gran manera los contaminantes que ellas transportan, de igual manera la municipalidad con el

apoyo del gobierno central y agentes cooperantes debe invertir en la construcción del alcantarillado sanitario y de igual manera una planta potabilizadora de agua en la isla.

Se debe resaltar este último punto, ya que una parte importante para asegurar el éxito de estas intervenciones y evitar que caigan en un estancamiento o sean ineficientes; es el desarrollo de las capacidades de los tomadores de decisiones y de los técnicos encargados de supervisar la ejecución, mantenimiento y operación de la infraestructura antes mencionada.

6.2.1. Tratamiento con biofiltros

Los sistemas de biofiltro son ampliamente utilizados a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales domésticas de pequeñas poblaciones, principalmente por su capacidad de remoción de contaminantes. Los sistemas de biofiltro se han construido en varias zonas de la región centroamericana, incluida Nicaragua. La sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de biofiltro depende de las autoridades municipales, aunque los costos de operación y mantenimiento pueden ser parcialmente asumidos por la propia comunidad (WSP,2006).

Tabla XII. **Remoción de contaminantes con el biofiltro**

Tabla 4: Promedio de los análisis efectuados en la planta piloto de Masaya							
Parámetro	Afluente	Salida T. Imhoff	BF I	BF II	BF III	BF IV	% de remoción*
DBO ₅ , (mg/l)	270	80	8	6	5	5	97.4
DQO, (mg/l)	653	239	46	34	28	34	94.5
N-total, (mg/l)	34	33	27	22	20	20	34.5
Fósforo total, (mg/l)	6.1	5.4	4.7	4.3	4.5	4.4	26.6
Sólidos Suspendidos, (mg/l)	253	56	6	7	8	7	97.2
E. Coli, (NMP/100 ml)	1.6E+07	3.4E+06	1.3E+05	4.15E+04	1.5E+04	1.2E+05	99.52

*Calculado utilizando el valor promedio de los efluentes de los cuatro biofiltros (BF)

Fuente: WSP,2006.

Tabla XIII. **Costes de construcción del sistema**

Proyecto	Ubicación	Fecha de arranque	Area específica (m ² /PE)	Costo de construcción (US\$)	Costo por PE (US\$)
Planta piloto, Biofiltro Villa Bosco Monge	Masaya, Nicaragua	Mayo 1996	1.3	42,000.00	36,4
Biofiltro del Reparto La Providencia	León, Nicaragua	Septiembre 2000	1.5	115,700.00	41,6
Biofiltro de la Carretera Sur, km 10.5	Managua, Nicaragua	Mayo 2000	2.0	1,650.00	275,0
Biofiltro de Los Sabogales	Masaya, Nicaragua	Proyectada (Junio 2002)	1.2	50,070.00	59,2
Biofiltro de Chichigalpa	Chinandega, Nicaragua	Proyectada (Julio 2002)	1.5	298,500.00	34,1
Biofiltro de Masatepe	Masaya, Nicaragua	Proyectada (Febrero 2002)	1.8	238,800.00	36,2
Biofiltro del Centro de Salud de Masachapa	San Rafael del Sur, Nicaragua	Septiembre 2001	1.3	7,400.00	102,8
Biofiltro de San José Las Flores	Chalatenango, El Salvador	Enero 2000	1.1	68,500.00	50,2
Biofiltro de Teupasenti	Danlí, Honduras	Junio 2001	1.3	92,240.00	32,8

Fuente: Platzer, Cáceres, Fong, 2002.

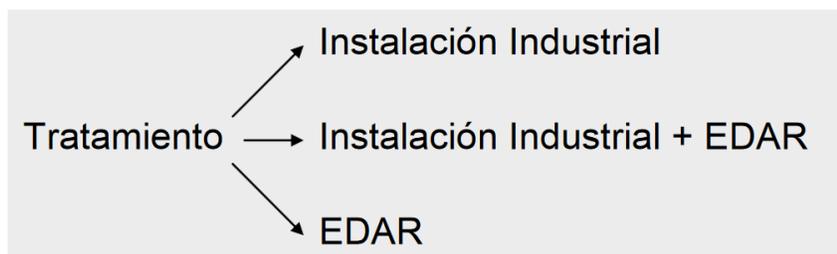
Debido a su alto costo, la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario -con sistema de tratamiento incluido suele ser financiada por agencias del gobierno central y local y contar con el apoyo de la cooperación

internacional. Sin embargo, una vez que la planta de tratamiento ha sido construida y entra en funcionamiento, la responsabilidad de su operación y mantenimiento recae en las autoridades municipales y la comunidad, quienes deben procurar contar con los recursos financieros suficientes para tal fin. Así, la tarifa que deben pagar los usuarios del sistema de tratamiento constituye la principal fuente de recursos, cuyo monto debe ser fijado consensualmente antes de la construcción del sistema. Adicionalmente, pueden obtenerse recursos mediante la venta o aprovechamiento de las plantas cultivadas en el biofiltro y el reuso del efluente.

6.3. Tratamiento de aguas residuales industriales (Industria Pesquera)

Las aguas residuales industriales tienen características especiales, entre las cuales se tiene:

- Elevada carga orgánica
- Presencia de componentes tóxicos para los microorganismos (que son los responsables de los procesos biológicos de tratamiento).
- Presencia de sustancias no biodegradables o difícilmente biodegradables.



6.3.1. Caracterizar las aguas residuales

Las aguas residuales industriales recogidas deben ser conducidas a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. Se hace por tanto necesario conocer los contaminantes presentes en estas aguas, con el fin de aplicar un tratamiento adecuado que evite la degradación y contaminación de los cauces.

Cada complejo industrial debe de tener su planta de tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas a un cuerpo receptor. La “Ley 620” es muy clara y se describe a continuación de manera literal:

Que el Artículo 26 de la Ley No. 620, en su literal j establece que “Son funciones técnicas-normativas de la ANA, entre otras, las siguientes: j) Otorgar, modificar, prorrogar, suspender o extinguir los permisos para el vertido de las aguas residuales en cuerpos receptores de dominio público. Por su parte, el Artículo 102 de la referida Ley expresa que “Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas requieren de permiso otorgado por la Autoridad del Agua de conformidad a las normas y lineamientos establecidos por MARENA para vertir en forma permanente, intermitente u ocasional aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o bienes del dominio público, incluyendo las aguas marítimas”.

6.4. Construcción o mejoras en el sistema de disposición de excretas

La evacuación de excretas es una parte muy importante del saneamiento ambiental, y así lo señala el Comité de Expertos en Saneamiento del Medio Ambiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las otras medidas enumeradas por el Comité son la instalación de un sistema adecuado de abastecimiento de agua potable y la lucha contra los insectos y vectores

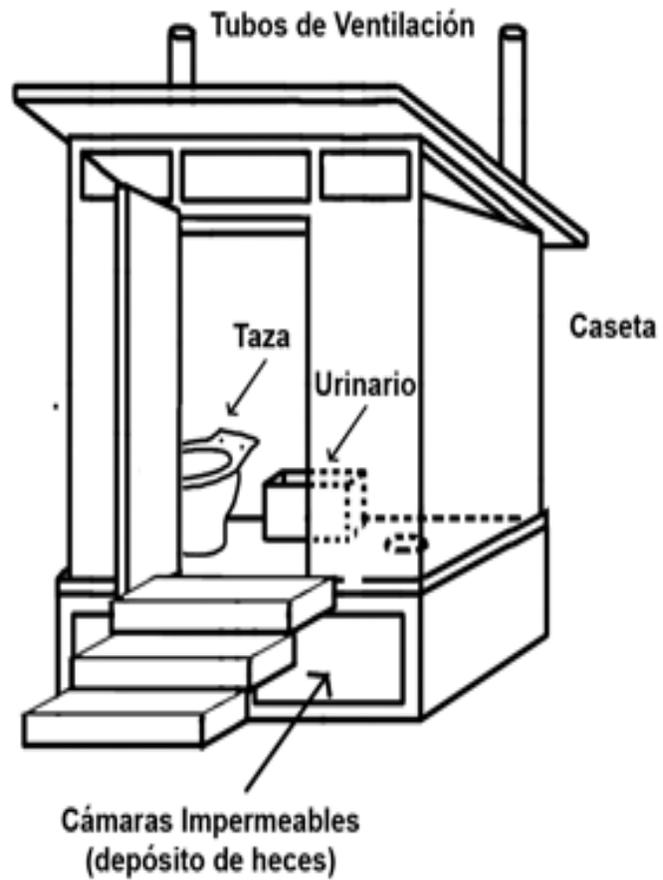
patógenos. En vastas regiones del mundo, la evacuación higiénica de excretas constituye uno de los más apremiantes problemas sanitarios.

La insuficiencia y la falta de condiciones higiénicas de los medios de evacuación de heces infectadas provoca la contaminación del suelo y de las aguas. Esas condiciones, por ejemplo, son propicias para que ciertas especies de moscas pongan sus huevos, se críen, se alimenten en el material no evacuado y transmitan infecciones. También está ligada frecuentemente con la falta de suministro de agua adecuado y de otros medios de saneamiento, y por lo general tiene que ver con el bajo nivel económico de la población rural. Ese conjunto de circunstancias, todas influyen sobre la salud, hace difícil saber cuál es la intervención de cada uno de esos elementos en la transmisión de enfermedades.

Para este estudio, se recomienda la construcción de la letrina de pozo elevado, dado que las condiciones del terreno son difíciles, teniendo los niveles subterráneos de agua (niveles freáticos) están muy cerca de la superficie, una forma de resolver el problema es construyendo letrinas de hueco o pozo elevado.

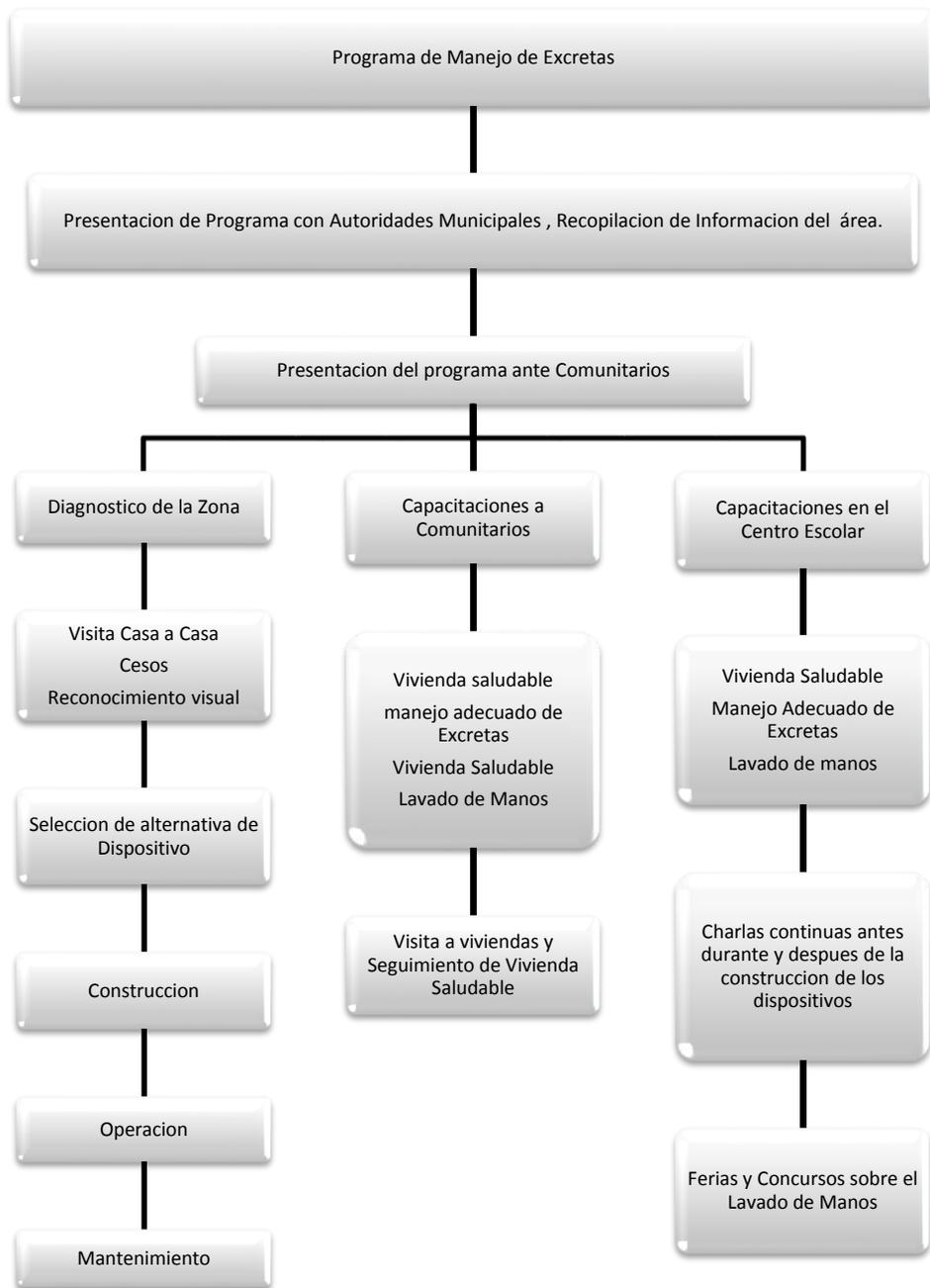
Este tipo de letrina de pozo elevado puede ser utilizada como letrina tradicional simple, como letrina mejorada de pozo ventilado, como letrina con cierre hidráulico o de cualquier otro tipo posible.

Figura 11. **Letrina de pozo elevado**



Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-4sas.htm>

Figura 12. Organigrama del programa de manejo de excretas



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Presupuesto construcción de letrinas**

Presupuesto						
Proyecto	Programa de Manejo de Excretas					
Comunidad	Great Corn Island					
Municipio	Corn Island					
Departamento	Región Autónoma del Atlántico Sur					
Componente	Etapa	Descripción	Cantidad	Unidad	C / U	Costo Total
Diagnostico	1	Diagnóstico de situación actual del sitio	1	Global	US \$ 1,100.00	1100
Infraestructura	2	Brocal para letrina en viviendas y escuela	71	Unidad	US \$ 30,00	2130
	3	Construcción y colocación de losa para soporte de taza	71	Unidad	US \$ 70,00	4970
	4	Traslado y colocación de taza de letrina	71	Unidad	US \$ 65,00	4615
	5	Instalación de Cubierta Lateral	71	Unidad	US \$ 50,00	3550
	6	Instalación de cubierta de Techo y tubo de ventilación	71	Unidad	US \$ 60,00	4260
	7	Construcción de Sanitarios en Puesto de Salud	1	Unidad	US \$ 1,5000.0	1500
	8	Construcción de Fosa Séptica y Red de Infiltración	1	Unidad	US \$ 500,00	500
	Educación Sanitaria	9	Gestión y programación de Campaña Sanitaria	1	Global	US \$ 100,00
10		Implementación de Campaña Ambiental en Viviendas, Puesto de Salud y Centro Escolar	1	Global	US \$ 3,000.00	3000
Costos Directos US\$						25725
Costos Indirectos US\$						6431,25
Total, General US\$						32,156.25

C/U: Cada uno

Fuente: elaboración propia, costos aproximados.

6.5. Mejoras en el sistema de recolección y manejo de desechos sólidos

Se deberá desarrollar un plan dedicado a mejorar la cobertura del servicio de recolección de basura en áreas no atendidas actualmente, para esto el gobierno municipal deberá contar con una ordenanza y con un plan de gestión de desechos sólidos variados e implementados; por lo que una idea de manejo sostenible sería crear una empresa municipal que pueda reciclar el contenido aprovechable y a lo demás se le dé un manejo adecuado, iniciando el proceso de manejo integral de residuos sólidos.

Para realizar el manejo integral de residuos sólidos desde el enfoque de reducción y aprovechamiento se hará una separación de las fracciones desde la fuente, que permita aprovechar los materiales reciclables como el plástico, el vidrio, el metal y el papel, entre otros, para su comercialización, y el material orgánico será procesado para la producción de abono orgánico.

También, elaborar una estrategia de pagos de tasas por la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos, la cual permitirá el incremento de ingresos económicos de pago por el servicio, lo que ayudaría en gran manera a mejorar la disposición, recolección y tratamiento de los desechos generados en la isla.

Todo este proceso tiene que ir acompañado de una educación ambiental para la separación de los residuos sólidos desde las fuentes orgánicas e inorgánicas que faciliten su aprovechamiento y manejo adecuado. Todas las personas involucradas, cuando se capaciten, funcionarán como educadores, y realizarán campañas educativas casa a casa o en cabildos informativos; instruyendo a la población en general acerca de las diferentes formas de reciclaje, y cómo aprovechar los componentes orgánicos e inorgánicos

contenidos en los residuos sólidos, y las diferentes técnicas de aprovechamiento o transformación para cada componente.

6.5.1. Sistema para la clasificación de desechos sólidos

El manejo adecuado de residuos sólidos y procesos de reciclaje busca generar una conciencia de reducción y consumo responsable, mostrando que la elevada generación de residuos sólidos, comúnmente conocidos como basura y su manejo inadecuado son uno de los grandes problemas ambientales y de salud.

El aprovechamiento y valorización de los residuos es un compromiso tanto de las autoridades ambientales, de los entes territoriales y de la comunidad, esto con el fin de proteger el medio ambiente, con todos sus recursos naturales.

La puesta en marcha del manejo adecuado de la basura cuenta con la ciudadanía quien participa de estas acciones, con el fin de fortalecer el desarrollo humano y optimizar las circunstancias de la comunidad, a fin de construir una vida más sana, con mayores beneficios y calidad; lo que le permite acceder al conocimiento; además de obtener los medios para proveerse una existencia digna.

Una vez que todos los miembros de la comunidad están de acuerdo sobre los problemas que causan los desechos, se pueden tomar medidas para resolverlos, comenzando con los proyectos que mejor satisfagan las necesidades y mejor se adapten a las capacidades de la comunidad.

Los desechos que terminan en nuestras calles, hogares y campos comienzan con la fabricación industrial de productos que no se pueden reutilizar

o reciclar. Una de las metas del programa comunitario para el manejo de desechos es reducir con el tiempo la cantidad de basura, ayudando a la gente en primer lugar para que utilice menos material del tipo que luego se convierte en basura.

Si evita que los desechos de papel o vidrio se mezclen con los residuos de comida será más fácil reutilizarlos y reciclarlos. También evitará los problemas de salud que ocasionan los desechos mezclados. La separación de los desechos es el primer paso para manejarlos mejor, sólo resuelve el problema si hay un mecanismo adecuado para manejar los desechos después de haberlos separado. La separación de desechos debe ser parte de un sistema que incluya reutilizarlos, convertirlos a composta, recolectarlos regularmente, reciclarlos y descartarlos de manera segura.

La mayor parte de los desechos producidos, tanto en áreas urbanas como rurales se componen de desechos orgánicos o desechos húmedos (restos de comida y del jardín, tales como plantas y hojas muertas). Los desechos orgánicos son luego descompuestos por la luz solar y el agua, o consumidos por organismos vivos (lombrices, insectos y bacterias) y convertidos en composta (abono).

La basura contiene gran cantidad de papel, vidrio, metales y plásticos, muchos provenientes de empaques desechados. Es posible que los desechos del hogar también contengan productos tóxicos como pinturas, pilas, pañales plásticos, aceite de motor, plaguicidas viejos y envases de productos de limpieza.

6.5.1.1. Realizar caracterización de los residuos sólidos

La generación y caracterización de los residuos sólidos son parámetros muy importantes para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos.

Para evaluar la generación y tipo de residuos producidos en la isla, se tiene que realizar la caracterización de los residuos sólidos:

- Análisis e Identificación de los residuos por puntos generadores
- Manejo especial de residuos.
- Cálculo de la generación total de residuos sólidos.
- Clasificación de los residuos por punto generador

Para determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos que produce un sector en especial (institucional, residencial, industrial, etc.), es necesario efectuar una caracterización por medio de un aforo. Con este procedimiento, se podrá determinar el porcentaje de materia orgánica, papel, vidrio, residuos de aparatos eléctricos y electrónico, entre otras clases de residuos que se generan en un lugar determinado, y se obtendrán bases para proyectar el crecimiento de esos residuos en función del tiempo. De igual forma se podrá evaluar la composición fisicoquímica y biológica de los residuos, la cual será el fundamento para la toma de decisiones sobre su aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

Con la muestra los residuos sólidos se comienzan a separar en orgánicos, vidrio, papel y cartón, metales, plásticos, textiles y otros, como pañales, toallas y papel higiénico. Las caracterizaciones son el punto de partida para determinar

la vida útil de un relleno sanitario cuando se conoce la densidad y tipo de desechos en las poblaciones.

6.5.2. Reubicación del vertedero municipal

La disposición final de residuos sólidos en botaderos a cielo abierto o mediante enterramiento, sin legalidad técnica y ambiental, se ve reflejada en la ubicación del botadero de Great Corn Island, ya que está establecido en una de las áreas delimitadas como de recarga hídrica para el acuífero de la zona. Este botero a cielo abierto podría ser una gran fuente de contaminación para el acuífero, debido a la ubicación en el área antes mencionada, dado que al infiltrar el agua también estaría infiltrando contaminantes a las aguas, y es una prioridad la reubicación del mismo.

Previo realizando estudios se recomienda construir un relleno sanitario en otra área (figura 13), el cual consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan nuevamente al terminar el día.

El sitio donde se recomienda construir el relleno sanitario está cercano a la zona urbana y esto contribuye a que se reduzcan los costos de transporte y se asegura que los problemas operativos (ruidos, tránsito, etc.) no afectarán a la misma. El sitio también no está en una zona que llegue a afectar los humedales y tampoco en un área muy permeable, la dirección del viento no afectara a la población cercana, ni el turismo de la isla; ya que el sitio no es visitado por vacacionistas nacionales ni extranjeros.

Figura 13. Reubicación del vertedero controlado



Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Presupuesto aproximado de la construcción de un relleno sanitario

TRINCHERAS (PARA LOS PRIMEROS TRES AÑOS DE VIDA UTIL)					
Etapa	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	C. UNIT (\$)	COSTO TOTAL
0 10	PRELIMINARES				\$1,069.90
1	Limpieza inicial (área de construcción de trincheras)	m2	2,139.80	0.50	1,069.90
0 20	MOVIMIENTO DE TIERRA				\$21,315.00
1	Excavación con tractor de orugas D-6 (construcción de trincheras y taludes)	m3	2,821.00	6.00	16,926.00
2	Nivelación y conformación de taludes fondo de trinchera	m3	731.50	6.00	4,389.00
0 30	IMPERMEABILIZACION DE TRINCHERA				\$45,886.50
1	Protección de geomembrana con material selecto al 85% próctor estándar de 15 cm de espesor	m3	120.90	5.00	604.50
2	Impermeabilización de trinchera con Geomembrana de 1.5 mm (fondo y talud de trinchera)	m2	3,330.00	7.90	26,307.00
3	Estabilización del fondo de la trinchera y cajas de registro con 30 cm de suelo cemento	m3	275.00	69.00	18,975.00
4	Capa de 50 cm de material granular (piedrín o piedra de río) sobre capa protectora	m3	24.00	5.00	120.00
0 40	DRENAJE				\$1,792.44
1	Construcción de drenaje trapezoidal de trinchera (a mano)	ml	120.00	2.50	300.00
2	Instalación de tubería de 4" PVC	ml	54.00	3.36	181.44
3	Construcción de caja de registro 2 m x 2 m x 4.2 m de mampostería	c/u	3.00	270.00	810.00
4	Construcción para drenaje de gases (tubo de 4" PVC, malla ciclón cal. 12.5 de 0.5 m x 0.5 m)	c/u	3.00	62.00	186.00
5	Construcción de drenaje de lixiviados con piedra bolón 3/4" al fondo de trinchera	ml	90.00	3.50	315.00
TOTAL ESTIMADO					\$70,063.84

Fuente: (Gutiérrez, Peinado 2013).

Tabla XVI. Presupuesto aproximado para el sistema de tratamientos de lixiviados

Etapa	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	C. UNIT (\$)	COSTO TOTAL
0 10	MOVIMIENTO DE TIERRA				\$1,863.95
1	Excavación de tierra para cajas registro, tanque séptico, FAFA, biofiltro y caja de limpieza	m3	192.67	6.00	1,156.01
2	Estabilización del fondo de la planta del sistema de lixiviados (suelo cemento)	m3	10.26	69.00	707.94
0 20	RED DE LIXIVIADOS				\$8,232.88
1	Instalación de tuberías y accesorios de 4" PVC	ml	108.00	3.36	362.88
1	Codo de 4" x 45 PVC	unidad	10.00	1.60	16.00
2	Tee 4" PVC	unidad	9.00	1.80	16.20
3	Coompling de 4"	unidad	6.00	1.30	7.80
4	Construcción de tanque séptico (cámara 1 y cámara 2)	c/u	1.00	4,500.00	4,500.00
5	Construcción de filtro anaerobio de flujo ascendente	c/u	1.00	2,000.00	2,000.00
6	Construcción de caja de registro de entrada 1.5 m x 1.5 m x 0.70 m de mampostería	c/u	2.00	220.00	440.00
7	Construcción de caja de registro de salida 1.5 m x 1.5 m x 1.2 m de mampostería	c/u	2.00	240.00	480.00
8	Construcción de caja de limpieza 1.5 m x 1.5 m x 2.80 m de mampostería	c/u	1.00	300.00	300.00
9	Construcción de biofiltro de 10 m x 12 m x 0.8 m	c/u	1.00	110.00	110.00
TOTAL ESTIMADO					\$10,096.83

Fuente: (Gutiérrez, Peinado 2013).

Tabla XVII. Costos aproximados de operación y mantenimiento

Etapa	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	C. UNIT (\$)	COSTO TOTAL
0 10	PERSONAL				\$23,883.00
1	Ing. Encargado del Relleno (Supervisor)	años	3	3,000.00	9,000.00
2	Auxiliares u operadores (2)	años	3	3,650.00	10,950.00
3	Operador de tractor	años	3	1,311.00	3,933.00
4	Vigilantes (1)	años	3	3,650.00	10,950.00
0 20	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				\$545.00
1	Palas	unidad	3	7.00	21.00
2	Azadones	unidad	2	6.00	12.00
3	Piochas	unidad	2	6.00	12.00
4	Carretillas llanta de hule	unidad	2	28.00	56.00
5	Escobas	unidad	2	2.00	4.00
6	Rastrillos	unidad	4	5.00	20.00
7	Uniformes, botas, guantes de hule, chalecos reflectivos, gafas.	unidad	4	30.00	120.00
8	Rodo compactador de 3 ton (laminado acondicionado como rodillo)	unidad	1	300.00	300.00
0 30	COMPRA Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO				\$32,150.00
1	Tractor Belarus 820 4x4 de 81 hp (incluyendo rastra)	unidad	1	30,000.00	30,000.00
2	Revisión y repuestos de tractor y rodo compactador	años	1	150.00	150.00
3	Combustible para tractor Belarus (gasolina)	gln/año	400.00	5.00	2,000.00
	SERVICIOS				\$900.00
1	Mantenimiento de calle interna del relleno sanitario	años	3	300.00	900.00
TOTAL ESTIMADO					\$57,478.00

Fuente: (Gutiérrez, Peinado 2013).

El costo aproximado del proyecto sería USD \$138,638.67, cabe destacar que no está incluido algunos activos como el terreno para el relleno, construcción de bodega, caseta de control, reparación de calles de acceso, entre otros. La fuente de este presupuesto es de un estudio realizado para el municipio de Telpaneca, Nicaragua.

6.5.3. Participación comunitaria

Es aquí donde se requieren cambios de conducta en todos los niveles, es necesario capacitar a las comunidades, a través de la Educación Ambiental para fomentar su participación en lo local, propiciando y diseñando estrategias propias de crecimiento que permitan un verdadero desarrollo local.

Es importante saber que los problemas ambientales presentes en las comunidades sólo pueden ser afrontados y mitigados desde la gestión ambiental, pero esta gestión no es posible sin el conocimiento del sistema ambiental local, sus sinergias, limitaciones, potencialidades.

Este conocimiento debe estar presente en los gestores a nivel de políticas públicas, también es necesario que los diversos actores comunitarios sean capacitados en participación ciudadana, marco teórico ambiental, estrategias y metodologías de abordaje de lo ambiental para que, de ese modo, estos actores sean partícipes activos en el diseño de sus escenarios futuros, orientándolos hacia un verdadero crecimiento, que permita a esas comunidades desarrollarse de modo sustentable.

Se propone como forma de organización, principalmente para el desarrollo de la actividad educativa talleres con predominio de técnicas participativas que posibiliten el intercambio entre los participantes de la isla e instituciones presentes en la misma, teniendo en cuenta que la construcción de capacidades en gestión, para que sea efectiva debe apoyarse en los conocimientos que estos poseen. Estos talleres pueden desarrollarse en centros de trabajo, aulas de colegios y universidades, barrios o áreas de interés de la comunidad en temática ambiental, principalmente sobre los recursos hídrico.

6.5.4. Desarrollar el ecoturismo sostenible

La Organización Mundial del Turismo (OMT), define turismo sostenible como: El turismo que tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y ambientales, para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas.

La importancia del turismo en la creación de puestos de trabajo y la reducción de la pobreza no puede sobreestimarse. Hoy en día, el turismo es considerado cada vez más como una fuente importante de crecimiento económico, particularmente en los países pobres. Sin embargo, la forma en que puede ser al mismo tiempo relevante para luchar contra la pobreza de la isla seleccionada para este estudio.

6.5.4.1. Razonamientos eco ambientales para empresas turísticas

- La política de compras en cuanto a infraestructura se refiere debe favorecer los productos ambientalmente mejores para ser utilizados como materiales de construcción.
- Se debe medir la compra de artículos desechables y consumibles y se debe reducir su uso.
- Se debe procurar medir el consumo de agua e indicar las fuentes donde se consume más para adoptar medidas de ahorro, además de adoptar medidas para disminuir el consumo total.

- Las empresas o industrias deben cumplir con toda la legislación y los reglamentos pertinentes (entre ellos, los aspectos ambientales), los materiales promocionales deben ser precisos, completos y no prometer más de lo que brindan razonablemente.
- El diseño y la construcción de edificios e infraestructura deben cumplir con los requisitos locales de zonificación y de áreas protegidas o de patrimonio nacional (Corn Island fue declarada Patrimonio Turístico Nacional en el año 2013), se deben utilizar principios localmente apropiados de construcción sustentable.

6.5.4.2. Guía que seguir para un turismo amigable con el ambiente (Turista)

- No incurrir en delitos ambientales. El turismo debe informarse sobre la legislación vigente para no cometer ningún acto que se considere delictivo en el destino visitado.
- Se debe procurar consumir lo que se ofrece en la localidad. El turista puede contribuir al desarrollo económico y social de la isla, los productos locales buscan mejorar la economía del lugar, en base a los principios del comercio justo.
- El turista debe respetar su entorno. Todos los lugares tienen historia, cultura, valores naturales y propios, se debe ofrecer información sobre estos aspectos, de forma que las actividades o conductas no provoquen efectos negativos sobre ellos.

- Evitar tirar desechos en áreas prohibidas, sólo tira la basura en los lugares indicados. Si se tiran residuos orgánicos en áreas naturales, se están afectando los hábitos de la fauna silvestre. Los desperdicios inorgánicos pueden tardar decenas de años en degradarse y en ese tiempo pueden contaminar el ambiente perjudicando los recursos naturales de la isla, especialmente los recursos hídricos.
- Buscar alternativas de bajo impacto, ejemplo de ellos es que el ecoturismo es el que causa menos impactos al medio ambiente.

7. PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE GREAT CORN ISLAND

7.1. Misión de la municipalidad de Corn Island

“Conducir al desarrollo humano y sostenible del municipio a través de planes, servicios públicos, programas y proyectos, basados en enfoques de participación ciudadana, ambiental y de género con una visión estratégica de corto, mediano y largo plazo, que permita orientar adecuadamente el crecimiento de la ciudad y el municipio, así como el aprovechamiento de los recursos naturales, físicos, económicos y sociales”. (Alcaldía Municipal de Corn Island, 2016).

7.2. Visión de la municipalidad de Corn Island

“Ser la entidad que impulse el desarrollo integral y sostenible del municipio de Corn Island, sobre la base de la consideración de las limitaciones y riesgos, así como del aprovechamiento de las potencialidades y oportunidades que presenta el municipio” (Alcaldía Municipal de Corn Island, 2016).

El propósito de este estudio es crear un instrumento para reducir considerablemente la contaminación de los recursos hídricos de la isla, de igual manera la calidad de vida de sus habitantes; esto se logrará con un saneamiento integral adecuado que incida directamente a mejorarlas en las condiciones básicas y un ambiente adecuado dentro de la comunidad. También se pretende mejorar las capacidades técnicas de la municipalidad y de los habitantes del territorio para tomar acciones inmediatas ante amenazas en la

calidad del recurso y que esto ayude a prevenir problemas en la salud, creando resiliencia ambiental en los pobladores de la isla.

Es por ello que se debe promover la gestión integrada de los recursos hídricos de Great Corn Island, a través de estrategias viables y alcanzables mediante un sistema de saneamiento ambiental adecuado en capacidades técnicas y humanas; promoviendo la cooperación interinstitucional y de la comunidad presente para la protección y un manejo adecuado del recurso.

7.3. Análisis FODA

La matriz de análisis FODA es una conocida herramienta estratégica de análisis de la situación, en este caso de Great Corn Island. El principal objetivo de aplicar la matriz FODA en un estudio, es ofrecer un claro diagnóstico para tomar las decisiones estratégicas oportunas y mejorar en el futuro. Su nombre se deriva del acrónimo formado por las iniciales de los términos: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. La matriz de análisis FODA permite identificar tanto las oportunidades como las amenazas en la isla, así como las fortalezas y debilidades encontradas en el presente estudio.

Tabla XVIII. **Análisis FODA de Great Corn Island**

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Marco Jurídico Municipal	Iniciativas para la Gestión del recurso hídrico	Inadecuado abastecimiento de Agua Potable.	Agua no apta para el consumo humano

<p>“Ley 620” Ley General de Aguas Nacionales.</p> <p>Recurso municipal, Unidad Ambiental</p>	<p>Políticas Públicas vinculadas al recurso hídrico</p> <p>Alta capacidad para el turismo</p> <p>Oportunidad de capacitación</p>	<p>Inadecuada gestión en el saneamiento ambiental</p> <p>Alta incidencia de pobreza.</p> <p>Escasa información y estrategias para la protección de los recursos.</p> <p>No existen planes para la gestión del recurso hídrico</p>	<p>Alto crecimiento demográfico</p> <p>Contaminación por desechos sólidos y líquidos</p> <p>Riesgo en los recursos naturales de la isla</p> <p>Disminución del turismo</p>
--	--	---	--

Fuente: elaboración propia.

7.3.1.1. Análisis de escenarios

Elaborar escenarios es una forma de pensar a futuro. Debe servir para decidir lo que hay que hacer en el presente. No ponderan probabilidades, sino que consideran posibilidades, no son la lista de cosas que nos gustaría que ocurriesen o que deberían ocurrir, sino un conjunto de relatos sobre el futuro, consistentes, meritorios y que abarcan acontecimientos posibles.

a) Escenarios I: tendencial

- Aumento de la contaminación, debido a la falta de saneamiento ambiental;
- Disminución de la oferta de agua para los distintos usos;
- Riesgo de los recursos hídricos subterráneos;
- Deterioro significativo de los humedales
- Suspensión de inversiones para el saneamiento de la isla;
- Disminución del interés de elaborar planes de gestión hídrica;
- Disminución de las inversiones turísticas
- Disminución de afluencia de turistas
- Incremento de la pobreza.

b) Escenario II: alcanzable

- Ejecución del plan de gestión integrada de recurso hídrico;
- Participación con interacción entre el gobierno municipal, instituciones del estado y población civil en los procesos de gestión ambiental de todo el municipio de Corn Island;
- Mejoras en la distribución de agua en calidad y cantidad a los habitantes del municipio;
- Mejoramiento y preservación de las condiciones sanitarias en la isla;
- Reducción de la pobreza a través de las inversiones turísticas;
- Mejoras en la salud pública y del ambiente
- Un ambiente sano que favorezca a mejor calidad de vida y prosperidad de los habitantes en general;
- Mayor afluencia de turistas practicando el ecoturismo;

- Fortalecimiento de las capacidades técnicas en la gestión y participación a través de herramientas para el manejo integrado de los recursos hídricos;
- Conocimiento sobre la “Ley 620” Ley General de Aguas Nacionales y otras leyes vinculadas a los recursos hídricos.
- Ciudadanos capacitados y sensibilizados en materia ambiental y cultura sobre la protección de los recursos naturales.

c) Escenario óptimo

- Plan de manejo integral de los recursos hídricos ejecutándose con énfasis en el desarrollo socioeconómico y ambiental de la isla.
- Establecidas medidas relacionadas al aprovechamiento sostenible y reúso del agua, además de mejoras en el saneamiento ambiental que contribuyan al manejo sostenible de los recursos hídricos de Great Corn Island;
- Efectuadas líneas estratégicas efectivas relacionadas al control y monitoreo de la cantidad y calidad del agua en la isla de Great Corn Island;
- Consolidadas en aspectos técnicos las autoridades municipales, organizaciones presentes en la isla y habitantes en general, con la finalidad de generar capacidades y herramientas que permitan establecer y poner en práctica políticas enfocadas en el saneamiento ambiental;
- Desarrollados mecanismos de incentivos a empresas y habitantes para promover los servicios ambientales y prácticas que formen un equilibrio amigable con el ambiente y sus recursos naturales;
- Desarrollado un turismo ecológico que logre la prosperidad de los habitantes de la isla y que sus efectos sean mínimos sobre el

ambiente, logrando armonía entre los habitantes de la isla y su entorno natural.

La idea es prepararse para cambios y tener un referente válido y previamente probado acerca de cuáles son las estrategias más indicadas y cuáles las desaconsejables en cada caso. Esto representa una técnica efectiva para afrontar la incertidumbre y es una alternativa idónea de reinterpretar y reorganizar la información recabada a través de otras técnicas.

7.3.1.2. Marco institucional

Se identifican los siguientes actores de gestión, cada uno con atribuciones específicas dentro de su accionar mandatorio o reglamentario:

- A la alcaldía municipal de Corn Island le compete conducir al desarrollo humano y sostenible del municipio, a través de planes, servicios públicos, programas y proyectos, basados en enfoques de participación ciudadana, ambiental y de género con una visión estratégica de corto, mediano y largo plazo, que permita orientar adecuadamente el crecimiento de la ciudad y el municipio, así como el aprovechamiento de los recursos naturales, físicos, económicos y sociales.
- A la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y su “Ley 620” regular la gestión integrada de los recursos hídricos en cumplimiento de la Ley General de Aguas Nacionales, a fin de lograr el desarrollo económico y social del país con la participación ciudadana, equidad de género y en coordinación armónica con las Instituciones del Estado.

- Al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y su “Ley 217” normar y regular la conservación y el uso racional de los recursos naturales y la protección de la Madre Tierra; mediante la formación de valores de identidad y conciencia desde la Persona, la Familia y la Comunidad, en alianzas estratégicas con los Gabinetes de Familia, Comunidad y Vida, Gabinetes de Gobiernos Locales y Territoriales, Juventud y Sector Privado para avanzar en el bienestar de las familias, restituyendo el derecho humano a un ambiente saludable.
- A los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) y su “Ley 722” tienen a su cargo la administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento en la comunidad, con el apoyo de todos los usuarios, a quienes, además, rinden cuentas de sus gestiones y actividades.
- El Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) financiar y acompañar programas de inversión sustentables que desarrollan capital humano, social y físico de las familias de escasos recursos, a fin de mejorar sus condiciones de vida y oportunidades de inserción en la economía, bajo los principios de equidad social, solidaridad y transparencia.
- El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) institución facultada para generar información sobre los recursos (hidrológicos, meteorológicos, estudios geofísicos, entre otros.) mediante las direcciones de Meteorología y Recursos Hídricos manejan la base de datos de monitoreo de acuíferos, estaciones meteorológicas e hidrométricas ubicadas en el territorio nacional.

- El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) ente regulador, de control y normalización del sector agua potable y alcantarillado sanitario, también maneja base de datos de sistemas rurales y urbanos.
- Empresa Municipal de Corn Island (EMACI), encargada del abastecimiento de agua potable en el municipio de Corn Island.
- El ministerio de Salud (MINSAL) un un sistema de salud que atiende a los nicaragüenses según sus necesidades y garantiza el acceso gratuito y universal a los servicios de salud, promueve en la población prácticas y estilos de vida saludables que contribuyen a mejorar la calidad y esperanza de vida y los esfuerzos nacionales para mejorar el desarrollo humano.
- Al Ministerio Público de Nicaragua y la “Ley 559” Ley Especial de Delitos Contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales tipificar como delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, las acciones u omisiones que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, manejo, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales, así como el establecimiento de la responsabilidad civil por daños y perjuicios ocasionados por las personas naturales o jurídicas que resulten con responsabilidad comprobada.

Tabla XIX. Marco lógico

OBJETIVO ESPECIFICO	RESULTADOS ESPERADOS	ACTIVIDADES	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACION
Reducir la contaminación de los recursos hídricos de Great Corn Island.	A mediano plazo, Greta Corn Island cuenta con una buena calidad en sus recursos hídricos	Desarrollar planes de gestión de los recursos hídricos.	Gerencia sostenible del recurso por parte de las instituciones responsables	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de la calidad de agua. • Documentos Técnicos. • Consulta ciudadana.
Desarrollar un plan de saneamiento integral se ha mejorado la calidad de vida de los habitantes lograda la descontaminación de la isla.	A corto plazo, los habitantes de la isla cuentan con acceso a un saneamiento ambiental adecuado.	Implementación de planes de saneamiento y obras para la reducción de basura y aguas residuales sin previo tratamiento.	Acciones estratégicas para evitar la contaminación de la isla y avances de gestión en los servicios básicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación técnica y consultoría sobre los avances en el saneamiento integral. • Reducción de botaderos ilegales de basura y agua previamente tratada.
Fortalecer capacidades técnicas en las instituciones presentes en la isla se darán acciones eficientes para resolver las problemáticas medioambientales y de salud pública.	A mediano plazo, se logra el establecimiento de un ambiente sano y la protección de los recursos naturales en general.	Programa propuesto a las autoridades municipales sobre la inversión en capacitación técnica.	Interés de las autoridades municipales en la constante capacitación de los integrantes de cada unidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Consultoría a actores principales e interesados totales, documentación de carácter público en avances programados.
Capacitar y sensibilizar en materia	A mediano plazo, se forma una	Desarrollar programas de capacitación constante en	Habitantes de la isla y	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos y memorias de talleres realizados a

ambiental para la protección de los recursos hídricos y el saneamiento integral a la población en general se desarrolla una cultura amigable con el ambiente.	sociedad una sociedad que visualiza la sostenibilidad de los recursos naturales y la importancia de la protección de los mismos.	educación ambiental para la población en general.	distintos usuarios del agua participan en la adquisición de capacidades para la gestión adecuada de los recursos hídricos y protección del ambiente.	actores claves, consultorías a nivel de conocimiento técnico en capacitaciones recibidas.
---	--	---	--	---

Fuente: elaboración propia.

7.4. Líneas estratégicas del plan de gestión integrada de recursos hídricos.

Para generar un plan estratégico e integral deben considerarse componentes técnicos, científicos, sociales, culturales, económicos y coyunturales que permitan la ejecución y validación del mismo con pertinencia; permitiendo así, que la propuesta se ejecute y sirva como base para mejorar el desarrollo y bienestar de Great Corn Island, es por ello que se proponen las siguientes líneas estratégicas:

- La primera línea hace referencia a la gestión de la oferta de agua en la isla, que tiene como objetivo la conservación de los ecosistemas acuáticos y de los procesos hidrológicos de los que depende la oferta hídrica, lo que se lograría con:



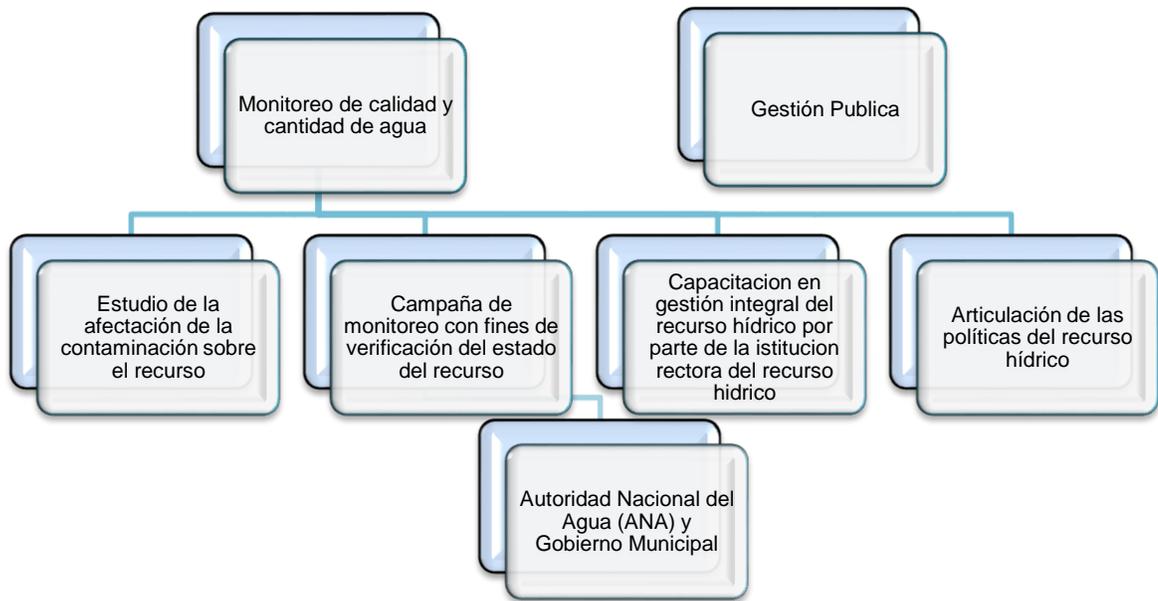
Fuente: elaboración propia.

- La segunda línea en gestión de la demanda, la cual tiene como objetivo identificar los usuarios del recurso hídrico y ejecutar acciones para la gestión integrada del recurso con base a la demanda de agua; se logrará:



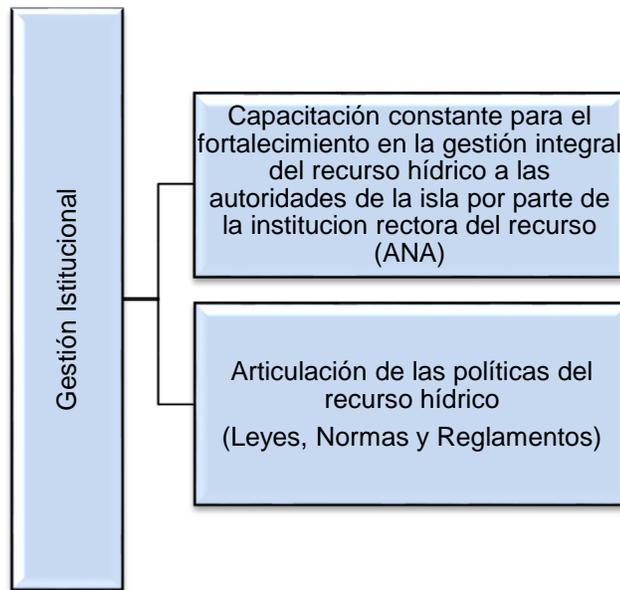
Fuente: elaboración propia.

- Como tercera línea, se establece la gestión de la calidad, que tiene como objetivo principal el monitoreo de calidad y cantidad de agua de la isla, para crear una base de datos en cuanto al estado del recurso se refiere, y que lleva como planes de acción:



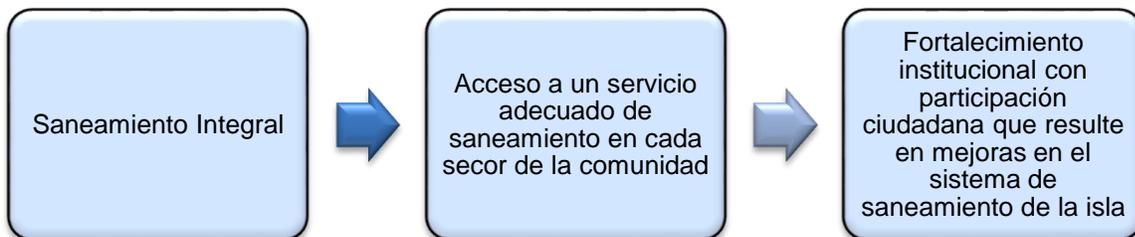
Fuente: elaboración propia.

- La cuarta línea realiza el fortalecimiento institucional, que lleva como objetivo generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integrada del recurso hídrico.



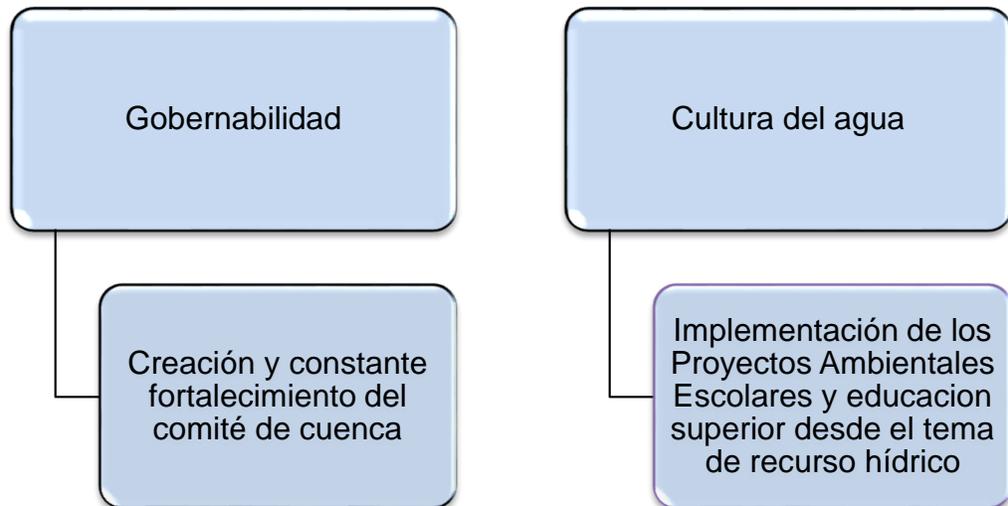
Fuente: elaboración propia.

- La quinta línea se enfatiza la importancia del manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos en la isla para sanear los recursos hídricos y por la incidencia de la contaminación ambiental en la salud humana, el objetivo debe buscar el fortalecimiento institucional y de la población en general; en el manejo adecuado de desechos sólidos y líquidos.



Fuente: elaboración propia.

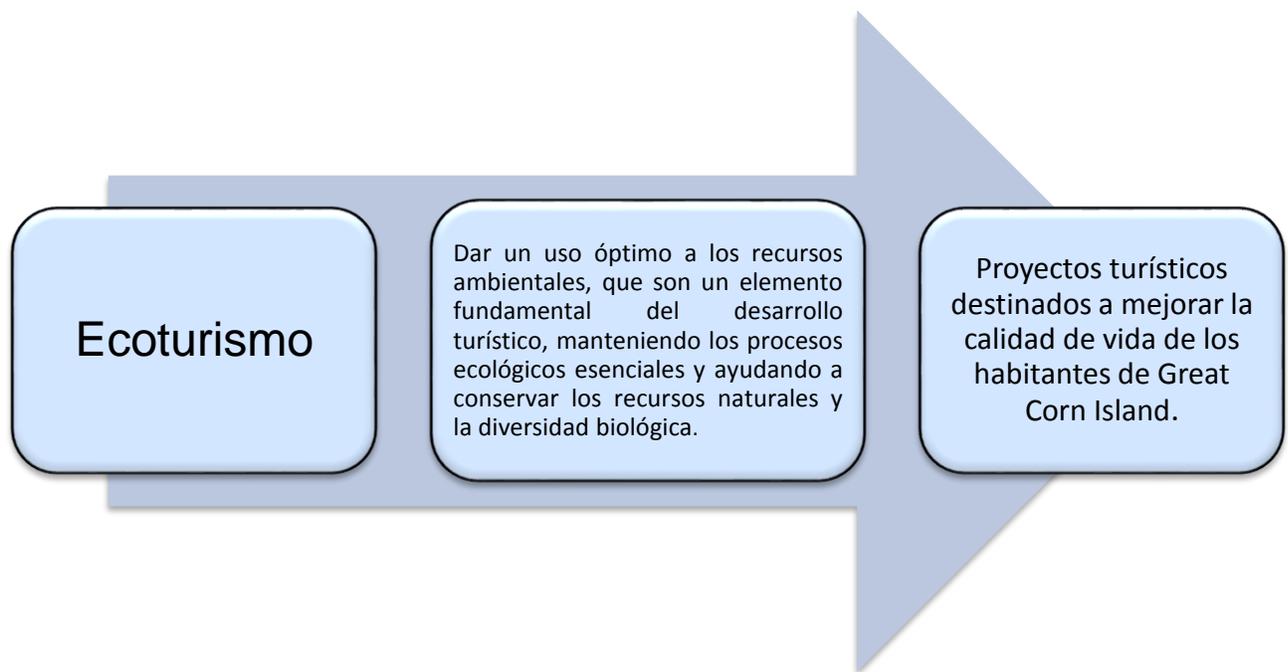
- La sexta línea estratégica se refiere a la gobernanza del agua, cuyo objetivo es consolidar y fortalecer la gobernabilidad para la gestión integral del recurso hídrico.



Fuente: elaboración propia.

- La última línea estratégica es promover el turismo ecológico en la isla, que tendrá como objetivo principal impulsar en un ambiente saludable actividades económicas viables a largo plazo, que reporten a todos los agentes, beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable y de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza, el bienestar de los habitantes y la protección en conjunto de los recursos naturales de la isla y el municipio en general.

El turismo sostenible debe reportar también un alto grado de satisfacción a los turistas y representar para ellos una experiencia significativa, que los haga más conscientes de los problemas de la sostenibilidad y fomente en ellos unas prácticas turísticas sostenibles.



Fuente: elaboración propia.

7.5. Acciones para la sostenibilidad de los recursos hídricos y reducción de la contaminación mediante el saneamiento ambiental

El Plan Nacional de Desarrollo Humano, contempla que la Madre Tierra, es el eje articulador del proceso de unidad y lucha de los pueblos indígenas y afrodescendientes lo que permite la continuidad histórica, como pueblo donde se genera la identidad y su reproducción cultural. El programa Madre Tierra, enfatiza en garantizar el derecho de la propiedad comunitaria, de los pueblos indígenas de la Costa Caribe, la seguridad jurídica y el régimen de propiedad

están estrechamente vinculados a la protección de los bosques y los ecosistemas del Caribe.

Se deben desarrollar y proponer acciones transformadoras que impliquen promover el cuidado de los activos ambientales, mediante proyectos de saneamiento, protección de recursos naturales con valor eminentemente cultural y ambiental, los cuales facilitarán espacios de diálogo y de convergencias para la coordinación de acciones que contribuyan al impulso de turismo y ecoturismo y el manejo sostenible y sustentable de los recursos naturales.

Con el establecimiento de programas de educación ambiental y participación social que fomenten la conciencia ecológica, se buscará la protección de fuentes de agua, establecer una estrategia de coordinación con organizaciones públicas y privadas.

Las autoridades y la sociedad civil deben tomar con responsabilidad y visión de futuro, la posibilidad de reducir la pobreza que afecta a la isla, a través de planes estratégicos, desarrollo y ejecución de proyectos desde un nivel social y de servicio comunitario, mejorando los accesos a servicios básicos, los cuales implican competencias institucionales compartidas, tanto municipales, de la sociedad, del gobierno central y de la cooperación internacional.

7.5.1. Ejes de desarrollo

- **Social:** las autoridades y los diferentes actores sociales tienen en sus manos el desafío de asumir con responsabilidad, misión y visión de futuro, la posibilidad de reducir la pobreza, a través de planes estratégicos, desarrollo y ejecución de proyectos desde aspectos sociales y de servicio comunitario,

mejorando los accesos a servicios básicos, los cuales implican competencias institucionales compartidas, tanto municipales, de la sociedad, del gobierno central y de la cooperación e inversión extranjera.

- **Ambiental y económico:** la explotación de los recursos naturales y el manejo inadecuado a las aguas residuales y desechos sólidos, perjudican de manera acelerada el medio ambiente, por lo que se encuentran en riesgo, las aguas subterráneas en la isla, esto en gran medida empeora la calidad de vida de los habitantes, por lo que es preciso contar con acciones y medidas preventivas que ayuden a la conservación y protección del medio ambiente.
- **Ecoturístico:** este eje de desarrollo proporciona acciones que implican promover el cuidado de los activos ambientales, mediante proyectos de saneamiento, protección de recursos naturales con valor eminentemente cultural y ambiental, e facilitarán espacios de diálogo y de convergencias para la coordinación de acciones que contribuyan al impulso del ecoturismo y el manejo sostenible y sustentable de los recursos naturales. Con el establecimiento de programas de educación ambiental y participación social que fomenten la conciencia ecológica, se buscará la protección de fuentes de agua, establecer una estrategia de coordinación con organizaciones públicas y privadas.

Tabla XX. Plan de gestión integrada de los recursos hídricos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	RESULTADOS ESPERADOS
1. Promover la gestión de recursos hídricos a través de estrategias de manejo sostenible	Desarrollar planes de gestión que tengan como fin el manejo sostenible de los recursos hídricos y acciones frente a la contaminación	Autoridad Nacional del Agua, Gobierno Municipal y ONG,s	Creadas las herramientas de gestión se logra una mayor disponibilidad y calidad del recurso, mejorando la salud pública.
2. Formular un plan integral de saneamiento ambiental, a través de la coordinación y esfuerzo entre los actores.	Desarrollar una campaña de saneamiento en toda la isla para eliminar focos de contaminación, de esta forma se podrán resolver los problemas de salud que en muchos casos se producen por las malas condiciones del ambiente.	Gobierno municipal, ANA, MARENA, MINSA, INTUR, Población Civil y Organizaciones Interesadas	Creado un plan integral cuyo resultado es un ambiente sano fundamental para mantener la prosperidad y calidad de vida de los ciudadanos, así como aumentar el turismo sostenible en la isla, donde las partes interesadas se involucran más en la labor de protección del ambiente y sus recursos naturales.
3. Realizar la caracterización de aguas residuales en la isla	Desarrollar un proceso de caracterización de las aguas residuales en la isla, estas ya sean domésticas o industriales.	Gobierno municipal, ANA, MARENA, MINSA, INTUR, Población Civil y Organizaciones Interesadas	Caracterizadas las aguas residuales y conociendo los contaminantes presentes en ellas, se establecen los tratamientos más adecuados para su tratamiento.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	RESULTADOS ESPERADOS
4. Desarrollar un plan para el tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas.	Poner en práctica métodos para el tratamiento primario de las aguas residuales (tratamiento domiciliario). De acuerdo con la efectividad del tratamiento se hace uso de las aguas tratadas.	Gobierno Municipal, MINSA, Población Civil y ONG,s interesadas	Realizado un plan de tratamiento efectivo de las aguas residuales previo a su liberación, se crean condiciones para el reúso de las mismas.
5. Caracterización de los residuos sólidos generados en la isla.	Desarrollar un proceso de caracterización de los residuos sólidos en la isla,	Gobierno municipal, ANA, MARENA, MINSA, y Organizaciones Interesadas	Caracterizados los residuos sólidos, se establecen alternativas para su manejo y se propone una isla saludable y sostenible.
6. Implementar un plan de manejo y disposición adecuada de los residuos peligrosos.	Promover la recolección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos dado el nivel de contaminación y riesgo para la salud humana que estos representan.	Gobierno Municipal, MINSA, Población Civil y ONG,s interesadas	Establecida una gestión adecuada de los residuos peligrosos lo cual previene o disminuye los problemas asociados en la salud humana y el ambiente.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	RESULTADOS ESPERADOS
7. Implementar planes de protección ante la contaminación de humedales	Desarrollar acciones que tengan como resultado impedir la pérdida progresiva de los humedales de la isla	Gobierno Municipal, Instituciones del Estado, Población Civil y ONG,s interesadas	Protegidos los humedales son fuente de recarga de las aguas subterráneas y preservación de biodiversidad.
8. Establecer programas de educación ambiental	Capacitar en educación ambiental a la población para crear un cambio de actitud y proponer alternativas que resuelvan o mitiguen el problema de la contaminación.	Instituciones del Estado, Gobierno Municipal, ONG,s, Colegios y Centros de Educación Superior	Fundada una sociedad socialmente justa y ecológicamente equilibrada, en un contexto de desarrollo sostenible que genera cambios en la calidad de vida y mayor conciencia en la conducta personal, así como armonía entre los seres humanos y su medio natural.
9. Impulsar el ecoturismo en la isla.	Desarrollar mediante proyectos y un ambiente saludable mayor afluencia de turistas nacionales y extranjeros.	Instituciones del Estado, Gobierno Municipal, ONG,s, y Sociedad Civil.	Se impulsa el ecoturismo en la isla lo que ayuda a los habitantes a obtener ingresos y salir de la pobreza.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se valida la hipótesis planteada en la investigación, esto debido a que en los objetivos y resultados esperados se incluye al 100% de los habitantes que residen en el área de estudio, para promover un ambiente saludable y, por ende, mayor afluencia de turistas, que contribuirá a traer prosperidad socioeconómica a los habitantes de la isla.
2. Se realizó el plan de gestión integrada de los recursos hídricos de Great Corn Island enfocado en reducir la contaminación, la gestión integrada se logrará a través de agua de mejor calidad y el saneamiento integral en la isla, el cual busca crear un ambiente sano y próspero, dicho plan se desarrolló con base a la problemática más sentida en el área.
3. Se caracterizaron los recursos hídricos de Great Corn Island y se logró determinar que la isla no posee fuentes superficiales, se limita a pequeños humedales que actúan como recarga al acuífero, y corrientes efímeras que toman lugar durante la época lluviosa. Con respecto al agua subterránea, los niveles de agua oscilan entre los 0,97 y los 6,91 m; con influencia de los humedales que se encuentran alrededor de la isla siendo esta buena fuente de recarga al acuífero. En cuanto al relieve en el área se pueden observar elevaciones que van desde los 40 hasta los 85 msnm. La contaminación se debe principalmente a la falta de tratamiento e inadecuada disposición de las aguas residuales y desechos sólidos generados por las diferentes actividades en la isla.

Las principales actividades económicas son el turismo y la actividad pesquera.

4. Con respecto a la situación administrativa y financiera de los servicios públicos vinculados a los recursos hídricos, se puede concluir que falta capacidad técnica en la prestación de los servicios; esto debido a que se necesita más personal especializado y capital financiero para desarrollar proyectos y ejecutar planes que garanticen la buena gestión en cuanto a agua potable, y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos se refiere.
5. Con la elaboración del diagnóstico, se logró identificar la falta de fuentes de agua de calidad para el abastecimiento de la población; en cuanto a la demanda se refiere, ésta se puede solventar sin ningún problema en la actualidad, pero dada la proyección 20 años, en el 2035 solo se cubre el 79% de la población abastecida, por lo que se deben buscar fuentes alternas de abastecimiento. Los problemas de contaminación en la isla son muy notorios, esto debido principalmente a la falta de saneamiento ambiental y contaminación natural.
6. Dado que la falta de un adecuado saneamiento ambiental es la principal fuente de contaminación en la isla, se propusieron soluciones que van desde la potabilización de las aguas contaminadas mediante métodos como, por ejemplo: osmosis inversa, tratamiento de aguas residuales con biofiltros, construcción de un relleno sanitario y sistemas adecuados de disposición de excretas, además de la caracterización y clasificación de desechos sólidos.

7. Se propusieron las líneas estratégicas para el plan de gestión, tales como: gestión de la oferta de agua, gestión de la demanda, gestión de la calidad, fortalecimiento institucional, manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos, gobernanza del agua y promoción del turismo sostenible, con lo cual se pretende sanear el ambiente en la isla enfocado al aumento de la inversión y el turismo ecológico, lo cual es la principal fuente de ingresos del área, y de acuerdo a ello se crean bases para procurar instituir prosperidad socioeconómica en los habitantes e impulsar el desarrollo a nivel del municipio.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar el estudio a la isla pequeña, ya que solamente se tomó en cuenta Great Corn Island, así obtener una base de datos que ayude a elaborar herramientas para planear el bien social y ambiental de todo el municipio.
2. Se debería de realizar lo más pronto posible un censo a toda la población del municipio, que contenga un inventario y estado actual de los servicios básicos que poseen los habitantes; esto con el fin de tomar decisiones para mejorar la calidad de vida de las familias en general.
3. Realizar un inventario de los usuarios del agua en toda la isla para tener una base de datos real y completa, al mismo tiempo que promover la legalización de usuarios privados para la regulación del recurso con base en la sostenibilidad.
4. Con respecto a las personas que trabajan en la municipalidad y que están vinculadas a los recursos hídricos; se deben capacitar constantemente en el monitoreo en cuanto a los niveles de agua y su calidad se refiere; para ir favoreciendo en la toma de decisiones que proporcionen los elementos para la buena gestión del recurso.
5. También se debe de capacitar a las áreas encargadas del saneamiento en la isla y de los habitantes en general, para el buen manejo de los residuos ya sean sólidos o líquidos, y que esto ayude a mejorar la calidad de vida y el ambiente del municipio.

6. Se debería formar un fondo financiero común que dejen las divisas del turismo; esto con ayuda del gobierno central para la construcción y operación de un sistema óptimo de saneamiento y que sea autosostenible, para evitar o disminuir la contaminación.

7. Se deben actualizar todos los estudios existentes en el área, a fin de mejorar la capacidad de acción ante la contaminación y sobreexplotación de los recursos en general, así como realizar nuevos estudios que llenen los vacíos e incorporen información de interés

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argüello O., (2008). Revisión y Actualización de la estrategia del sector de agua potable y saneamiento, 2008-2015, Nicaragua/Informe final. Managua, Julio 2008.

Aparicio J, J; Lafragua, A; Gutiérrez, R; Mejía; E, Aguilar; 2006. Evaluación de los recursos hídricos. Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Montevideo, UY. UNESCO. 98 p. (Documento Técnico N° 4.).

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-EPA. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. EPA 815-F-00-007, 2000.

Chevalier, J; Buckles, D. 2006. El Sistema de Análisis Social (SAS). En línea. Consultado 5 oct. 2008.

Dourujeanni, A; Jouravlev, A. 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Santiago, CL, CEPAL.

Dourujeanni, A; Jouravlev, A. 2002. Evaluación de políticas hídricas en América Latina y el Caribe. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 51). Santiago, CL, CEPAL.

Dourujeanni, A; Jouravlev, A. 2002. Gestión de agua a nivel de cuencas: teoría y la práctica. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 47). Santiago, CL, CEPAL.

Estudio Hidrológico e Hidrogeológico en Corn Island. PACCAS, 2015.

Estudio diagnóstico del componente hidrogeológico en el marco del proyecto “Elaboración de estudios y diseños del proyecto piloto en Corn Island, RAAS Nicaragua. Ruiz, M. 2012.

Ficha Municipal de Corn Island. INIFOM.

García, L. 1998. Estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos. BID. Washington, D.C.

Global Water Partnership (GWP). Centroamérica. Sf. 2003. Situación de los recursos hídricos en istmo centroamericano.

Global Water Partnership (GWP). 2000. Manejo integrado de recursos hídricos.

Global Water Partnership (GWP). 2005. Estimulando el cambio: Un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua.

HERNANDEZ, Aurelio., HERNANDEZ, Aurelio., GALÁN, Pedro. Manual de Depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes. Madrid: Paraninfo, S. A., 1995.

INIDE (2006). Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Compendio estadístico 2003 - 2004 y Anuario Estadístico 2006.

International Water Management Institute (2007). The Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, System wide Initiative on Water Management (SWIM).

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (1999). Normas Técnicas de Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua (09 003-99). Autor: Managua.

OMS (Organización Mundial para la Salud) 1999. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. 2da, Volumen 3.

OMS. Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/96). 2003.

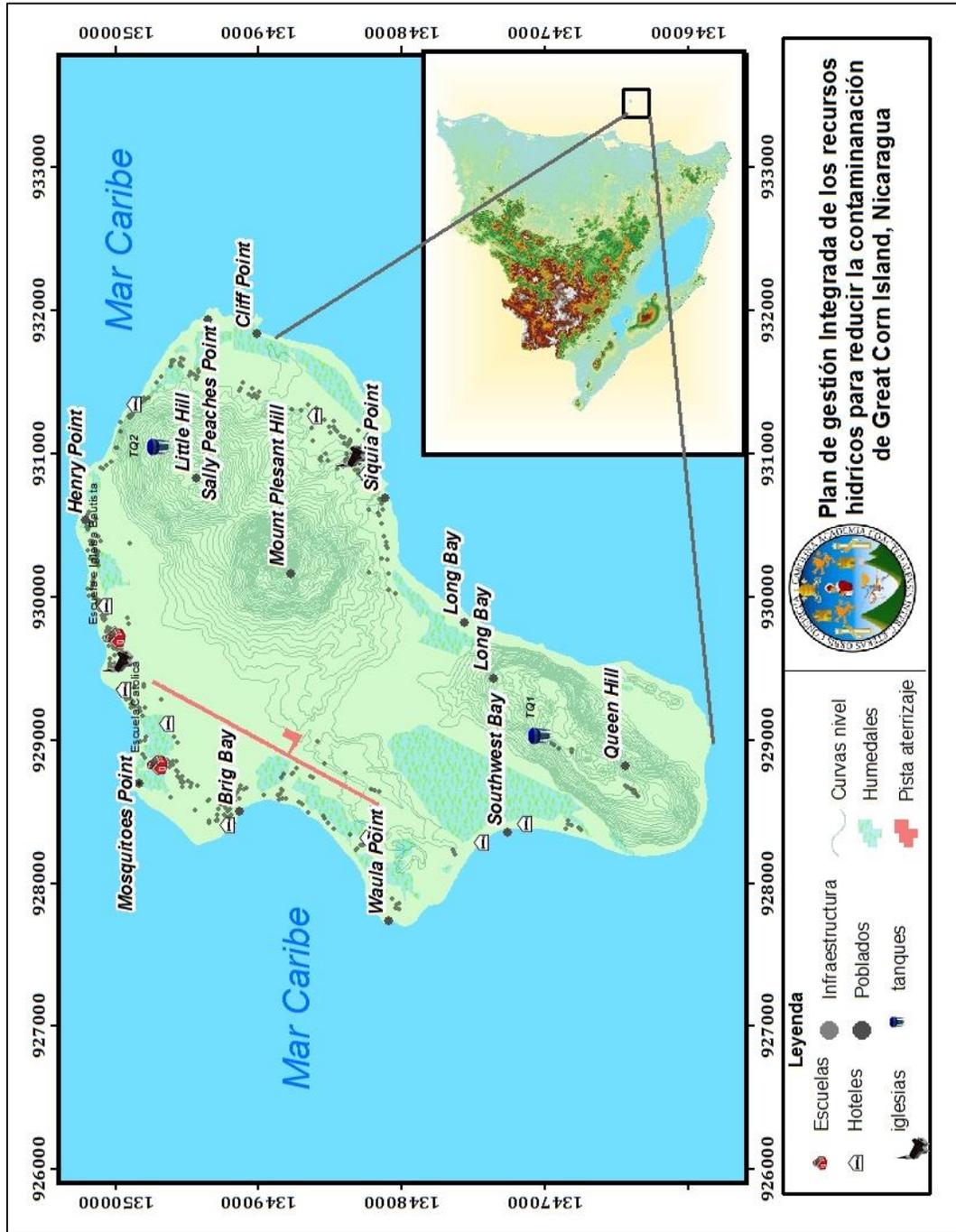
SOLSONA Felipe, Méndez Juan Pablo. OPS/CEPIS. Desinfección del agua. Lima, Perú, 2002.

OPS, 1996. Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia, Bogotá.
Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 05 007-98.
de Antioquía, Medellín.

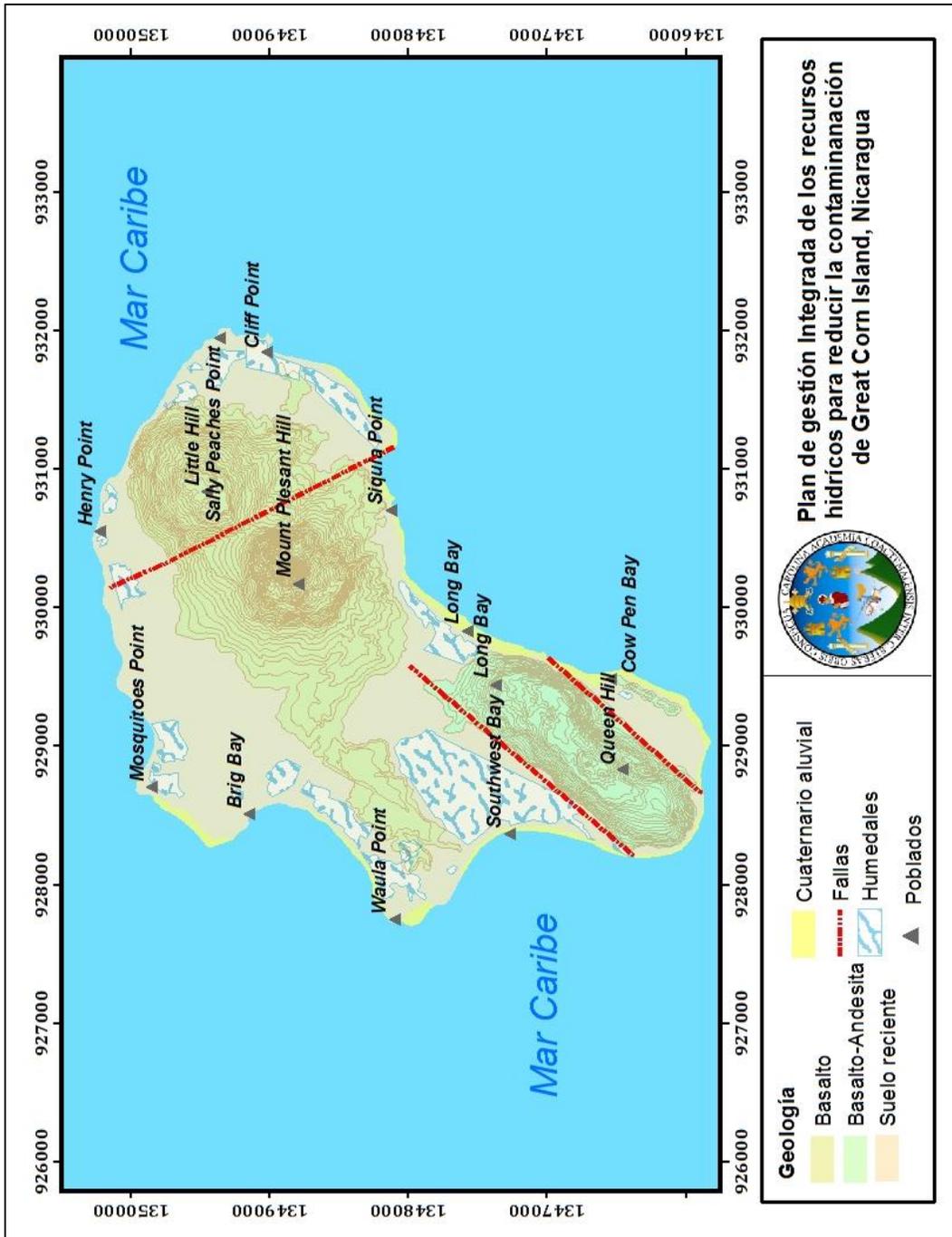
SARAVIA Celis, Pedro Cipriano. Contaminación del agua. Guatemala C.A.: Universidad de San Carlos de Guatemala.

ANEXOS

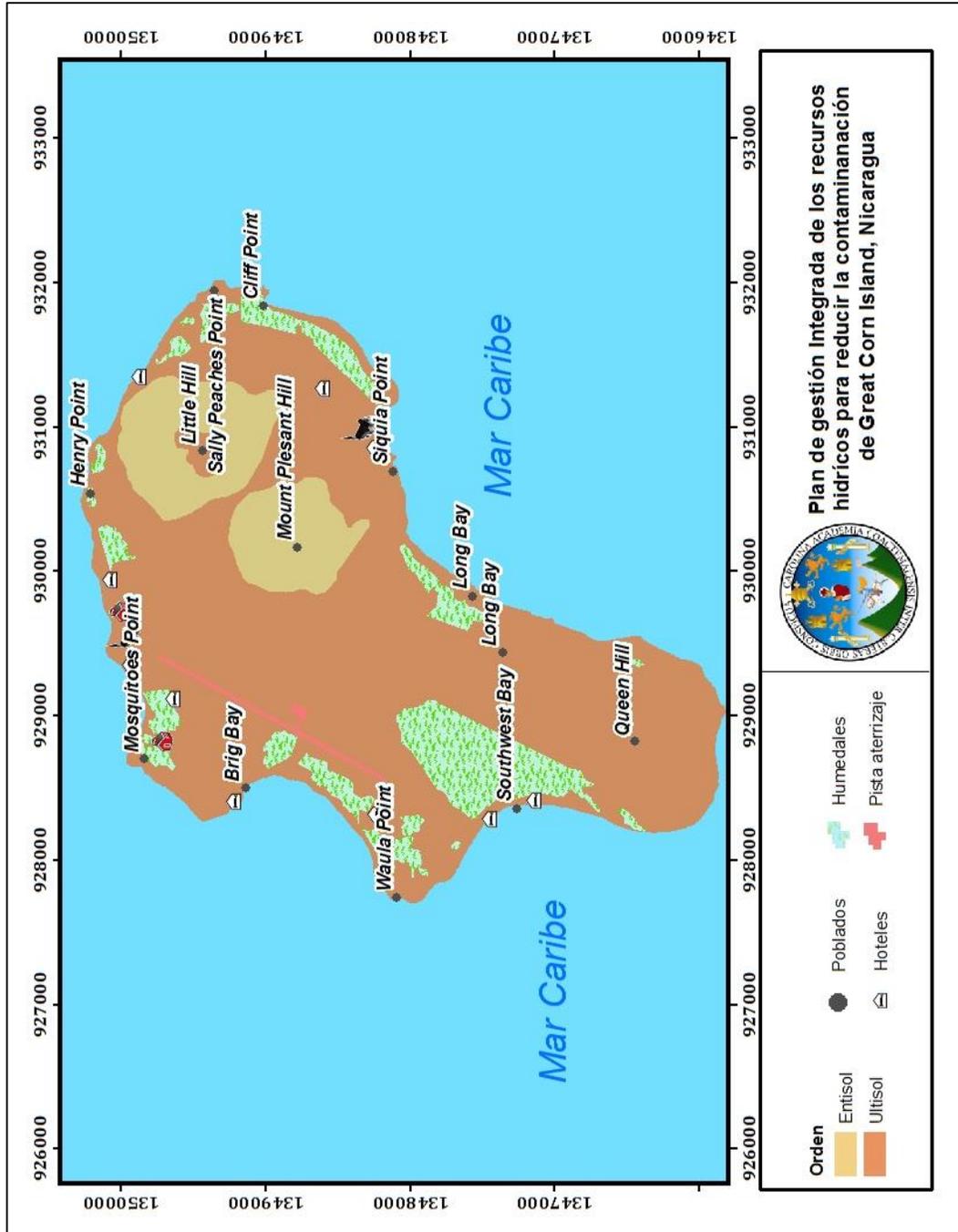
Anexo 1: Macro localización



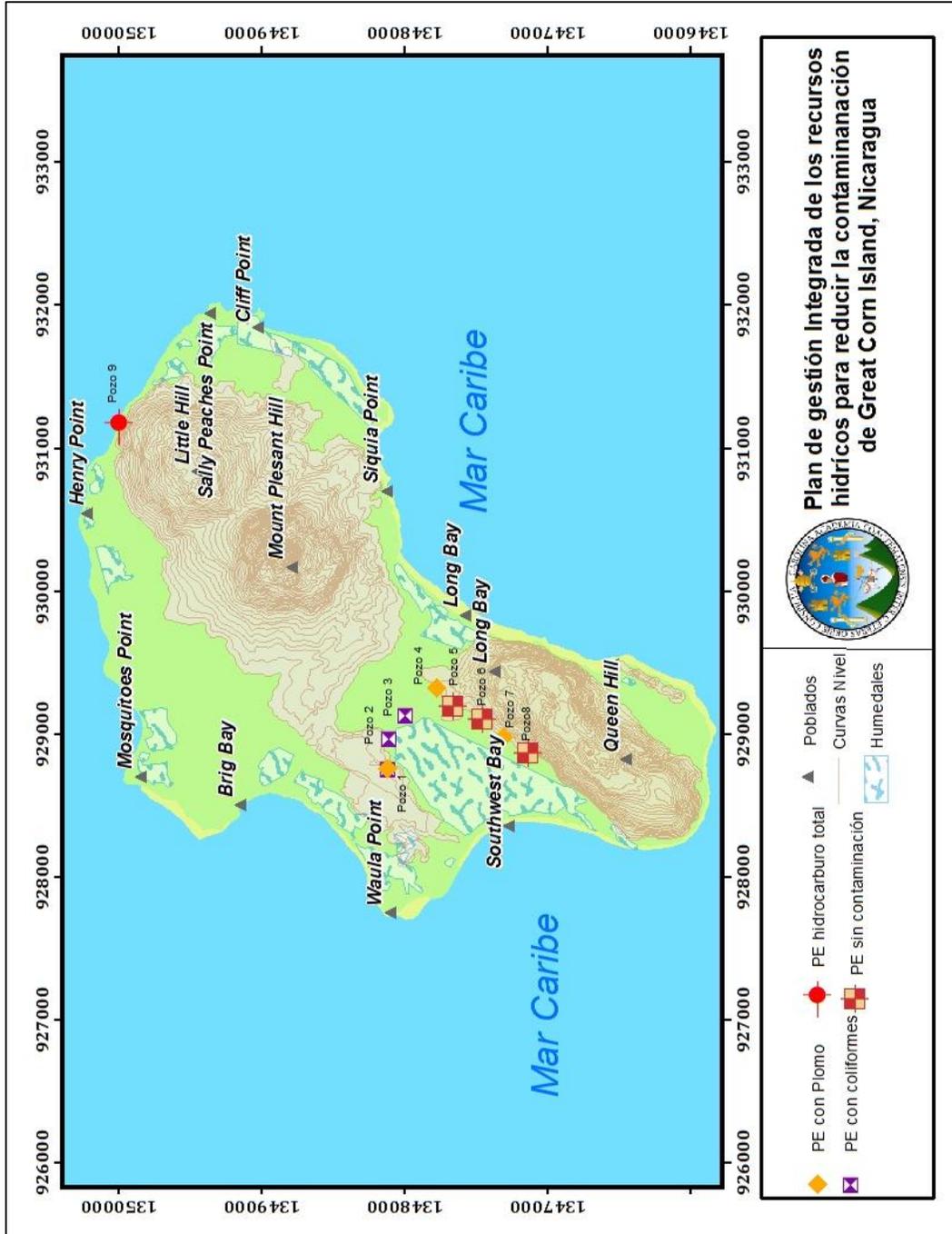
Anexo 2: Geología del área de estudio



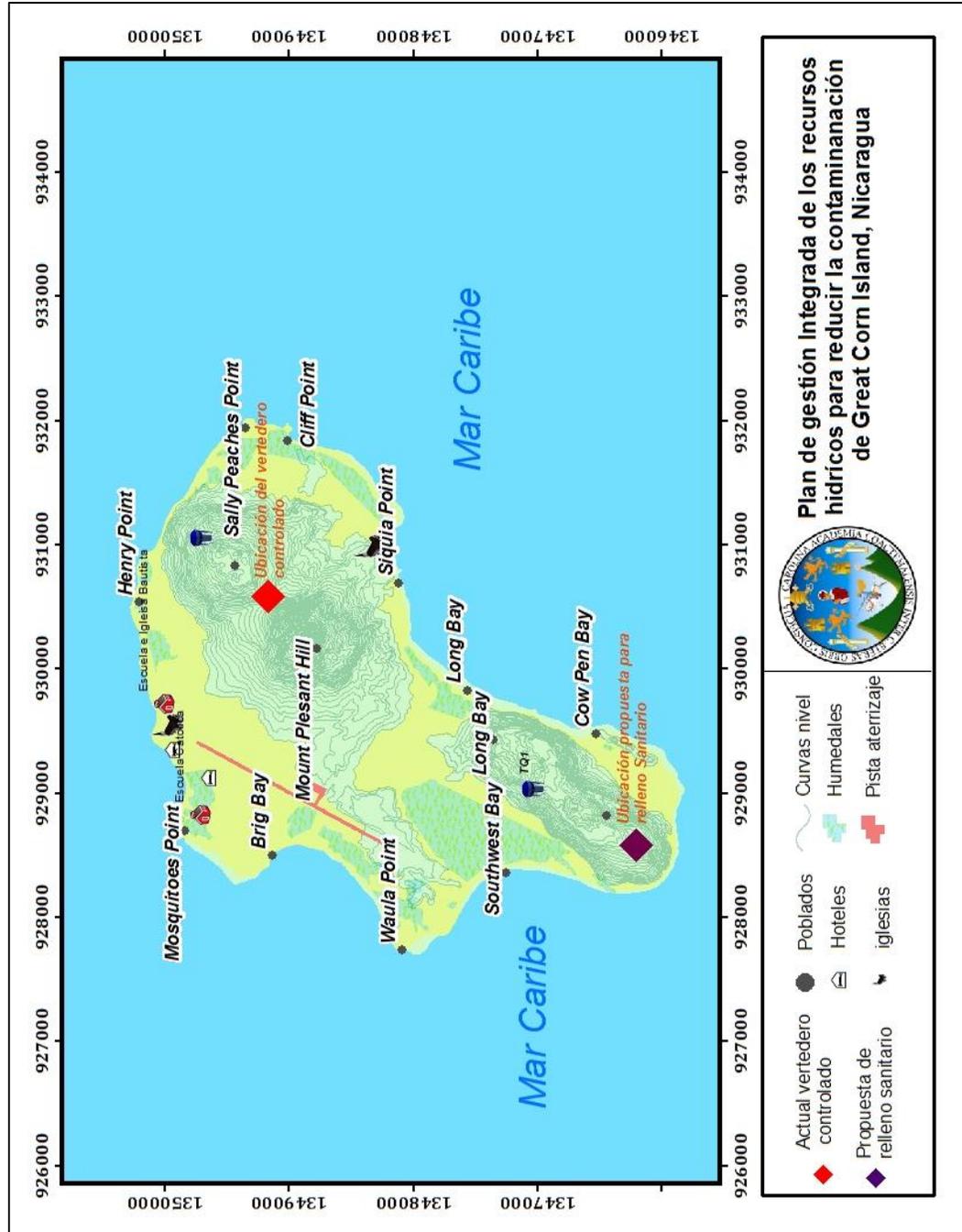
Anexo 3: Mapa taxonómico



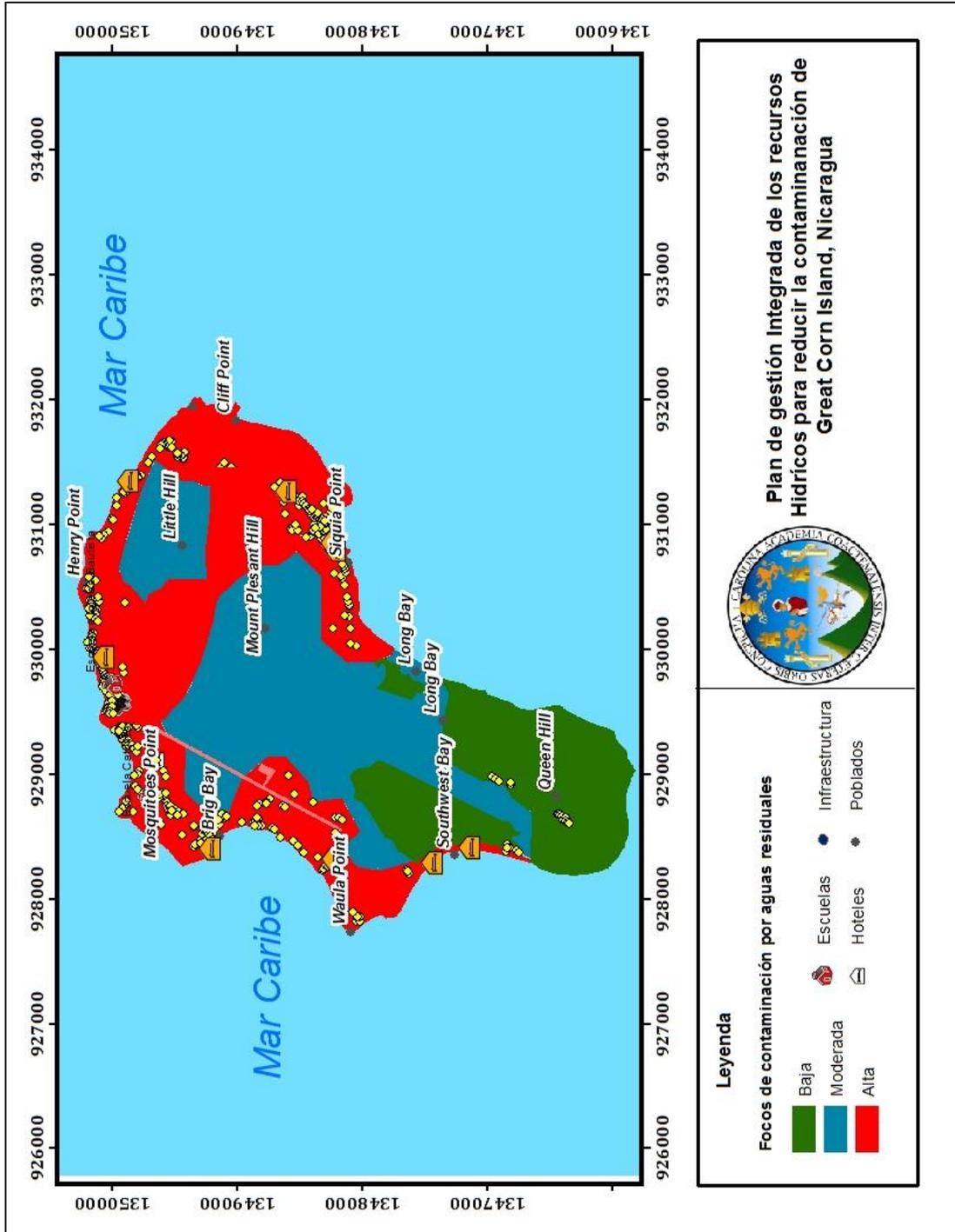
Anexo 4: Localización de pozos en la Isla



Anexo 5: Propuesta de relleno sanitario



Anexo 6: Focos de contaminación por aguas residuales



Anexo 7: Preguntas a grupos focales

1. ¿Cómo está la calidad del agua en la isla?
2. ¿El agua llega a todos los habitantes?
3. ¿Cómo califica usted la gestión de la municipalidad?
4. ¿Dónde es depositada la basura que se genera en la isla?
5. ¿Dónde se vierte el agua que se genera en los hoteles?
6. ¿Qué tipo de problemas ambientales cree que hay en la isla?
7. ¿En qué beneficia el turismo en la comunidad?

**ANEXO 8: ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA, METALES
PESADOS E HIDROCARBUROS TOTALES DE PETROLEO**

CIRA – UNAN

**Parámetros físicos químicos de los pozos de abastecimiento EMACI
del 1-9**

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Valores Admisibles CAPREE
Turbidez (UNT)	1	0,60	1,85	0,50	0,30	0,40	1,50	1,10	0,40	5
pH	6,19	6,21	6,32	6,35	6,30	6,35	6,19	6,61	6,81	6,5 - 8,5
Conductividad (µS/cm)	4180	4150	4490	2340	5140	3480	6840	3090	4500	0-400
Salinidad (%)	2,2	2,2	2,4	1,2	2,8	1,8	3,8	1,6	2,4	-
Solidos Totales Disueltos (mg/L)	2485,61	2516,1	2829,52	1345,77	3234,79	2090,45	4406,72	1825,09	2842,41	0-1 000
Color Verdadero (mg/L Pt - Co)	< 5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	15
Dureza Total (mg/L)	1000	990	1115	580	1240	785	1 645	855	745	SR
Alcalinidad Total (mg/L)	53	48	140	50	50	105,01	40,01	145,02	145,02	SR
Alcanidad a la Fenolftaleina (mg/L)	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	<1,67	SR
Silice Reactivo Disuelto (mg/L)	40,44	42,95	42,74	45,15	42,94	59,66	39,82	44,75	51,8	SR

Fuente: datos transcritos de análisis realizados por el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) para Autoridad Nacional del Agua (ANA), mayo,2016.

**Resultados de análisis bacteriológico de los pozos de abastecimiento
EMACI del 1-9**

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Valores Admisibles CAPRE
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	110	4,50	2	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	Negativo
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	2	4,50	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	Negativo
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	2	2	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	Negativo

Fuente: Datos transcritos de análisis realizados por el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) para Autoridad Nacional del Agua, mayo 2016.

**Resultado de análisis de metales pesados de los pozos de
abastecimiento EMACI del 1-9**

Metales Pesados	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	CAPRE		OMS (µg/L)	
										(µg/L)	(mg/L)		
Arsénico (µg/L)	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	<0,99	10	0,01	10
Cadmio (µg/L)	0,76	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,38	<0,15	<0,15	<0,15	50	0,05	3
Cromo hexavalente (µg/L)	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	NR	NR	-
Cromo total (µg/L)	1,44	<0,46	0,96	<0,46	<0,46	1,94	9,24	1,39	<0,46	<0,46	50	0,05	50
Manganeso (µg/L)	54,07	6,14	1,71	4,96	2,32	2,26	6,95	4,03	<1,16	<1,16	500	0,05	400
Mercurio (µg/L)	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	1	0,001	1
Plomo (µg/L)	16,40	<0,84	<0,84	23,85	<0,84	<0,84	9,43	<0,84	<0,84	<0,84	10	0,01	10
Zinc (µg/L)	50,40	<35,95	44,40	71,15	<35,95	<35,95	264,9	<35,95	41,05	41,05	3000	3	3000

Fuente: Datos transcritos de análisis realizados por el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) para Autoridad Nacional del Agua (ANA), mayo 2016.

**Resultado HTP ($\mu\text{g/L}$) de los pozos de abastecimiento EMACI del
1-9**

Pozo	Resultado HTP ($\mu\text{g/L}$)
Pozo 1	ND
Pozo 2	ND
Pozo 3	ND
Pozo 4	ND
Pozo 5	ND
Pozo 6	ND
Pozo 7	ND
Pozo 8	ND
Pozo 9	61,89

Fuente: Datos transcritos de análisis realizados por el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos para Autoridad Nacional del Agua, mayo 2016.