

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA Y DEL AGUA VIRTUAL
EN UNA PLANTACIÓN DE BANANO COMO PRODUCTO DE
EXPORTACIÓN EN LA "FINCA SANTA NARCISA"; EN EL CANTÓN
LA CONCORDIA, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS
TSÁCHILAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

MYRIAN CAROLINA CABEZAS RODRÍGUEZ
carycr.1992@hotmail.com

DAYANA LISSETH GONZÁLEZ ZAMBRANO
dayana_gz@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CÉSAR NARVÁEZ, MSc.
cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, Febrero 2017

DECLARACIÓN

Nosotras, Myrian Carolina Cabezas Rodríguez y Dayana Lisseth González Zambrano, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

CAROLINA CABEZAS RODRÍGUEZ

DAYANA GONZÁLEZ ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Myrian Carolina Cabezas Rodríguez y Dayana Lisseth González Zambrano, bajo mi supervisión.

Ing. CÉSAR NARVÁEZ. MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por llenarme de bendiciones a lo largo de mi vida y darme las fuerzas necesarias en los momentos más difíciles.

A mi padre Jorge Cabezas, por ser un padre ejemplar al esforzarse por dar lo mejor a su familia e inculcarme valores, siempre apoyándome y guiándome en todos los aspectos de mi vida, principalmente en el académico.

A mi madre Myrian Rodríguez, ya que con su amor infinito, confianza y paciencia ha hecho de mí una mejor persona. Gracias por siempre estar a mi lado y ser mi compañera de vida y mi mejor amiga.

A mi hermana Fernanda, por brindarme sus consejos en todo momento y ser mi amiga. A mi hermano Jorge y a mis sobrinos, por darme ánimos e incitarme a seguir adelante. A toda mi familia, por impulsarme a cumplir mis metas, en especial a mi abuelito Gonzalo.

A Roberth, por ser una persona esencial en mi vida y siempre brindarme el amor y apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria, dándome ánimo y fuerzas para no dejarme vencer.

A mis amigos, en especial a Dayana, por ser una amiga y excelente compañera de tesis y a Franklin por ser un gran amigo a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Escuela Politécnica Nacional, a mis profesores, en especial al Ingeniero César Narváez quien mediante sus conocimientos nos ha guiado en el desarrollo del presente proyecto.

Myrian Carolina Cabezas Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgencita, por estar siempre presentes en mi vida, por guiarme, cuidarme y bendecirme, por darme las fuerzas necesarias para no rendirme.

A mi padre Edizon González, porque siempre buscó brindarme lo mejor, especialmente en el estudio, le agradezco además porque sus conocimientos en agronomía fueron claves en gran parte para el desarrollo del presente proyecto. A mi madre Maritza Zambrano, quien con amor siempre me guió hacia el camino del bien, siempre me enseñó a no darme por vencida y siempre me recalcó lo importante que sería para ella verme profesional. Les agradezco a los dos, por inculcarme valores, por su apoyo infinito hacia mí, por su confianza, porque gracias a ustedes he obtenido una de las más importantes metas en mi vida. Los amo.

A mi abuelita Celita Arciniega, quien a sus casi 100 años, pensó que no iba a lograr verme graduada, pero gracias a Dios, podrá disfrutar de este acontecimiento junto a mí y a mi abuela Amparito Chavarría, que con su gran cariño me apoyó desde un inicio brindándome toda su dulzura y amor.

A mi hermana Cinthya González, quien estuvo apoyándome en toda mi etapa universitaria, dándome animos para poder culminar con mis estudios.

A toda mi familia, por siempre impulsarme a seguir adelante y no rendirme.

A mis verdaderos amigos, por estar junto a mí en el transcurso de mi carrera, les agradezco por su apoyo y confianza.

A Carolina, la coautora de este proyecto, porque siempre fue una amiga a lo largo de toda la carrera.

A la EPN y a mis profesores especialmente al Ingeniero César Narváez.

Dayana Lisseth González Zambrano

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a las personas más importantes en mi vida; a mis padres Jorge y Myrian, que han sido un pilar fundamental y me han guiado siempre con amor y paciencia, a mis hermanos Fernanda y Jorge Alejandro por su apoyo constante e incondicional y a Roberth por estar a mi lado en todo momento y brindarme su amor, paciencia y comprensión.

Myrian Carolina Cabezas Rodríguez

DEDICATORIA

Dedicado a mi Dios Todo Poderoso y a las personas que más amo y que me han apoyado a lo largo de esta etapa de mi vida:

A mis padres Edizon y Maritza, porque este triunfo, también es suyo.

A mi abuelita adorada, la más hermosa de todas Celita.

A mi abuelita Amparito, que ha sido como una madre para mí.

Y a mi hermana Cinthya, quien siempre ha estado conmigo.

Dayana Lisseth González Zambrano

CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
PRESENTACIÓN	xiv
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO 2	5
INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. HUELLA HÍDRICA (HH).....	5

2.1.1. Evaluación de la Huella Hídrica	6
2.1.2. COMPONENTES DE LA HUELLA HÍDRICA	7
2.2. AGUA VIRTUAL (AV).....	11
2.3. CALIDAD DE AGUA.....	13
2.4. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE.....	15
2.4.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR Publicada en el Registro OFcial No. 449 20 de octubre de 2008	15
2.4.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. Registro OFcial No. 305 6 de agosto de 2014.....	15
2.4.3. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL Codificación 19 Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep-2004 Estado: Vigente	16
2.4.4. LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Codificación # 20 Publicado: Registro Oficial Suplemento # 418 Fecha: 10-9-2004.....	16
2.4.5. CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD).....	16
2.4.6. ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA Edición Especial N° 316 - Registro OFcial - Lunes 4 de mayo de 2015	17
2.4.7. ACUERDO MINISTERIAL 021 GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PLÁSTICOS DE USO AGRÍCOLA. Registro OFcial No. 943 29 de abril de 2013	17
2.4.8. ACUERDO 097-A REFORMA DEL LIBRO IX DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE Miércoles 4 de Noviembre de 2015 – Edición Especial N° 387 – Registro Oficial.....	17
2.4.9. GPE INEN 46:1992 Guía de práctica para la protección personal para el uso de plaguicidas y productos afines	18

2.4.10. NTE INEN 2078:2013 1R Plaguicidas y productos afines de uso agrícola. Manejo y disposición final de envases vacíos tratados con triple lavado.....	18
CAPÍTULO 3	19
INVESTIGACIÓN DE CAMPO	19
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.....	19
3.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	19
3.1.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA FINCA	22
3.1.3. ASPECTOS GENERALES DE LA FINCA.....	29
3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	34
CAPÍTULO 4	54
METODOLOGÍA	54
4.1. MODELO DE HUELLA HÍDRICA.....	54
4.1.1. CROPWAT 8.0	54
4.1.2. MODELO PARA LA HUELLA GRIS	60
4.2. MODELO PARA EL AGUA VIRTUAL.....	60
4.3. APLICACIÓN DE MODELO	61
4.3.1. PROCESAMIENTO DE DATOS REQUERIDOS PARA EL MODELO.....	61
4.4. DATOS DE CAMPO	73
4.4.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	73
4.4.2. COMPONENTE GRIS DE LA HUELLA HÍDRICA	76
4.4.3. HUELLA HÍDRICA TOTAL	77
4.4.4. AGUA VIRTUAL	78
4.5. CALIDAD DE AGUA.....	78
4.5.1. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	79

CAPÍTULO 5	86
RESULTADOS	86
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	86
5.1.1. ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA	86
5.1.2. ANÁLISIS DE AGUA VIRTUAL.....	89
5.1.3. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA	90
5.2. PUNTOS CRÍTICOS	94
5.3. ESTRATEGIAS PROPUESTAS.....	96
5.3.1. RIEGO	97
5.3.2. LAVADO	98
5.3.3. AGUA DE DESCARGA DEL LAVADO	100
CAPÍTULO 6	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
6.1. CONCLUSIONES.....	104
6.2. RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	115
ANEXOS No 1.....	116
FOTOGRAFÍAS DE LA VISITA PREVIA A LA ZONA DE ESTUDIO.....	116
ANEXO No 2.....	120
FOTOGRAFÍAS DE LA PRIMERA SALIDA DE CAMPO (ÉPOCA SECA).....	120
ANEXO No 3.....	124
FOTOGRAFÍAS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LA PRIMERA SALIDA DE CAMPO (ÉPOCA SECA)	124
ANEXO No 4.....	126

FOTOGRAFÍAS DE LA SEGUNDA SALIDA DE CAMPO (ÉPOCA LLUVIOSA).....	126
ANEXO No 5.....	131
FOTOGRAFÍAS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LA SEGUNDA SALIDA DE CAMPO (ÉPOCA LLUVIOSA).....	131
ANEXO No 6.....	133
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO EL DIABLO (ÉPOCA SECA)	133
ANEXO No 7.....	135
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO EL DIABLO (ÉPOCA LLUVIOSA).....	135
ANEXO No 8.....	137
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO CONEJO (ÉPOCA SECA).....	137
ANEXO No 9.....	139
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO CONEJO (ÉPOCA LLUVIOSA).....	139
ANEXO No 10.....	141
ESTRATEGIA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA DE LAS PISCINAS DE LAVADO.....	141
ANEXO No 11.	145
LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE	145
7.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR PUBLICADA EN EL REGISTRO OFICIAL NO. 449 20 DE OCTUBRE DE 2008.	146
7.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. REGISTRO OFICIAL NO. 305 6 DE AGOSTO DE 2014	149
7.3. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL CODIFICACIÓN 19 REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 418 DE 10-SEP-2004 ESTADO: VIGENTE	155

7.4. LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CODIFICACIÓN # 20 PUBLICADO: REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO #418 FECHA: 10-9-2004.....	156
7.5. CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD).....	157
7.6. ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA EDICIÓN ESPECIAL NO. 316 – REGISTRO OFICIAL – LUNES 4 DE MAYO DE 2015 ..	160
7.7. ACUERDO MINISTERIAL 021 GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PLÁSTICOS DE USO AGRÍCOLA. REGISTRO OFICIAL NO. 943 29 DE ABRIL DE 2013	164
7.8. ACUERDO 097-A REFORMA DEL LIBRO IX DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE MIÉRCOLES 4 DE NOVIEMBRE DE 2015 – EDICIÓN ESPECIAL NO. 387 – REGISTRO OFICIAL	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Extensión territorial en los cantones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.....	19
Tabla 3.2 Número de habitantes en los cantones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.....	20
Tabla 3.3 Extensión territorial de las parroquias del cantón La Concordia.....	21
Tabla 3.4 Número de habitantes de las parroquias del cantón La Concordia	22
Tabla 3.5 Población de la parroquia La Villegas	23
Tabla 3.6 Rama de actividad de la parroquia La Villegas	24
Tabla 3.7 Educación de la parroquia La Villegas	25
Tabla 3.8 Analfabetismo y tasas de asistencia de la parroquia.....	25
Tabla 4.1 Cálculo de la ETo para la estación meteorológica La Concordia.....	61
Tabla 4.2 Cálculo de la Precipitación Efectiva para la estación meteorológica La Concordia	62
Tabla 4.3 Datos generales del suelo para la estación meteorológica La Concordia	64
Tabla 4.4 Evapotranspiración Verde y Azul del cultivo de banano de la finca "Santa Narcisa"	65
Tabla 4.5 Evapotranspiración Verde y Azul del cultivo de banano de la finca "Santa Narcisa" en la época lluviosa	69
Tabla 4.6 Evapotranspiración Verde y Azul del cultivo de banano de la finca "Santa Narcisa" en la época seca.....	71
Tabla 4.7 Cálculo de los componentes azul y verde de la Huella Hídrica para el cultivo de banano en la finca "Santa Narcisa"	72
Tabla 4.8 Lista de los fertilizantes edáficos aplicados al suelo en invierno	74
Tabla 4.9 Lista de los químicos utilizados en el fertiriego en verano.....	74
Tabla 4.10 Lista de los químicos utilizados para el control de sigatoka negra	74
Tabla 4.11 Emulsificante para fungicidas.....	75
Tabla 4.12 Solvente para fungicidas.....	75
Tabla 4.13 Químico para el control de nematodos	75

Tabla 4.14 Lista de herbicidas	75
Tabla 4.15 Lista de químicos usados para el lavado de latex en las piscinas	76
Tabla 4.16 Lista de los fungicidas usados para postcosecha	76
Tabla 4.17 Resultado de la Huella Hídrica Total	78
Tabla 4.18 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo	80
Tabla 4.19 Valor de Caudal del río El Diablo	80
Tabla 4.20 Resultados de los puntos de medición del río El Diablo	81
Tabla 4.21 Valor de Caudal del río Conejo	81
Tabla 4.22 Resultados de los puntos de medición del río Conejo	82
Tabla 4.23 Valor de Caudal del río El Diablo	83
Tabla 4.24 Resultados de los puntos de medición del río El Diablo	83
Tabla 4.25 Valor de Caudal del río Conejo	84
Tabla 4.26 Resultados de los puntos de medición del río Conejo	84
Tabla 4.27 Resultados de los análisis del agua de descarga de las piscinas de lavado	85
Tabla 5.1 Resultados de la Huella Hídrica	86
Tabla 5.2 Huella Hídrica para el cultivo de banano en los años 2007, 2008, 2009 y 2010 en la provincia de Esmeraldas	88
Tabla 5.3 Huella Hídrica para el cultivo de banano en Ecuador	89
Tabla 5.4 Resultado de Agua Virtual en Mm ³	89
Tabla 5.5 Tabla de amortización	99
Tabla 5.6 Costos totales de la bomba (período 6 meses)	100
Tabla 5.7 Costos totales de la bomba (período 12 meses)	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 ETAPAS DE LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA.....	6
GRÁFICO 2.2 TIPOS DE AGUA	11
GRÁFICO 2.3 AGUA VIRTUAL ENTRE NACIONES	13
GRÁFICO 3.1 MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	20
GRÁFICO 3.2 USO DEL SUELO EN LA PARROQUIA LA VILLEGAS	27
GRÁFICO 3.3 MICRO CUENCAS DE LA PARROQUIA VILLEGAS.....	28
GRÁFICO 3.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ENTRADA PRINCIPAL DE LA FINCA SANTA NARCISA	30
GRÁFICO 3.5 PLANTA DE BANANO.....	31
GRÁFICO 3.6 ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL BANANO	34
GRÁFICO 3.7 SISTEMA DE SIEMBRA DE BANANO EN FORMA DE TRIÁNGULO EQUILÁTERO.....	35
GRÁFICO 5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ETAPAS DEL CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DEL BANANO	95
GRÁFICO 5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ETAPAS DE POSTCOSECHA PARA LA EXPORTACIÓN DE BANANO	96

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 3.1 PROCESO DE RESIEMBRA.....	36
FOTOGRAFÍA 3.2 PROCESO DE FERTIRIEGO.....	37
FOTOGRAFÍA 3.3 HOJA CON SIGATOKA NEGRA.....	39
FOTOGRAFÍA 3.4 RIEGO POR ASPERSIÓN.....	40
FOTOGRAFÍA 3.5 DESHIJE DE UNA PLANTA DE BANANO.....	41
FOTOGRAFÍA 3.6 DESHOJE DE UNA PLANTA DE BANANO.....	42
FOTOGRAFÍA 3.7 DESBELLOTE DEL BANANO.....	43
FOTOGRAFÍA 3.8 ENFUNDADO DE UN RACIMO.....	44
FOTOGRAFÍA 3.9 DESFLORE DEL RACIMO.....	45
FOTOGRAFÍA 3.10 APUNTALADO DE UNA PLANTA DE BANANO.....	46
FOTOGRAFÍA 3.11 DESMANE DEL RACIMO.....	47
FOTOGRAFÍA 3.12 COSECHA.....	47
FOTOGRAFÍA 3.13 TRANSPORTE DE RACIMOS.....	48
FOTOGRAFÍA 3.14 BANANO DE RECHAZO.....	49
FOTOGRAFÍA 3.15 SEGUNDA CLASIFICACIÓN.....	50
FOTOGRAFÍA 3.16 APLICACIÓN DE QUÍMICOS AL BANANO.....	50
FOTOGRAFÍA 3.17 ETIQUETADO DEL BANANO.....	51
FOTOGRAFÍA 3.18 EMPACADO DEL BANANO.....	52
FOTOGRAFÍA 3.19 PESADO DEL BANANO.....	52
FOTOGRAFÍA 3.20 PALETIZADO DE LAS CAJAS DE BANANO.....	53
FOTOGRAFÍA 3.21 TRANSPORTE DE LAS CAJAS DE BANANO.....	53
FOTOGRAFÍA 7.1 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO.....	117
FOTOGRAFÍA 7.2 RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES (BANDA PARA APLICACIÓN DE QUÍMICOS AL BANANO).....	117
FOTOGRAFÍA 7.3 RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES (PISCINAS DE LAVADO).....	118
FOTOGRAFÍA 7.4 RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES (TANQUE UTILIZADO PARA EL FERTIRIEGO).....	118

FOTOGRAFÍA 7.5 CANAL DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE BANANO.....	119
FOTOGRAFÍA 7.6 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	119
FOTOGRAFÍA 7.7 PUNTO INICIAL DE MUESTREO EN EL RÍO EL DIABLO ...	121
FOTOGRAFÍA 7.8 PUNTO FINAL DE MUESTREO DEL RÍO EL DIABLO	121
FOTOGRAFÍA 7.9 MEDICIÓN DEL CAUDAL (RÍO EL DIABLO).....	122
FOTOGRAFÍA 7.10 MEDICIÓN DEL CAUDAL (PUNTO INICIAL RÍO CONEJO)	122
FOTOGRAFÍA 7.11 TOMA DE MUESTRAS (PUNTO FINAL RÍO CONEJO).....	123
FOTOGRAFÍA 7.12 TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA DE DESCARGA DE LAVADO DE BANANO	123
FOTOGRAFÍA 7.13 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LABORATORIO	125
FOTOGRAFÍA 7.14 PUNTO INICIAL DE MUESTREO EN EL RÍO EL DIABLO .	127
FOTOGRAFÍA 7.15 PUNTO FINAL DE MUESTREO EN EL RÍO EL DIABLO....	127
FOTOGRAFÍA 7.16 EQUIPOS DE LABORATORIO USADOS EN CAMPO	128
FOTOGRAFÍA 7.17 MEDICIÓN DEL CAUDAL (RÍO EL DIABLO).....	128
FOTOGRAFÍA 7.18 MUESTREO (RÍO EL DIABLO)	129
FOTOGRAFÍA 7.19 PUNTO INICIAL DE MUESTREO EN EL RÍO CONEJO.....	129
FOTOGRAFÍA 7.20 PUNTO FINAL DE MUESTREO EN EL RÍO CONEJO	130
FOTOGRAFÍA 7.21 MEDICIÓN DEL CAUDAL (RÍO CONEJO)	130
FOTOGRAFÍA 7.22 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LABORATORIO	132

ÍNDICE DE ECUACIONES

(2.1) Huella Hídrica azul.....	7
(2.2) Uso del Agua del Cultivo azul	7
(2.3) Huella Hídrica verde	8
(2.4) Uso del Agua del Cultivo verde	9
(2.5) Huella Hídrica gris	10
(2.6) Huella Hídrica gris (aplicable en cultivos).....	10
(2.7) Agua Virtual	12
(4.1) Ajuste de la velocidad del viento	55
(4.2) Evapotranspiración de referencia	57
(4.3) Precipitación efectiva, caso 1.....	62
(4.4) Precipitación efectiva, caso 2.....	62
(4.5) Evapotranspiración del cultivo	67
(4.6) Evapotranspiración del cultivo	67
(4.7) UAC verde	72
(4.8) UAC azul	72
(4.9) HH verde	72
(4.10) HH azul.....	72
(4.11) HH gris.....	76
(4.12) AV exportada	78

RESUMEN

El presente proyecto de titulación trata sobre la determinación de la cantidad y calidad del agua utilizada en un cultivo de banano, conocido como Huella Hídrica (HH), y del volumen de agua que se exporta junto con el producto, definido como Agua Virtual (AV), aplicado en la finca “Santa Narcisa”, ubicada en la parroquia La Villegas, cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Las etapas del proceso productivo incluidas en el estudio fueron la fase agrícola y la fase de procesamiento del banano previo a su exportación, en una zona de estudio de 40 ha y un rendimiento de cultivo de 30,5 ton de banano/año.

Para la ejecución del proyecto se recopiló información bibliográfica que se basó en estudios climáticos de la zona, mediante datos proporcionados por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), un estudio socioeconómico del área de influencia y un análisis de las fases del proceso productivo.

Luego, se recolectaron datos necesarios para el cálculo de la Huella Hídrica y del Agua Virtual, utilizando el software CROPWAT 8.0 propuesto por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) conjuntamente con la metodología planteada por Hoekstra et al. Adicionalmente, se evaluó la calidad del agua utilizando la normativa nacional, de Perú y la dispuesta por la FAO en los cuerpos hídricos (El Diablo y Conejo) ubicados en el área de estudio, mediante la caracterización física, química y microbiológica para la época seca y lluviosa. Además, se analizó el agua residual de las piscinas de lavado del banano, según el Acuerdo Ministerial 097-A, del Ministerio del Ambiente, ya que se descargan sin previo tratamiento y contienen azufre y aluminio provenientes de los químicos utilizados.

Dentro de los resultados obtenidos, se determinó un valor total de Huella Hídrica de 1206,44 m³/ton, siendo el componente verde el mayoritario, debido a los altos niveles de precipitación con un resultado de 1027,93 m³/ton (85,20%), seguido del componente azul con 147,02 m³/ton (12,19%) y finalmente el componente gris

presente en la etapa agrícola por la lixiviación de contaminantes, principalmente Nitrógeno, con una cantidad de 31,49 m³/ton (2,61%). El valor de Agua Virtual fue de 1,36 Mm³/ton, teniendo en cuenta que toda la producción es exportada.

En cuanto a la calidad de los cuerpos hídricos que atraviesan la finca (El Diablo y Conejo), se determinó que los parámetros que no cumplieron con las normas de calidad empleadas fueron: color, fosfatos, nitratos y coliformes totales en la época lluviosa y; para la época seca: nitratos, color, fosfatos, coliformes totales, pH y materia flotante. Los análisis del agua de descarga de la piscina de lavado del banano dieron como resultado que el valor de aluminio sobrepasa el límite máximo permisible según la normativa nacional.

Para optimizar y reducir el consumo de agua se plantearon varias estrategias dependiendo de la fase productiva. Para el riego del cultivo se sugirió realizarlo en horas adecuadas que eviten su acelerada evaporación, tener un buen mantenimiento de los aspersores y controlar las malezas. En la fase de lavado se propone la instalación de un sistema sencillo de captación de agua lluvia mediante un canal instalado en el techo que conduzca el agua hacia las piscinas de lavado, y, para el tratamiento del agua de descarga se sugiere realizar procesos de fitoremediación utilizando especies vegetales con alta eficiencia de remoción de aluminio.

ABSTRACT

This project is about the determination of the amount and quality of water used in a banana crop, known as Water Footprint (HH by its acronym in Spanish) and the volume of water exported together with the product, defined as Virtual Water (AV by its acronym in Spanish) applied in the "Santa Narcisa" farm. The farm is located in the parish of La Villegas, canton La Concordia, province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The productive process stages included in this study were the agricultural phase and the pre-export banana processing phase, in an area of 40 ha and a crop yield of 30,5 ton of banana/year.

For project execution, bibliographical information was collected based on climatic studies of the area, through data provided by INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), a socioeconomic study of the area of influence and an analysis of the phases of the process productive.

Next, data necessary for the calculation of Water Footprint and Virtual Water were collected, using the software CROPWAT 8.0 proposed by FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) with the help of Hoekstra et al. proposed methodology. In addition, the water quality was evaluated using the national legislation, Peru's legislation and those established by FAO in the water streams (El Diablo and Conejo) located in the study area, through physical, chemical and microbiological characterization for the dry and rainy seasons. Besides, residual water from the banana washing pools was analyzed and discharged without previous treatment and contains sulfur and aluminum from the chemicals used.

Among the obtained results, the Water Footprint value was 1206,44 m³/ton, with the green component being the majority, due to the high precipitation levels with a value of 1027,93 m³/ton (85,20%), followed by the blue component with 147,02 m³/ton (12,19%) and finally the gray component involved in the agricultural stage by the leaching of contaminants, mainly Nitrogen, with a quantity of 31,49 m³/ton (2,61%).

The value of Virtual Water was 1,36 Mm³/ton, keeping in mind that all production is exported.

Regarding water streams quality that cross the farm (El Diablo and Conejo), it was determined that the parameters that did not comply with the quality standards are color, phosphates, nitrates and total coliforms in the rainy season and for the dry season: nitrates, color, phosphates, total coliforms, pH and floating matter. The analysis of the banana washing pools residual water gave as a result that the aluminum value exceeds the maximum permissible limits according to national legislation.

To optimize and reduce water consumption, several strategies were proposed depending on the production phase. For the crop irrigation, it is suggested to do it in suitable hours that avoids the accelerated evaporation, to have a good sprinklers maintenance and to control weed. In the washing phase, it is proposed the installation of a simple rainwater collection system through an installed channel in the roof that carries the water to the washing pools, and for the residual water treatment it is suggested to carry out phytoremediation processes using plants species with high removing aluminum efficiency.

PRESENTACIÓN

La estructura del presente proyecto de titulación se describe a continuación:

En el capítulo 1 “Introducción”, se describe los antecedentes del estudio, los objetivos general y específicos y su justificación.

Dentro del capítulo 2 “Investigación Bibliográfica”, se muestra los conceptos, componentes y ecuaciones de cálculo de la Huella Hídrica; la definición y cálculo del Agua Virtual; a continuación se define la Calidad de Agua; y por último se muestra la Legislación Ambiental Aplicable para la finca de estudio de acuerdo a su actividad productiva.

En el capítulo 3 “Investigación de Campo”, se presenta la caracterización del lugar de estudio, es decir, la descripción de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, del cantón La Concordia y de la parroquia La Villegas, lugar donde se encuentra la finca de estudio “Santa Narcisa”; además se presenta los aspectos generales de la finca, donde se incluyen los antecedentes, la ubicación, características y descripción del proceso productivo del cultivo.

En el capítulo 4 “Metodología”, se describe el modelo de la Huella Hídrica mediante el software CROPWAT 8.0 para los componentes azul y verde, el modelo para la determinación del componente gris de la Huella Hídrica y el modelo para determinar el Agua Virtual. Luego, se aplican los modelos para calcular los valores de los componentes de la Huella Hídrica. Se procesaron los datos requeridos para hallar el valor de los componentes azul y verde, se realizó una recolección de la información obtenida en campo para determinar el componente gris y de esta manera se obtuvo el valor de la Huella Hídrica Total y posteriormente del Agua Virtual. Además de esto, se incluye en el capítulo la evaluación de la calidad del agua de dos ríos (El Diablo y Conejo) que se encuentran dentro del área de estudio para las dos épocas climatológicas, comparando los resultados de los análisis obtenidos con las normas ambientales de Ecuador, Perú y de la FAO; con el objetivo

de estimar el nivel de contaminación del recurso por las actividades efectuadas en la finca, por último se realiza un análisis para las piscinas de lavado de banano, donde se descargan las aguas sin previo tratamiento.

Dentro del capítulo 5 “Resultados”, se muestra el análisis de los resultados obtenidos de Huella Hídrica azul, verde y gris y del Agua Virtual; seguidamente se realiza el análisis de calidad de agua según los parámetros físicos, químicos y microbiológicos comparados con las tres normas ambientales y de la descarga de agua de las piscinas de lavado comparando con los Límites Máximos Permisibles de la normativa nacional. Además, se identifican los puntos críticos mediante dos diagramas de flujo del proceso productivo y finalmente se proponen estrategias para optimizar y reducir el consumo de agua en las distintas etapas productivas de la finca de estudio.

Finalmente, en el capítulo 6 “Conclusiones y recomendaciones”, se comprueba el cumplimiento de los objetivos planteados y se proporcionan algunas recomendaciones para mejorar e inducir una conciencia ambiental dentro de las diversas actividades realizadas en el sector agrícola, principalmente para los pequeños productores.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El agua, a pesar de su abundancia es considerada como un recurso limitado e insustituible, siendo ésta la clave para el bienestar de la humanidad. A escala mundial, las distintas actividades humanas consumen una gran cantidad del recurso hídrico, en la mayoría de casos con falta de conciencia ambiental, lo que podría llevar a su escasez. Por ello es esencial implementar el uso sostenible del agua, teniendo en cuenta su protección y preservación.

Por los problemas actuales debido al mal uso del agua y la degradación de su calidad, es urgente para las personas, empresas e industrias calcular su consumo de agua, y de esta manera desarrollar actividades que aseguren su sostenibilidad ambiental, económica y social (Zarate, E & Kuiper, D, 2013).

El término Agua Virtual fue originado en 1993 por el investigador John Anthony Allan, quien analizó la cantidad de agua utilizada en la producción de un bien o un producto, junto con el intercambio del recurso entre naciones; y, el concepto de Huella Hídrica fue creado en el 2002 por Argén Hoekstra, quien lo definió como un indicador del recurso hídrico sobre el consumo directo o indirecto. Estos indicadores han conllevado a un conocimiento integral del agua dulce y su posible cuantificación en su consumo y comercio, permitiendo establecer acciones para su administración adecuada y eficiente (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

En el Ecuador, según datos de SENAGUA publicados en el año 2011, el uso consuntivo mayoritario en el país es agrícola, representando un 80%, seguido por el uso doméstico con un 13% y por la industria con un 7% (CEPAL, s.f.). Esto

demuestra que la producción agrícola es la actividad que consume la mayor cantidad de agua.

Uno de los principales cultivos a nivel nacional es el banano y su producción conlleva una actividad económica de gran importancia debido a los beneficios económicos y sociales hacia el país. Asimismo, se reconoce que en el campo agrícola, el banano es uno de los cultivos que incorpora en gran cantidad el recurso agua en todas sus fases.

En el presente proyecto de titulación se cuantifican los valores de Huella Hídrica y del Agua Virtual en un cultivo de banano en la finca “Santa Narcisa” ubicada en el cantón La Concordia, con el fin de medir el agua que es utilizada en todo el proceso de cultivo y procesamiento del banano para su posterior exportación, permitiendo formular estrategias mediante los resultados obtenidos, enfocadas a la reducción del uso del recurso por medio de un manejo adecuado de éste, además, se analiza la calidad de agua de dos ríos (El Diablo y Conejo) que cruzan la finca con el propósito de examinar cómo el proceso agrícola afecta a los cuerpos hídricos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Mediante la determinación de la Huella Hídrica y el Agua Virtual en las etapas de cultivo y procesamiento del banano previo a su exportación, se busca el uso eficiente del agua, identificando los puntos críticos con el fin de proporcionar alternativas para una mejora en el rendimiento del cultivo y por medio de la evaluación de la calidad de los recursos hídricos, plantear estrategias para disminuir su nivel de contaminación.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la cantidad de agua utilizada en la producción del banano, aplicando los diferentes conceptos de Huella Hídrica azul, verde y gris.

- Determinar el valor del Agua Virtual en la exportación de banano.
- Determinar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental para diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos de los ríos El Diablo y Conejo que cruzan el área de estudio.
- Proponer estrategias analizando los resultados obtenidos, para optimizar el uso eficiente del recurso hídrico y de esta manera evitar el uso excesivo e innecesario del agua en los diferentes procesos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales problemas del siglo XXI a nivel mundial es la escasez de agua potable, debido a que en el último siglo, el consumo de agua ascendió a un ritmo dos veces superior en relación al crecimiento poblacional (ONU, 2014).

Cerca de 1200 millones de personas, aproximadamente una quinta parte de la población mundial, vive en lugares donde escasea agua, y 500 millones más se acercan a vivir en este escenario (ONU, 2014).

La escasez de agua dulce es un fenómeno natural y también es influenciada por la acción del ser humano. Se conoce que el agua en el planeta es suficiente para abastecer a los 7000 millones de habitantes, pero este recurso está siendo distribuido de forma inequitativa debido al crecimiento de la población y al desarrollo industrial, generando su desperdicio, contaminación y una gestión de forma no sostenible (ONU, 2014). Debido a esta situación, se han adoptado conceptos desde 1993 como el Agua Virtual y la Huella Hídrica.

Al utilizar estos indicadores en la agricultura, que es el sector que tiene el mayor requerimiento de agua, permiten establecer acciones para disminuir su consumo y de esta manera realizar una mejor gestión. Se reconoce además, que en el campo agrícola, uno de los cultivos que incorpora en gran cantidad el recurso hídrico en todas sus fases, es el banano.

Si bien el Ecuador, dispone de suficientes recursos hídricos para labores agrícolas, el agua empleada en los diferentes procesos no es cuantificada debido a su bajo costo, ya que la mayor parte de las haciendas se encuentran en la zona rural y obtienen el recurso de fuentes naturales, manejadas por el Estado. Es por esta razón que son necesarios esfuerzos para optimizar el uso de este recurso.

Por lo anteriormente mencionado, en el presente estudio se determina el valor de estos indicadores empleando la metodología de Hoekstra et al. junto con el programa CROPWAT 8.0 de la Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). Se analiza también la calidad de agua de los dos ríos que se ven afectados por las actividades productivas que realiza la Finca “Santa Narcisa” para evaluar su estado de contaminación comparando con los estándares máximos de calidad permitidos.

La metodología propuesta es aplicada en la finca, ubicada en el cantón La Concordia, sector donde una de las principales actividades productivas es el cultivo y exportación de banano. Además, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, cuenta con la estación meteorológica, La Concordia (M0025), que proporciona los datos necesarios para realizar la investigación, y así formular estrategias de reducción, analizando los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 2

INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HUELLA HÍDRICA (HH)

Arjen Hoekstra, profesor de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), fue quien introdujo en el año 2002 el concepto de Huella Hídrica a partir de la definición de Agua Virtual creada por Allan en 1993. Con el paso del tiempo, este concepto fue evolucionando por distintos miembros de la UNESCO, y desde entonces ha sido difundido por la organización Water Footprint Network. El interés de este indicador se fue dando por la evaluación de los impactos que los humanos generan en los recursos hídricos, así como su consumo desmesurado y su contaminación (AEC, s.f.).

La Huella Hídrica es un indicador multidimensional del agua dulce que tiene en cuenta el uso directo e indirecto del consumidor, muestra el consumo de agua por fuente y volumen de asimilación para cada tipo de contaminación (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

Este indicador global ayuda a entender cómo las decisiones de producción y consumo afectan a los recursos naturales de agua dulce, debido a que la Huella Hídrica señala el volumen de agua utilizada todos los días en las distintas actividades, es decir, provee información de cómo el agua es apropiada para los distintos fines humanos como por ejemplo, para la producción de los alimentos que consume la población, indicando la gravedad de los efectos en el medio ambiente relacionados con la escasez de agua y su contaminación (Water Footprint Network, s.f.).

Por lo tanto se puede definir la Huella Hídrica como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

2.1.1. EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

La evaluación de la Huella Hídrica es considerada una herramienta de análisis cuya finalidad es ayudar a comprender la forma en que las actividades y productos están relacionados con el problema de escasez y contaminación del recurso hídrico y sus impactos. Además, al utilizarla permite la implementación de acciones que se pueden tomar para cerciorarse que las actividades y productos favorezcan a un uso sostenible del recurso identificando las fases donde se puede reducir el consumo de agua (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

La principal razón para realizar el cálculo de este indicador se da por el reconocimiento de que en muchos países se ha superado con excesos la propia capacidad de aporte hídrico, dando como resultado una desigual distribución del recurso (AEC, s.f.).

En la evaluación de la Huella Hídrica, primero se debe establecer claramente los objetivos y en que parte del proceso productivo se la va a evaluar, luego se recogen los datos necesarios y se cuantifica la HH, posteriormente se realiza un análisis de la sostenibilidad desde una perspectiva ambiental, social y económica y finalmente se plantean estrategias para mejorar el uso del agua (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

La evaluación de la Huella Hídrica consta de cuatro etapas que se muestran en el GRÁFICO 2.1:

GRÁFICO 2.1

ETAPAS DE LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA



FUENTE: Water Footprint Network, s.f.

ELABORACIÓN: Cabezas Carolina y González Dayana

2.1.2. COMPONENTES DE LA HUELLA HÍDRICA

2.1.2.1. Huella Hídrica Azul

La Huella Hídrica azul es el volumen de agua dulce proveniente de fuentes de aguas superficiales y subterráneas utilizado en el caso de un cultivo únicamente para el riego, consumido por las plantas y luego transpirado (Bolaños, 2011). Este consumo se refiere a la pérdida de agua azul cuando ésta se evapora, no regresa a la misma cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto, es decir, no se devuelve al sistema del que proviene (Manual para la evaluación de la huella hídrica, s.f.).

Para el cálculo de la Huella Hídrica se utiliza el método propuesto por Hoekstra, que es aplicable para cultivos anuales y perennes.

Según Hoekstra et al. (2011), la Huella Hídrica azul puede ser determinada mediante la ecuación (2.1).

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{azul}} = \frac{\text{UAC}_{\text{azul}}}{Y} \left[\text{m}^3/\text{ton} \right] \quad (2.1)$$

donde:

UAC_{azul} : Uso de Agua azul del Cultivo, expresado en m^3/ha

Y : Rendimiento del cultivo, expresado en ton/ha .

- **Cálculo del Uso del Agua del Cultivo (UAC).** Se refiere al agua “azul” que el cultivo requiere para la evapotranspiración bajo condiciones de crecimiento óptimas. Éste se calcula mediante la ecuación (2.2).

$$\text{UAC}_{\text{azul}} = 10 \times \sum_{d=1}^{\text{Igp}} \text{ET}_{\text{azul}} \quad (2.2)$$

donde:

Σ : Es la sumatoria del ciclo de crecimiento completo del cultivo, es decir, desde la siembra (día 1) hasta la cosecha del cultivo.

Igp: Se refiere a la longitud o los días que cada etapa del ciclo comprende.

ET: Representa la evapotranspiración del agua azul del cultivo, expresado en mm/día.

2.1.2.2. Huella Hídrica Verde

La Huella Hídrica verde es el volumen de agua verde evaporada o incorporada al producto. El agua verde constituye el agua que procede de las precipitaciones y se mantiene contenida en el suelo, superficie o vegetación, por lo que no provoca escorrentía y no se anexa a las aguas subterráneas, es decir no discurre hacia canales o reservorios. Compone la parte de la precipitación que se evaporará o que transpiran las plantas (Water Footprint Network, s.f.).

El agua verde es utilizada en el crecimiento de cultivos, aunque el cultivo no puede absorber completamente el agua verde disponible debido a factores como la evaporación del suelo o a su limitada disponibilidad en determinadas épocas del año (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

El consumo de agua verde en la agricultura puede ser cuantificado mediante un conjunto de fórmulas empíricas o con un modelo de cultivo apropiado para estimar la evapotranspiración con una base de datos sobre las características de clima, suelo y cultivo (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

Según Hoekstra et al. (2011), la Huella Hídrica verde puede ser determinada mediante la ecuación (2.3).

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{verde}} = \frac{\text{UAC}_{\text{verde}}}{Y} \left[\text{m}^3/\text{ton} \right] \quad (2.3)$$

donde:

UAC_{verde} : Uso de Agua verde del Cultivo, expresado en m^3/ha .

Y: Rendimiento del cultivo, expresado en ton/ha .

- **Cálculo del Uso del Agua del Cultivo (UAC).** Se refiere al agua “verde” que el cultivo requiere para la evapotranspiración bajo condiciones de crecimiento óptimas. Éste se calcula con la ecuación (2.4).

$$UAC_{\text{verde}} = 10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{\text{verde}} \quad (2.4)$$

donde:

\sum : Es la sumatoria del ciclo de crecimiento completo del cultivo, es decir, desde la siembra (día 1) hasta la cosecha del cultivo.

l_{gp} : Se refiere a la longitud o los días que cada etapa del ciclo comprende.

ET : Representa la evapotranspiración del agua verde del cultivo, expresado en $mm/día$.

2.1.2.3. Huella Hídrica Gris

La Huella Hídrica gris constituye el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga de contaminantes. Es un indicador del grado de contaminación del agua dulce que se puede relacionar con tal fase del proceso (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

El agua gris se puede estimar como la cantidad de agua que se necesita para diluir los contaminantes hasta llegar a concentraciones que cumplan con la norma de calidad (AEC, s.f.).

Su cálculo se muestra en la ecuación (2.5) y (2.6). La última será la ecuación que se utilizará en el presente estudio.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{gris}} = \frac{L}{(C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})} \left[\text{m}^3 / \text{ton} \right] \quad (2.5)$$

donde:

L: Carga de contaminantes, expresado en masa/tiempo.

C_{max} : Concentración máxima aceptable del contaminante, expresado en kg/m^3

C_{nat} : Concentración natural del contaminante, expresado en kg/m^3 . Se refiere a la concentración en el cuerpo de agua que podría ocurrir sin intervención humana.

La Huella Hídrica gris se puede determinar en distintas actividades y productos, en el caso de un cultivo se calcula con la ecuación (2.6).

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{gris}} = \frac{(\alpha \times \text{AR}) / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})}{Y} \left[\text{m}^3 / \text{ton} \right] \quad (2.6)$$

donde:

α : Fracción de lixiviación o escorrentía, valor adimensional.

AR: Cantidad aplicada de productos químicos para el campo por hectárea, en kg/ha .

C_{max} : Concentración máxima aceptable del contaminante, expresado en kg/m^3 .

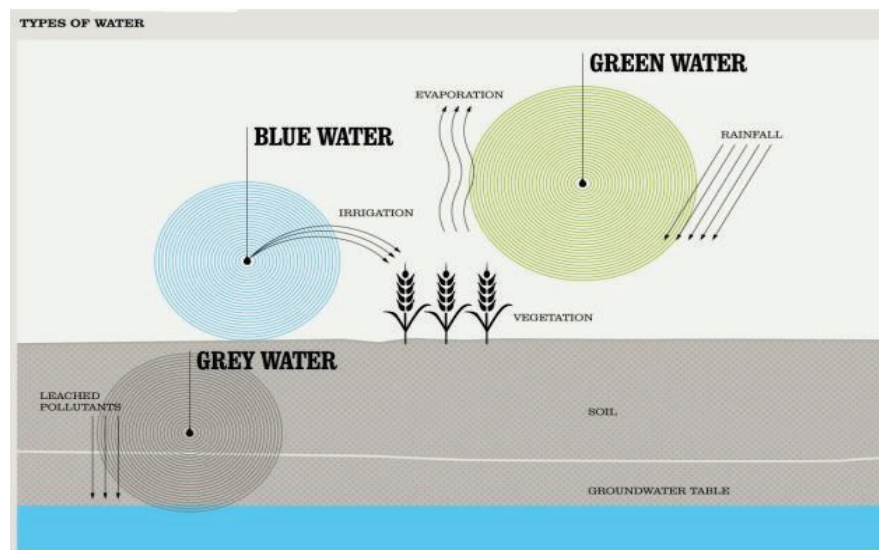
C_{nat} : Concentración natural del contaminante, expresado en kg/m^3 . Se refiere a la concentración en el cuerpo de agua que podría ocurrir sin intervención humana.

Y: Rendimiento del cultivo, en ton/ha .

El GRÁFICO 2.2 representa la clasificación del agua dulce según el concepto de Huella Hídrica. El agua verde proviene de la precipitación, el agua azul es utilizada para el riego de la vegetación; ambas pueden ser evapotranspiradas o incorporadas en el cultivo; y el agua gris es el volumen de agua dulce para asimilar los contaminantes.

GRÁFICO 2.2

TIPOS DE AGUA



FUENTE: The concept of Water Footprint, s.f.

ELABORACIÓN: Cabezas Carolina y González Dayana

2.2. AGUA VIRTUAL (AV)

El término de Agua Virtual fue introducido por primera vez por el profesor J. A. Allan (1993) definida como el volumen de agua requerida para producir un bien, sea éste agrícola o industrial, o un servicio, además contempló que al exportar un producto que tiene altos requerimientos hídricos es similar a exportar agua. Allan consideró la posibilidad de importación de agua debido a la problemática de escasez existente en el Medio Oriente y África (Bolaños, 2011). Inicialmente el concepto de Agua Virtual se dirigió especialmente a la resolución de conflictos internos en países con déficit de recursos hídricos (Agua Virtual y Consumo Responsable de Alimentos En Aragón, s.f.).

El Agua Virtual se refiere al volumen de agua incorporada solamente en el producto, mientras que Huella Hídrica indica además el tipo de agua que se utilizó (azul, verde y gris), el momento y la fuente (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010). Por lo tanto se puede referir al concepto de Agua Virtual como el agua de

la “producción” de bienes y servicios de una población, mientras que a la Huella Hídrica como el agua de “consumo” de bienes y servicios (Velázquez, s.f.).

Este concepto se utiliza en el contenido de flujos de agua virtual internacionales. Es por esto que está relacionado con la exportación o importación del agua, es decir su comercio, siendo muy útil, puesto que constituye una herramienta en el análisis de recursos hídricos, en cuanto a su disponibilidad y uso, al mismo tiempo provee información de los flujos de agua entre regiones, principalmente donde existe escasez (Tolón, A, Bolívar, X, & Fernández, V, 2013).

En otras palabras, el agua incorporada en un producto es la nombrada Huella Hídrica que se queda en el país de origen, pero que se puede transferir en forma de Agua Virtual de un país exportador a uno importador (Bolaños, 2011). Ver GRÁFICO 2.3.

El Agua Virtual indica el volumen de agua contenida en un producto que es trasladada a otro país. Se puede estimar a partir de la ecuación definida por Salmoral *et al.* (2010). Ver ecuación (2.7).

$$AV_{exp} = HH \times E \quad (2.7)$$

donde:

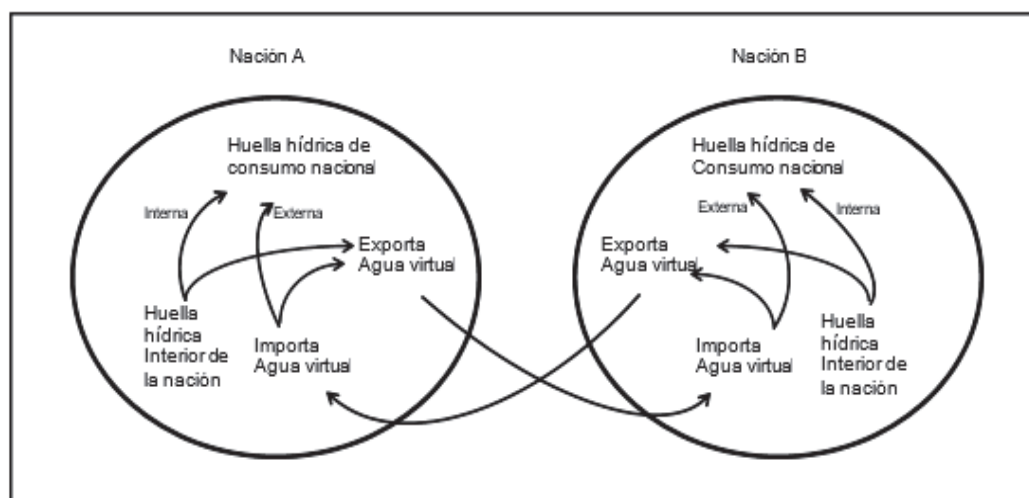
AV_{exp} : Agua Virtual exportada en millones de $m^3/año$.

HH: Huella Hídrica Total, expresado en m^3/ton .

E: Total de productos exportados en $ton/año$.

GRÁFICO 2.3

AGUA VIRTUAL ENTRE NACIONES



FUENTE: Hoeskstra, Chapagain, Aldaya, Mekonnen, 2010

ELABORACIÓN: Cabezas Carolina y González Dayana

2.3. CALIDAD DE AGUA

El deterioro de la calidad del agua es uno de los principales problemas a nivel mundial generado por factores como la acelerada industrialización, el crecimiento poblacional y en general la inadecuada gestión del recurso hídrico. Usualmente, la calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y biológicas con directrices y estándares de calidad de agua establecidos (ONU-DAES, 2014).

A la calidad del agua, desde un punto de vista funcional, se la puede definir como la capacidad específica que tiene el agua para ser utilizada en los diferentes usos que se podrían conseguir de ésta; y desde el punto de vista ambiental, se la define como aquellas condiciones que se deben dar para que el agua mantenga un ecosistema equilibrado cumpliendo ciertos objetivos de calidad (Gobierno de España, s.f.). Además la calidad ambiental de un recurso es una herramienta que permite conocer la situación presente en un área específica y permite tomar acciones para controlar su contaminación (Manual para el establecimiento de los criterios ambientales de la calidad del agua, 2010).

La normativa ambiental ecuatoriana la define como una concentración numérica o una descripción sobre parámetros físicos, químicos y biológicos para conservar el uso benéfico del agua. Constituye la base para determinar los objetivos de calidad de un cuerpo receptor (Acuerdo 097-A Reforma del Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente , 2015).

En Ecuador, la norma técnica ambiental para el recurso agua es el Acuerdo Ministerial 097-A, el cual establece:

- Los principios básicos y un enfoque general para el control de la contaminación del agua.
- Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley.
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- Permisos de descarga.
- Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicos o privados.
- Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua (Acuerdo 097-A Reforma del Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente , 2015).

Las normas de calidad del agua se hicieron con el objetivo de prevenir, controlar la contaminación ambiental, proteger la calidad del recurso y preservar sus usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general (Acuerdo 097-A Reforma del Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente , 2015).

Las normas, indican límites máximos permisibles que representan el límite de la concentración de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo

receptor (Acuerdo 097-A Reforma del Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente , 2015).

El Acuerdo Ministerial 097 del Gobierno de Ecuador clasifica los criterios de calidad de agua según sus usos como se menciona a continuación:

- Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
- Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.
- Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- Criterios de calidad para aguas con fines recreativos, y
- Criterios de calidad para aguas de uso estético.

2.4. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE

2.4.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR PUBLICADA EN EL REGISTRO OFICIAL NO. 449 20 DE OCTUBRE DE 2008

La Constitución o Ley Suprema del Ecuador contiene un conjunto de normas y principios, en los cuales establece los derechos, libertades y obligaciones de los ciudadanos, las responsabilidades de los gobernantes y orienta la forma de gobierno y organización determinando el modelo de desarrollo político, cultural, social y ambiental de la nación. Ver Anexo No 11, Tabla 7.1.

2.4.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. REGISTRO OFICIAL NO. 305 6 DE AGOSTO DE 2014

El objeto de la Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los

recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución. Ver Anexo No 11, Tabla 7.2.

2.4.3. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL CODIFICACIÓN 19 REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 418 DE 10-SEP-2004 ESTADO: VIGENTE

La Ley de Gestión Ambiental establece los principios y las directrices de política ambiental, determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones. Ver Anexo No 11, Tabla 7.3.

2.4.4. LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CODIFICACIÓN # 20 PUBLICADO: REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO # 418 FECHA: 10-9-2004

El objetivo de la presente ley es precautelar la buena utilización y conservación de los recursos naturales del país, estableciendo una política a nivel nacional siguiendo un justo equilibrio entre su desarrollo tecnológico y el uso de los recursos del ambiente. Ver Anexo No 11, Tabla 7.4.

2.4.5. CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)

Este código establece la organización político-administrativa en el territorio del estado ecuatoriano, con el fin de garantizar su autonomía política, administrativa y financiera. Además, desarrolla un modelo de descentralización mediante el sistema nacional de competencias y la definición de políticas y mecanismos para un equilibrio en el desarrollo territorial. Ver Anexo No 11, Tabla 7.5.

2.4.6. ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA EDICIÓN ESPECIAL N° 316 - REGISTRO OFICIAL - LUNES 4 DE MAYO DE 2015

El presente acuerdo establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Es decir en el conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluyen, el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza. Ver Anexo No 11, Tabla 7.6.

2.4.7. ACUERDO MINISTERIAL 021 GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PLÁSTICOS DE USO AGRÍCOLA. REGISTRO OFICIAL NO. 943 29 DE ABRIL DE 2013

El presente Instructivo tiene como objeto establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Plan de Gestión Integral de los Desechos Plásticos de Uso Agrícola y de esta manera fomentar la reducción, reciclado y otras formas de valorización de los productos plásticos de aplicación agrícola a fin de proteger el ambiente. Ver Anexo No 11, Tabla 7.7.

2.4.8. ACUERDO 097-A REFORMA DEL LIBRO IX DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE MIÉRCOLES 4 DE NOVIEMBRE DE 2015 – EDICIÓN ESPECIAL N° 387 – REGISTRO OFICIAL

La presente norma técnica ambiental determina los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua, las competencias de los diferentes actores establecidas en la ley, los criterios de calidad de las aguas para distintos usos, los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado, los parámetros de

monitoreo de las descargas y los métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación. Ver Anexo No 11, Tabla 7.8.

2.4.9. GPE INEN 46:1992 GUÍA DE PRÁCTICA PARA LA PROTECCIÓN PERSONAL PARA EL USO DE PLAGUICIDAS Y PRODUCTOS AFINES

Esta guía establece las características que deben ser consideradas para la protección personal al usarse plaguicidas y productos afines.

2.4.10. NTE INEN 2078:2013 1R PLAGUICIDAS Y PRODUCTOS AFINES DE USO AGRÍCOLA. MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE ENVASES VACÍOS TRATADOS CON TRIPLE LAVADO

Esta norma establece los requisitos que se deben cumplir para el manejo y disposición final de los envases vacíos tratados con triple lavado de plaguicidas y de productos afines de uso agrícola.

CAPÍTULO 3

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

3.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1.1. Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas

La provincialización de Santo Domingo de los Tsáchilas fue el 6 de noviembre de 2007, formando parte de la Región Costa, ubicada en la parte lateral externa de la cordillera occidental de los Andes. Dispone de una superficie de 3857 km² y una altitud promedio de 625 msnm. Su capital es Santo Domingo. Limita al norte y al este con Pichincha, al noroeste con Esmeraldas, al oeste con Manabí, al sur con Los Ríos y al sureste con Cotopaxi. Su nombre se debe a la etnia ancestral Los Tsáchilas (GADP de Santo Domingo de los Tsáchilas, s.f.).

La provincia tiene dos cantones: Santo Domingo y La Concordia. La Tabla 3.1 muestra la extensión territorial de cada cantón de la provincia y la Tabla 3.2 su población.

Tabla 3.1 Extensión territorial en los cantones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas

PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS		
CANTÓN	SUPERFICIE (km²)	PORCENTAJE (%)
Santo Domingo	3532	91,6
La Concordia	325	8,4
TOTAL	3857	100

FUENTE: GAD Provincial Santo Domingo de los Tsáchilas, s.f.

ELABORACIÓN: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 3.2 Número de habitantes en los cantones de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas

PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS		
CANTÓN	HABITANTES	PORCENTAJE (%)
Santo Domingo	368013	89,6
La Concordia	42924	10,4
TOTAL	410937	100

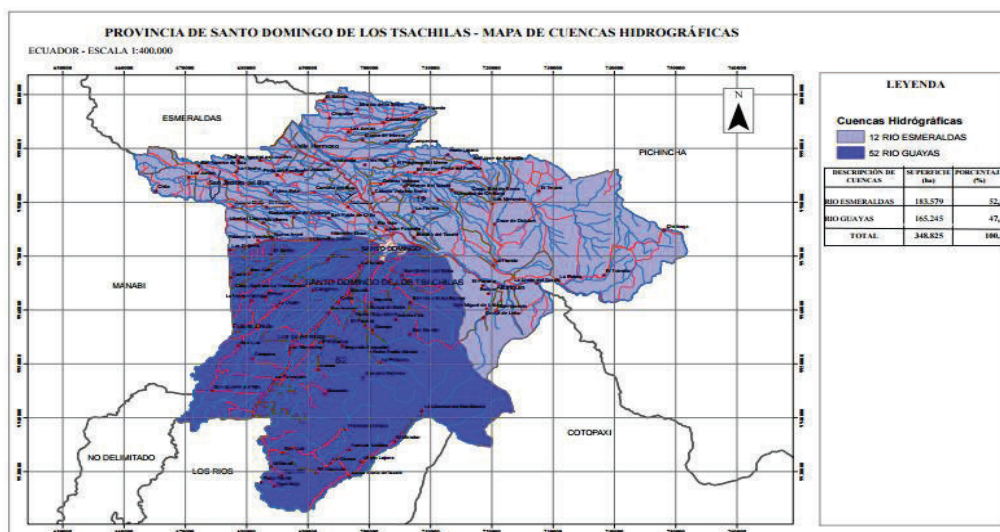
FUENTE: GAD Provincial Santo Domingo de los Tsáchilas, s.f.

ELABORACIÓN: Cabezas Carolina y González Dayana

La provincia cuenta con una importante pluviosidad y gran riqueza hidrológica, debido a sus cuencas y microcuencas (ver GRÁFICO 3.1), entre las que resaltan: la cuenca del río Blanco; la subcuenca del Borbón, que pertenece a la gran cuenca del río Guayas, la subcuenca del río Peripa y la subcuenca del Quinindé. No tiene mayores elevaciones a excepción del Cerro Bombolí (GADP de Santo Domingo de los Tsáchilas, s.f.).

GRÁFICO 3.1

MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS



FUENTE: GAD Provincial Santo Domingo de los Tsáchilas, s.f.

3.1.1.2. Cantón La Concordia

La Concordia nace debido a la migración originada por la sequía de 1960 a 1962, que obligó a migrar a los colonos de Loja y Manabí ubicándose entre la Unión y La Concordia (GAD Municipal La Concordia, 2011).

La historia de La Concordia está marcada por conflictos ligados a las decisiones políticas entre las provincias de Pichincha y Esmeraldas que disputaban por su territorio. El 26 de Noviembre del 2007 se creó el cantón La Concordia perteneciente a la provincia de Esmeraldas. Este acontecimiento originó un fuerte impacto en su población pues ésta pretendía ser parte de Santo Domingo de los Tsáchilas (anteriormente perteneciente a Pichincha). El 5 de febrero de 2012 se realizó una consulta popular para que el cantón decida a qué provincia pertenecer, y los resultados fueron favorables para la provincia Tsáchila. El 31 de mayo de 2013 se definió el cantón como parte de Santo Domingo de los Tsáchilas (GAD Municipal La Concordia, 2011).

El cantón La Concordia está ubicado al noroeste de la provincia Tsáchila, y posee aproximadamente 42924 habitantes. La Tabla 3.3 indica la extensión territorial de las parroquias del cantón y la Tabla 3.4 su población.

Tabla 3.3 Extensión territorial de las parroquias del cantón La Concordia

CANTÓN LA CONCORDIA		
PARROQUIA	SUPERFICIE (km²)	PORCENTAJE (%)
Monterrey	10207	32
La Villegas	5824	18
Plan Piloto	8305	26
Área periférica a La Concordia (incluye Flor del Valle)	7173	21
Área del Perímetro Urbano de la ciudad La Concordia	991	3
TOTAL	32500	100

FUENTE: GAD Municipal La Concordia, 2011

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 3.4 Número de habitantes de las parroquias del cantón La Concordia

CANTÓN LA CONCORDIA	
PARROQUIA	HABITANTES
Monterrey	5312
La Villegas	4467
Plan Piloto	2573
Urbano	30572
TOTAL	42924

FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

La Concordia es considerado uno de los cantones más importantes del país debido a los ingresos económicos que genera y a su riqueza productiva, especialmente en el campo agropecuario. Además se proyecta que aumentará su comercio por su localización estratégica. También, gracias a su diversificación en las áreas productivas, el cantón ha recibido migración de distintos sectores del país (GAD Municipal La Concordia, 2011).

3.1.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA FINCA

3.1.2.1. Parroquia La Villegas

La parroquia La Villegas está ubicada al suroeste del cantón La Concordia, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. La Villegas limita al norte con la parroquia La Unión cantón Quindé, al sur con la parroquia San Jacinto, al este con la parroquia Plan Piloto y al oeste con la parroquia Monterrey, su rango altitudinal varía desde 180 hasta 260 msnm y tiene una superficie de 5827,78 hectáreas (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

3.1.2.2. Población

Según el INEC, 2010 la parroquia posee 4467 habitantes de los cuales 2309 son hombres y 2158 son mujeres (Tabla 3.5). En relación con las demás parroquias de La Concordia, La Villegas es la segunda con mayor población (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

Tabla 3.5 Población de la parroquia La Villegas

PARROQUIA LA VILLEGAS	
SEXO	HABITANTES
Hombre	2309
Mujer	2158
TOTAL	4467

FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González

Según el censo del año 2010, la tercera parte de la población de la parroquia se encontraba entre 15 a 39 años representando el 37,67% del total. Es decir, en la etapa procreativa y productiva (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

En cuanto a la seguridad de la población, la parroquia tiene una Unidad de Policía Comunitaria con 8 policías que trabajan 3 turnos de 8 horas. Las acciones de seguridad que se han implementado son el botón de seguridad y el árbol telefónico incorporado en sus celulares (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

En la parroquia La Villegas la Población Económicamente Activa (PEA) es de 1581 personas y está conformada por un 74,45% de hombres y un 25,55% de mujeres. Casi la mitad de la PEA trabaja como asalariada en tierras de terceros y en empleos sin estabilidad asociados a la producción agrícola (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

En la Tabla 3.6 se puede evidenciar que la principal rama de actividad es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, que constituyen actividades del sector

primario, con un 62,81%. Pero las actividades ganaderas son muy reducidas y la silvicultura y pesca son prácticamente inexistentes, por lo que el 62,81% de la PEA se dedica a la agricultura (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

Tabla 3.6 Rama de actividad de la parroquia La Villegas

RAMA DE ACTIVIDAD	%
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	1,14
Actividades de atención de la salud humana	0,25
Actividades de los hogares como empleadores	2,28
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	0,70
Actividades financieras y de seguros	0,19
Actividades profesionales, científicas y técnicas	0,38
Administración pública y defensa	0,57
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	62,81
Artes, entretenimiento y recreación	0,19
Comercio al por mayor y menor	8,16
Construcción	1,83
Distribución de agua, alcantarillado y distribución de desechos	0,32
Enseñanza	3,67
Explotación de minas y canteras	0,13
Industrias manufactureras	2,09
Información y comunicación	0,06
No declarado	8,92
Otras actividades de servicios	1,20
Trabajador nuevo	1,71

FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

3.1.2.3. Educación

En la Tabla 3.7 se observa que la parroquia La Villegas cuenta con cuatro establecimientos educativos entre educación básica y bachillerato. Éstos son: Carlos Garbay Montesdeoca, Gustavo Becerra Ortiz, Antonio Alomia Llory y José de la Cruz, éstas no son instituciones del Milenio pero sí cuentan con la infraestructura básica para poder funcionar. Además, todas las instituciones reciben

por parte del estado el desayuno escolar, uniformes y texto, asegurando de esta forma, un mayor acceso a la educación de la población de la parroquia (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

Tabla 3.7 Educación de la parroquia La Villegas

Instituciones	Estudiantes	Docentes	Tipología	Niveles de educación
Carlos Garbay Montesdeoca	293	12	Pluridocente	Inicial a séptimo de básica
Gustavo Becerra Ortíz	359	19	Pluridocente	Básica superior a bachillerato
Antonio AlomiaLlory	500	17	Pluridocente	Inicial a Básica superior
José de la Cruz	288	9	Pluridocente	Inicial a séptimo de básica
Victor Manuel Villegas Plaza	0	0	Cerrada	

FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

El analfabetismo y las tasas de asistencia a instituciones educativas de la parroquia se presentan en la Tabla 3.8. Algunas de las causas para que los estudiantes no continúen con la educación de bachillerato y superior se debe a la pobreza, mala calidad de educación en los establecimientos, matrimonios a temprana edad, falta de motivación en el estudio y dificultades en pruebas de ingreso (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

Tabla 3.8 Analfabetismo y tasas de asistencia de la parroquia

Analfabetismo	12,20%
Tasa neta asistencia a secundaria	56,1%
Tasa de asistencia a básica	90,1%
Tasa de asistencia a superior	5,10%
Tasa de asistencia a bachillerato	36,10%
Tasa de asistencia a primaria	92,20%

FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

3.1.2.4. Salud

La parroquia dispone de un Centro de Salud, con dos médicos particulares, un botiquín y una farmacia privada.

Según estudios realizados, los casos de enfermedades más frecuentes son: parasitosis, hipertensión, enfermedades de la piel, rinitis y alergias, esto se da como consecuencia de algunos factores como por ejemplo malos hábitos de limpieza, contaminación del agua y mal estado de las vías (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

3.1.2.5. Servicios Básicos

Algunos inconvenientes en varias zonas de la parroquia La Villegas se dan por la falta de alcantarillado, agua potable, recolección y tratamiento de desechos sólidos y de aguas servidas, lo que se debe a la escasez de recursos económicos de los gobiernos cantonales y provincial (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

La población recibe agua por dos pozos que se reparte de forma entubada, lo que conlleva problemas a la salud de sus habitantes. Al no existir alcantarillado, se descarga las aguas servidas directamente a los ríos. Gran parte de la población cuenta con luz eléctrica, sin embargo tienen cortes frecuentes del servicio, afectando a las labores cotidianas de la parroquia (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

3.1.2.6. Vivienda

El tipo habitual de vivienda en la parroquia es la casa y/o villa con un 86%, seguida por el rancho con un 7%. La mayoría son de cemento pero también existen de madera (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

En cuanto a los modos de tenencia de la viviendas, 514 hogares de 1134 cuentan con vivienda propia y totalmente pagada (45%), 233 hogares tienen casa prestada

o cedida (no pagada) (21%) y 199 hogares tienen casa propia, regalada, donada, heredada o por posesión (18%) (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

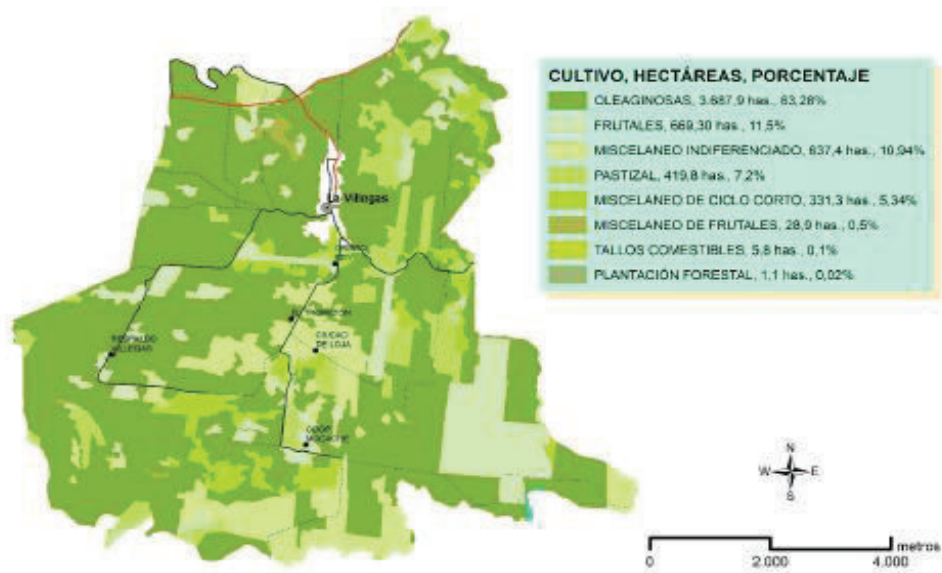
Residentes de La Villegas que han vivido entre 12 y 15 años, manifiestan que las condiciones de habitabilidad de las viviendas son malas. Además presentan un riesgo para la calidad de vida de los habitantes por motivos de falta de salubridad (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

3.1.2.7. Actividad Productiva

La principal actividad productiva en la parroquia es la agricultura y sus cultivos predominantes son la palma africana ocupando una superficie de 3687,9 ha, que constituye el 63,28% del territorio, seguido de los frutales como banano, cacao y maracuyá, que ocupan una superficie de 669,30 ha, representando el 10,94%. El 16,78% del territorio es una mezcla y combinación de otros cultivos no frutales, y los pastizales que ocupan un 7,2% del territorio de La Villegas (GAD Parroquial La Villegas, 2015). Ver GRÁFICO 3.2.

GRÁFICO 3.2

USO DEL SUELO EN LA PARROQUIA LA VILLEGAS



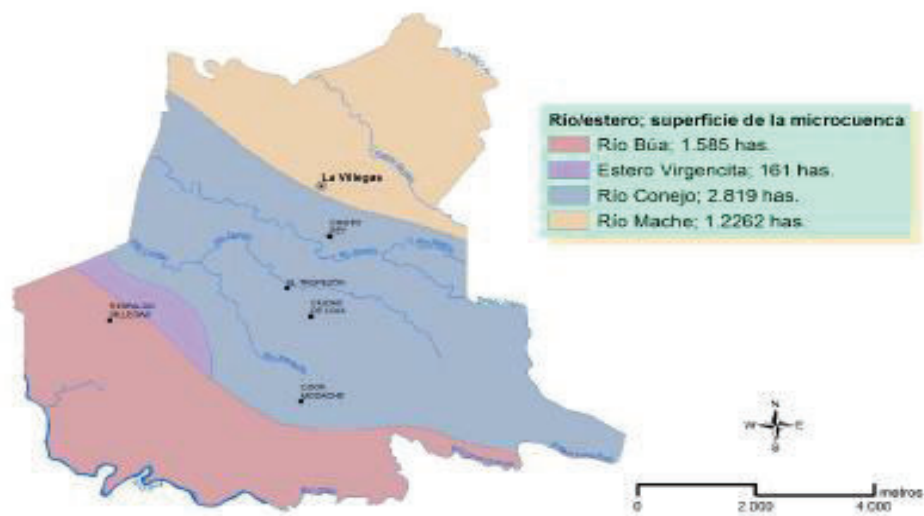
FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

3.1.2.8. Hidrología

El territorio de la parroquia La Villegas es parte de la subcuenca del río Quinindé y por lo tanto de la cuenca del río Esmeraldas. En su territorio se tienen 4 micro cuencas que son de los ríos Búa, Mache y Conejo, y del estero Virgencita (GAD Parroquial La Villegas, 2015). Ver GRÁFICO 3.3.

GRÁFICO 3.3

MICRO CUENCAS DE LA PARROQUIA LA VILLEGAS



FUENTE: GAD Parroquial La Villegas, 2015

La parroquia tiene un gran potencial de recursos hídricos debido a los altos niveles de pluviosidad con una precipitación promedio anual de 3078,8 mm, pero el nivel de aprovechamiento para consumo humano y uso agrícola es bajo por falta de infraestructura y por la degradación de la calidad del recurso (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

Además, la mayoría de las captaciones de agua para riego agrícola no están regularizadas. En la época de invierno no tienen problemas de caudal para tal uso, pero en el estiaje, los caudales de los pequeños esteros se reducen debido al uso en los cultivos (GAD Parroquial La Villegas, 2015).

3.1.3. ASPECTOS GENERALES DE LA FINCA

3.1.3.1. Antecedentes

En el Ecuador, el cultivo de banano, constituye el producto agrícola de mayor importancia económica, representando el 10% del PIB y una importante fuente de divisas a través de su exportación (INEC Sistema Estadístico Agropecuario Nacional, 2011).

Las plantaciones de dicho producto ocupan un área aproximada de 196673 hectáreas a nivel nacional y con un rendimiento promedio de 37,09 ton/ha, siendo las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro las de mayor producción (SINAGAP Coordinación General del Sistema de Información Nacional, 2014).

El banano ecuatoriano es muy apreciado en mercados internacionales de Europa, Asia y América del Norte, debido a su calidad y sabor, y constituye un tercio de las exportaciones mundiales de la fruta (PRO ECUADOR, 2013).

En La Concordia, predominan las plantaciones de palma africana y banano debido a las ventajas climáticas que ofrece esta zona. Gran parte de la producción de banano de La Concordia cumple con factores de calidad lo que permite su exportación hacia mercados exigentes (GAD Municipal La Concordia, 2011).

La finca estudiada en este proyecto, inició sus actividades en 1990. Actualmente, posee 40 hectáreas únicamente de cultivo de banano para exportación, en esta superficie, la finca produce aproximadamente 1200 cajas semanales de la fruta, con un peso de 43 libras por caja, y un rendimiento anual de 30,5 ton/ha.

El banano producido es entregado a las exportadoras Exelban, Safran Foods Ltd, Yellow Pacific, Prima Donna y Nova Fruit para su posterior exportación a Rusia, Italia, Alemania, Irán y Canadá.

3.1.3.2. Ubicación

La finca se encuentra situada en las siguientes coordenadas geográficas:

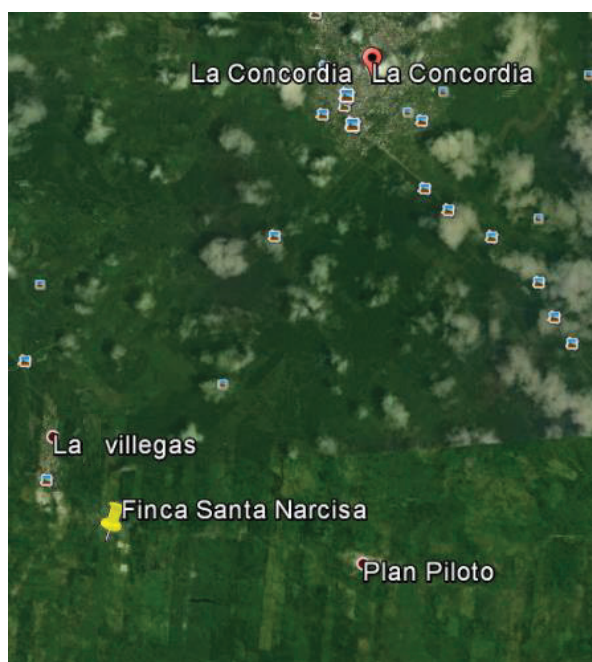
X: 674170 m

Y: 9992415 m

Altura: 237 m.s.n.m

GRÁFICO 3.4

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ENTRADA PRINCIPAL DE LA FINCA SANTA NARCISA



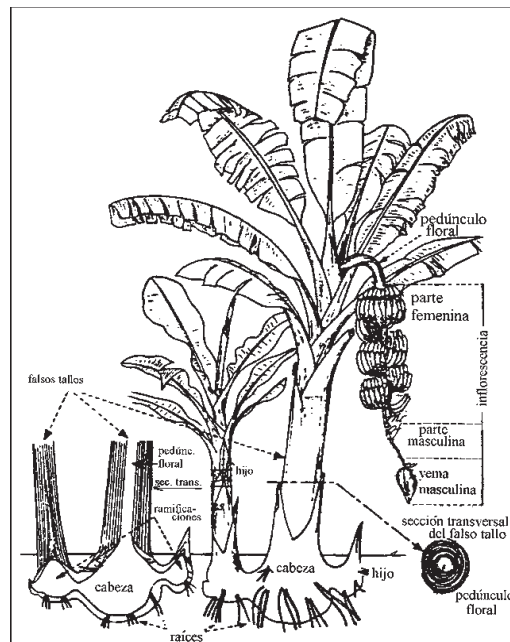
3.1.3.3. Características del Banano

El banano es una planta herbácea perenne gigante, sus principales características son que las partes aéreas mueren y caen al suelo cuando termina su cultivo; y en la base de la planta nace un brote llamado hijo, que sustituye a la planta madre (Vézina & Baena, 2016). Adquiere una altura de 3,5 a 7,5 m aproximadamente, su tallo es un cilindro formado por los pecíolos de las hojas, con forma de espiral, de diverso tamaño, de color verde amarillento, de 1,5 a 3 m de largo. A medida que va

creciendo, su tallo se dobla hacia abajo. Un racimo puede contener de 5 a 10 manos (Banascopio, s.f.). Es una planta tropical de regiones húmedas y calurosas. En cuanto a sus exigencias climáticas necesita un régimen de insolación bastante elevado, su temperatura media óptima está entre los 25°C y los 30°C (FAO, s.f.).

Es un cultivo que necesita una gran cantidad de agua constantemente, pues en condiciones de sequía, las hojas y las vainas foliares se marchitan y el tronco se quiebra. La evapotranspiración de una planta es aproximadamente de 25 litros por día soleado, es decir unos 6 lts/m². Para su desarrollo es necesario suelos ligeros, sin capas endurecidas que puedan limitar la profundidad de las raíces. Igualmente, la capa freática debe estar por lo menos a 1 metro de profundidad y el pH óptimo del suelo es de 6 a 7,5 (FAO, s.f.). Ver GRÁFICO 3.5.

GRÁFICO 3.5 PLANTA DE BANANO



FUENTE: FAO, s.f.

3.1.3.3.1. Etapas de Crecimiento del Banano

- **Brotación**

La Brotación se presenta desde la siembra hasta el momento de la aparición de la primera hoja funcional. En este proceso, ocurre además la formación de hojas no funcionales caracterizadas por estar superpuestas, ser rudimentarias, lanceoladas y por no poseer la lámina foliar desarrollada (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010).

- **Plántula**

La plántula va desde la primera hoja funcional hasta la aparición sobre el suelo del primer hijuelo. El proceso se caracteriza por la iniciación del crecimiento activo de la planta, debido a que existen aumentos en el tamaño del rizoma, en el número de raíces y el desarrollo de las hojas funcionales (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010).

- **Formación de hijuelos**

La formación de hijuelos se da desde la aparición del primer hijuelo hasta el inicio del alargamiento de entrenudos. Los hijuelos se desarrollan rodeando la planta madre siendo en un principio plenamente dependientes de la misma. En esta etapa sucede un gran desarrollo del sistema de raíces, responsables de una alta cantidad de absorción de agua y nutrientes (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010).

- **Alargamiento inicial de entrenudos**

Esta etapa inicia desde el alargamiento de entrenudos produciendo la formación del tallo floral hasta la aparición de la bellota (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010).

- **Iniciación floral**

La iniciación floral empieza con la aparición de la bellota hasta que el primordio de la misma se puede observar a simple vista. El primordio de la bellota se forma en

el extremo superior del tallo floral, que posteriormente originará el racimo. En esta etapa se establecerá el potencial número de manos y dedos que tendrá el racimo (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010). Esta etapa requiere gran cantidad de agua (Castaño, Á, Aristizábal, M, & González, H, 2012).

- **Desarrollo de la bellota**

El desarrollo de la bellota inicia desde que se logra observar su primordio hasta su emisión en la parte final del pseudotallo. En esta etapa, la bellota es impulsada hacia arriba entre las vainas de las hojas (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010). Esta fase requiere gran cantidad de agua (Castaño, Á, Aristizábal, M, & González, H, 2012).

- **Floración**

El proceso de floración comprende desde la emisión de la bellota hasta el comienzo de la primera bráctea (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010). Esta etapa requiere gran cantidad de agua (Castaño, Á, Aristizábal, M, & González, H, 2012).

- **Iniciación del racimo**

El racimo se forma desde el comienzo de la primera bráctea hasta lograr observar todos los primordios de dedos, que inicialmente tendrán un color verde claro debido a que no han fijado suficiente clorofila, los que finalmente formarán el racimo (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010). Esta etapa requiere gran cantidad de agua (Castaño, Á, Aristizábal, M, & González, H, 2012).

- **Llenado del racimo**

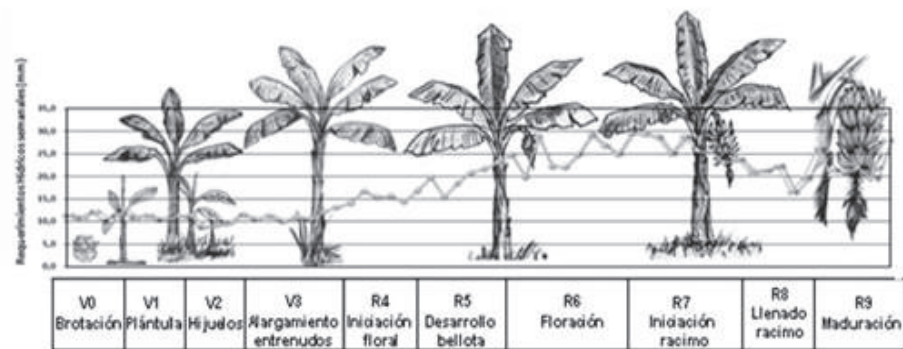
El llenado del racimo inicia desde que se logra observar todos los primordios hasta la madurez fisiológica. Esta etapa culminará cuando el racimo haya alcanzado su máximo tamaño (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010).

- **Maduración**

La maduración es el último proceso y comprende desde la madurez fisiológica hasta la maduración completa, que puede ocurrir cuando el racimo se encuentre aún en la planta (aparición de dedos color amarillo) o después de haber sido cosechado (cambios en la pigmentación de la cascara) (Aristizábal & Jaramillo, C, 2010).

GRÁFICO 3.6

ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL BANANO



FUENTE: Castaño, Á, Aristizábal, M, & González, H, 2012

3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1.4.1. Etapas del Cultivo

- **Establecimiento de la plantación**

Para el establecimiento de la plantación se selecciona los suelos de mejores condiciones agrícolas y se los prepara mediante una adecuada limpieza, implementación de drenajes y canales de riego para luego proceder a la siembra, para esto se debe seleccionar una semilla o los hijos sanos de una plantación ya establecida (Quirola, s.f.).

Las plantas herbáceas del banano son del género *Musa*, siendo la mayoría de sus variedades *Musa acuminata*, destacándose la variedad Gros Michel, debido a que reúne las mejores características y cualidades en lo que se refiere a su manejo y a su conservación (InfoAgro, s.f.), es por esto que en Ecuador es la variedad predominante para la plantación de este cultivo.

- **Siembra del banano**

A continuación del establecimiento de la plantación, se realiza la siembra del banano. Este proceso tiene varios sistemas o formas, entre las que se destacan las formas cuadradas, triangulares y la forma de hexágono o triángulo equilátero. La siembra en la finca estudiada se realizó mediante el sistema de siembra en forma de triángulo equilátero, que permite tener una distribución uniforme, asegura que la cantidad de luz recibida para cada planta sea similar y se dé un mejor aprovechamiento del espacio. La distancia entre cada planta es aproximadamente 2,8 m en forma de triángulo equilátero (Agropecuarios, 2014).

Posteriormente se procede a la ubicación y marcación del sitio en donde se colocarán las semillas, a continuación se coloca la semilla en el hueco y se lo llena con suelo suelto. Ver GRÁFICO 3.7.

GRÁFICO 3.7

SISTEMA DE SIEMBRA DE BANANO EN FORMA DE TRIÁNGULO EQUILÁTERO



FUENTE: Agropecuarios, 2014

Aproximadamente a partir de 9 meses después de la siembra aparecerá el botón floral y 4 meses más tarde los racimos estarán listos para ser cosechados, dependiendo de las condiciones del cultivo.

- **Resiembra**

El proceso de resiembra se realiza cuando los hijuelos o colinos no se desarrollan adecuadamente, debido a varios factores como plagas, enfermedades etc. (Anacafé, s.f.). Para esto se retira un hijuelo y se lo resiembra en un lugar apto para su posterior crecimiento. Ver FOTOGRAFÍA 3.1.

FOTOGRAFÍA 3.1

PROCESO DE RESIEMBRA



- **Fertilización**

La fertilización es una de las etapas más importantes en el proceso de cultivo de banano, depende del clima, la elevación y propiedades del suelo. Los componentes esenciales para una buena nutrición del banano son: nitrógeno, fósforo y potasio (Gauggel & Arévalo, s.f.). El nitrógeno favorece el desarrollo foliar del banano, el

fósforo ayuda al enraizamiento y permite la formación del tallo, y el potasio ayuda a obtener una buena formación de los frutos (Chávez, 2012).

En el lugar de estudio, para el proceso de fertilización se aplica úrea, muriato de potasio, superfosfato y fertibanano. Además se realiza el fertirriego o la fertilización en el agua de riego, para ello se utiliza melaza, biofert inicio, biofert floración, seaweed extract y nitrofoska foliar, la mayor parte de estos químicos se caracterizan por tener en su composición nitrógeno, fósforo y potasio. Ver FOTOGRAFÍA 3.2.

FOTOGRAFÍA 3.2

PROCESO DE FERTIRIEGO



- **Control de malezas, plagas y enfermedades**

Las principales plagas y enfermedades que afectan a la producción de banano de la finca Santa Narcisa son: la sigatoka negra y los nematodos, aunque existen otras como: Mal de Panamá, sigatoka amarilla, picudo negro, larvas defoliadoras (Banascopio, s.f.).

La sigatoka negra es una enfermedad foliar causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, que destruye el tejido foliar, afecta el proceso fotosintético, el proceso de crecimiento de la planta y su producción (Martínez & et al, 2011). Se presenta como manchas de color café oscuro o negro en el envés o reverso de la hoja y visibles hasta el haz, de forma elíptica y se rodea de un borde negro, la hoja se torna negra y muere en 3 o 4 semanas. Su control se realiza mediante fungicidas protectores y sistémicos (Banascopio, s.f.).

En cuanto a los nemátodos, constituyen parásitos que se alojan en las raíces y causan lesiones que disminuyen la capacidad de absorción de nutrientes y la muerte del tejido celular. Su control se realiza mediante productos químicos aplicados al suelo en diferentes dosis (Banascopio, s.f.).

Para el control de malezas se usan los herbicidas cuyo ingrediente activo son Glifosato 480 y Paracuat; para controlar las plagas como los nematodos, la finca aplica Cadusafos; por último para el control de la enfermedad sigatoka negra se usan los fungicidas Benz-pyrazole, Difenconazole, Propiconazol, Pyrimethanil, Fenpropidin, Clorotalonil, Sulfato de cobre pentahidratado y Mancozeb, junto con éstos se aplica el emulsificante Octil fenoxi polietoxietanol y como solvente un aceite agrícola. Ver FOTOGRAFÍA 3.3.

FOTOGRAFÍA 3.3
HOJA CON SIGATOKA NEGRA



- **Riego**

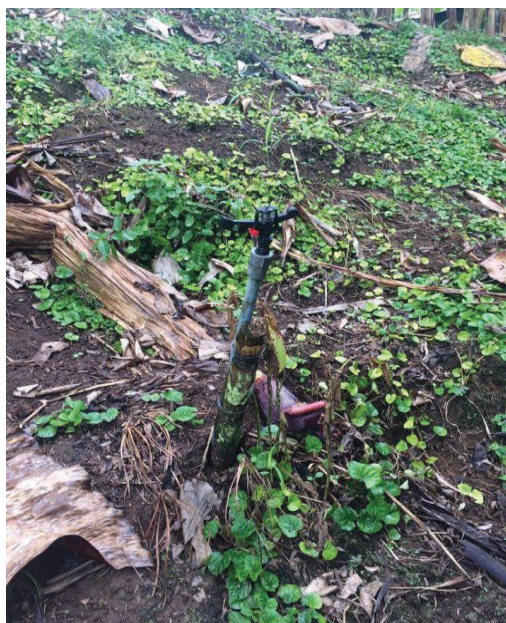
Las plantaciones de banano requieren grandes cantidades de agua debido a que son altamente sensibles a la sequía, no obstante, no se debe realizar el riego en exceso dado que el banano es susceptible al daño como consecuencia de inundaciones o suelos extremadamente húmedos (InfoAgro, s.f.).

En la finca Santa Narcisa, se realiza el riego durante los meses de verano comprendidos desde junio hasta noviembre y en los meses de invierno desde diciembre hasta mayo, se aprovecha el agua lluvia.

El riego se lo realiza por aspersión, esta agua es tomada del río El Diablo que atraviesa la finca. Ver FOTOGRAFÍA 3.4.

FOTOGRAFÍA 3.4

RIEGO POR ASPERSIÓN



- **Deshije**

El objetivo de este proceso es obtener una mayor producción del cultivo mediante el control de la densidad de plantas por unidad de superficie de la plantación, un uniforme espaciado entre plantas, un control del número de hijos en la plantación y una selección de los mejores hijos (InfoAgro, s.f.).

Las clases de hijos de una plantación de banano son los hijos de espada que son los mejor ubicados, crecen sanos y vigorosos por lo que son conservados, los hijos de agua que deben ser eliminados por poseer deficiencias nutricionales y los rebrotes que son los hijos que vuelven a brotar luego de haber sido eliminados (InfoAgro, s.f.).

En la finca, esta actividad se realiza en forma permanente por el personal para lograr una mejor producción. Ver FOTOGRAFÍA 3.5.

FOTOGRAFÍA 3.5
DESHIJE DE UNA PLANTA DE BANANO



- **Deshoje**

El deshoje se realiza para eliminar hojas no funcionales (Quirola, s.f.), es decir las hojas secas o dobladas que interfieren con el crecimiento de los racimos y que obstaculizan su exposición a la luz, aire y calor (InfoAgro, s.f.). Esta actividad en la finca se realiza permanentemente. Ver FOTOGRAFÍA 3.6..

FOTOGRAFÍA 3.6
DESHOJE DE UNA PLANTA DE BANANO



- **Desbellote**

Esta labor consiste en quitar la bellota de la punta del racimo o raquis, evitando que el racimo siga creciendo y que se pueda transmitir enfermedades (Anacafé, s.f.). Ver FOTOGRAFÍA 3.7.

FOTOGRAFÍA 3.7
DESBELLOTE DEL BANANO



- **Enfundado y Encintado**

Mediante una funda de polietileno perforada, se protege al racimo de los daños provocados por insectos, radiación solar y productos químicos, para obtener una fruta de excelente calidad. Esta actividad se debe realizar cuando ha caído la tercera bráctea de la inflorescencia y se abre la mano (Banascopio, s.f.).

En la finca de estudio se coloca fundas plásticas en cada racimo a una altura conveniente. Además cada semana se colocan cintas de varios colores en el racimo para tener un control de la edad del mismo. Se usan 8 colores permitiendo estimar la fecha de cosecha. Ver FOTOGRAFÍA 3.8.

FOTOGRAFÍA 3.8
ENFUNDADO DE UN RACIMO



- **Desflore**

Esta etapa consiste en retirar las flores secas que se encuentran en la punta de los frutos del racimo, se comienza por la mano inferior, es decir, de abajo hacia arriba, para evitar la caída de látex en los dedos del racimo. El objetivo de esta actividad es disminuir la cantidad de racimos que no van a procesarse inmediatamente y evitar que se manche la fruta debido a la cristalización del látex (Salazar, s.f.). Ver FOTOGRAFÍA 3.9.

FOTOGRAFÍA 3.9
DESFLORE DEL RACIMO



- **Apuntalado**

Con la finalidad de proveer dirección y estabilidad a la planta, se utiliza caña guadua. En cada planta con racimos se colocan entre 3 a 5 cañas.

Primero se cortan dos pedazos de caña llamados palancas o cujes, y se colocan en forma de tijera con el vértice hacia arriba procurando que no topen el racimo (Banascopeio, s.f.). Ver FOTOGRAFÍA 3.10.

FOTOGRAFÍA 3.10**APUNTALADO DE UNA PLANTA DE BANANO**

- **Desmane**

Este proceso consiste en eliminar la última mano o “falsa mano” y las manos que se estima no llegarán a obtener el tamaño mínimo requerido para un buen desarrollo dejando espacio y nutrientes para generar un buen fruto. Además permite que otras manos tengan un mejor desarrollo. El desmane se realiza cuando los frutos se han colocado hacia abajo (Banascopio, s.f.). Ver FOTOGRAFÍA 3.11.

FOTOGRAFÍA 3.11
DESMANE DEL RACIMO



- **Cosecha**

La cosecha del banano se realiza cuando la fruta está verde y depende de las cintas de colores colocadas anteriormente para tener el control de la edad. Se pica el pseudotallo a una altura conveniente, en forma de “v”, aproximadamente a 1,80 m para que el racimo caiga suavemente sobre el hombro del receptor, luego se corta completamente el pseudotallo y se obtiene el racimo. Ver FOTOGRAFÍA 3.12.

FOTOGRAFÍA 3.12
COSECHA



3.1.4.2. Etapas de la Postcosecha

- **Transporte de racimos**

Se conforman grupos de 15 racimos y se los transporta mediante un sistema de rieles instalado en el área de cultivo hasta el área de acopio de la fruta. Ver FOTOGRAFÍA 3.13.

FOTOGRAFÍA 3.13

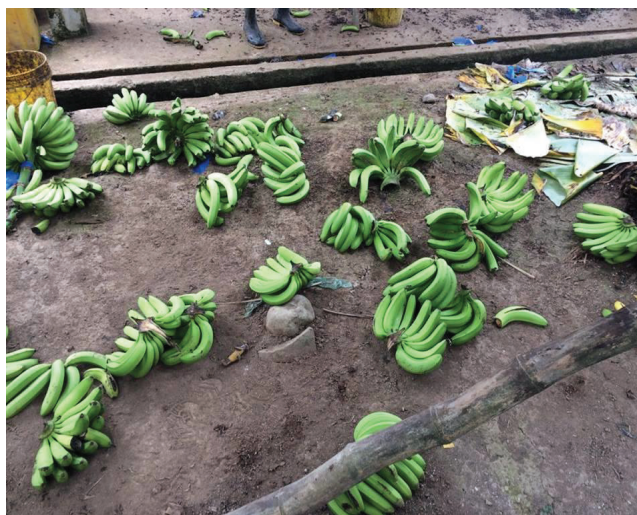
TRANSPORTE DE RACIMOS



- **Primera Clasificación**

Se realiza una primera clasificación separando el producto que no cumple con las normas de calidad, estos residuos o “rechazo” se utiliza como alimento para animales. Ver FOTOGRAFÍA 3.14.

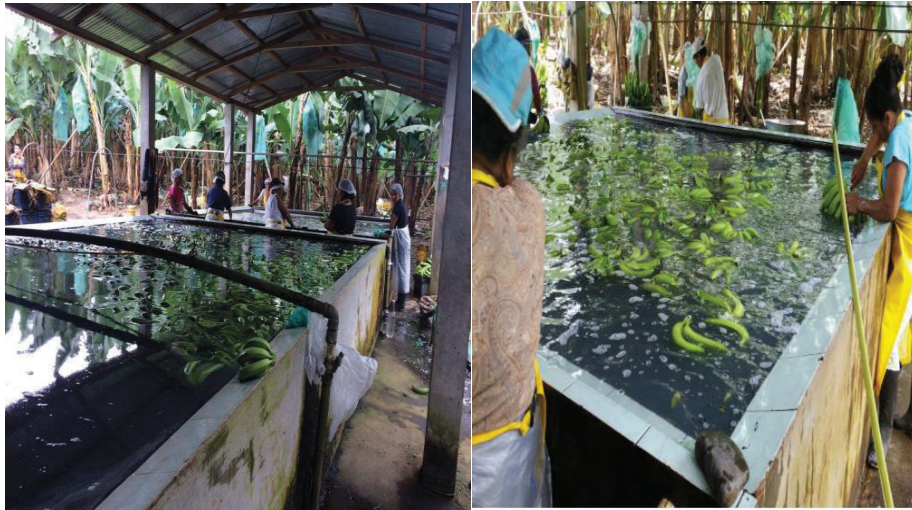
FOTOGRAFÍA 3.14
BANANO DE RECHAZO



- **Lavado y segunda clasificación**

Los racimos de banano son divididos en partes más pequeñas e introducidos en dos piscinas de dimensiones la primera: 4 m de largo, 4 m de ancho y 1,20 m de profundidad y la segunda de: 8 m de largo, 4 m de ancho y 1,20 m de profundidad (la profundidad del agua en ambas piscinas es de 0,80 m ya que tienen un fondo de 0,40 m de cemento), que contienen agua junto con Sulfato de aluminio y Alkylbenceno sulfonato, con el objetivo de eliminar el látex y proveer brillo al banano. Posteriormente se realiza la segunda clasificación para seleccionar el producto que será exportado. Ver FOTOGRAFÍA 3.15.

FOTOGRAFÍA 3.15
SEGUNDA CLASIFICACIÓN



- **Aplicación de químicos**

Mediante una bomba de mochila para fumigación se aplica Imazalil y Tiabendazol, que se administran en la corona del banano evitando que se generen hongos de putrefacción. Ver FOTOGRAFÍA 3.16.

FOTOGRAFÍA 3.16
APLICACIÓN DE QUÍMICOS AL BANANO



- **Etiquetado**

Se etiqueta a la fruta para identificar a las empresas exportadoras a las cuales se enviarán las cajas de banano. Ver FOTOGRAFÍA 3.17.

FOTOGRAFÍA 3.17

ETIQUETADO DEL BANANO



- **Empacado**

El empaclado se realiza en el área de cartonera, donde inicialmente los cartones fueron armados y pegados en forma de cajas para posteriormente introducir los bananos. Las cajas de cartón son identificadas según la empresa exportadora a las que serán enviadas. Ver FOTOGRAFÍA 3.18.

FOTOGRAFÍA 3.18
EMPACADO DEL BANANO



- **Pesado**

Se pesa cada caja de banano que aproximadamente debe contener 43 libras. Ver FOTOGRAFÍA 3.19.

FOTOGRAFÍA 3.19
PESADO DEL BANANO



- **Paletizado**

Las cajas son agrupadas según la empresa exportadora. Ver FOTOGRAFÍA 3.20.

FOTOGRAFÍA 3.20

PALETIZADO DE LAS CAJAS DE BANANO



- **Transporte**

Las cajas son transportadas hacia el puerto de Guayaquil en camiones refrigerados para mantener las condiciones óptimas del banano y posteriormente son exportadas por las empresas encargadas a distintos países, entre ellos: Rusia, Italia, Alemania, Irán y Canadá. Ver FOTOGRAFÍA 3.21.

FOTOGRAFÍA 3.21

TRANSPORTE DE LAS CAJAS DE BANANO



CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

4.1. MODELO DE HUELLA HÍDRICA

4.1.1. CROPWAT 8.0

El programa CROPWAT 8.0 desarrollado por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) permite el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de riego considerando datos climáticos, del suelo y de cultivo (FAO WATER, 2000).

Los procedimientos de cálculo de CROPWAT 8.0 se basan en las directrices de la FAO, en el caso de no disponer de datos climatológicos completos del sector a estudiar, se puede emplear la herramienta CLIMWAT proporcionada por el programa (FAO WATER, 2000).

4.1.1.1. Definiciones

El programa utiliza los términos que se detallan a continuación:

4.1.1.1.1. Datos del Clima

- **Temperatura**

Los datos de temperatura del aire que serán utilizados en el software CROPWAT 8.0, son presentados en grados Celsius (°C). En caso de no disponer de datos de temperaturas máximas y mínimas se puede trabajar con temperaturas medias (FAO, 2006).

- **Temperatura Máxima (T máx)**

Corresponde a la temperatura máxima del aire observada durante un período de 24 horas, a partir de la medianoche (FAO, 2006).

- **Temperatura Mínima (T mín)**

Corresponde a la temperatura mínima del aire observada durante un período de 24 horas, a partir de la medianoche (FAO, 2006).

- **Humedad**

La humedad del aire se puede expresar como humedad relativa o presión real de vapor. La humedad relativa indica el grado de saturación del aire, mediante la relación entre la cantidad de vapor de agua que el aire realmente contiene y la cantidad máxima que puede contener a la misma temperatura. La humedad relativa se expresa como porcentaje (%) (FAO, 2006).

- **Velocidad del viento**

El viento se caracteriza por su dirección y velocidad. La velocidad del viento a diversas alturas tiene valores diferentes, en la superficie es más lenta y aumenta con la altura, por esta razón según las normas agrometeorológicas, la altura estándar es 2 metros sobre el nivel del suelo y según la meteorología es a 10 metros. La estación meteorológica La Concordia usa la altura a 10 metros. Para ajustar la velocidad del viento a la altura estándar de 2 m, se utiliza una relación logarítmica de la velocidad del viento, mostrada en la ecuación (4.1).

$$u_2 = u_z \frac{4,87}{\ln(67,8 z - 5,42)} \quad (4.1)$$

donde:

u_2 : velocidad del viento a 2 m sobre la superficie en m/s.

u_z : velocidad del viento medida a z m sobre la superficie expresada en m/s.

z: altura de medición sobre la superficie en m (FAO, 2006).

- **Radiación**

La radiación solar representa la cantidad de radiación recibida en la parte externa de la atmósfera terrestre que llega a un plano horizontal sobre la superficie del suelo, incluyendo la parte que es dispersada, reflejada o absorbida por los gases atmosféricos, las nubes y el polvo. Una parte de la radiación solar se refleja desde la superficie del suelo y otra es absorbida. Se expresa en MJ/m²/día (FAO, 2006).

- **Insolación directa**

Indica la duración de la recepción de radiación solar sin interferencia de las nubes. Depende de la posición del sol y la nubosidad, es decir de la latitud y del día del año. Se expresa como horas de insolación, porcentaje de insolación directa (%) o como fracción de insolación directa (fracción) (FAO, 2006).

- **Evapotranspiración (ET)**

La ET es la combinación de dos procesos en los cuales el agua se pierde a través de la superficie del suelo mediante la evaporación y transpiración del cultivo (FAO, 2006), depende de varios factores como el clima y el cultivo. Se conoce además que, la cantidad de agua que transpiran las plantas es mucho mayor al agua que retienen, es por esto que la transpiración es considerada como el consumo de agua por la planta. La ET es azul, cuando el agua proviene del riego y es verde cuando el agua procede de la precipitación (Bolaños, 2011).

- **Evapotranspiración de Referencia (ET_o)**

Se trata de la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, es decir, la ET_o se refiere al poder evaporante de la atmósfera en una ubicación y época del año específica. Los únicos factores que afectan la ET_o son los parámetros climáticos, sin considerar a las características del cultivo y del suelo (FAO, 2006). La ET_o se determina mediante el modelo de Penman – Monteith.

- **Modelo Penman – Monteith**

El método FAO Penman-Monteith es un método para determinar la evapotranspiración de referencia (ET_o), aplicable para varios cultivos, como: hortalizas, frutas, plantas ornamentales y otros. Proporciona valores que concuerdan con los datos reales de uso de agua de cultivos en todo el mundo. Además, se han desarrollado procedimientos para la utilización de este método, incluso con pocos datos climáticos (FAO, 2006).

El método Penman-Monteith basado en la ecuación del mismo nombre se expresa en la ecuación (4.2)(4.2).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (4.2)$$

donde:

ET_o: evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

R_n: radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)

G: flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹)

T: temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂: velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s: presión de vapor de saturación (kPa)

e_a: presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa)

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ : constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

La ecuación (4.2) utiliza registros climáticos estándar de radiación solar, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento.

- **Precipitación efectiva**

Constituye la parte de la precipitación que puede ser efectivamente utilizada por las plantas, debido a que una parte se pierde a través de la escorrentía superficial y por la percolación profunda. El volumen de agua que se infiltra en el suelo depende del tipo de suelo, pendiente del terreno, tipo de cultivos, intensidad de la precipitación y el contenido inicial de agua en el suelo (FAO, 2006).

4.1.1.1.2. Datos del Cultivo

- **Coefficiente de cultivo (Kc)**

Este coeficiente relaciona la evapotranspiración del cultivo con la evapotranspiración de referencia o estándar, ya que incorpora el tipo y características del cultivo. El Kc varía en un cultivo de acuerdo a sus etapas (FAO, 2006).

- **Fracción de agotamiento crítico (p)**

Es el nivel crítico de humedad en el suelo, a partir del cual existe estrés debido a la falta de agua, afectando a la evapotranspiración del cultivo y a su producción (FAO, 2006).

- **Factor de respuesta del rendimiento (Ky)**

Este factor describe la reducción de la productividad generada por la falta de agua (FAO, 2006).

4.1.1.1.3. Datos del Suelo

- **Humedad de suelo total disponible**

Constituye la cantidad de agua total que es aprovechable por el cultivo. Es la diferencia en el contenido de humedad del suelo entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). La humedad de suelo total disponible depende de la textura, estructura y contenido de la materia orgánica del suelo. Se expresa en mm por metro de profundidad de suelo (FAO, 2006).

- **Capacidad de campo (CC)**

Se trata de la cantidad de agua que un suelo bien drenado retiene contra las fuerzas gravitacionales, es decir, es la cantidad de agua restante en el suelo cuando el drenaje descendente ha disminuido notoriamente. Se expresa en porcentaje o en mm por metro de suelo (FAO, 2006).

- **Punto de marchitez permanente (PMP)**

Es el volumen de agua contenido en el suelo bajo el cual las plantas se marchitan permanentemente. Es expresado en porcentaje o en mm por metro de suelo (FAO, 2006).

- **Tasa máxima de infiltración de la precipitación**

Es la lámina de agua que puede infiltrar en el suelo en un lapso de 24 horas, dependiendo del suelo, pendiente del terreno e intensidad de la precipitación o riego. Se expresa en mm por día. Con el dato de la tasa máxima de infiltración, se puede

estimar la escorrentía superficial que se presenta en el momento que la intensidad de la precipitación supera la capacidad de infiltración del suelo (FAO, 2006).

- **Profundidad máxima radicular**

Se refiere a la capacidad de los cultivos para aprovechar la reserva de agua del suelo y se expresa en centímetros. En muchas ocasiones, el suelo y horizontes alterados pueden restringir la profundidad radicular máxima. Se establece que, el valor de 900 cm indica que el suelo no cuenta con características que pueden limitar el crecimiento de la raíz, mientras que valores inferiores mostrarían una limitación al crecimiento radicular (FAO, 2006).

- **Agotamiento inicial de la humedad del suelo**

Indica la sequedad del suelo al inicio de la época de cultivo, se expresa como un porcentaje del Agua Disponible Total, en términos del agotamiento de la Capacidad de Campo (FAO, 2006).

4.1.2. MODELO PARA LA HUELLA GRIS

La determinación de la Huella Hídrica azul y verde, se realiza con la ayuda del programa CROPWAT 8.0 como se explicó anteriormente, en cambio, para la determinación de la HH gris para un cultivo se realiza mediante la ecuación (2.6).

4.2. MODELO PARA EL AGUA VIRTUAL

Una vez calculada la Huella Hídrica para la plantación de banano, se puede determinar el valor del Agua Virtual mediante la ecuación (2.7).

4.3. APLICACIÓN DE MODELO

4.3.1. PROCESAMIENTO DE DATOS REQUERIDOS PARA EL MODELO

El modelo escogido permite calcular únicamente los valores de los componentes azul y verde de la Huella Hídrica.

El primer paso es determinar la evapotranspiración de referencia ETo (ver Tabla 4.1), para esto se utilizaron datos meteorológicos de la estación La Concordia M0025 del año 2015, proporcionados por el INAMHI. CROPWAT 8.0 calcula la ETo mediante el método de Penman-Monteith, que requiere datos climáticos como temperatura mínima, temperatura máxima, humedad y velocidad del viento. Las horas de insolación y la radiación fueron estimadas por el programa debido a la ausencia de estos datos.

Tabla 4.1 Cálculo de la ETo para la estación meteorológica La Concordia

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Radiación MJ/m ² /día	ETo mm/día
Enero	20,6	31,6	88	4,0	7,5	20,4	4,31
Febrero	21,4	33,3	87	4,7	8,1	21,9	4,87
Marzo	21,1	33,3	87	4,4	8,3	22,5	4,97
Abril	21,0	32,4	87	4,6	7,8	21,1	4,63
Mayo	21,2	32,3	87	3,8	7,6	19,7	4,33
Junio	20,0	31,6	87	3,7	7,9	19,4	4,16
Julio	20,4	31,6	88	3,8	7,7	19,3	4,08
Agosto	20,2	32,6	86	4,0	8,4	21,4	4,68
Septiembre	20,8	32,5	85	4,0	8,0	21,6	4,82
Octubre	20,7	32,0	86	2,9	7,7	21,3	4,58
Noviembre	20,0	31,1	87	2,6	7,6	20,6	4,24
Diciembre	22,1	32,0	89	4,1	6,8	19,1	4,09
Promedio	20,8	32,2	87	3,9	7,8	20,7	4,48

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Como se puede observar, la Tabla 4.1 da a conocer como varía la ETo y en qué mes del año hubo mayor evapotranspiración.

El siguiente paso es determinar la precipitación efectiva a partir de los datos de precipitación mensual proporcionados por el INAMHI. El programa CROPWAT estimó los datos de precipitación efectiva utilizando el método de Precipitación confiable (FAO/AGLW). Ver ecuación (4.3) y (4.4).

$$P_{ef} = 0.6 \cdot P - 10, \text{ si } P \leq 70 \quad (4.3)$$

$$P_{ef} = 0.8 \cdot P - 24, \text{ si } P > 70 \quad (4.4)$$

donde:

P_{ef} : Precipitación efectiva en mm.

P : Precipitación en mm.

Tabla 4.2 Cálculo de la Precipitación Efectiva para la estación meteorológica La Concordia

Mes	Precipitación mm	Precipitación Efectiva mm
Enero	566,8	429,4
Febrero	333,6	242,9
Marzo	656,2	501,0
Abril	892,8	690,2
Mayo	338,6	246,9
Junio	215,8	148,6
Julio	163,1	106,5
Agosto	28,5	7,1
Septiembre	64,8	28,9
Octubre	328,1	238,5
Noviembre	91,9	49,5
Diciembre	587,1	445,7
Total	4267,3	3135,2

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

La Tabla 4.2 muestra que no toda el agua de la precipitación es aprovechada por el cultivo, evidenciándose dicho acontecimiento en todos los meses del 2015. Por ejemplo, en el mes de Enero hubo una precipitación de 566,8 mm, sin embargo, solo 429,4 mm fueron aprovechados por el cultivo. Es importante considerar que la

lluvia es altamente efectiva, cuando una mínima cantidad se pierde por escorrentía superficial y que las bajas precipitaciones no son efectivas debido a que se pierden en su mayoría por evaporación (Bolaños, 2011).

Luego, se ingresan los datos del cultivo al programa, donde se evalúa al cultivo desde su siembra hasta su cosecha. Para esto se necesita introducir datos de coeficiente de cultivo (k_c), etapas de crecimiento del cultivo, profundidad radicular, fracción de agotamiento crítico (p), factor de respuesta del rendimiento (K_y) y la altura del cultivo. Para el caso del banano se usó un valor de k_c estándar comprendido entre 1.00 y 1.20; el valor de profundidad radicular máxima fue 0,20 y 0,90 metros; la fracción de agotamiento crítico fue de 0,35, el factor de respuesta de rendimiento estuvo entre 1.00 y 1.35; y se consideró a la altura promedio del cultivo de 4 m. El manual de la FAO: "Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos", proporciona todos estos datos necesarios según el tipo de cultivo a usar. Los días de duración de cada etapa del cultivo fue un dato aproximado proporcionado por los propietarios de la finca, obteniendo los siguientes resultados, etapa inicial (55 días), etapa de desarrollo (135 días), etapa de mediados de temporada (165 días) y etapa de fin de temporada (10 días), la duración de estas etapas depende del desarrollo de cada planta.

Por último, se requiere ingresar los datos del suelo, que son: humedad de suelo disponible total, tasa máxima de infiltración de la precipitación, profundidad radicular máxima, agotamiento inicial de humedad de suelo y humedad de suelo inicialmente disponible, estos datos se los observa en la Tabla 4.3. De igual manera, CROPWAT estima estos datos dependiendo del tipo de suelo del lugar de estudio. Según información obtenida del MAGAP y del GAD Parroquial La Villegas, la zona posee un suelo de textura mediana.

Los datos de la Tabla 4.3 fueron obtenidos del programa CROPWAT 8.0.

Tabla 4.3 Datos generales del suelo para la estación meteorológica La Concordia

Datos Generales de Suelo	Cantidad
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	290 mm/m
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40 mm/día
Profundidad radicular máxima	900 cm
Agotamiento inicial de humedad de suelo (% de ADT)	0 %
Humedad de suelo inicialmente disponible	290 mm/m

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.3.1.1. Resultados del modelo

En la Tabla 4.4 se muestra la demanda hídrica del cultivo de banano obtenida mediante el programa CROPWAT 8.0 utilizando los datos anteriores y la opción “Requerimiento de Agua del Cultivo” (RAC) del programa. Ésta indica la cantidad de agua necesaria para contrarrestar la pérdida de evapotranspiración del área de cultivo y a partir de estos datos se valora la ET verde y azul para el cultivo de estudio.

Tabla 4.4 Evapotranspiración Verde y Azul del cultivo de banano de la finca "Santa Narcisca"

Mes	Decada	Etapas	Kc coef	Etc mm/día	Etc mm/dec	Prec. Efec mm/dec	Req. Riego mm/dec	ET Azul mm/per	ET Verde mm/per
Feb	1	Inic	1,00	4,62	46,2	87,6	0,0	0,0	87,6
Feb	2	Inic	1,00	4,80	48,0	59,8	0,0	0,0	59,8
Feb	3	Inic	1,00	4,83	38,7	95,5	0,0	0,0	95,5
Mar	1	Inic	1,00	4,87	48,7	140,5	0,0	0,0	140,5
Mar	2	Inic	1,00	4,90	49,0	170,2	0,0	0,0	170,2
Mar	3	Des	1,00	4,80	52,8	190,2	0,0	0,0	190,2
Abr	1	Des	1,01	4,74	47,4	229,1	0,0	0,0	229,1
Abr	2	Des	1,03	4,69	46,9	260,2	0,0	0,0	260,2
Abr	3	Des	1,04	4,65	46,5	200,9	0,0	0,0	200,9
May	1	Des	1,06	4,61	46,1	120,6	0,0	0,0	120,6
May	2	Des	1,07	4,57	45,7	65,9	0,0	0,0	65,9
May	3	Des	1,09	4,57	50,3	60,4	0,0	0,0	60,4
Jun	1	Des	1,10	4,58	45,8	58,7	0,0	0,0	58,7
Jun	2	Des	1,12	4,57	45,7	46,9	0,0	0,0	46,9
Jun	3	Des	1,13	4,61	46,1	43,1	3,0	3,0	43,1
Jul	1	Des	1,15	4,65	46,5	42,0	4,5	4,5	42,0
Jul	2	Des	1,16	4,68	46,8	38,2	8,6	8,6	38,2
Jul	3	Des	1,18	4,97	54,7	26,3	28,4	28,4	26,3
Ago	1	Med	1,19	5,26	52,6	5,7	46,9	46,9	5,7
Ago	2	Med	1,20	5,51	55,1	0,0	55,1	55,1	0,0
Ago	3	Med	1,20	5,57	61,2	1,5	59,7	59,7	1,5
Sep	1	Med	1,20	5,62	56,2	1,3	54,9	54,9	1,3
Sep	2	Med	1,20	5,67	56,7	0,7	56,0	56,0	0,7

Tabla 4.4 CONTINUACIÓN

Sep	3	Med	1,20	5,59	55,9	27,0	29,0	29,0	27,0
Oct	1	Med	1,20	5,51	55,1	68,8	0,0	0,0	68,8
Oct	2	Med	1,20	5,44	54,4	98,4	0,0	0,0	98,4
Oct	3	Med	1,20	5,30	58,3	71,1	0,0	0,0	71,1
Nov	1	Med	1,20	5,17	51,7	17,3	34,4	34,4	17,3
Nov	2	Med	1,20	5,04	50,4	0,0	50,4	50,4	0,0
Nov	3	Med	1,20	4,98	49,8	32,3	17,5	17,5	32,3
Dic	1	Med	1,20	4,92	49,2	117,6	0,0	0,0	117,6
Dic	2	Med	1,20	4,87	48,7	168,2	0,0	0,0	168,2
Dic	3	Med	1,20	4,95	54,4	159,8	0,0	0,0	159,8
Ene	1	Med	1,20	5,03	50,3	150,3	0,0	0,0	150,3
Ene	2	Med	1,20	5,11	51,1	151,2	0,0	0,0	151,2
Ene	3	Fin	1,16	5,13	56,4	127,8	0,0	0,0	127,8
				TOTAL	1819,4	3135,2	448,4	448,4	3135,2

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Según la Tabla 4.4, el cálculo del RAC (Requerimiento de Agua del Cultivo) mediante el programa CROPWAT 8.0 se lo realiza en períodos de 10 días. La primera columna indica los meses de cultivo, la segunda columna indica los meses divididos en valores decadiarios (décadas). Los valores del coeficiente K_c , varían dependiendo de las características del cultivo en su ciclo de vida, por lo que se modifican desde la siembra hasta la cosecha. El valor de la ET_c (Evapotranspiración del cultivo) se considera igual al RAC, que constituye el agua necesaria para la evapotranspiración bajo condiciones de crecimiento ideales, calculado desde la siembra hasta la cosecha, según ecuación (4.5).

$$ET_c \text{ (mm/día)} = K_c * E_{To} \quad (4.5)$$

La ET_c (mm/dec) indica la cantidad de agua evapotranspirada en milímetros por cada década, según la ecuación (4.6).

$$ET_c \text{ (mm/dec)} = ET_c \text{ (mm/día)} * \text{Días de cada década} \quad (4.6)$$

La ET verde constituye el agua proveniente de la precipitación que es evapotranspirada por el cultivo y su valor es igual que la precipitación efectiva (P_{eff}). Para su cálculo, el programa convierte los datos mensuales en valores decadiarios, mediante una interpolación lineal. Además se realiza una reiteración para compensar las desviaciones en los meses máximo y mínimo y que los tres valores decadiarios promedien la media mensual.

El Requerimiento de riego (Req. Riego) calcula el volumen de riego que necesita la planta, se calcula mediante la diferencia entre la ET_c (mm/dec) y la P_{eff} . Cuando la precipitación efectiva es mayor, el requerimiento de agua del cultivo es cero. Su valor es igual a la ET azul, que se define como el volumen de agua evapotranspirada proveniente del riego.

El presente proyecto de titulación se lo realizó en las dos estaciones climáticas del año con el objetivo de obtener una mayor caracterización de la zona de estudio, por

esta razón los resultados de la Tabla 4.4 fueron divididas en dichas épocas para su mayor comprensión.

4.3.1.1.1. Época lluviosa

Esta época comprende los meses de Diciembre a Mayo. El 2015 se caracterizó por tener una precipitación mensual promedio de 562,52 mm.

En este período del año, no se realiza el riego por aspersión en la finca debido a la gran precipitación que existe en la zona de estudio, por lo tanto se aprovechan los altos niveles de pluviosidad para esta actividad.

La Tabla 4.5 muestra que el requerimiento de agua para riego en esta época es de 0 mm (resultado del programa CROPWAT), estos datos coinciden con la realidad de la finca, ya que en este período no se realiza el riego.

Tabla 4.5 Evapotranspiración Verde y Azul del cultivo de banano de la finca "Santa Narcisca" en la época lluviosa

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	Etc mm/día	Etc mm/dec	Prec. Efec mm/dec	Req. Riego mm/dec	ET Azul mm/per	ET Verde mm/per
Dic	1	Med	1,20	4,92	49,2	117,6	0,0	0,0	117,6
Dic	2	Med	1,20	4,87	48,7	168,2	0,0	0,0	168,2
Dic	3	Med	1,20	4,95	54,4	159,8	0,0	0,0	159,8
Ene	1	Med	1,20	5,03	50,3	150,3	0,0	0,0	150,3
Ene	2	Med	1,20	5,11	51,1	151,2	0,0	0,0	151,2
Ene	3	Fin	1,16	5,13	56,4	127,8	0,0	0,0	127,8
Feb	1	Inic	1,00	4,62	46,2	87,6	0,0	0,0	87,6
Feb	2	Inic	1,00	4,80	48,0	59,8	0,0	0,0	59,8
Feb	3	Inic	1,00	4,83	38,7	95,5	0,0	0,0	95,5
Mar	1	Inic	1,00	4,87	48,7	140,5	0,0	0,0	140,5
Mar	2	Inic	1,00	4,90	49,0	170,2	0,0	0,0	170,2
Mar	3	Des	1,00	4,80	52,8	190,2	0,0	0,0	190,2
Abr	1	Des	1,01	4,74	47,4	229,1	0,0	0,0	229,1
Abr	2	Des	1,03	4,69	46,9	260,2	0,0	0,0	260,2
Abr	3	Des	1,04	4,65	46,5	200,9	0,0	0,0	200,9
May	1	Des	1,06	4,61	46,1	120,6	0,0	0,0	120,6
May	2	Des	1,07	4,57	45,7	65,9	0,0	0,0	65,9
May	3	Des	1,09	4,57	50,3	60,4	0,0	0,0	60,4
					TOTAL	2555,8	0,0	0,0	2555,8

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.3.1.1.2. Época seca

Esta época comprende los meses de Junio a Noviembre. En el año 2015 la zona tuvo una precipitación mensual de 148,7 mm.

La Tabla 4.6 muestra que el requerimiento de agua para riego en esta época es de 448,4 mm (resultado del programa CROPWAT). En este período, debido a los bajos niveles de precipitación, la finca realiza el riego por aspersión obtenido del río El Diablo.

Tabla 4.6 Evapotranspiración Verde y Azul del cultivo de banano de la finca "Santa Narcisca" en la época seca

Mes	Decada	Etapas	Kc coef	Etc mm/día	Etc mm/dec	Prec. Efec mm/dec	Req. Riego mm/dec	ET Azul mm/per	ET Verde mm/per
Jun	1	Des	1,10	4,58	45,8	58,7	0,0	0,0	58,7
Jun	2	Des	1,12	4,57	45,7	46,9	0,0	0,0	46,9
Jun	3	Des	1,13	4,61	46,1	43,1	3,0	3,0	43,1
Jul	1	Des	1,15	4,65	46,5	42,0	4,5	4,5	42,0
Jul	2	Des	1,16	4,68	46,8	38,2	8,6	8,6	38,2
Jul	3	Des	1,18	4,97	54,7	26,3	28,4	28,4	26,3
Ago	1	Med	1,19	5,26	52,6	5,7	46,9	46,9	5,7
Ago	2	Med	1,20	5,51	55,1	0,0	55,1	55,1	0,0
Ago	3	Med	1,20	5,57	61,2	1,5	59,7	59,7	1,5
Sep	1	Med	1,20	5,62	56,2	1,3	54,9	54,9	1,3
Sep	2	Med	1,20	5,67	56,7	0,7	56,0	56,0	0,7
Sep	3	Med	1,20	5,59	55,9	27,0	29,0	29,0	27,0
Oct	1	Med	1,20	5,51	55,1	68,8	0,0	0,0	68,8
Oct	2	Med	1,20	5,44	54,4	98,4	0,0	0,0	98,4
Oct	3	Med	1,20	5,30	58,3	71,1	0,0	0,0	71,1
Nov	1	Med	1,20	5,17	51,7	17,3	34,4	34,4	17,3
Nov	2	Med	1,20	5,04	50,4	0,0	50,4	50,4	0,0
Nov	3	Med	1,20	4,98	49,8	32,3	17,5	17,5	32,3
					TOTAL	579,3	448,4	448,4	579,3

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.3.1.2. Componentes Azul y Verde de la Huella Hídrica

En la Tabla 4.7, el Uso de Agua del Cultivo (UAC) representa el agua “verde” o “azul” evapotranspirada por el cultivo bajo condiciones de crecimiento óptimas. Este parámetro se calcula mediante las ecuaciones (4.7) y (4.8).

$$\text{UAC verde} = 10^* \sum_{d=1}^{\text{Igp}} \text{ET verde} \quad [\text{Volumen/área}] \quad (4.7)$$

$$\text{UAC azul} = 10^* \sum_{d=1}^{\text{Igp}} \text{ET azul} \quad [\text{Volumen/área}] \quad (4.8)$$

Tabla 4.7 Cálculo de los componentes azul y verde de la Huella Hídrica para el cultivo de banano en la finca "Santa Narcisa"

ET (mm/periodo)		UAC (m ³ /ha)		Y (ton/ha)	Huella Hídrica (m ³ /ton)	
Azul	Verde	Azul	Verde		Azul	Verde
448,4	3135,2	4484	31352	30,5	147,02	1027,93

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Para calcular el Uso de Agua del Cultivo (UAC) de la Tabla 4.7 es necesario estimar los componentes totales de la ET verde y azul indicados en la Tabla 4.4. A cada componente se le multiplicó por el factor 10 para convertir las unidades de mm a metros cúbicos y obtener el valor del UAC verde y azul en m³/ha.

En la Tabla 4.7 para determinar el valor de la HH verde y azul, se utilizaron las ecuaciones (4.9) y (4.10).

$$\text{HH verde} = \frac{\text{UAC verde}}{Y} \quad [\text{m}^3/\text{ton}] \quad (4.9)$$

$$\text{HH azul} = \frac{\text{UAC azul}}{Y} \quad [\text{m}^3/\text{ton}] \quad (4.10)$$

donde:

UAC: Uso de Agua del Cultivo (m³/ha). Cuando el agua proviene de la precipitación se considera verde y cuando el agua proviene del riego se la considera azul.

Y: Rendimiento del cultivo (ton/ha). Dato proporcionado por la finca Santa Narcisca.

$$Y = \frac{62571 \text{ cajas banano}}{\text{año} \cdot 40 \text{ has}} * \frac{43 \text{ libras}}{\text{caja banano}} * \frac{0,000453592 \text{ toneladas}}{\text{libra}}$$

$$Y = 30,5 \frac{\text{toneladas}}{\text{hectárea}}$$

4.4. DATOS DE CAMPO

4.4.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para determinar la Huella Hídrica gris, se recopiló información proporcionada por el propietario de la finca como el volumen de agua para riego y los agroquímicos que usan.

La finca utiliza el riego por aspersión, cuentan con 44 aspersores por hectárea, cada aspersor riega 3,5 galones por minuto (13,25 litros por minuto), se aplica el riego 8 horas diarias en 6 días a la semana y solamente en época seca, es decir seis meses al año.

$$\text{Volumen de Riego} = \frac{3,5 \text{ gal}}{\text{min} \cdot \text{aspersor}} * \frac{44 \text{ aspersores}}{\text{hectárea}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{8 \text{ horas}}{6 \text{ días}} * \frac{168 \text{ días}}{1 \text{ año}} * \frac{0,003785 \text{ m}^3}{\text{gal}}$$

$$\text{Volumen de Riego} = 7834,042 \frac{\text{m}^3}{\text{ha} \cdot \text{año}}$$

Los agroquímicos que se utilizan en la finca se resumen desde la Tabla 4.8 hasta la 4.16.

Tabla 4.8 Lista de los fertilizantes edáficos aplicados al suelo en invierno

FERTILIZANTES EDÁFICOS			
QUÍMICO	COMPOSICIÓN	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Úrea	46% N - 0% P - 0% K	150	kg/ha
Muriato de Potasio	0% N - 0% P - 60% K	225	kg/ha
Superfosfato	0% N - 46% P - 0% K	112,5	kg/ha
Fertibanano	21% N - 0% P - 28% K	250	kg/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.9 Lista de los químicos utilizados en el fertiriego en verano

FERTIRIEGO			
QUÍMICO	COMPOSICIÓN	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Melaza	0.74% Ca - 0.08% P - 3.67 % K - 0.35% Mg	20	lts/ha
Biofert Inicio	10% N - 50% P - 8% K	12	kg/ha
Biofert Floración	10% N - 30% P - 20% K	12	kg/ha
Seaweed Extract	0.10% N - 0% P - 0.44% K	12,84	kg/ha
Nitrofoska Foliar	8% N - 12%P - 24% K - 4% Mg	12	kg/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.10 Lista de los químicos utilizados para el control de sigatoka negra

FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Reflect (Benz-pyrazole)	1200	cm ³ /ha
Sico 250 EC (Difenoconazole)	1600	cm ³ /ha
Tilt 250 EC (Propiconazol)	800	cm ³ /ha
Siganex 60 SC (Pyrimethanil)	2000	cm ³ /ha
Seeker 750 EC (Fenpropidin)	1200	cm ³ /ha
Daconil 720 (Clorotalonil)	15	lts/ha
Phyton-27 (Sulfato de cobre pentahidratado)	1800	cm ³ /ha
Dithane 600 (Mancozeb)	12	lts/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.11 Emulsificante para fungicidas

EMULSIFICANTE PARA FUNGICIDAS		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Tritón X-45 (Octil fenoxi polietoxietanol)	850	cm ³ /ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.12 Solvente para fungicidas

SOLVENTE PARA FUNGICIDAS		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Aceite Agrícola	42,5	gal/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.13 Químico para el control de nematodos

NEMATICIDA		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Rugby 10G (Cadusafos)	48	kg/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.14 Lista de herbicidas

HERBICIDAS		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Ranger 480 (Glifosato 480)	6	lts/ha
Cerillo (Paracuat)	6	lts/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.15 Lista de químicos usados para el lavado de latex en las piscinas

LAVADO DEL LATEX EN PISCINAS		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
Sulfato de Aluminio (Al ₂ O ₃ y Fe ₂ O ₃)	91,25	lb/piscina
Banodine (Alkylbenceno sulfonato)	182,5	lts/piscina

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.16 Lista de los fungicidas usados para postcosecha

FUNGICIDAS POSTCOSECHA		
QUÍMICO	APLICACIÓN ANUAL	UNIDADES
MERTEC 20 S (Tiabendazol)	480	cm ³ /ha
FUNGAFLOR 75 PS (Imazalil)	76,8	gr/ha

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.4.2. COMPONENTE GRIS DE LA HUELLA HÍDRICA

Para poder determinar la Huella Hídrica gris (ver ecuación (4.11)), según el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica, hay que considerar únicamente la aplicación de agroquímicos como nitrógeno, debido a la cantidad y frecuencia de aplicación al cultivo. Se debe representar solamente el contaminante más crítico. Además el manual indica que la cantidad de nitrógeno que llega a un cuerpo de agua es del 10% de los agroquímicos aplicados y que lo restante permanece en el suelo y en el cultivo. Por último, cuando las concentraciones naturales de nitrógeno en el cuerpo de agua se estiman que pueden ser bajas, se puede suponer que éstas tienen un valor de cero (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

$$HH_{gris} = \frac{\alpha * AR / (C_{m\acute{a}x} - C_{nat})}{Y} \quad (4.11)$$

donde:

α : Fracción de Nitrógeno que escurre o lixivia a partir de la aplicación de fertilizantes, asumida como el 10% (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

AR: Cantidad aplicada de productos químicos (nitrógeno) para el campo por hectárea, en kg/ha (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010).

$C_{\text{máx}}$: Concentración máxima aceptable (nitrógeno como nitratos) según el Acuerdo Ministerial 097-A Anexos TULSMA, en mg/L.

C_{nat} : Concentración natural (nitrógeno como nitratos) del cuerpo de agua asumida como 0 mg/L.

Y: Rendimiento del cultivo, en ton/ha.

$$\text{HHgris} = \frac{0,10 \cdot 124,87 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} / \left(13 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{30,5 \frac{\text{ton}}{\text{ha}}}$$

$$\text{HHgris} = \frac{0,10 \cdot 124,87 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \cdot \frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} / \left(13 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}\right)}{30,5 \frac{\text{ton}}{\text{ha}}}$$

$$\text{HHgris} = 31,49 \frac{\text{m}^3}{\text{ton}}$$

4.4.3. HUELLA HÍDRICA TOTAL

La Huella Hídrica total es la suma de sus componentes azul, verde y gris, el resultado fue 1206,44 m³/ton, mostrado en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17 Resultado de la Huella Hídrica Total

Huella Hídrica Azul (m ³ /ton)	Huella Hídrica Verde (m ³ /ton)	Huella Hídrica Gris (m ³ /ton)	Huella Hídrica Total (m ³ /ton)
147,02	1027,93	31,49	1206,44

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.4.4. AGUA VIRTUAL

Para calcular el AV, es necesario el dato de las exportaciones anuales que realiza la finca, que se registra a continuación. Ver ecuación (4.12).

$$\text{Exportación} = \frac{1200 \text{ cajas}}{\text{semana}} * \frac{43 \text{ libras}}{\text{caja}} * \frac{0,000453592 \text{ ton}}{\text{libra}} * \frac{48 \text{ semanas}}{1 \text{ año}}$$

$$\text{Exportación} = 1123,46 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$AV_{\text{exp}} = HH \text{ (m}^3\text{/ton)} \times E \quad (4.12)$$

$$AV_{\text{exp}} = 1206,44 \frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \times 1123,46 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$AV_{\text{exp}} = 1355387,08 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$AV_{\text{exp}} = 1,36 \frac{\text{Mm}^3}{\text{año}}$$

4.5. CALIDAD DE AGUA

Para determinar el nivel de contaminación hídrica en la zona de estudio provocada por varios factores, principalmente el uso de agroquímicos, se realizó el análisis de la calidad del agua en las épocas seca y lluviosa.

El muestreo se realizó en los ríos El Diablo y Conejo, que atraviesan el área de la finca. El río El Diablo es utilizado para extraer el agua para riego, mientras que el río Conejo sirve para la conservación de la vida acuática, siendo de gran importancia el análisis de calidad de agua.

Para evaluar la calidad del recurso hídrico se puede comparar los resultados obtenidos con los estándares establecidos en la normativa ambiental nacional, en caso de no disponer de valores para algunos parámetros, se puede utilizar normas ambientales internacionales. Por esta razón se han tomado en cuenta las normas ambientales de Ecuador, de Perú y de la FAO, para poder realizar un mejor análisis ambiental.

En el presente proyecto de investigación, se utilizó la normativa de calidad ambiental de Perú, debido a que presenta condiciones climáticas similares a las de Ecuador por su ubicación geográfica, además, al ser un país vecino posee condiciones económicas muy parecidas a las del país en lo relacionado a las actividades productivas.

También se manejó la normativa expedida por la FAO, por ser una Organización de las Naciones Unidas que se enfoca en la alimentación y agricultura. Sus límites máximos permisibles de calidad ambiental son más rigurosos, por la razón de que su principal objetivo es alcanzar la seguridad alimentaria y asegurar el alcance de alimentos de calidad (FAO , s.f.).

4.5.1. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Se establecieron 4 puntos de muestreo para los cuerpos hídricos y un punto de muestreo para analizar el agua de descarga de las piscinas de lavado, cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Coordenadas Geográficas de los puntos de muestreo				
		X (m)	Y (m)	Altura (m.s.n.m.)
RÍO EL DIABLO	Punto Inicial	674177	9992195	222
	Punto Final	674052	9992297	214
RÍO CONEJO	Punto Inicial	674103	9991368	236
	Punto Final	673848	9991443	229
PISCINA DE LAVADO	Punto de Descarga	673919	9991307	226

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.5.1.1. Época lluviosa

La salida de campo a la zona de estudio en época lluviosa se realizó el día lunes 6 de febrero de 2017 junto con todos los equipos necesarios para el muestreo de los diferentes parámetros.

4.5.1.1.1. Calidad del agua para riego (río El Diablo)

Para determinar la calidad del agua de riego del río El Diablo se determinó su caudal y se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.19 y en la Tabla 4.20:

Tabla 4.19 Valor de Caudal del río El Diablo

Río El Diablo	Valor (m ³ /s)
Caudal	0,312

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.20 Resultados de los puntos de medición del río El Diablo

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	LMP ECUADOR	LMP PERÚ	LMP FAO
Cloruros	mg/L	0,34	0,18	-	500	250
Color	uc. Pt-Co	90	108	-	100	50
Coliformes Totales	NMP/100 ml	$1,1 \times 10^3$	1×10^3	-	1000	1000
Conductividad	$\mu\text{s/cm}$	75,8	76,4	-	2500	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2	<2	-	15	5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	18	22	-	40	-
Fosfatos	mg/L	15,35	9,9	-	-	1
Nitratos (NO ₃)	mg/L (N-NO ₃ -1)	18,4	14,8	-	10	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,9	8,08	3	4	-
% de saturación	%	93,4	92,1	-		>70
pH		7,36	7,4	6 – 9	6,5-8,5	6,5-9
Sólidos Disueltos	mg/L	56	49	-	-	1000
Materia flotante	visible	ausente	Ausente	ausente	-	ausente
Temperatura	°C	25,8	26,1	-	$\Delta 3$	± 3
Turbidez	NTU	4,43	4,3	-	-	-

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.5.1.1.2. Calidad del agua para conservación de la vida acuática (río Conejo)

Para determinar la calidad del agua para la protección de la vida acuática del río Conejo se determinó su caudal y se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos cuyos resultados se muestran a continuación en la Tabla 4.21 y Tabla 4.22:

Tabla 4.21 Valor de Caudal del río Conejo

Río Conejo	Valor (m ³ /s)
Caudal	0,388

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.22 Resultados de los puntos de medición del río Conejo

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	LMP ECUADOR	LMP PERÚ	LMP FAO
Cloruros	mg/L	0,16	0,38	-	-	250
Color	uc. Pt-Co	29	31	-	20	50
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,4 x 10 ⁴	2,1 x 10 ⁴	-	-	1000
Conductividad	µs/cm	54,1	54,6	-	1000	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<2	<2	20	10	5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	23	15	40	-	-
Fosfatos	mg/L	0,7	0,75	-	-	1
Nitratos (NO ₃)	mg/L (N-NO ₃ -1)	19,2	17,6	13	13	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,23	8,12	-	≥5	-
% de saturación	%	93,1	92,8	>80	-	>70
pH		7,2	6,9	6,5 – 9	6,5- 9	6,5-9
Sólidos Disueltos	mg/L	68	40	-	500	1000
Sólidos Suspendidos	mg/L	48	32	-	100	-
Materia flotante de origen antrópico	visible	ausente	Ausente	ausente	-	ausente
Temperatura	°C	25,2	25,7	-	Δ3	±3
Turbidez	NTU	3,9	4,3	-	-	-

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.5.1.2. Época seca

La salida de campo a la finca Santa Narcisa en época seca se realizó el día miércoles 5 de octubre de 2016.

4.5.1.2.1. Calidad del agua para riego (río El Diablo)

Para determinar la calidad del agua de riego del río El Diablo se determinó su caudal y se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos cuyos resultados se muestran en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** y Tabla 4.24:

Tabla 4.23 Valor de Caudal del río El Diablo

Río El Diablo	Valor (m ³ /s)
Caudal	0,036

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.24 Resultados de los puntos de medición del río El Diablo

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	LMP ECUADOR	LMP PERÚ	LMP FAO
Cloruros	mg/L	0,11	0,06	-	500	250
Color	uc. Pt-Co	35	38	-	100	50
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,2 x 10 ³	1,1 x 10 ³	-	1000	1000
Conductividad	µs/cm	193,6	180,1	-	2500	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<2	3	-	15	5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	15	-	40	-
Fosfatos	mg/L	22,4	12,5	-	-	1
Nitratos (NO ₃)	mg/L (N-NO ₃ -1)	23,1	17,9	-	10	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,22	6,47	3	4	-
% de saturación	%	87,5	78,7	-		>70
pH		7,38	7,32	6 – 9	6,5-8,5	6,5-9
Sólidos Disueltos	mg/L	322	310	-	-	1000
Materia flotante	visible	visible	Visible	ausente	-	ausente
Temperatura	°C	23,9	24,2	-	Δ3	±3
Turbidez	NTU	2,43	3,59	-	-	-

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.5.1.2.2. Calidad del agua para conservación de la vida acuática (río Conejo)

Para determinar la calidad del agua para la protección de la vida acuática del río Conejo se determinó su caudal y se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos cuyos resultados se muestran a continuación en las Tabla 4.25 y Tabla 4.26:

Tabla 4.25 Valor de Caudal del río Conejo

Río Conejo	Valor (m ³ /s)
Caudal	0,070

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Tabla 4.26 Resultados de los puntos de medición del río Conejo

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	LMP ECUADOR	LMP PERÚ	LMP FAO
Cloruros	mg/L	0,03	0,04	-	-	250
Color	uc. Pt-Co	26	26	-	20	50
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,1 x 10 ⁴	2 x 10 ⁴	-	-	1000
Conductividad	µs/cm	139	153	-	1000	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<2	<2	20	10	5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	5	3	40	-	-
Fosfatos	mg/L	4,25	0,6	-	-	1
Nitratos (NO ₃)	mg/L (N-NO ₃ -1)	28,4	23,1	13	13	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,49	7,5	-	≥5	-
% de saturación	%	90,7	90,9	>80	-	>70
pH		7,04	6,14	6,5 – 9	6,5- 9	6,5-9
Sólidos Disueltos	mg/L	189	161	-	500	1000
Sólidos Suspendidos	mg/L	82	82	-	100	-
Materia flotante de origen antrópico	visible	ausente	Ausente	Ausente	-	ausente
Temperatura	°C	23,8	23,8	-	Δ3	±3
Turbidez	NTU	2,79	2,51	-	-	-

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

4.5.1.3. Descarga de las piscinas de lavado

El proceso de lavado de banano en la finca de estudio, se realiza en dos piscinas de dimensiones 4 x 4 x 0,80 m y de 4 x 8 x 0,80 m, donde se colocan los químicos sulfato de aluminio y banodín.

Para determinar el estado y las características del agua de descarga de las piscinas de lavado se realizó el análisis de sulfatos y aluminio, debido a que estos elementos son los de mayor composición de los químicos utilizados en el lavado y a su vez son los más tóxicos, los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 4.27.

Tabla 4.27 Resultados de los análisis del agua de descarga de las piscinas de lavado

PARÁMETRO	RESULTADO	LMP ECUADOR	UNIDAD
Aluminio	6,81	5	mg/L Al ³⁻
Sulfatos	66	1000	mg/L SO ₄ ²⁻

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.1. ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA

Tabla 5.1 Resultados de la Huella Hídrica

HUELLA HÍDRICA	VALOR (m ³ /ton)	PORCENTAJE (%)
Componente Azul	147,02	12,19
Componente Verde	1027,93	85,20
Componente Gris	31,49	2,61
TOTAL	1206,44	100

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

La metodología propuesta por Hoekstra generó como resultado un valor de 1206,44 m³/ton que representa la HH total.

El componente azul de la Huella Hídrica, dio como resultado 147,02 m³/ton (ver Tabla 5.1), es decir el 12,19% de la Huella Hídrica total. Para analizar este resultado, se debe recordar que la Huella Hídrica azul, es la cantidad de agua para riego que se consume en un determinado tiempo y que no regresa a la misma cuenca hidrográfica (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010). La HH azul, no se refiere al volumen total de riego que realiza la finca para el cultivo, más bien, contabiliza únicamente el agua proveniente del riego que es evapotranspirada y que se integra al cultivo. Es por esto que, del riego total proveniente del río El Diablo (7834,042 m³/ha*año), se consume 4484 m³/ha (ver Tabla 4.7) lo que muestra que el cultivo, para tener un buen desarrollo, necesita el 57,23% del volumen total.

Como se ha indicado en los capítulos anteriores, el componente verde de la Huella Hídrica hace referencia al agua de lluvia que se ha perdido por la evapotranspiración del cultivo y por la incorporación al mismo (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010). La Huella Hídrica verde, es la más representativa con un valor de 1027,93 m³/ha (ver tabla 5.1), constituyendo el 85,20% de la Huella Hídrica total. Este valor fue considerable debido a las condiciones climáticas de la zona donde se encuentra ubicada la finca que presentan un alto nivel de precipitación con un promedio mensual de 562,52 mm para la época lluviosa y de 148,7 mm para la época seca, por esta razón el valor del componente verde de la Huella Hídrica es alto comparado con estudios de otros sectores del Ecuador.

Luego de haber analizado la situación de la finca y realizado los cálculos correspondientes, la Huella Hídrica gris dio como resultado 31,49 m³/ton (ver tabla 5.1), es decir 2,61% de la totalidad de la Huella Hídrica. Este componente representa la cantidad de agua requerida para asimilar los contaminantes hasta que la calidad del agua se mantenga según las normas de calidad correspondientes. Es erróneo suponer que indica el volumen de agua contaminada (Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M, 2010). El libro Vademécum Agrícola recomienda una aplicación de nitrógeno para cultivos de banano en el Ecuador aproximada de 300 kg/ha (Falconi, C & Galvis, F, 2008), mientras que en la finca de estudio sólo se aplica 124,87 kg/ha, esto situación se debe a una deficiente administración de la finca por problemas económicos. El uso de los agroquímicos y fertilizantes no es el adecuado, porque la cantidad utilizada de éstos es mínima, siendo una de las razones para que el componente gris de la Huella Hídrica sea bajo.

En el 2012, se realizó un estudio de la Huella Hídrica en la producción de 12 cultivos agrícolas ecuatorianos desde el 2007 hasta el 2010, incluyendo el banano (Pérez, 2012). Para su comparación, se tomó los datos de HH para el banano realizados en la provincia de Esmeraldas, debido a que en ese entonces, La Concordia pertenecía a tal provincia, presentando condiciones climáticas similares a las de la

finca de estudio. Los resultados de dicha publicación para el cultivo de banano se muestran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Huella Hídrica para el cultivo de banano en los años 2007, 2008, 2009 y 2010 en la provincia de Esmeraldas

HH (m ³ /ton)			
AÑO 2007			
Azul	Verde	Gris	Total
162	2204	-	2366
AÑO 2008			
Azul	Verde	Gris	Total
97	2077	-	2174
AÑO 2009			
Azul	Verde	Gris	Total
115	1566	-	1681
AÑO 2010			
Azul	Verde	Gris	Total
102	2175	-	2277

FUENTE: Pérez, 2012

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

El estudio realizado da a conocer que los datos obtenidos de la Huella Hídrica son similares a los determinados en la finca "Santa Narcisca". En el estudio la Huella Hídrica azul se encuentra entre 97 y 162 m³/ton y la verde entre 1566 y 2204 m³/ton, lo que demuestra que el componente verde dio como resultado valores superiores a los obtenidos para el componente azul en la provincia de Esmeraldas. En el estudio, la HH gris no fue determinada (Pérez, 2012).

Por otro lado, en el 2013 se realizó otra investigación de Huella Hídrica del banano para pequeños productores en Perú y en Ecuador (Zarate, E & Kuiper, D, 2013). Se presenta en la Tabla 5.3 los resultados que se obtuvieron.

Tabla 5.3 Huella Hídrica para el cultivo de banano en Ecuador

HUELLA HÍDRICA	VALOR (m³/ton)
Componente Azul	169
Componente Verde	233
Componente Gris	56
TOTAL	458

FUENTE: Zarate, E & Kuiper, D, 2013

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

A pesar de ser un estudio nacional, los resultados son similares a los que se obtuvieron en el presente proyecto de investigación.

Se observa que la Huella Hídrica azul tiene un valor parecido al que se obtuvo para la finca Santa Narcisa, esto indica que el patrón de irrigación para banano en todo el Ecuador y las condiciones del cultivo son similares.

La Huella Hídrica verde del estudio es totalmente distinta a la obtenida en la finca, se debe tomar en cuenta que éste, al ser un estudio nacional, cambia completamente las condiciones climáticas como el nivel de precipitación.

En cuanto a la Huella Hídrica gris, el estudio tuvo como resultado 56 m³/ha, mientras que para la finca fue de 31,49 m³/ha. Como se mencionó anteriormente, la mala situación económica de los propietarios de la finca generó un déficit en la aplicación de agroquímicos necesarios en el cultivo, lo que influyó en el valor del componente gris.

5.1.2. ANÁLISIS DE AGUA VIRTUAL

Tabla 5.4 Resultado de Agua Virtual en Mm³

Agua Virtual	Total (Mm³/año)
	1,36

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

La determinación del AV dio como resultado 1,36 millones de metros cúbicos, esto quiere decir que para el 2015 el total de agua que se incorporó al banano de exportación desde Ecuador por parte de la finca “Santa Narcisa” fue 1,36 Mm³ (ver Tabla 5.4). Este valor indica que todo el consumo de agua de las distintas fuentes, ya sea azul, verde o gris, para la producción de banano, es exportada a otros países.

5.1.3. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

5.1.3.1. Calidad de Agua

Para evaluar la calidad de agua, se analizaron una serie de parámetros físico-químicos y biológicos de los dos ríos (El Diablo y Conejo) que cruzan la finca de estudio. El muestreo se lo realizó en el punto inicial que colinda la finca con los ríos (aguas arriba) y en el punto final (aguas abajo).

Esta estimación de la calidad de agua se la realizó en las dos épocas del año y los resultados obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental nacional, además para tener una mayor caracterización se utilizó la normativa internacional de la FAO (Food and Agriculture Organization of United States) y de Perú, por la razón de que algunos parámetros carecían de valores máximos permisibles en la normativa nacional.

En la comparación de las tres normativas se puede observar que los valores de los límites permisibles correspondientes al agua empleada para la irrigación de cultivos tanto de la norma ecuatoriana, peruana y de la FAO, coinciden entre sí. Además se distingue que en la mayoría de casos la normativa de la FAO es más estricta en cuanto a los valores asignados por parámetro.

5.1.3.1.1. Época Lluviosa

- **Río El Diablo**

El río El Diablo, en esta época del año tuvo un caudal de 0,312 m³/s.

Para el caso de la norma de Ecuador, todos los resultados obtenidos de los diferentes parámetros analizados cumplen con la norma.

Los límites establecidos en la normativa ambiental de Perú, cuyas condiciones son similares a las del área de estudio, han sido comparados con los valores obtenidos de los parámetros analizados, observando que color en el punto final de muestreo, coliformes totales en el punto inicial y nitratos en los dos puntos sobrepasan el límite máximo establecido.

En cuanto a la normativa ambiental suministrada por la FAO, los parámetros que no cumplen lo establecido en la norma son: color en los dos puntos de muestreo, fosfatos en los dos puntos y coliformes totales en el punto inicial.

En general los parámetros color, fosfatos, nitratos y coliformes totales no cumplen con los valores establecidos en las normas empleadas para evaluar la calidad del agua del río El Diablo. Esto podría deberse a la cantidad de materia disuelta y suspendida y a la utilización de agroquímicos que en su composición contienen nitrógeno y fósforo incluyendo que propiedades alrededor de la finca poseen ganado contribuyendo en la concentración de coliformes totales.

Generalmente en invierno se aplican los fertilizantes edáficos (en su composición prevalece el nitrógeno y el fósforo), por esta razón los parámetros sobrepasan el límite permisible establecido en la normativa. Sin embargo el río posee una capacidad de autodepuración por el aumento de su caudal.

- **Río Conejo**

El caudal del río Conejo fue de 0,388 m³/s, permitiendo una mayor autodepuración en comparación a El Diablo.

En cuanto a la norma ecuatoriana, se puede apreciar en la Tabla 4.22 que el parámetro nitratos no cumple con lo establecido.

Para la normativa ambiental peruana se observa que los parámetros color y nitratos no cumple con el límite en ninguno de los dos puntos de muestreo.

Y por último según la normativa expedida por la FAO, se evidencia que coliformes totales no cumple con el límite establecido.

De forma general, los parámetros color, coliformes totales y nitratos no cumplen con las normativas de calidad, debiéndose al uso de agroquímicos, sedimentos, sustancias disueltas y suspendidas provenientes de las distintas actividades desarrolladas en la zona como la ganadería.

La mejora de la calidad del agua en esta época del año, se debe gracias al aumento del caudal del río, porque un río con mayor caudal presenta mayor capacidad de dilución de contaminantes, además que por su agitación tendrá un intercambio gaseoso con la atmosfera llevándolo a ser un sistema más oxigenado (Villar, 2010).

5.1.3.1.2. Época Seca

- **Río El Diablo**

El caudal del río El Diablo para esta época fue de 0,036 m³/s.

Para el caso de la norma de Ecuador, los resultados obtenidos de materia flotante no cumple con el criterio establecido.

Al comparar los valores obtenidos con los límites establecidos en la normativa ambiental de Perú, se puede observar que los parámetros nitratos y coliformes totales sobrepasan el límite tanto en el punto de muestreo inicial como en el final.

En cuanto a la normativa ambiental suministrada por la FAO, los parámetros que no cumplen lo establecido en la norma son: fosfatos, coliformes totales y el material flotante en ambos puntos de muestreo.

En general los nitratos, fosfatos, coliformes totales y materia flotante no cumplen con los valores establecidos en las normas empleadas para evaluar la calidad del agua. Esto podría deberse a la masiva utilización de agroquímicos, sedimentos que se encuentran en el suelo que influyen en el contenido de sólidos y propiedades alrededor de la finca que tienen ganado.

Además, se puede notar que en el punto final los resultados obtenidos de la mayoría de parámetros medidos tienen menor valor en relación al punto inicial de muestreo, esto podría atribuirse a la capacidad de autodepuración del río.

- **Río Conejo**

Para el caso del río Conejo, el caudal fue de 0,070 m³/s, permitiendo que su autodepuración sea mayor en comparación al río El Diablo, porque este río también se ve influenciado por las actividades agrícolas aguas arriba.

Por otra parte, según el Acuerdo Ministerial 097-A del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, los nitratos sobrepasan considerablemente lo establecido por la normativa y el pH (segundo punto de muestreo) está fuera de rango.

Comparando los resultados obtenidos con los valores de la normativa ambiental de Perú, los parámetros: color, nitratos y pH (segundo punto de muestreo) no cumplen con los límites.

Y al comparar con la normativa expedida de la FAO, se evidencia que en el punto inicial de muestreo el valor de los fosfatos y coliformes totales en ambos puntos sobrepasa el límite máximo permisible; y, el pH se encuentra bajo el rango, contrario a lo que indica la normativa.

De manera general los resultados obtenidos podrían deberse al gran uso de agroquímicos, a la ganadería que se encuentra alrededor de la zona de estudio y a los sedimentos orgánicos e inorgánicos del suelo que pueden llegar a los ríos.

5.1.3.2. Análisis del agua de descarga de lavado

El agua residual de las piscinas de lavado se descarga directamente al suelo, sin previo tratamiento, produciendo una contaminación directa. Ver Tabla 4.27.

El agua de descarga va directamente al suelo formando una poza debido a la pendiente del terreno y cuando hay intensas lluvias la descarga es arrastrada por la corriente llegando a un río que se encuentra en otra finca.

Los resultados se compararon con la Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del Acuerdo Ministerial 097-A. observando que el Aluminio sobrepasa el límite máximo permisible establecido en la norma, mientras que el sulfato sí cumple (ver Tabla 4.27).

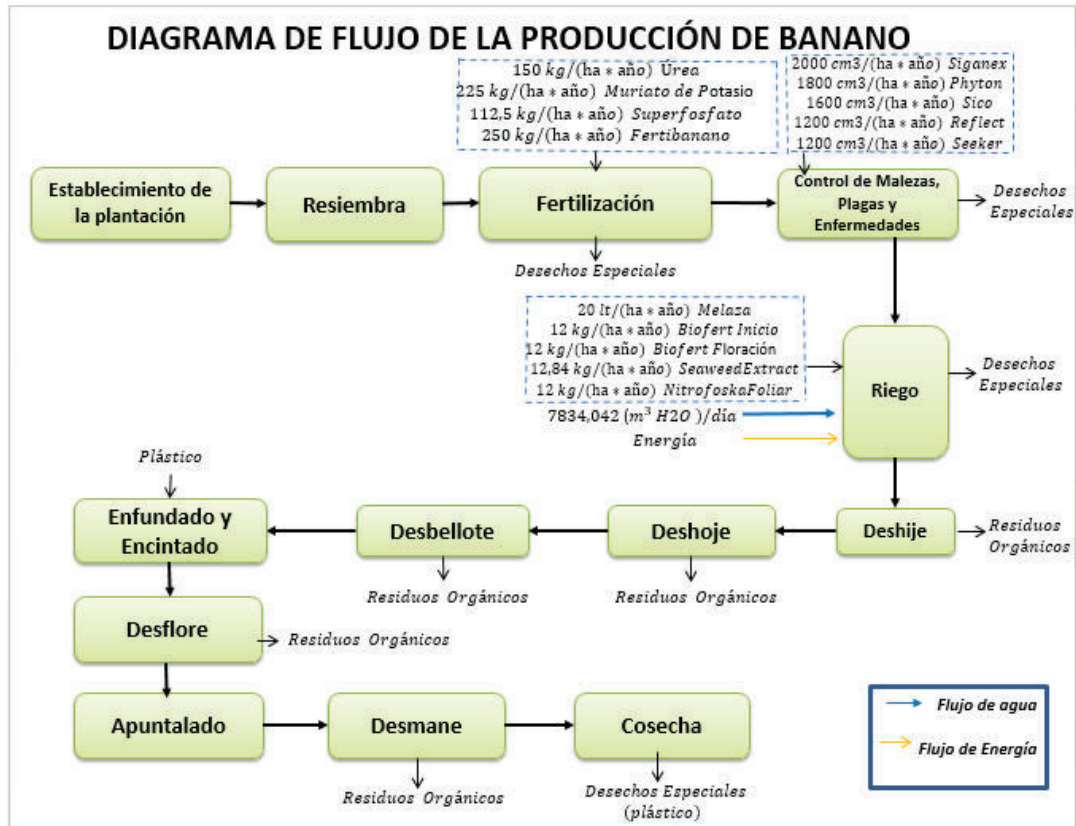
5.2. PUNTOS CRÍTICOS

Dentro de las distintas fases del proceso productivo realizadas en la finca de estudio, se pueden identificar los puntos críticos donde se utiliza una gran cantidad del recurso hídrico y se añaden varios agroquímicos que generan problemas de contaminación. Esta identificación de las etapas críticas del proceso productivo permite tomar acciones para reducir el consumo de agua y disminuir la contaminación producida por los agroquímicos. La fase productiva ha sido dividida en las etapas del cultivo para la producción de banano y en las etapas de la postcosecha para la exportación de banano.

En el GRÁFICO 5.1 se muestra un diagrama de flujo de las etapas del cultivo para la producción de banano, en el que se identifica que las etapas de Fertilización y Control de malezas, plagas y enfermedades demandan una gran cantidad de agroquímicos, generando desechos especiales, que posteriormente son entregados a un gestor calificado. Adicionalmente, se evidencia el gran consumo del recurso hídrico en la etapa de Riego, utilizando 7834,042 m³/día en la época seca, donde se pueden realizar varias acciones para disminuir el consumo hídrico, planteadas más adelante.

GRÁFICO 5.1

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ETAPAS DEL CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE BANANO



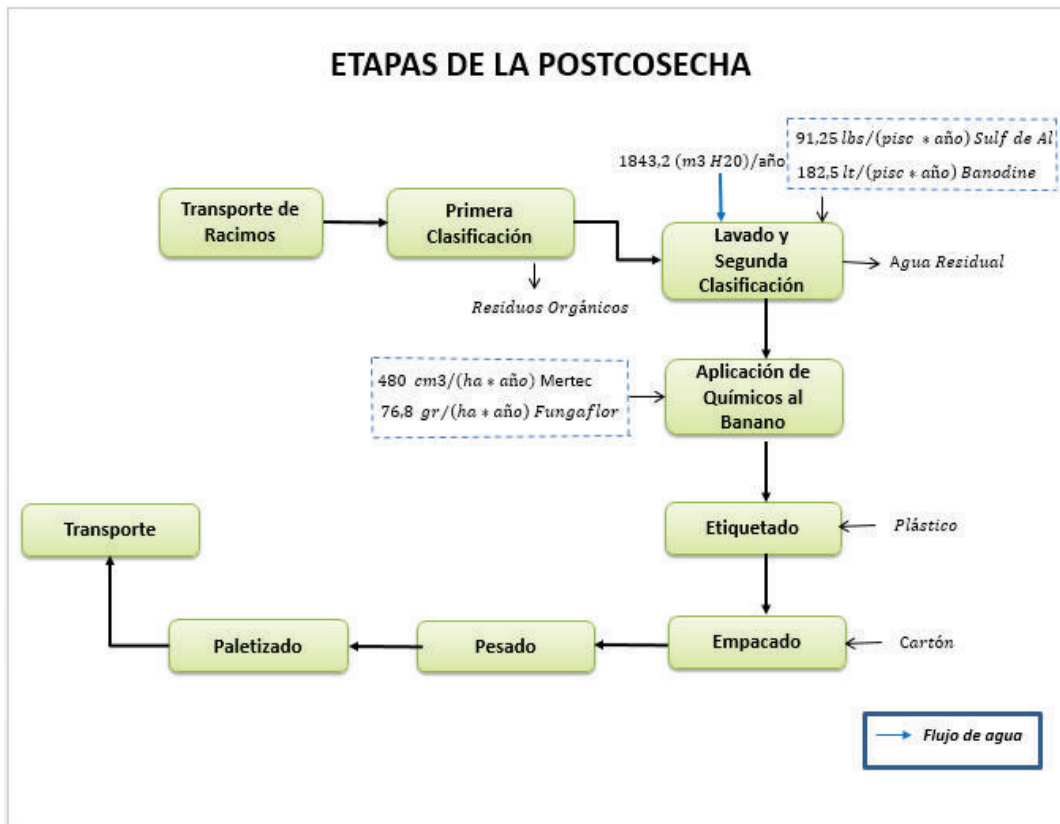
ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Mediante el GRÁFICO 5.2 se indica el diagrama de flujo de las etapas de la postcosecha para la exportación de banano, donde se identifica que en la etapa de lavado se utilizan 38,4 m³/semana, lo que representa 1843,2 m³/año de agua conjuntamente con agroquímicos generando agua residual, que es descargada directamente al suelo.

Se consideró que la etapa más crítica en la postcosecha es el lavado y segunda clasificación debido a que descargan el agua de las piscinas sin previo tratamiento, es por esta razón que se realizó un análisis de aluminio y sulfatos de acuerdo con los químicos usados para tomar acciones que disminuyan la contaminación.

GRÁFICO 5.2

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ETAPAS DE POSTCOSECHA PARA LA EXPORTACIÓN DE BANANO



ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

5.3. ESTRATEGIAS PROPUESTAS

De los sectores de la producción, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua, por ello en la industria bananera es necesario desarrollar una adecuada gestión del recurso hídrico.

Con el fin de optimizar y reducir el consumo de agua en las instalaciones de la finca, se plantean estrategias alrededor del análisis de los resultados de la Huella Hídrica y sobre la base de las observaciones realizadas.

Se debe considerar que con la implementación de las estrategias además de optimizar el uso del recurso agua, se mejora las condiciones del cultivo debido a

que el riego en exceso perjudica la producción. Esto se debe a que la concentración de agua en las plantas tiene que mantenerse dentro de un rango específico con el objetivo de proporcionar condiciones óptimas para el cultivo (Katsoulas, N & Kittas, C, 2011).

Para desarrollar estrategias de reducción y uso eficiente del recurso hídrico, es indispensable conocer el proceso productivo e identificar las actividades críticas o puntos críticos donde se tiene el mayor consumo de agua para visualizar posibles acciones de reutilización y reducción. En la finca de estudio los puntos críticos constituyen los procesos de riego y lavado del producto, donde se consume un gran volumen de agua.

5.3.1. RIEGO

Para el riego de la plantación de banano se consume un volumen total de agua de 7834,042 m³/año. Para aprovechar al máximo el agua de riego es fundamental evitar su evaporación, para ello es necesario tener en cuenta los horarios más calurosos de la época, porque en estos períodos el agua llega a evaporarse con más rapidez, incluso altas temperaturas permiten la acción de plagas y hongos. Es por esto que las horas más beneficiosas para el riego constituyen las primeras horas de la mañana, el atardecer y en la noche. Es importante que el riego se conserve en niveles bajos lo que evitará el encharque del terreno y ayudará a que las raíces se profundicen buscando humedad y nutrientes, disminuyendo el consumo de agua (Fundación Eroski, s.f.).

Para el riego, la finca cuenta con 1760 aspersores considerando las 40 hectáreas que posee la misma, asegurando que en el momento del riego, el agua llegue a todo el cultivo. Sin embargo, en las visitas realizadas a la finca, se logró observar que 58 aspersores no cumplen sus funciones de proporcionar el riego únicamente al cultivo, por la razón de que algunos de los que se encuentran en los extremos, riegan la mayor parte hacia la carretera, y otro grupo de aspersores lo hacen hacia los cuerpos de agua cercanos, sin cumplir con sus funciones. Es por esto, que es necesario para la finca controlar el movimiento circular de dichos aspersores para

que el riego solamente alcance al cultivo, o si es conveniente cerrar los aspersores que no cumplan ninguna función ahorrando de esta manera agua y además dinero. Asimismo, se debe tener un buen mantenimiento de los aspersores.

Se identificó que en la finca no hay un adecuado control de malezas por parte de los trabajadores; y, las mismas consumen gran cantidad de agua. Se ha establecido que el control de malezas significa una reducción del consumo de agua alrededor del 15 al 20% (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, 2013). Es indispensable que la finca empiece a realizar tal labor con el fin de eliminar la gran cantidad de malezas existente actualmente.

5.3.2. LAVADO

La finca posee dos bombas utilizadas para el riego, y una de ellas sirve además para la captación de agua de las piscinas de lavado del banano, donde se requiere el uso de 38,4 m³ (38400 lts) de agua por semana obtenida del río Conejo. Esta agua es cambiada cada semana, representado el uso de 1843,2 m³ por año. El agua para las piscinas es tomada del río, su extracción y transporte hacia la zona del lavado se realiza mediante una bomba a diésel que consume \$7,83 de combustible al mes.

Para reducir este gasto se sugiere el uso de agua lluvia para estas piscinas. Se recomienda la implementación de un sistema sencillo de captación de lluvia mediante un canal instalado en el techo que conduzca el agua hacia las piscinas. Esta estrategia es factible para la finca de estudio debido a que la misma se encuentra en una zona que presenta frecuentes e intensas precipitaciones, que serviría para mantener a las piscinas llenas. Es importante realizar un buen mantenimiento y limpieza adecuada en las canaletas y tuberías. La inversión aproximada es de \$85 según propietarios de otras fincas que tienen instalado este sistema.

La bomba para llenar las piscinas es utilizada durante todo el año con un costo total de \$648 (la Tabla 5.7 detalla estos valores). Con la implementación de la estrategia

propuesta, la bomba se la utilizaría únicamente en los 6 meses de verano con un costo total de \$550,42 (ver la Tabla 5.6), lo que representaría un ahorro anual de \$97,58.

Al ser la inversión de \$85 y el ahorro anual de \$97,58, implica que en el primer año se recuperaría la inversión y en los próximos años se obtendría un ahorro significativo.

Por otro lado, la bomba utilizada para parte del riego y para captación de agua de las piscinas, fue adquirida en el 2015 con un costo de \$1200, esta inversión fue realizada mediante un préstamo de una entidad bancaria por un tiempo de 5 años.

Se presenta la tabla de amortización de la inversión, que permite visualizar la forma de pago al banco. Los \$464,46 representan costos financieros que se generan por el crédito de la bomba. (Ver Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Tabla de amortización

MONTO	1.200,00			
TIEMPO (años)	5			
INTERES	12%			
TIEMPO	PAGO	INTERES	CAPITAL	CAPITAL SOBRANTE
1	\$ 332,89	\$ 144,00	\$ 188,89	\$ 1.011,11
2	\$ 332,89	\$ 121,33	\$ 211,56	\$ 799,55
3	\$ 332,89	\$ 95,95	\$ 236,95	\$ 562,60
4	\$ 332,89	\$ 67,51	\$ 265,38	\$ 297,22
5	\$ 332,89	\$ 35,67	\$ 297,22	\$ 0,00
	TOTAL	\$464,46		

ELABORADO POR: Cabezas Carolina y González Dayana

Los costos que implica el funcionamiento de la bomba están compuestos por: los costos del interés por el préstamo de la entidad bancaria, costos de depreciación en 5 años y reparaciones. En cuanto a los costos de operación, se incluye el valor de combustible, lubricantes y el pago al operador con un promedio de 2 horas de trabajo al mes.

Tabla 5.6 Costos totales de la bomba (período 6 meses)

COSTOS FIJOS		
COSTO INICIAL	\$1200	
INTERÉS (12%)	\$7,74	MES
COSTO DE DEPRECIACIÓN (5 AÑOS)	\$20	MES
REPARACIONES	\$10	MES
SUMA EQUIPO INACTIVO	\$37,74	MES
MESES ACTIVOS	6	
FACTOR DE UTILIZACIÓN	2	
TOTAL COSTOS FIJOS	\$75,48	MES
COSTOS DE OPERACIÓN		
COMBUSTIBLE	\$7,83	MES
LUBRICANTES	\$1,57	MES
OPERADOR	\$6,86	MES
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	\$16,25	MES
TOTAL COSTOS BOMBA	\$91,74	MES
	\$550,42	Año

Tabla 5.7 Costos totales de la bomba (período 12 meses)

COSTOS FIJOS		
COSTO INICIAL	\$1200	
INTERÉS (12%)	\$7,74	MES
COSTO DE DEPRECIACIÓN (5 AÑOS)	\$20	MES
REPARACIONES	\$10	MES
SUMA EQUIPO INACTIVO	\$37,74	MES
MESES ACTIVOS	12	
FACTOR DE UTILIZACIÓN	1	
TOTAL COSTOS FIJOS	\$37,74	MES
COSTOS DE OPERACIÓN		
COMBUSTIBLE	\$7,83	MES
LUBRICANTES	\$1,57	MES
OPERADOR	\$6,86	MES
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	\$16,25	MES
TOTAL COSTOS BOMBA	\$54	MES
	\$648	Año

5.3.3. AGUA DE DESCARGA DEL LAVADO

El agua de descarga de las piscinas de lavado de banano va directamente al suelo en época seca y en la época lluviosa la descarga es conducida hacia un río, siendo necesario realizar un tratamiento previo a su descarga para evitar la contaminación de estos recursos.

Las aguas residuales provenientes del lavado del banano no tienen ningún tratamiento previo a su descarga, razón para proponer la siguiente estrategia:

El agua residual del lavado de banano sobrepasa los límites máximos permisibles de aluminio según la norma ambiental ecuatoriana para descargas en cuerpos de agua dulce. El Aluminio forma parte del grupo de metales pesados, que se pueden bioacumular mediante las cadenas tróficas en ecosistemas, y por su elevada toxicidad provocan efectos negativos sobre la salud y el ambiente, pueden ocasionar problemas en el sistema nervioso central, periférico, renal, esquelético y tiene efectos carcinogénicos (Aldana, 2014).

A pesar de que existen muchas metodologías de remediación de aguas contaminadas, como la evaporación, intercambio iónico, recuperación electrolítica, y precipitación química, el principal problema de éstas es su costo de implementación, mantenimiento y la generación de lodos (Aldana, 2014).

Los avances en la investigación de nuevos mecanismos, han logrado alternativas de mayor eficiencia, menores costos de producción, uso de reactivos menos peligrosos o incluso cambios de procesos químicos por bioquímicos. Una de estas nuevas metodologías es la fitorremediación, que se basa en aprovechar la capacidad que poseen ciertas especies vegetales que puedan desarrollarse en medios altamente contaminados para adsorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el ambiente como los metales pesados con el fin de eliminarlos, retenerlos o disminuirlos (Delgadillo, A, González, C, Prieto, F, Villagómez, J, & Acevedo, O, 2011). Aunque presenta algunas limitaciones como el efecto potencial sobre la cadena alimenticia, la capacidad de las especies vegetales para extraer metales, su adaptación a un medio si no son endémicas y el tratamiento final de las plantas; esta técnica de remediación resulta factible por los beneficios anteriormente nombrados (Delgadillo, A, González, C, Prieto, F, Villagómez, J, & Acevedo, O, 2011).

La fitorremediación es un proceso que aplica varias técnicas dependiendo del tipo de contaminante y el sustrato a tratar. Mediante la fitorremediación acuática, los compuestos presentes en el agua son adsorbidos e incorporados a la estructura de las plantas. Las especies vegetales utilizadas son las macrófitas acuáticas, debido a su capacidad de adsorción y bioacumulación de compuestos presentes en el agua.

Asimismo, se pueden utilizar en el control y vigilancia de la contaminación de agua dulce por metales pesados y plaguicidas (Aldana, 2014).

Las macrófitas acuáticas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales deben tener las siguientes características: alta productividad y eficiencia de remoción de nutrientes y contaminantes, alta predominancia bajo condiciones naturales adversas, adaptación al clima de la región, capacidad de transporte de oxígeno de la superficie a la rizosfera, fácil cosecha y la capacidad de acumular o hiperacumular metales y metaloides. Dentro de los mecanismos de respuesta de las plantas ante la presencia de contaminantes como metales pesados están los procesos de destoxificación, que se basan en la adsorción y bioacumulación (Delgadillo, A, González, C, Prieto, F, Villagómez, J, & Acevedo, O, 2011).

En un estudio realizado en Colombia para la remoción de aluminio proveniente de aguas residuales industriales usando especies macrófitas (Enea, junco y Pasto Vetiver), se analizó la capacidad de adsorción de estas variedades. Previo a un periodo de aclimatación de las especies, se realizó un diseño experimental manejando como variable de respuesta, la concentración de aluminio y como factores, el tipo de planta y la concentración inicial del metal. Mediante comparaciones múltiples se identificó la especie que presentó una mejor remoción del compuesto de interés. Los resultados evidenciaron que las especies Vetiver y Junco obtuvieron las mejores eficiencias de remoción (99% y 98%) para una concentración de 20% de Aluminio. Mientras que para una concentración del 70% del metal, la especie Vetiver dio los mejores resultados con una remoción del 94%. Además, se determinó que la máxima adsorción del metal se dio en las primeras 24 horas y que el pH inicial del agua es un factor importante para el desempeño del proceso (Aldana, 2014).

Esta técnica de remediación se recomienda aplicar en la finca de estudio porque se ha demostrado que estas especies (Enea, junco y Pasto Vetiver) tienen altos niveles de eficiencia de remoción del metal aluminio y mediante un proceso de aclimatación en la zona pueden ser una herramienta factible para tratar el agua de lavado de banano. Además, presenta varios beneficios como su bajo costo, no

necesita de reactivos y tiene una alta eficiencia. Los residuos generados consisten en las especies vegetales que han sido utilizadas, que pueden ser tratadas mediante un gestor ambiental o a su vez construir un pequeño relleno impermeabilizado para su posterior disposición final. Esta alternativa mejorará la calidad del agua, reduciendo la concentración de aluminio en la descarga.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En el área de estudio, la población se dedica principalmente a la agricultura, donde, los recursos de esta zona se ven afectados especialmente por los agroquímicos, entre ellos fertilizantes, herbicidas, plaguicidas y fungicidas. Mediante este proyecto de investigación, se evidencia las condiciones reales en las que se encuentran los pequeños productores de banano desde el punto de vista ambiental, demostrándose que esta actividad productiva genera varios daños a los recursos suelo, agua y aire.
- La Huella Hídrica indica la cantidad de agua que se usa en la elaboración de un producto, siendo un indicador cuantitativo que permite establecer acciones para disminuir el consumo del recurso hídrico; por otra parte, el Agua Virtual cuantifica el agua contenida en un producto considerando los flujos de importaciones y exportaciones.
- En el presente proyecto de titulación, se aplicó la metodología de evaluación de la HH y AV para la finca “Santa Narcisa” ubicada en el cantón La Concordia. El resultado obtenido de la HH fue de 1206,44 m³/ton, siendo el componente verde el más representativo con el 85,20% del total, debiéndose a la gran precipitación que existe en la zona de estudio, seguido por el componente azul que corresponde un 12,19% del total, ya que el cultivo depende de la irrigación en las épocas donde hay escasez de lluvia y por último el componente gris representando el 2,61% de la HH que se da por la utilización de agroquímicos. Este valor es considerablemente bajo, debido a que, como se explicó anteriormente, la finca por falta de recursos

económicos, no realiza una completa aplicación de químicos que beneficien el desarrollo del cultivo.

- En la época seca, la precipitación en la zona es mínima, provocando estrés hídrico en el río El Diablo del que se extrae el agua para riego, porque en esta estación el cultivo depende en su mayoría de la irrigación, predominando la HH azul. Además, se logra observar como el calado y el caudal del río disminuyen considerablemente, porque algunas fincas de la zona obtienen el riego de El Diablo. Otra problemática manifestada por el propietario de la finca fue que dueños de otras propiedades aguas arriba del río, retienen el recurso para asegurar su uso en la época seca, alterando su curso natural. Esta situación es crítica durante los seis meses que corresponde a la época seca por la razón de que no existen medidas actualmente para mejorar la eficiencia del riego que realizan las fincas de la zona.
- El banano al ser el principal producto no petrolero de exportación de nuestro país y al necesitar un gran volumen de agua para su producción, genera un valor elevado de Agua Virtual. El agua exportada en forma de Agua Virtual por parte de la finca de estudio durante el 2015 fue de 1,36 Mm³, sin embargo este valor no fue bajo condiciones óptimas del cultivo, debido a que en otros años, como supieron manifestar los propietarios, la cantidad de cajas exportadas llega aproximadamente a 1600 por semana, implicando mayor cantidad de AV.
- La finca de estudio se encuentra en una zona donde atraviesan dos ríos, el río El Diablo es utilizado para el riego de la plantación de banano, mientras que el río Conejo sirve para la conservación de la vida acuática. Las actividades realizadas en la finca influyen negativamente en la calidad de agua de estos ríos, debido al masivo uso de agroquímicos sin tener una responsabilidad ambiental.

- Los análisis de calidad de agua de los ríos El Diablo y Conejo que se encuentran dentro del área de estudio se realizaron con los propósitos de verificar si cumplen con los límites máximos permisibles según su uso y además determinar como la agricultura afecta a su calidad.
- Los análisis de calidad de agua para la época lluviosa dieron como resultado que los parámetros de nitratos, color, fosfatos y coliformes totales no cumplieron con los límites establecidos en las normativas ambientales. Se evidencia que hubo una mejora en la calidad del río en comparación a los datos obtenidos para la época seca, atribuyéndose a la capacidad de autodepuración del río debido al aumento de su caudal (Reinoso, 2015).
- En la época seca los parámetros nitratos, fosfatos, coliformes totales, color, pH y materia flotante no cumplieron con los límites máximos permisibles de la normativa ambiental de Ecuador, de Perú y la generada por la FAO, esto se debe al uso de una variedad de agroquímicos, cuyos principales componentes son el nitrógeno y el fósforo, a los sedimentos presentes y a la influencia de las actividades ganaderas.
- En la fase de lavado del banano se utilizan agroquímicos, que van directamente al suelo y luego a un río, produciendo un daño a este recurso, porque el agua de descarga no cumple con los límites máximos permisibles según la normativa ambiental. Dentro de las estrategias para disminuir el nivel de contaminación generado en esta etapa se debería implementar una planta de tratamiento, que permita que el agua residual no genere daños a los recursos naturales. Pero al conocer las condiciones económicas de los pequeños productores de banano, se debe buscar otras soluciones que puedan ser factibles como el proceso de fitoremediación con macrófitas acuáticas.
- Las estrategias propuestas en el presente proyecto, son factibles y sencillas de realizar para los dueños de la finca. Las estrategias planteadas para

reducir la cantidad de agua de riego se basan prácticamente en cambiar horarios de irrigación para evitar la evaporación del agua, controlar los aspersores identificados que no cumplen con sus funciones y realizar un adecuado control de malezas. Mientras que, para disminuir el volumen de agua usada en las piscinas de lavado, la estrategia sugerida fue el uso de un sistema sencillo que permita recolectar agua lluvia, para esto se realizó un estudio de factibilidad, en el análisis explicado en el capítulo 5 se demostró que la inversión aproximada para la implementación del sistema sería de \$85, permitiendo ahorrar \$97,58 anuales considerando los costos fijos, de operación y mantenimiento, en los 6 meses de invierno.

6.2. RECOMENDACIONES

- Mediante el presente proyecto de investigación se ha evidenciado que el sector agrícola de la zona de estudio, genera varios problemas a nivel ambiental, debido a que no se realiza una reparación integral de la contaminación y daños al medio ambiente generados por sus actividades, siendo necesario que las autoridades ambientales provean soluciones eficaces y factibles para los propietarios.
- A nivel nacional, los gobiernos locales deberían brindar capacitaciones a los propietarios de fincas, trabajadores y comunidad en temas sobre el cuidado del agua. Explicar de qué forma se puede mejorar la eficiencia de irrigación con una buena gestión del recurso hídrico y proponer medidas estratégicas para alcanzar estos objetivos.
- Se recomienda llevar un control sobre frecuencia y volumen de irrigación para mejorar la eficiencia del uso del agua donde más se requiera. Mediante esta acción se disminuirán costos en la producción del cultivo y aumentará el rendimiento de la producción de banano.

- La finca cuenta con riego tecnificado de alta eficiencia, sin embargo, los propietarios de la finca deberían controlar su uso para poder brindar al cultivo la cantidad de agua requerida sin desperdiciar el recurso.
- El empleo del software CROPWAT 8.0 para los distintos cultivos de Ecuador, ayudará a planificar la irrigación, es decir, realizar el riego solamente antes de que empiece el estrés hídrico para el cultivo, no provocar sobresaturación de agua en el suelo y aprovechar el agua lluvia en la época de gran precipitación. De este modo, se incrementará la eficiencia en el uso del agua verde, disminuyendo el consumo del azul y contribuyendo a un menor impacto sobre el recurso hídrico.
- Para futuras valoraciones de Huella Hídrica será indispensable contar con datos propios de la zona de estudio, para identificar de manera más confiable los puntos críticos de mayor consumo de agua y así establecer estrategias claves para mejorar la gestión del recurso.
- La estimación del Agua Virtual en los cultivos de exportación, contribuye a valorar la cantidad de agua que se incorpora a un cultivo de un país. Actualmente, esta cuantificación del recurso hídrico no se toma en cuenta en el proceso de comercialización de productos, siendo necesario integrar este concepto.
- Se reconoce que en Ecuador no se tiene un control de calidad en cuerpos de agua afectados por la agricultura. Es por esta razón que se recomienda que los Gobiernos Autónomos Descentralizados evalúen constantemente la calidad de los mismos para garantizar lo establecido en la legislación ecuatoriana.
- En el área de estudio existe una producción agrícola intensa. Es por esto que es necesario un estudio más amplio para conocer la influencia de esta actividad en el recurso agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuerdo 097-A Reforma del Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (2015).
2. Acuerdo Ministerial 021 Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola. (2013).
3. Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria. (2015).
4. AEC. (s.f.). LA HUELLA HÍDRICA.
http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=935d5e6d-b631-44ad-a6e3-c8861d0813d2&groupId=10128
5. Agropecuarios. (2014). Cultivo de banano Sistema de siembra.
<http://agropecuarios.net/cultivo-de-banano-sistema-de-siembra.html>
6. Agua Virtual y Consumo Responsable de Alimentos En Aragón. (s.f.).
file:///D:/USUARIO/Downloads/agua_virtual-11-10-08.pdf
7. Aldana, E. (2014). Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas: una aplicación para el pasto vetiver.
<repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/.../Erika%20Juliana%20Aldana%20Arcila.pdf?...1>
8. Anacafé. (s.f.). Cultivo de banano.
https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_banano
9. Aristizábal, M., & Jaramillo, C. (2010). IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (Musa AAB).
<http://es.slideshare.net/JoseLuisSalcedoArrieta/etapas-crecimientopltano>
10. Banascopio. (s.f.). El Banano (Musa paradisiaca var. sapientum) Guía técnica del cultivo.
http://www.campoeditorial.com/banascopio/ab_guia_tecnica.html

11. Bolaños, M. (2011). Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras.
<http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/75/1/T3075.pdf>
12. Castaño, Á, Aristizábal, M, & González, H. (2012). REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL PLÁTANO DOMINICO- HARTÓN (Musa AAB SIMMONDS) EN LA REGIÓN SANTÁGUEDA (PALESTINA, CALDAS).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262012000200010
13. CEPAL. (s.f.). DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR.
<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
14. Chávez, G. (2012). Fertilización del banano.
<http://www.abc.com.py/articulos/fertilizacion-del-banano-376749.html>
15. CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN, COOTAD. (2015).
16. Constitución de la República del Ecuador. (2008).
17. Delgadillo, A, González, C, Prieto, F, Villagómez, J, & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002
18. Falconi, C, & Galvis, F. (2008). VADEMÉCUM AGRÍCOLA. Edifarm.
19. FAO . (s.f.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/about/es/>
20. FAO. (2006). Introducción a CROPWAT.
21. FAO. (s.f.). Producción vegetal.
<http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm#TopOfPage>
22. FAO WATER. (2000). CropWat.
http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html
23. Fundación Eroski. (s.f.). Consejos para sacar el máximo partido al agua de riego.
<http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/jardin/2013/06/13/217029.php>

24. GAD Municipal La Concordia. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Concordia. <http://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>
25. GAD Parroquial La Villegas. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia La Villegas. <http://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>
26. GADP de Santo Domingo de los Tsáchilas. (s.f.). Prefectura de Santo Domingo de los Tsáchilas. <http://www.gptsachila.gob.ec/index.php>
27. Gauggel, C., & Arévalo, G. (s.f.). Fertilización en banano. www.ipipotash.org/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf
28. Gobierno de España. (s.f.). LA CALIDAD DE LAS AGUAS. http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf
29. Hoekstra, A, Chapagain, A, Aldaya, M, & Mekonnen, M. (2010). Manual de Evaluación de la huella hídrica. https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiet6nQubvLAhWDIB4KHRcXDUkQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.nubelo.com%2Ffiles%2FuploadResources%2F0000191469%2FportfolioFiles%2Fthumb_Manual_de_Evaluaciyn_de_la_Huell
30. INEC Sistema Estadístico Agropecuario Nacional. (2011). Informe Ejecutivo Banano. www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac.../INFORME_EJECUTIVO%202011.pdf
31. InfoAgro. (s.f.). EL CULTIVO DEL PLÁTANO. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
32. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. (2013). DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS. <http://www2.inia.cl/medios/intihuasi/actas/NR38988.pdf>

33. Katsoulas, N, & Kittas, C. (2011). Greenhouse Crop Transpiration Modelling.
http://cdn.intechopen.com/pdfs/22702/InTech-%20Greenhouse_crop_transpiration_modelling.pdf
34. Ley de Gestión Ambiental. Codificación 19 Registro Oficial Suplemento 418. (2004).
35. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Codificación # 20 Publicado: Registro Oficial Suplemento # 418. (2004).
36. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial No. 305. (2014).
37. Manual para el establecimiento de los criterios ambientales de la calidad del agua. (2010).
[gwweb.jica.go.jp/km/ProjDoc245.nsf/.../\\$FILE/Manual_Ver11_Spn_100629.pdf](http://gwweb.jica.go.jp/km/ProjDoc245.nsf/.../$FILE/Manual_Ver11_Spn_100629.pdf)
38. Manual para la evaluación de la huella hídrica. (s.f.).
<http://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
39. Martínez, I., & et al. (2011). Manejo de la Sigatoka negra en el cultivo de banano.
<http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/adaptacion/casos/Sigatoka.pdf>
40. Norma NTE INEN 2078:2013 1R Plaguicidas y productos afines de uso agrícola. Manejo y disposición final de envases vacíos tratados con triple lavado . (s.f.).
41. Norma NTE INEN 46:1992 Guía de práctica para la protección personal para el uso de plaguicidas y productos afines. (s.f.).
42. ONU. (2014). La escasez de agua.
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
43. ONU-DAES. (2014). Calidad del Agua.
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
44. Pérez, S. (2012). Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador.
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/911>

45. PRO ECUADOR. (2013). Análisis del Sector Banano.
www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/.../PROEC_AS2013_BANANO.pd...
46. Quirola. (s.f.). Banano.
<http://www.gquirola.com/html/productos/banano/produccion.html>
47. Reinoso, I. (2015). Evaluación Ambiental del Río Machángara.
file:///C:/Users/hp/Downloads/CD-6199.pdf
48. Salazar, G. (s.f.). Tips en cosecha y postcosecha de banano. FUMICAR:
www.fumicar.com.ec/Tips%20en%20cosecha%20y%20postcosecha%20de%20banan...
49. Salmoral, G, Aldaya, M.M, Chico, D, Garrido, A, & Llamas, M.R. (2010). The water footprint of olive oil in Spain. Papeles de Agua Virtual, número 7. Madrid, España: Fundación Marcelino Botín. CEIGRAM.
50. SINAGAP Coordinación General del Sistema de Información Nacional. (2014). Boletín Situacional Banano.
sinagap.agricultura.gob.ec/.../2014/aboletin-situacional-banano-2014-actualizado.pdf
51. Tolón, A, Bolívar, X, & Fernández, V. (2013). HUELLA HÍDRICA Y SOSTENIBILIDAD DEL USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.
<http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/view/42123/40102>
52. Velázquez, E. (s.f.). AGUA VIRTUAL, HUELLA HÍDRICA Y EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA: REPENSANDO LOS CONCEPTOS.
http://ecodes.org/archivo/proyectos/archivo-ecodes/pages/especial/agua2009/e_velazquez.pdf
53. Vézina, A., & Baena, M. (2016). Morfología de la planta de banano.
<http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADade+la+planta+del+banano>
54. Villar, J. (2010). Autodepuración en sistemas acuáticos.
<http://es.slideshare.net/joseantoniomvillar/autodepuracin-de-aguas>
55. Water Footprint Network. (s.f.). huella hídrica.
https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=es&prev=search&rurl=translate.google.com.ec&sl=en&u=http://waterfootprint.org/en/water-footprint/&usg=ALkJrhi5YYZxGGWGT7lXlsa2RJGEjvqvoQ

56. Zarate, E, & Kuiper, D. (2013). Evaluación de Huella Hídrica del banana para pequeños productores en Perú y Ecuador.
[http://www.huellahidrica.org/Reports/Zarate%20and%20Kuiper%20\(2013\)%20Water%20Footprint%20Assessment%20of%20Bananas.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Zarate%20and%20Kuiper%20(2013)%20Water%20Footprint%20Assessment%20of%20Bananas.pdf)

ANEXOS

ANEXOS NO 1.
FOTOGRAFÍAS DE LA VISITA PREVIA A LA ZONA DE
ESTUDIO

FOTOGRAFÍA 7.1
RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO



FOTOGRAFÍA 7.2
RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES (BANDA PARA APLICACIÓN DE QUÍMICOS AL BANANO)



FOTOGRAFÍA 7.3**RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES (PISCINAS DE LAVADO)****FOTOGRAFÍA 7.4****RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES (TANQUE UTILIZADO PARA EL FERTIRIEGO)**

FOTOGRAFÍA 7.5**CANAL DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE BANANO****FOTOGRAFÍA 7.6****SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO**

ANEXO NO 2.
FOTOGRAFÍAS DE LA PRIMERA SALIDA DE CAMPO
(ÉPOCA SECA)

FOTOGRAFÍA 7.7**PUNTO INICIAL DE MUESTREO EN EL RÍO EL DIABLO****FOTOGRAFÍA 7.8****PUNTO FINAL DE MUESTREO DEL RÍO EL DIABLO**

FOTOGRAFÍA 7.9
MEDICIÓN DEL CAUDAL (RÍO EL DIABLO)



FOTOGRAFÍA 7.10
MEDICIÓN DEL CAUDAL (PUNTO INICIAL RÍO CONEJO)



FOTOGRAFÍA 7.11**TOMA DE MUESTRAS (PUNTO FINAL RÍO CONEJO)****FOTOGRAFÍA 7.12****TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA DE DESCARGA DEL LAVADO DE BANANO**

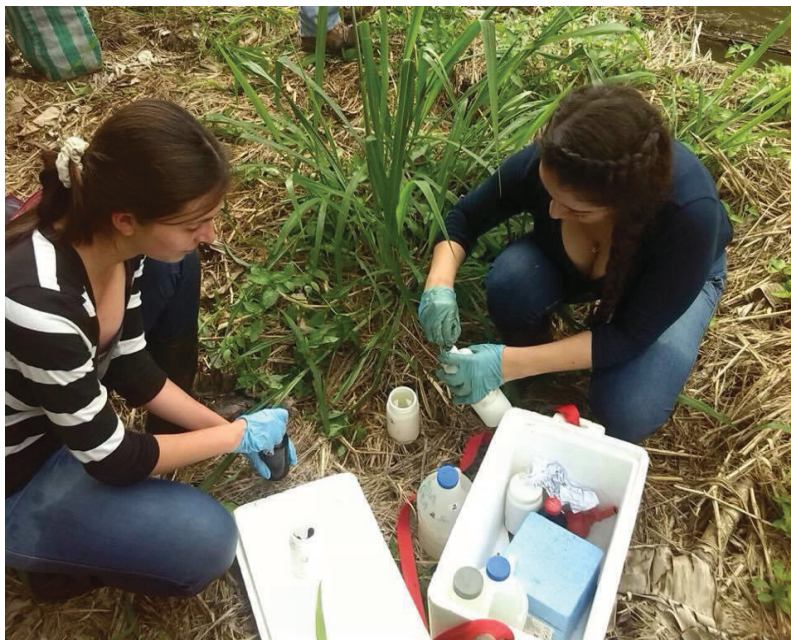
ANEXO NO 3.
FOTOGRAFÍAS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO DE
LA PRIMERA SALIDA DE CAMPO (ÉPOCA SECA)

FOTOGRAFÍA 7.13
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN
LABORATORIO



ANEXO NO 4.
FOTOGRAFÍAS DE LA SEGUNDA SALIDA DE CAMPO
(ÉPOCA LLUVIOSA)

FOTOGRAFÍA 7.14**PUNTO INICIAL DE MUESTREO EN EL RÍO EL DIABLO****FOTOGRAFÍA 7.15****PUNTO FINAL DE MUESTREO EN EL RÍO EL DIABLO**

FOTOGRAFÍA 7.16**EQUIPOS DE LABORATORIO USADOS EN CAMPO****FOTOGRAFÍA 7.17****MEDICIÓN DEL CAUDAL (RÍO EL DIABLO)**

FOTOGRAFÍA 7.18
MUESTREO (RÍO EL DIABLO)



FOTOGRAFÍA 7.19
PUNTO INICIAL DE MUESTREO EN EL RÍO CONEJO



FOTOGRAFÍA 7.20**PUNTO FINAL DE MUESTREO EN EL RÍO CONEJO****FOTOGRAFÍA 7.21****MEDICIÓN DEL CAUDAL (RÍO CONEJO)**

ANEXO NO 5.
FOTOGRAFÍAS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO DE
LA SEGUNDA SALIDA DE CAMPO (ÉPOCA LLUVIOSA)

FOTOGRAFÍA 7.22
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN
LABORATORIO



ANEXO NO 6.
**ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO EL DIABLO (ÉPOCA
SECA)**

ANEXO NO 7.
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO EL DIABLO (ÉPOCA
LLUVIOSA)

ANEXO NO 8.
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO CONEJO (ÉPOCA SECA)

ANEXO NO 9.
ÁREA TRANSVERSAL DEL RÍO CONEJO (ÉPOCA
LLUVIOSA)

ANEXO NO 10.
ESTRATEGIA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA
LLUVIA DE LAS PISCINAS DE LAVADO

ANEXO NO 11.
LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE

**7.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR
PUBLICADA EN EL REGISTRO OFICIAL NO. 449 20 DE
OCTUBRE DE 2008**

Tabla 7.1 Legislación aplicable de la Constitución de la República del Ecuador

REFERENCIA	TEXTO
TÍTULO II DERECHOS CAPÍTULO SEGUNDO DERECHOS DEL BUEN VIVIR SECCIÓN PRIMERA AGUA Y ALIMENTACIÓN	Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida
TÍTULO II DERECHOS CAPÍTULO SEGUNDO DERECHOS DEL BUEN VIVIR SECCIÓN SEGUNDA AMBIENTE SANO	Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> . Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.
TÍTULO II DERECHOS CAPÍTULO SÉPTIMO DERECHOS DE LA NATURALEZA	Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. [...].

	<p>Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. [...].</p> <p>Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. [...].</p>
<p>TÍTULO VI RÉGIMEN DE DESARROLLO CAPÍTULO PRIMERO PRINCIPIOS GENERALES INCISO 4</p>	<p>Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:</p> <p>4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.</p>
<p>TÍTULO VI RÉGIMEN DE DESARROLLO CAPÍTULO QUINTO SECTORES ESTRATÉGICOS, SERVICIOS Y EMPRESAS PÚBLICAS</p>	<p>Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. [...]</p>
<p>TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR CAPÍTULO SEGUNDO BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES SECCIÓN PRIMERA NATURALEZA Y AMBIENTE</p>	<p>Art. 396.- [...] La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.</p>

	<p>Art. 397.- [...] Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a: [...]</p> <p>2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.</p> <p>3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.</p>
<p>TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR CAPÍTULO SEGUNDO BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES SECCIÓN QUINTA SUELO</p>	<p>Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.</p>
<p>TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR CAPÍTULO SEGUNDO BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES SECCIÓN SEXTA AGUA</p>	<p>Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.</p>

	<p>Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. [...]</p>
--	--

7.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. REGISTRO OFICIAL NO. 305 6 DE AGOSTO DE 2014

Tabla 7.2 Legislación aplicable de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

REFERENCIA	TEXTO
TÍTULO II RECURSOS HÍDRICOS CAPÍTULO I DEFINICIÓN, INFRAESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	Art 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.
TÍTULO II RECURSOS HÍDRICOS CAPÍTULO II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	Art 32.- Gestión pública o comunitaria del agua. La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. La gestión comunitaria la realizarán las comunas, comunidades, pueblos,

	<p>nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio, juntas de agua potable y juntas de riego. Comprende, de conformidad con esta Ley, la participación en la protección del agua y en la administración, operación y mantenimiento de infraestructura de la que se beneficien los miembros de un sistema de agua y que no se encuentre bajo la administración del Estado.</p> <p>Art 33.- Ámbito y modalidades de la gestión de los recursos hídricos. La gestión pública de los recursos hídricos comprenderá la planificación, formulación de políticas nacionales, gestión integrada en cuencas hidrográficas, el otorgamiento, seguimiento y control de autorizaciones de uso y de autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua, la determinación de los caudales ecológicos, la preservación y conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica, la regulación y control técnico de la gestión, la cooperación con las autoridades ambientales en la prevención y control de la contaminación del agua y en la disposición de vertidos, la observancia de los derechos de los usuarios, la organización, rectoría y regulación del régimen institucional del agua y el</p>
--	--

	<p>control, conocimiento y sanción de las infracciones.</p> <p>Art 35.- La gestión del agua y la prestación del servicio público de saneamiento, agua potable, riego y drenaje son exclusivamente públicas o comunitarias; La prestación de los servicios de agua potable, riego y drenaje deberá regirse por los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.</p> <p>Art 39.- Servicio público de riego y drenaje. El riego parcelario es responsabilidad de los productores dentro de su predio, bajo los principios y objetivos establecidos por la autoridad rectora del sector agropecuario. El servicio público de riego y drenaje responderá a la planificación nacional que establezca la autoridad rectora del mismo y su planificación y ejecución en el territorio corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, de conformidad con sus respectivas competencias.</p> <p>Art 41.- Disposiciones para los sistemas públicos de riego y drenaje. La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje son parte</p>
--	--

del dominio hídrico público y su propiedad no puede ser transferida bajo ninguna circunstancia. La gestión de los sistemas públicos de riego y drenaje es de corresponsabilidad entre el Gobierno Central, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias y los usuarios. Tal corresponsabilidad implica la participación en la operación y mantenimiento de estos sistemas y en el manejo sustentable de las fuentes y zonas de recarga.

Art 47.- Definición y atribuciones de las juntas de riego. Las juntas de riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua.

Art 48.- Reconocimiento de las formas colectivas y tradicionales de gestión. Se reconocen las formas colectivas y tradicionales de manejo del agua, propias de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y se respetarán sus derechos colectivos en los términos previstos en la Constitución y la ley. Se reconoce la autonomía financiera, administrativa y de gestión interna de los sistemas

	<p>comunitarios de agua de consumo y riego.</p> <p>Art 54.- Gestión comunitaria integrada de los servicios de abastecimiento y riego. Los sistemas comunitarios podrán gestionar de forma integrada los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y riego en aquellas áreas en las cuales resulte aconsejable esta forma de gestión.</p>
<p>TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES</p> <p>CAPÍTULO I DERECHO HUMANO AL AGUA</p>	<p>Art 60.- Libre acceso y uso del agua. El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua.</p>
<p>TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES</p> <p>CAPÍTULO III DERECHOS DE LA NATURALEZA</p>	<p>Art 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua.</p>
<p>TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES</p> <p>CAPÍTULO IV DERECHO DE LOS USUARIOS, CONSUMIDORES Y DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA</p>	<p>Art 70.- Veeduría ciudadana. Las autorizaciones de uso o aprovechamiento del agua podrán ser objeto de veeduría ciudadana.</p>

<p>TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES</p> <p>CAPÍTULO V DERECHOS COLECTIVOS DE COMUNAS, COMUNIDADES, PUEBLOS Y NACIONALIDADES</p>	<p>Art 71.- Derechos colectivos sobre el agua. Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, pueblo afro ecuatoriano y montubio desde su propia cosmovisión, gozan de los siguientes derechos colectivos sobre el agua: Conservar y proteger el agua que fluye por sus tierras y territorios en los que habitan y desarrollan su vida colectiva; Participar en el uso, usufructo y gestión comunitaria del agua que fluye por sus tierras y territorios y sea necesaria para el desarrollo de su vida colectiva; Conservar y proteger sus prácticas de manejo y gestión del agua en relación directa con el derecho a la salud y a la alimentación.</p>
<p>TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES</p> <p>CAPÍTULO VI GARANTÍAS PREVENTIVAS</p>	<p>Art 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.</p>

**7.3. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL CODIFICACIÓN 19
REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 418 DE 10-SEP-2004
ESTADO: VIGENTE**

Tabla 7.3 Legislación aplicable de la Ley de Gestión Ambiental

REFERENCIA	TEXTO
<p>TÍTULO II DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL</p> <p>CAPITULO II DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL Y DEL CONTROL AMBIENTAL</p>	<p>Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.</p> <p>Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.</p>
<p>TITULO V DE LA INFORMACION Y VIGILANCIA AMBIENTAL</p>	<p>Art. 40.- Toda persona natural o jurídica que, en el curso de sus actividades empresariales o industriales estableciere que las mismas pueden producir o están produciendo daños ambientales a los ecosistemas, está obligada a informar sobre ello al Ministerio del ramo o a las instituciones del régimen seccional autónomo. [...].</p>

7.4. LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CODIFICACIÓN # 20 PUBLICADO: REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO #418 FECHA: 10-9-2004

Tabla 7.4 Legislación aplicable de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

REFERENCIA	TEXTO
CAPITULO I DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.
CAPITULO II DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS	Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.
CAPITULO III DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS	Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que

	puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.
--	---

7.5. CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)

Tabla 7.5 Legislación aplicable del COOTAD

REFERENCIA	TEXTO
TÍTULO III GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS CAPITULO II GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SECCIÓN PRIMERA NATURALEZA JURÍDICA, SEDE Y FUNCIONES	Art. 41.- Son funciones del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural: d) Elaborar el plan parroquial rural de desarrollo; el de ordenamiento territorial y las políticas públicas; ejecutar las acciones de ámbito parroquial que se deriven de sus competencias, de manera coordinada con la planificación cantonal y provincial; y, realizar en forma permanente el seguimiento y rendición de cuentas sobre el cumplimiento de las metas establecidas
TÍTULO V DESCENTRALIZACIÓN Y SISTEMA NACIONAL DE COMPETENCIAS CAPÍTULO IV DEL EJERCICIO DE LAS COMPETENCIAS INSTITUCIONALES	Art. 133.- Ejercicio de la competencia de riego. La competencia constitucional de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego, está asignada constitucionalmente a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales. Al efecto, éstos deberán elaborar y ejecutar el plan de riego de su circunscripción territorial de

	<p>conformidad con las políticas de desarrollo rural territorial y fomento productivo, agropecuario y acuícola. El plan de riego deberá cumplir con las políticas, disponibilidad hídrica y regulaciones técnicas establecidas por la autoridad única del agua, enmarcarse en el orden de prelación del uso del agua dispuesto en la Constitución y será acorde con la zonificación del uso del suelo del territorio y la estrategia nacional agropecuaria y acuícola. El servicio de riego será prestado únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias, para lo cual los gobiernos autónomos descentralizados provinciales podrán delegar la gestión de mantenimiento y operación de los sistemas de riego al gobierno parroquial rural o a las organizaciones comunitarias legalmente constituidas en su circunscripción, coordinarán con los sistemas comunitarios de riego y establecerán alianzas entre lo público y comunitario para fortalecer su gestión y funcionamiento. Las organizaciones comunitarias rendirán cuentas de la gestión ante sus usuarios en el marco de la ley sobre participación ciudadana.</p>
<p>TÍTULO V DESCENTRALIZACIÓN Y SISTEMA NACIONAL DE COMPETENCIAS</p>	<p>Art. 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela</p>

<p>CAPÍTULO IV DEL EJERCICIO DE LAS COMPETENCIAS INSTITUCIONALES</p>	<p>estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.</p>
<p>TÍTULO VIII DISPOSICIONES COMUNES Y ESPECIALES DE LOS GOBIERNOS AUTONOMOS DESCENTRALIZADOS CAPÍTULO VIII RÉGIMEN PATRIMONIAL SECCIÓN PRIMERA PATRIMONIO</p>	<p>Art. 434.- Condiciones expresas.- Si se dieran autorizaciones o realizaren contratos relacionados con el contenido de la presente Sección, en el respectivo contrato o autorización, se indicarán las condiciones técnicas y ambientales que ha de cumplir el usuario o contratado y las tasas o prestaciones patrimoniales que ha de satisfacer periódicamente, por adelantado.</p>
<p>TÍTULO IX DISPOSICIONES ESPECIALES DE LOS GOBIERNOS METROPOLITANOS Y MUNICIPALES CAPITULO II FRACCIONAMIENTO DE SUELOS Y RESTRUCTURACIÓN DE LOTES SECCIÓN PRIMERA FRACCIONAMIENTOS URBANOS Y AGRÍCOLAS</p>	<p>Art. 471.- Fraccionamiento agrícola.- Considerase fraccionamiento agrícola el que afecta a terrenos situados en zonas rurales destinados a cultivos o explotación agropecuaria. De ninguna manera se podrá fraccionar bosques, humedales y otras áreas consideradas ecológicamente sensibles de conformidad con la ley o que posean una clara vocación agrícola. Esta clase de fraccionamientos se sujetarán a este Código, a las leyes agrarias y al</p>

	plan de ordenamiento territorial cantonal aprobado por el respectivo concejo.
--	---

7.6. ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA EDICIÓN ESPECIAL NO. 316 – REGISTRO OFICIAL – LUNES 4 DE MAYO DE 2015

Tabla 7.6 Legislación aplicable del AM 061

REFERENCIA	TEXTO
TÍTULO III DEL SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL CAPÍTULO VI GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS NO PELIGROSOS, Y DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES	Art. 54.- Prohibiciones. Sin perjuicio a las demás prohibiciones estipuladas en la normativa ambiental vigente, se prohíbe: a) Disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales sin la autorización administrativa ambiental correspondiente. b) Disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales en el dominio hídrico público, aguas marinas, en las vías públicas, a cielo abierto, patios, predios, solares, quebradas o en cualquier otro lugar diferente al destinado para el efecto de acuerdo a la norma técnica correspondiente. c) Quemar a cielo abierto residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. [...].

<p>CAPÍTULO VI GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS NO PELIGROSOS, Y DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES SECCIÓN II GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES PARÁGRAFO I GENERACIÓN</p>	<p>Art. 88.- Responsabilidades. Al ser el generador el titular y responsable del manejo de los desechos peligrosos y/o especiales hasta su disposición final, es de su responsabilidad: [...]</p> <p>c) Tomar medidas con el fin de reducir o minimizar la generación de desechos peligrosos y/o especiales,[...].</p> <p>d) Almacenar los desechos peligrosos y/o especiales en condiciones técnicas de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos en el presente reglamento, normas INEN y/o normas nacionales e internacionales aplicables; evitando su contacto con los recursos agua y suelo y verificando la compatibilidad de los mismos;</p> <p>e) Disponer de instalaciones adecuadas y técnicamente construidas para realizar el almacenamiento de los desechos peligrosos y/o especiales,[...].</p> <p>f) Identificar y/o caracterizar los desechos peligrosos y/o especiales generados, de acuerdo a la norma técnica aplicable;</p> <p>g) Realizar la entrega de los desechos peligrosos y/o especiales para su adecuado manejo, únicamente a personas naturales o jurídicas que cuenten con el permiso ambiental correspondiente emitido por la Autoridad Ambiental Nacional o por la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable; [...].</p>
--	--

<p>CAPÍTULO VI GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS NO PELIGROSOS, Y DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES SECCIÓN II GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES PARÁGRAFO II ALMACENAMIENTO</p>	<p>Art. 91.- Del almacenaje de los desechos peligrosos y/o especiales. Los desechos peligrosos y/o especiales deben permanecer envasados, almacenados y etiquetados, aplicando para el efecto las normas técnicas pertinentes establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Nacional de Normalización, o en su defecto normas técnicas aceptadas a nivel internacional aplicables en el país. [...].</p> <p>Art. 92.- Del período del almacenamiento. El almacenamiento de desechos peligrosos y/o especiales en las instalaciones, no podrá superar los doce (12) meses contados a partir de la fecha del correspondiente permiso ambiental. [...].</p> <p>Art. 94.- De los lugares para el almacenamiento de desechos especiales. Los lugares deberán cumplir con las siguientes condiciones mínimas:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Contar con señalización apropiada [...],b) Contar con sistemas contra incendio;c) Contar con un cierre perimetral [...],d) Estar separados de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados; [...],
---	---

	<p>f) Las instalaciones deben contar con pisos cuyas superficies sean de acabado liso, continuo e impermeable [...],</p> <p>g) Para el caso de almacenamiento de desechos líquidos, el sitio de almacenamiento debe contar con cubetos para contención de derrames o fosas de retención de derrames cuya capacidad sea del 110% del contenedor de mayor capacidad, además deben contar con trincheras o canaletas para conducir derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado.</p>
<p>CAPÍTULO VIII CALIDAD DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS</p> <p>SECCIÓN III CALIDAD DE COMPONENTES ABIÓTICOS</p> <p>PARÁGRAFO I DEL AGUA</p>	<p>Art. 209.- De la calidad del agua. [...]. Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.</p> <p>Art. 210.- Prohibición. De conformidad con la normativa legal vigente: a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las</p>

	<p>subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados;</p> <p>b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;</p> <p>c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,</p> <p>d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. [...].</p>
--	---

7.7. ACUERDO MINISTERIAL 021 GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PLÁSTICOS DE USO AGRÍCOLA. REGISTRO OFICIAL NO. 943 29 DE ABRIL DE 2013

Tabla 7.7 Legilación aplicable del AM 021

REFERENCIA	TEXTO
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	Art 2.- Ámbito de aplicación. Se hallan sujetos al cumplimiento y aplicación de las disposiciones de este instructivo toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que dentro del territorio nacional participen en la fabricación, representación,

	titular de registro, formulación, importación, envasado, de productos de uso agrícola, siendo la comercialización, distribución y uso final corresponsables de la implementación y ejecución de los planes de gestión integral de los desechos plásticos de uso agrícola.
CAPÍTULO III DE LAS RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES TÍTULO V DEL APLICADOR Y/O USUARIO FINAL	Art 16.- Son responsabilidades y obligaciones del aplicador y/o usuario final las siguientes: Participar en el Plan de Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional. Seguir las instrucciones de manejo seguro suministradas por el fabricante, importador o titular del registro en la etiqueta y hoja de seguridad del producto. Realizar el proceso de triple lavado a los envases de agroquímicos y perforarlos. Retornar a los centros de acopio primario, al distribuidor y/o al centro de acopio temporal los envases plásticos usados de agroquímicos triplemente lavados según el procedimiento que se especifique el Plan de Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola. Retornar los desechos plásticos de uso agrícola al distribuidor autorizado. Registrarse como generadores de Desechos Especiales.
CAPÍTULO V DE LAS PROHIBICIONES	Art 23.- Prohíbese lo siguiente: Enterrar, quemar y/o realizar la disposición final de desechos plásticos de uso agrícola a campo abierto, así

	como también la descarga de restos, residuos y/o envases en cursos o cuerpos de agua. Entregar los desechos plásticos de uso agrícola a gestores NO autorizados por la Autoridad Ambiental Nacional.
--	--

7.8. ACUERDO 097-A REFORMA DEL LIBRO IX DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE MIÉRCOLES 4 DE NOVIEMBRE DE 2015 – EDICIÓN ESPECIAL NO. 387 – REGISTRO OFICIAL

Tabla 7.8 Legislación aplicable del AM 097

REFERENCIA	TEXTO
5.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.	TABLA 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.
5.1.3 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego	TABLA 3. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola TABLA 4. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego
5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes 5.2.2 De las Competencias Institucionales y Obligaciones del Sujeto de Control 5.2.2.2 Obligaciones del sujeto de control	a) El sujeto de control, [...] deberá realizar monitoreos de la calidad de los cuerpos de agua que se encuentren influenciados por su actividad. b) Todos los sujetos de control deberán mantener un registro de los efluentes generados, [...].

	<p>c) El regulado deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de sus efluentes y proporcionará todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible. [...].</p>
<p>5.2.4. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce</p>	<p>TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</p> <p>5.2.4.9 Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratados adecuadamente, [...].</p> <p>5.2.4.10 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia los cuerpos receptores, canales de conducción de agua a embalses, canales de riego o canales de drenaje pluvial, provenientes [...] de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.</p>