



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales

“DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO
HÍDRICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PLAN HIDRÁULICO
ACUEDUCTO DE SANTA ELENA (PHASE) PARA CONSUMO
HUMANO Y USO AGRÍCOLA”

Tesis de Grado previa la obtención del Título de:
MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

Autor:

Ing. Fernando Francisco Troya Andrade

Director:

Ph.D. Paúl Herrera Samaniego

GUAYAQUIL – ECUADOR

2014

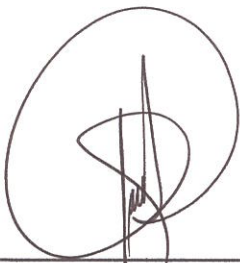
AGRADECIMIENTO

Después de la culminación de este trabajo de tesis, agradezco por encima de todo a Dios, porque sólo Él conoce el esfuerzo, decisiones y acciones que poco a poco me llevaron a culminar con esta meta. A todos mis seres queridos que fueron apoyo durante este tiempo, a mi madre por ser mi consejera, mi padre mi ejemplo y mi enamorada mi aliento. Y sin duda, a mi director el Dr. Paúl Herrera por su acertada guía en la consecución del presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, junto con el esfuerzo y sacrificio que representan, a mi Padre del Cielo, como una pequeña ofrenda de agradecimiento, por todo el bien que este logro traerá sobre mí y los míos.

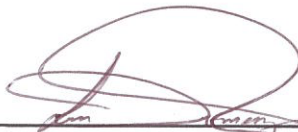
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

A stylized handwritten signature in black ink, featuring a large, loopy initial 'P' and a vertical stroke.

Paúl Herrera Samaniego Ph.D
DIRECTOR DE TESIS

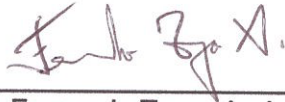
A handwritten signature in black ink, consisting of a large, rounded initial 'D' followed by a series of connected loops.

David Matamoros Campozaño Ph.D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

A handwritten signature in black ink, featuring a large, rounded initial 'L' and a series of connected loops.

Luis Domínguez Granda Ph.D.
VOCAL PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

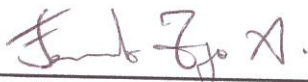
AUTOR:

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Fernando Troya Andrade', written in a cursive style.

Ing. Fernando Troya Andrade

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis final de Grado, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Ing. Fernando Troya Andrade
AUTOR

RESUMEN

La provincia de Santa Elena, más allá de ser referente turístico durante los meses de temporada (enero a abril), se ha caracterizado por ser una amplia zona con alto potencial agrícola. Pero el gran limitante del desarrollo del sector agroindustrial, siempre ha sido la disponibilidad del recurso hídrico. Por esta razón, CEDEGE puso en marcha la construcción del Plan Hidráulico Acueducto de Santa Elena (PHASE), que permite irrigar las zonas con mayor potencial agrícola de la Península trasvasando agua del río Daule.

El PHASE no fue llevado a cabo en su totalidad, sufriendo ciertos cambios de diseño y completando el sistema recientemente mediante la actual construcción del proyecto Trasvase Chongón – San Vicente. Sin embargo con la implementación de las primeras etapas, las expectativas de desarrollo no se consolidaron como se esperaba, teniendo sembrado apenas el 15 % del área de influencia total.

Esta temática provoca una serie de programas y estudios que incentiven proyectos de desarrollo agrícola, teniendo como eje la actual disponibilidad del recurso hídrico.

De esta forma, el presente estudio plantea la determinación de las necesidades actuales de la zona de influencia del trasvase, estableciendo futuros escenarios de posible crecimiento de la demanda de agua.

Este trabajo determinará la suficiencia del PHASE para sostener el posible desarrollo de las áreas regadas, constituyéndose en una herramienta de evaluación para futuros planes para el progreso del sector.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO INTRODUCTORIO

1.1. Antecedentes

1.2. Problema

1.3. Justificación

1.4. Objetivos

1.5. Descripción del estudio

2. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Descripción física de la zona

2.1.1. Climatología

2.1.2. Vegetación y fauna

2.1.3. Análisis demográfico estadístico

2.2. Plan Hidráulico Acueducto de Santa Elena (PHASE)

2.2.1. Descripción de las obras del PHASE

2.2.2. Situación actual del sistema de trasvase

2.2.3. Área de Influencia Directa (AID)

3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1. Cálculo de demanda actual

3.1.1. Demanda agrícola: Uso del software CROPWAT

3.1.2. Demanda pecuaria: Uso de herramienta ESPAC

3.1.3. Demanda humana: Población y población flotante

3.1.4. Pérdidas

3.2. Escenario de desarrollo

3.2.1. Diseño de escenario 1

3.2.2. Diseño de escenario 2

3.2.3. Diseño de escenario 3

4. RESULTADOS

4.1. Escenario 1

4.2. Escenario 2

4.3. Escenario 3

5. CONCLUSIONES

6. RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

La Península de Santa Elena se ha caracterizado por ser una amplia zona con alto potencial agrícola, habiendo sido calificado como “El granero de América”¹. Pero la disponibilidad del recurso hídrico es el factor que limita el desarrollo de esta zona. Por esta razón la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Guayas (CEDEGE), se preocupó por proveer a esta zona de éste recurso abundante en otros sectores del país mediante el Plan Hidráulico Acueducto de Santa Elena (PHASE), cuya idea surge como sugerencia de la Organización de Estados Americanos (OEA) en 1975. Con este megaproyecto se esperaba irrigar las zonas con mayor potencial agrícola de la Península.

El PHASE no fue llevado a cabo en su totalidad, sufriendo ciertos cambios de diseño y completando la construcción de todas sus etapas hasta la actualidad. Todas estas obras civiles fueron diseñadas para trasvasar agua del río Daule, calculando las extensiones de las tierras más productivas y su futura demanda de agua según los cultivos más aptos para llevarse a cabo en la zona.

Sin embargo, según CEDEX (2003) de entre los propósitos del PHASE (riego, abastecimiento e industria) es el desarrollo industrial el que no ha consolidado todavía las expectativas esperadas, pues si existe alguna planta agroindustrial de producción, ésta aún es muy limitada. Asimismo, la crisis económica que atraviesa el país, se muestra como el motivo por el cual el crecimiento de las áreas en regadío tampoco cubren las proyecciones iniciales, en la actualidad están en el orden de las 5.000 a 6.000 Ha.

Conociendo el poco desarrollo de la zona en contraste con lo esperado en los estudios preliminares del proyecto, el presente estudio plantea la determinación de las necesidades actuales de la zona de influencia del trasvase, estableciendo futuros escenarios de posible crecimiento de la demanda. Tomando en cuenta los predios agrícolas que obtienen el recurso hídrico del trasvase, las necesidades de agua para consumo de la población y consumos de difícil contabilización, como lo son: consumo pecuario, factores climáticos como la evaporación y evapotranspiración de la zona, e inclusive potenciales pérdidas por fugas de agua del sistema.

Con estas proyecciones podremos determinar si el recurso hídrico que oferta el PHASE, es suficiente para satisfacer las necesidades planteadas a futuro.

1 Consultado en: Diario Hoy: <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/el-granero-de-america-29847.html>, 1 de agosto de 1994.

1. PLANTEAMIENTO INTRODUCTORIO

1.1. Antecedentes

Santa Elena es la provincia más joven de las 24 existentes en el país, fue creada el 7 de noviembre del 2007, según Registro Oficial # 206². Cuenta con 3.762,80 km² de superficie y 160 km de playas, en los cuales se sustenta su potencial económico basado en la pesca, y en las actividades y cadenas productivas relacionadas a su riqueza ictiológica.

Según los datos obtenidos en el VII Censo de Población y Vivienda, la provincia de Santa Elena cuenta con una población de 308.693 habitantes, de los cuales 55% corresponden a población urbana (INEC, 2010).

Una de las características del comportamiento demográfico de Santa Elena es que se presenta un alto porcentaje de población flotante, sobre todo en la época de temporada invernal que coincide con los feriados que se dan a nivel nacional. Para el fin de año del 2011, la región conformada por Salinas y La Libertad tuvo una visita de hasta 300.000 visitantes y durante los feriados de la temporada de playa del año 2012 hasta 500 mil visitantes. De estos, una gran cantidad se alojan en Santa Elena, particularmente Ballenita y hacia el norte. (CADS - ESPOL, 2013).

Administrativamente, está constituida por 3 cantones: Santa Elena, La Libertad y Salinas, y 8 Juntas parroquiales.

La provincia basa su economía en la pesca, pero dada las características naturales del territorio, se realizan otras actividades productivas importantes como la agricultura, ganadería, acuicultura, turismo receptivo y otras varias modalidades como de acción, de montaña, de naturaleza, de sol y playa, cultural, patrimonial, religioso, histórico, arqueológico, etc. La explotación hidrocarburífera está presente como una actividad de importancia estratégica (Fundación Santiago de Guayaquil, 2011).

Con estos antecedentes se vislumbra el gran potencial de desarrollo de la provincia, pero su limitante es el permanente déficit hídrico en la región. Ya que cuenta con precipitaciones que no alcanzan los 200 mm de lluvia al año (INAMHI, 2012), y el agua que cubre el consumo humano y agropecuario proviene y depende del sistema de trasvase de agua de Daule – Peripa, a través de la presa Chongón.

2 Consultado en: Diario Hoy: <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/santa-elena-ya-es-provincia-24-281812.html>, 8 de noviembre del 2007.

1.2. Problema

Como se menciona anteriormente, a pesar de que la principal actividad económica de la provincia es la pesca, sectores productivos como la agricultura, ganadería, acuacultura y turismo; tienen gran potencial para contribuir al desarrollo de Santa Elena. Pero estos sectores ven como principal limitante el déficit hídrico de la zona, al contar con precipitaciones que apenas alcanzan los 200 mm al año.

Para paliar esta problemática CEDEGE construyó el sistema Traslase Santa Elena para conducir agua del río Daule hacia la provincia.

Pero debido a diferentes factores como la crisis financiera del año 2000, la zona no ha visto el desarrollo económico esperado, teniendo apenas un aproximado del 15% de área sembrada en comparación de la planteada en el diseño original.

De allí que merece análisis la situación actual de la provincia para conformar programas que incentiven, fomenten y mantengan el desarrollo de los principales frentes de productivos de la zona, pero más importante aún es plantear estudios para determinar la disponibilidad real del recurso.

1.3. Justificación

Según datos del VII Censo Poblacional y Vivienda, el crecimiento poblacional de Santa Elena en comparación con el Censo del 2001, es mayor a la media nacional, siendo en el orden del 23,27% (INEC, 2010). Este incremento superior a lo esperado en el crecimiento poblacional, sugiere que el resto de factores de demanda de agua también se han incrementado de una forma mayor a lo proyectado años atrás.

Sin embargo, a pesar de este crecimiento el desarrollo obtenido hasta la fecha no ha sido el esperado con la construcción del Trasvase Santa Elena, como consecuencia de la falta de capacidad financiera, una baja densidad poblacional en zonas rurales de la provincia y la falta de tradición agrícola.

Con la condición de provincia nueva que tiene la Península de Santa Elena, se plantean nuevas dinámicas poblacionales que tienen como reto emprender un desarrollo de manera ordenada y planificada.

En este marco, los proyectos productivos para la Península deben establecer proyecciones que contemplen este factor. Para lo cual el actual estudio presenta un conjunto de escenarios que programan un desarrollo coordinado con las iniciativas del estado. Políticas como la no importación de maíz y el incremento de producción de etanol para la producción de biocombustible, establecen un ambiente óptimo para el desarrollo agroindustrial de la provincia.

De esta forma, con el uso de proyecciones estadísticas y programas para cálculo de requerimientos hídricos de cultivos, se determinará la cantidad de agua que la zona demandará del trasvase y con esto la suficiencia o incapacidad para cubrir esta necesidad.

1.4. Objetivos

Objetivo General

- Comprobar la capacidad de las obras civiles construidas por CEDEGE dentro del PHASE para sostener el desarrollo proyectado de la Península de Santa Elena.

Objetivos Específicos

- Inventariar los cultivos presentes con sus respectivas demandas en el área de influencia del Tránsito Santa Elena.
- Calcular la demanda hídrica del área de influencia, sumando los usos consuntivos y las posibles pérdidas del recurso en la región.
- Establecer escenarios de posibles aumentos de demandas de agua, comprobando la suficiencia de las obras del PHASE para sostenerlas.

1.5. Descripción del estudio

La Península de Santa Elena se ha caracterizado por ser una amplia zona con un muy alto potencial agrícola, pero su desarrollo se ha visto limitado debido a la poca disponibilidad de agua en la región.

En respuesta a esta situación CEDEGE puso en marcha en 1984 la construcción del PHASE, que trasvasaría aguas del río Daule a la provincia de Santa Elena. El PHASE no fue llevado a cabo en su totalidad, sufriendo ciertos cambios de diseño, pero en la actualidad se lleva a cabo la construcción del proyecto Trasvase Chongón – San Vicente, con el que se completará el sistema ideado en un principio.

El presente trabajo busca servir de herramienta para pronosticar el desarrollo de la Península al año 2020, tomando en cuenta los principales factores de demandas y sus posibles incrementos.

Se utilizarán proyecciones de crecimiento poblacional de la zona, suministrado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en donde se incluirá la población flotante debido a la alta influencia turística del sector.

Asimismo, se contemplará la proyección de demanda de agua para consumo pecuario, que se calculará haciendo uso de la herramienta ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua), que proyecta estadísticamente el crecimiento del sector agropecuario en base al último Censo Nacional Agropecuario (CNA).

Sumando además, la creación de posibles escenarios de crecimiento agrícola del sector, utilizando el software para riego CROPWAT 8.0 (FAO, 2009), que identificará técnicamente las necesidades de agua para cada cultivo establecido en la zona de estudio.

Y por último, contemplando los consumos de difícil contabilización como evaporación y pérdidas indeterminadas de agua del sistema.

Esta herramienta será de vital importancia para conformar un plan de desarrollo de la Península de Santa Elena, sugiriendo las directrices para el óptimo uso del agua en vías de un mejor manejo del recurso.

2. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Descripción física de la zona

2.1.1. Climatología

Clima

Según Fundación Santiago de Guayaquil (2011), el clima tropical megatérmico árido a semiárido es el más representativo de la Provincia de Santa Elena. Las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24°C, las máximas rara vez superan 32°C y las mínimas son del orden de 16°C.

Las precipitaciones anuales son inferiores a 500 mm y están concentradas en una sola estación lluviosa, de enero a abril.

ACOTECNIC (2010), nos dice que el clima que se encuentra en la zona está influenciado por varios factores, y podemos mencionar:

- La presencia de la corriente cálida de El Niño que en los meses de enero a abril, produce precipitaciones sobre todo en la parte alta de la cordillera.
- La presencia de la corriente fría de Humboldt que al encontrarse con la corriente de El Niño la empuja hacia el interior del continente.
- La desertificación existente en las partes bajas de la cordillera y en los valles internos de la misma.

En el Gráfico 1 se contemplan los diferentes climas existentes en el área de estudio.

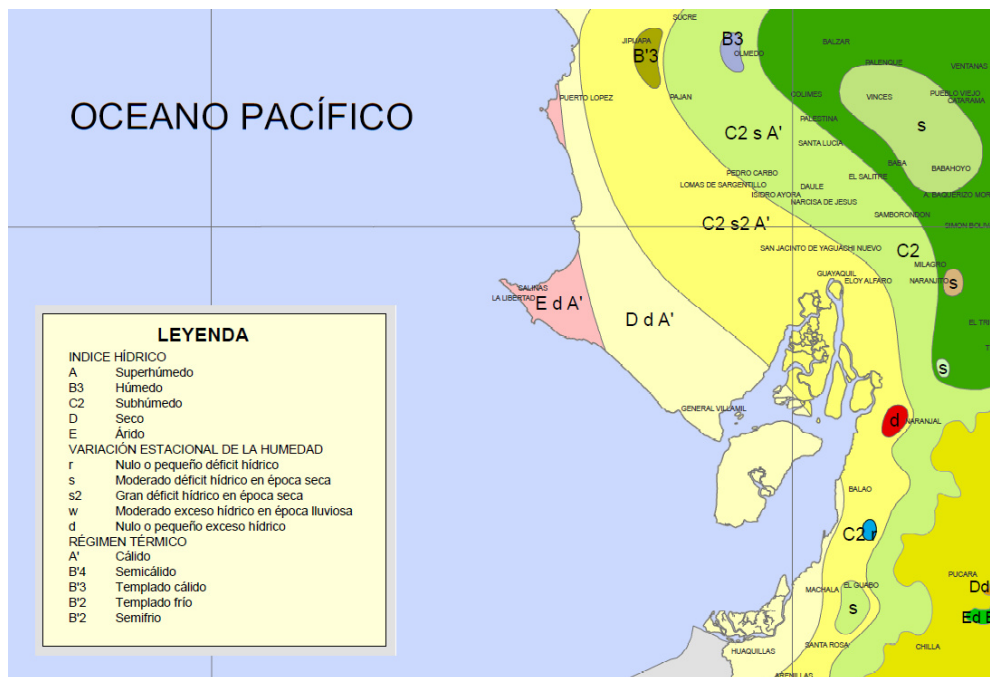


Gráfico 1: Tipos de clima
 Fuente: Climas del Ecuador - INAMHI

Como podemos apreciar existen 3 clasificaciones generales en las características climáticas del sector:

- E d A': Árido, nulo o pequeño exceso hídrico y cálido
- D d A': Seco, nulo o pequeño exceso hídrico y cálido
- C2 s2 A': Subhúmedo, gran déficit hídrico en época seca y cálido

Temperatura del aire

La temperatura media anual se encuentra entre los 23,5 y 25,2 °C, siendo menor en los meses de julio a septiembre. La siguiente tabla resume los promedios de temperatura mensual y anual, durante el período de una década en la estación Santa Elena de código MB06.

Tabla 1: Temperatura media (°C) mensual y anual, estación Santa Elena.

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
2002	25,4	-	26,4	-	-	-	21,8	-	-	-	-	-	24,5
2003	25,7	26,3	26,6	25,8	25	22,3	21,2	21,9	20,4	22,4	22,4	24,6	23,7
2004	25,1	26,5	26,8	25,8	24,6	21,5	20,9	20,7	21,9	22,4	22,2	23,4	23,4
2005	25,5	26,1	26,1	27,3	23,6	21,7	21,6	20,8	21	20,9	22,5	23,4	23,3
2006	25,5	26,5	26,6	25,2	24	22,6	21,6	-	-	22,6	-	-	24,3
2007	-	-	-	-	-	-	-	20,6	21,7	22,9	-	-	21,7
2008	24,8	25,6	26,1	25,9	23,6	22,9	22,9	22,5	22,2	21,5	22	23,7	23,6
2009	25,3	25,8	26,1	25,7	-	-	-	-	-	-	-	-	25,7
2010	25,8	26,5	26,8	26,9	25,2	23,1	22,2	20,9	21,6	21,2	21,5	23,9	23,8
2011	26,2	26,4	26,9	27,2	25,7	24,8	23,4	21,6	21,6	20,9	21,9	23,6	24,1
2012	25,7	26	27	26,9	26	24,8	22,8	21,7	21,9	21,8	22,4	24,1	24,2

PROMEDIO 23,9

Elaboración: Autor

Fuente: Anuario meteorológico - INAMHI

El promedio de temperatura en el sitio oscila de 23 a 26 grados centígrados. El promedio de meses secos que hay en el sector son de 10,5 meses, y tiene un viento dominante del sur.

En el Gráfico 2 según información del INAMHI, se distinguen los rangos de temperaturas en el área de estudio.

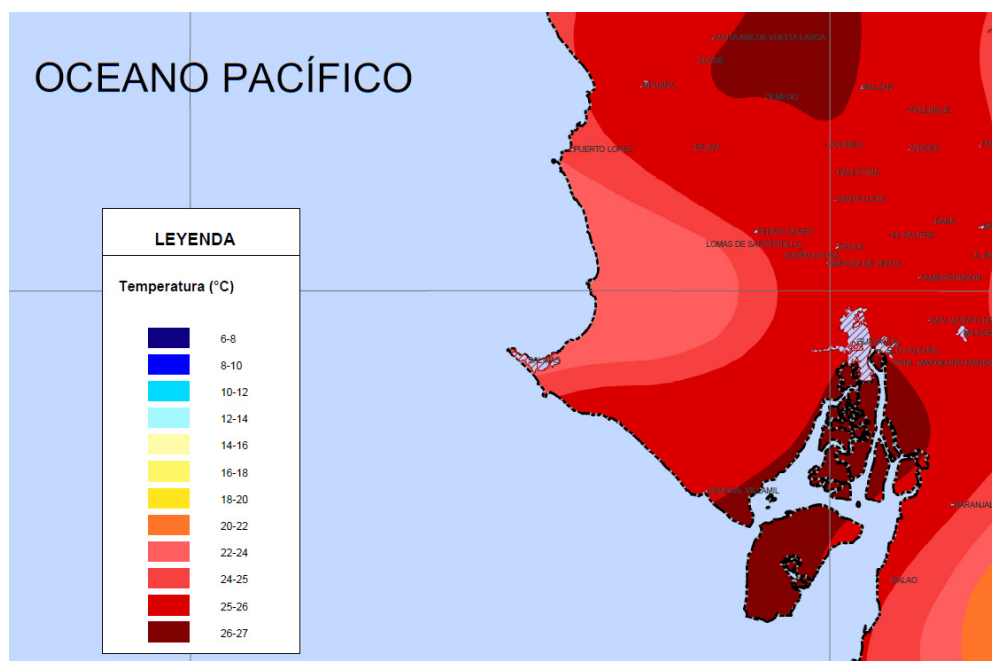


Gráfico 2: Rangos de temperaturas

Fuente: Mapa de temperatura media Multianual - Serie 1965 -1999 - INAMHI

La ilustración efectuada por INAMHI, demuestra el rango de temperatura que existe en el sector, fluctuando entre 22 a 26 °C.

Precipitación pluvial

La Tabla 2 evidencia las precipitaciones acontecidas en el periodo de una década, registradas en la estación Santa Elena (MB06) del INAMHI.

Tabla 2: Precipitación mensual (mm), anual y media, estación Santa Elena.

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA	MEDIA
2002	14,4	-	436	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-		
2003	12,6	82,1	20	23,8	0,6	0,3	1,1	1,1	0,9	2,2	2	0,4	147,1	12,2
2004	8,3	10,2	3,4	2,8	8,7	0	2,8	0,5	3	1,8	0,4	0	41,9	3,4
2005	0,6	9	16,4	11,4	0	0	0	0	0,5	1,9	0,2	1	41	3,4
2006	12	130,7	6	0	0,8	0	0	-	-	0,2	-	-		
2007	-	-	-	-	-	-	-	1,7	1	0	-	-		
2008	59,9	214	176,8	0,3	7,4	0,2	0,2	0,6	0,5	0,1	4,2	0	464,2	38,6
2009	105,7	64,3	11,8	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
2010	3,9	97	14,9	14,6	0,6	0,1	1,6	1,4	0,6	0,6	1	1,5	137,8	11,4
2011	20,3	4,2	0,3	17,5	0	0	2	1	0	0	0,3	0,6	46,2	3,8
2012	99,9	77,6	58,6	26,5	0,8	0	0	0	0	0,3	0	0	263,7	21,9

Elaboración: Autor

Fuente: Anuario meteorológico - INAMHI

En la Tabla 2 se evidencia la inconstancia para el levantamiento de información, teniendo datos completos apenas de los últimos 3 años (2010, 2011 y 2012).

Fundación Santiago de Guayaquil (2011), nos comenta que la precipitación pluvial disminuye de Este a Oeste, siendo menor en la puntilla de Salinas, donde cae menos de 250 mm de lluvia al año. En la mayor parte de la costa ecuatoriana, se concentra en los meses de enero a abril, siendo de julio a diciembre un periodo completamente seco. Lo prolongado de la estación seca y de baja precipitación especialmente hacia el sector Sur Oeste de la provincia, son las principales limitantes para la ejecución de proyectos de recuperación de la vegetación forestal.

Estas aseveraciones se evidencian en la ilustración del INAMHI (Gráfico 3), donde se representa el rango de precipitaciones del área de estudio.

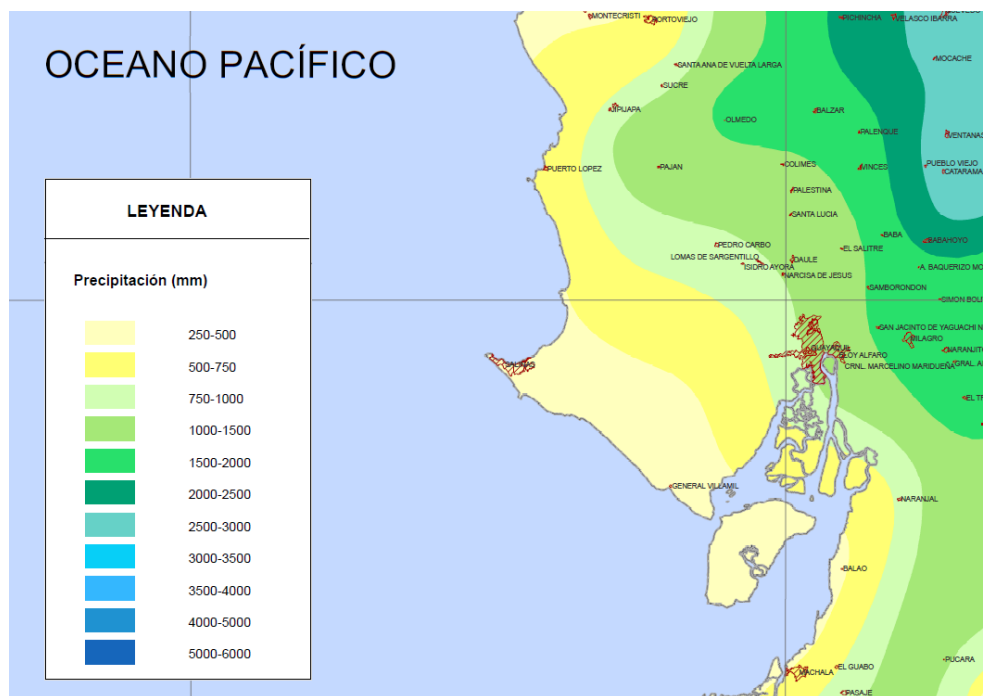


Gráfico 3: Rango de precipitaciones

Fuente: Mapa de precipitaciones Multianual – Serie 1965 – 1999 - INAMHI

Las precipitaciones presentadas en el Gráfico 3, se estiman conservadoras al presentar rangos en el orden de 250 a 750 mm de lluvia al año.

Bioclima

Según Marín y Noboa (2011):

“De acuerdo con la clasificación del Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador (Cañadas, 1983), la península de Santa Elena se encuentra en la región (1) Desértica Tropical. Se caracteriza por tener una precipitación anual promedio inferior a 200 milímetros y cuya temperatura media anual oscila entre 23 y 26°C.”

En Cañadas (1983), se menciona que la región Desértica Tropical se encuentra entre elevaciones entre 0 y 300 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), y su temperatura oscila entre 23 y 26 °C, con precipitaciones anuales menores a 200 milímetros. En su faja costera la influencia de la corriente del Humboldt es muy marcada, lo que provoca una menor temperatura y menor densidad de lluvias.

Ecosistemas

A) Ecosistemas Terrestres

Conforme a Sierra (1999) y su sistema de clasificación de formaciones vegetales, en la provincia de Santa Elena se han identificado 3 ecosistemas terrestres y 9 formaciones vegetales, que se presentan a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3: Ecosistemas terrestres y formaciones vegetales de la provincia de Santa Elena

Ecosistema	Formación vegetal	Área
Bosque Húmedo de la Costa (bhc)	Bosque de Neblina Montano Bajo de la Cordillera de la Costa	3.677,70
	Bosque Siempreverde de Tierras Bajas de la Costa	1.480,22
	Bosque Siempreverde Montano Bajo de la Cordillera de la Costa	0,32
	Bosque Siempreverde Piemontano de la Costa	6.409,34
Bosque Seco Occidental (bsoc)	Bosque Deciduo de Tierras Bajas de la Costa	22.262,72
	Bosque Semideciduo de Tierras Bajas de la Costa	10.092,98
	Matorral Seco de Tierras Bajas de la costa	24.991,00
	Sabana Arbustiva	23.351,91
Manglar (m)	Manglar	32,50
TOTAL (Ha)		92.298,69

Elaboración: Autor

Fuente: Fundación Santiago de Guayaquil, 2011

De esta clasificación nos comenta Fundación Santiago de Guayaquil (2011), que se caracteriza de la siguiente manera:

Bosque húmedo de la costa (bhc)

Son zonas boscosas con árboles de gran altitud. Es característica la presencia de un gran número de especies epífitas, trepadoras y herbáceas, que en conjunto con grandes árboles son densas y tupidas. Encontramos este tipo de ecosistema en la cordillera Chongón - Colonche. Ocupa apenas un 12% del territorio de la provincia, pero es el principal retenedor y aportante de agua dulce, por lo que los acuíferos y

cuencas de la provincia, y la biodiversidad silvestre dependen en gran medida de este ecosistema para garantizar su subsistencia.

Bosque seco occidental (bsoc)

Este ecosistema se caracteriza por la presencia de vegetación seca y espinosa, que se la encuentra desde los 50 hasta los 300 metros de altitud. También, es característica la presencia de cactus y leguminosas. La vegetación arbórea es dispersa y no llegan a formar unidades densas. Al contrario, la vegetación herbácea es densa, encontrando la presencia de helechos y pastos. Ocupa la mayor cantidad del territorio de la provincia de Santa Elena (87 %).

Manglares (m)

Llamados también bosques de mangle, los manglares son hábitats asociados, que crecen en la frontera entre las aguas marinas y la tierra firme. En la provincia de Santa Elena prácticamente han desaparecido los manglares, y únicamente quedan remanentes de los mismos, en zonas como Palmar, en la parroquia Colonche, y en las desembocaduras de los ríos Olón, Manglaralto, Playa Bruja y Valdivia, donde existe el interés de la comunidad por proteger la vegetación remanente, lo que da la posibilidad de recuperar este ecosistema.

B) Ecosistemas Marinos y Costeros

Acerca de los ecosistemas marino – costeros, la Fundación Santiago de Guayaquil (2011), expone:

En la provincia de Santa Elena existen 10 de los 14 ambientes oceánicos, lo que expresa una gran diversidad de ecosistemas marinos. Estos ambientes son: islas (islotas), terrazas arrecifales, barreras aluviales, plataforma continental de fondos suaves y duros, talud continental, cañón submarino, planicie abisal, cordillera submarina y fosa oceánica. La plataforma continental es la planicie submarina de pendiente suave, que se extiende desde la línea de costa hasta 200 m de profundidad. El lecho de la plataforma presenta una gran diversidad de hábitat.

Recursos Hídricos

A) Agua subterránea

La Fundación Santiago de Guayaquil (2011), menciona que la evapotranspiración es mayor que la precipitación, la cual se muestra en forma de lluvias intensas de corta duración. Esto hace que la escorrentía se concentre en estrechas zonas de recarga. A su vez la salinización, por la evaporación, es una consecuencia inmediata en el agua subterránea. Por esta razón el contenido salino es mayor hacia aguas abajo. El

ejemplo notable es el valle de Javita, donde la transición del bambú hasta el cactus ocurre en menos de 2 km.

La mayor parte del agua subterránea de la península tiene una pobre calidad química para la agricultura.

B) Ríos de la región

ACOTECNIC (2010), indica que muchos cauces de ríos permanecen secos en el verano; teniendo caudal únicamente en la estación lluviosa, la cual va desde enero al mes de abril.

Los principales ríos y esteros que se encuentran son: río Javita, río Balsas, río Hondo, río Camarona, estero Leoncito y estero Bejuco.

Suelos

Fundación Santiago de Guayaquil (2011), explica que los suelos muestran una matriz limo-arenosa que engloba cantos angulosos, areniscas y lutitas, de diámetros milimétricos, dispuestos caóticamente.

Estos suelos cubren especialmente los sectores medios y bajos, cercanos a las rupturas de las pendientes. Gran parte (48%) de la superficie de la Provincia de Santa Elena contiene terrenos planos a ligeramente ondulados, con pendientes inferiores al 5%(valles del Javita y Nuevo). Los valores más altos de pendiente corresponden a los cauces de tercer orden de los valles juveniles de los ríos Olón, Cadeate, Guangala y Nuevo.

Recursos naturales no renovables

A) Petróleo

El petróleo es el principal recurso natural no renovable que se encuentra en la provincia de Santa Elena. La historiadora Jenny Estrada en su libro “Ancón en la Historia Petrolera Ecuatoriana” (2001), señala que el petróleo de la península de Santa Elena se lo conocía desde antes de la llegada de los españoles a estas costas. Y en 1911, se perforó el primer pozo petrolero, denominado Ancón 1.

En el 2002, PACIFPETROL empezó a operar los pozos de Ancón con una producción de 1.100 barriles diarios, y en julio pasado se ubicó en 1.550 barriles.



Fotografía 1: Panorama de la estación principal de almacenamiento y transferencia de crudo.

Fuente: PACIFPETROL³

En la Fotografía 1 se muestra las instalaciones de la Casa Bomba, principal instalación de almacenamiento y transferencia de crudo de la empresa PACIFPETROL.

En agosto del 2008, se inauguró en la comunidad de Monteverde, la primera planta de extracción de gasolina y deshidratación de gas natural en Ancón, en la provincia de Santa Elena.

B) Minería

Fundación Santiago de Guayaquil (2011), menciona:

El potencial minero de la Provincia de Santa Elena está constituido principalmente por la minería no metálica y rocas de uso industrial, siendo el área de la construcción la que utiliza aproximadamente el 90 % de la producción. Existe una variada gama de éstas rocas, entre los que se destacan las calizas, diatomitas, arcillas, bentonitas, zeolitas, arenas y materiales de construcción; éstos sirven de materia prima para industrias como el cemento, cerámica, vidrio, fertilizantes, alimentación animal, construcción, para elaborados que se utilizan en la industria azucarera, metalurgia, fundición, agricultura, química, pinturas, detergentes, papelera, farmacéutica. Además de materia prima para la descontaminación de piscinas camaroneras y tratamiento de aguas servidas o para la potabilización de la misma.

Áreas protegidas y bosques protectores

³ Consultado en: www.pacifpetrol.com, noviembre del 2013.

La provincia de Santa Elena cuenta con 3 áreas protegidas reconocidas por el Ministerio de Ambiente, que se presentan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4: Áreas Protegidas y Bosques Protectores de la Provincia de Santa Elena

Nombre	Código	Superficie	Año de creación
Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP)			
Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena	REMACOPSE	Marina: 47.274 Ha Terrestre: 173 Ha	2008
Bosques Protectores			
Cordillera Chongón Colonche	BP180	77.649 Ha	1994
Loma Alta	BP099	1.650 Ha	1987

Elaboración: Autor

Fuente: Fundación Santiago de Guayaquil, 2011

Las 47 mil hectáreas de Reserva Marino Costera tienen como fin la conservación de los ecosistemas y con cerca de 80 mil hectáreas de zonas terrestres protegidas, la provincia busca la conservación de las cuencas hidrográficas.



Gráfico 4: Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena

Fuente: Mapa de la REMACOPSE ⁴

En el Gráfico 4 se ilustra la Reserva Marino Costera de la Península y su gran extensión, en su mayoría en zona oceánica.



Gráfico 5: Bosques protectores de la Provincia de Santa Elena
Fuente: Acción Ecológica ⁵

En el Gráfico 5 se ilustra igualmente la extensión de los bosques protectores con que cuenta la Península de Santa Elena.

⁴ Consultado en: REMACOPSE: <http://remacopse.blogspot.com/search/label/MAPAS>, noviembre del 2013

⁵ Consultado en: Acción Ecológica: <http://mapas.accioneologica.org/Santa-Elena/feed/rss.html>, noviembre del 2013

2.1.2. Flora y fauna

A) Flora

Fundación NOBIS (2010), comenta que florísticamente, la zona de vida Matorral Desértico Tropical, tiene afinidad con el Desierto Tropical, provocando un cambio gradual, influenciado por el incremento de la precipitación, la presencia de las estribaciones de las cordilleras de Chongón - Colonche, los ríos de corriente continua o intermitente que cruzan esta formación y a determinadas y localizadas influencias atmosféricas. Las partes montañosas de esta formación están cubiertas de un bosque predominantemente deciduo y más o menos denso. En dirección a la cordillera de Chongón y Colonche, existe una marcada dominancia del cactus Candelabro, comienza a aparecer con mayor frecuencia el Palo Santo, el Barbasco y Huasango. Es fácil encontrar también Algarrobo, Muyuyo, Niguito, y Mesonera. En la sabana predominan las gramíneas como Pasto Bermuda, Cadillo, Pata de gallina.

En forma esporádica, dentro de esta formación se encuentra uno que otro ejemplar de Ceibo, y el Bototillo. En cuanto a la zona de vida desierto Tropical, se compone en gran parte de pampas y colinas. En la faja costera domina el Floron Cacabus, el Cadillo, Pata de gallina, y Heliotropo. Detrás de esta faja, o en las depresiones se pueden encontrar arbustos pequeños como el Muyoyo, Arrayancillo y el Espino. La sabana, la cual es muy seca, se encuentra cubierta de gramíneas.

B) Fauna

Asimismo, según Fundación NOBIS (2010), en esta región pueden encontrarse aves continentales, aves migratorias y aves endémicas. En las piscinas de ECUASAL se pueden observar diferentes especies de aves playeras, entre las más comunes están la cigüeñela y el chorlito nevado, entre las aves acuáticas tenemos: pelícanos, gaviotines, cormorán, garzas, gaviotas y el flamenco Chileno.

De igual forma enuncia:

En los estudios realizados por la Bióloga Carmen Bonifaz de Elao, se menciona que entre los mamíferos que se pueden encontrar al norte de la Península de Santa Elena tenemos: el zorro, mico, mono aullador, oso hormiguero, perezoso, conejo, ardilla, guanta, guatusa, cabeza de mate, tigrillo, gato de monte, venado gris, venado colorado, venado blanco y saíno.

En la Península de Santa Elena, algunos habitantes se dedican a la pesca. A continuación se mencionan algunos puertos pesqueros artesanales ubicados en la costa de la provincia del Guayas, cuyos pobladores se dedican a la pesca y comercialización, generando fuentes de trabajo e ingresos económicos de forma directa o indirecta a los pescadores y sus familias.

Tabla 5: Especies capturadas en puertos pesqueros artesanales

Puerto Pesquero Artesanal	Especies capturadas
La Rinconada	corvina, sierra, pargo, torno, langosta
Valdivia	picudo, sierra, pargo, sardina, cabezudo, camarón
San Pedro	corvina, lisa, sierra, pargo, róballo, camarón, perela, langostino, cabezudo
Ayanque	lenguado, corvina ñata, lisa, pargo, róballo, perela, langostino, cabezudo, torno, barriga, juma, cachema, langosta
Palmar	barriga, juma, cachema, camarón, cabezudo, bonito, botellita, pargo, carita, corvina de roca, perela, menudo
Jambelí	barriga, juma, corvina, cachema, sardina, picuda, lisa, menudo
Monteverde	corvina, pargo, roncador, torno, róballo, sierra, langostino
San Pablo	pargo, corvina, róballo, perela, camotillo, torno, sierra, camarón
Santa Rosa	dorado, bonito, albacora, picudo, espada, tiburón, pargo, lenguado, corvina de roca, angelote
Anconcito	dorado, bonito, albacora, picudo, perela, corvina de roca, camarón
El Real	róballo, langostino, langosta
Puerto Chanduy	camarón, corvina, langosta, róballo, sierra, tollo, lisa, bagre, pargo, pinchagua, macarela, roncador, ostra

Elaboración: Autor

Fuente: Instituto Nacional de Pesca (INP), 1999

En la Tabla 5 se enlistó las diferentes variedades de fauna marina que se capturan y se comercializan en los puertos artesanales de la provincia.

- **Macro-invertebrados**

Según Fundación Santiago de Guayaquil (2011), en las costas oceánicas se han registrado 22 especies de macro-invertebrados representados principalmente por equinodermos, moluscos y crustáceos. Se identificaron 6 especies comerciales: 2 especies de pepinos de mar; 1 gasterópodo o caracol; 1 pulpo; 1 concha abanico y 1 langosta verde.

- **Mamíferos marinos**

En el área marina de la Provincia de Santa Elena, se han registrado 16 especies de mamíferos marinos, pero existe la posibilidad de encontrar las 24 especies registradas en el mar territorial ecuatoriano. (Fundación Santiago de Guayaquil, 2011).

- **Fauna Terrestre**

Según ACOTECNIC (2010), en la provincia de Santa Elena se puede encontrar al venado de cola blanca, venado colorado, pecarí de collar blanco, zarigüeya, jaguar, puma, lobitos de río o nutria, tapir y mono aullador.

2.1.3. Análisis demográfico estadístico

Santa Elena tiene una población residente de 308.693 habitantes (INEC, 2010), de acuerdo a los datos preliminares del Censo de Población y Vivienda del 2010. Esto representa un crecimiento del 29,22% con respecto a la población que reportó el Censo del 2001 (Fundación Santiago de Guayaquil, 2011).

La Península de Santa Elena se caracteriza por tener un alto porcentaje de población flotante que se concentra en los balnearios a lo largo de las playas de Salinas, La Libertad, Ballenita, Mar Bravo, Ancón y otras playas del norte. La mayor infraestructura se encuentra en el cantón Salinas con edificios y construcciones vacacionales. La época de mayor turismo son los meses de enero a abril, que es temporada de playa debido al clima y a la temperatura del mar. Existe la época vacacional de la sierra durante los meses de julio a septiembre con menor afluencia de gente por ser época fría (Velástegui y Veloz, 2007).

Según el Censo de Población y Vivienda del 2010, de la población total de la provincia, el 46,67% vive en la parroquia Santa Elena, el 31,08% viven en La Libertad, mientras que Salinas concentra el 22,25% de la población de la provincia. (INEC, 2010)

A nivel urbano habita el 100% de la población de La Libertad, el 50,56% de la de Salinas y el 27,54% de Santa Elena, siendo este último cantón el que concentra la mayor cantidad de población rural con el 72,46% de sus habitantes. En la provincia de Santa Elena la población rural representa un alto 44,82% del total, que habitan en seis parroquias rurales del cantón Santa Elena y en dos de Salinas (Fundación Santiago de Guayaquil, 2011).

En el Gráfico 6 se muestra el porcentaje de concentración poblacional de la Provincia de Santa Elena, distribuido por cantones.

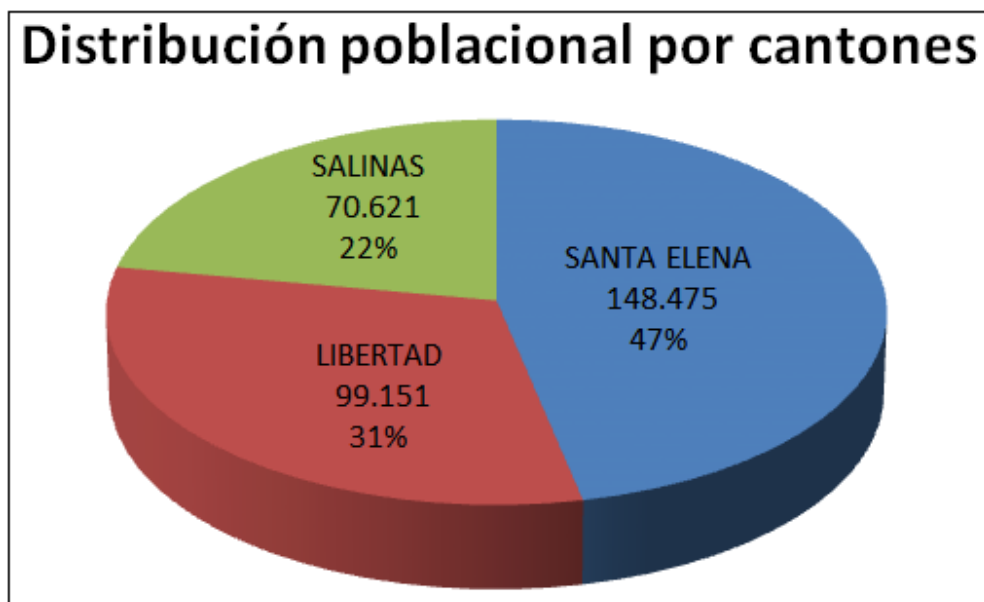


Gráfico 6: Distribución poblacional de la Provincia de Santa Elena
Fuente: INEC

Como se describe en la ilustración, casi la mitad de la población de la provincia habita el cantón Santa Elena, pero esto se contrasta con la extensión en kilómetros cuadrados de los demás cantones que apenas representan poco más del 3% de la extensión total de la provincia. Esta situación se debe a que La Libertad y Salinas, son parroquias urbanas que concentran la población a causa de su relevancia turística.

2.2. Plan Hidráulico Acueducto de Santa Elena (PHASE)

A continuación se elabora una descripción de las obras diseñadas y construidas para el Plan Hidráulico Acueducto de Santa Elena. Esta descripción es tomada enteramente de los archivos del Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), organismo adscrito al Ministerio de Fomento del Gobierno de España y que fue la encargada de la elaboración de los estudios del PHASE.⁶

2.2.1. Descripción de las obras del PHASE

El río Daule, con una aportación media de algo más de 11.000 hm³/año, constituye el límite nororiental de la península de Santa Elena y pertenece al sistema hidrográfico del Guayas, que es el más importante de la vertiente Pacífica de Suramérica. La

⁶ Consultado en: CEDEX: http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/, noviembre del 2013

notable irregularidad temporal de los caudales del Daule ha sido paliada en gran medida con la construcción, en los años 80, de la presa Daule - Peripa cuyo embalse alcanza los 6.000 hm³ de capacidad. La Península de Santa Elena constituye un territorio con buenas condiciones climáticas y edafológicas para producción agrícola mediante regadío, pero la acusada aridez de gran parte de este territorio motiva que sea uno de los sectores más deprimidos del litoral ecuatoriano.

La vieja aspiración ecuatoriana de trasvasar aguas del río Daule a la Península para promover su desarrollo integral, se vio plasmada en el Convenio de estudios para la realización del diseño del Plan Hidráulico del Acueducto de Santa Elena (1979).

En la gráfica a continuación se muestra el esquema planteado en un principio para la distribución del recurso hídrico a las áreas destinadas para el desarrollo agrícola.

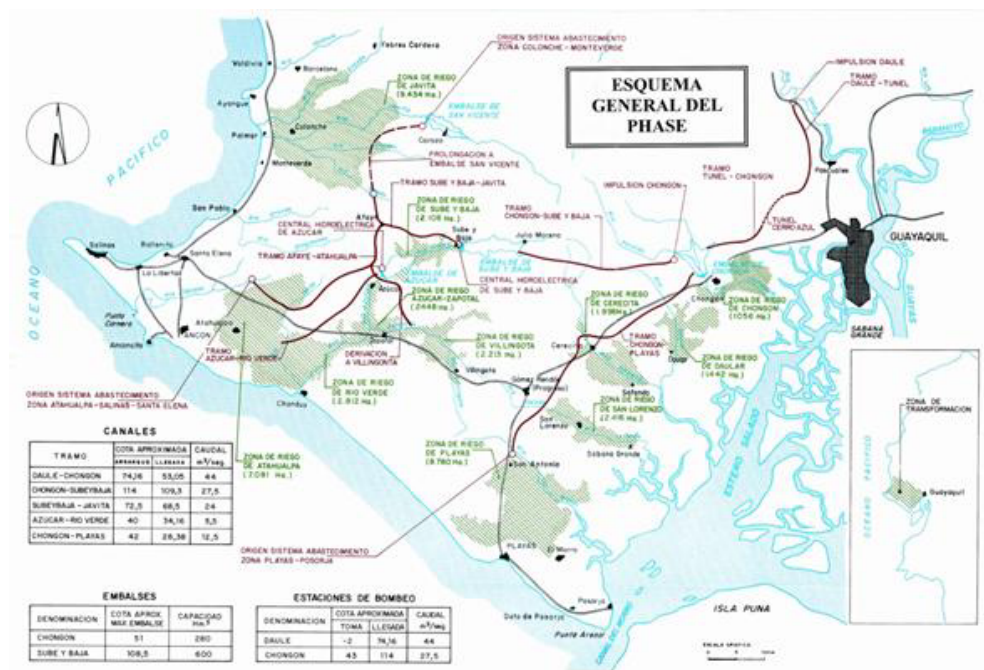


Gráfico 7: Esquema General para el Plan Hidráulico Acueducto de Santa Elena
Fuente: CEDEX

En el esquema se plantean canales para trasvasar el agua proveniente del río Daule, a zonas de regadío que cuentan con óptimas condiciones para el desarrollo agrícola.

Los objetivos del diseño del Plan Hidráulico del Acueducto de Santa Elena (PHASE) son, pues, la transferencia de recursos hídricos desde la cuenca excedentaria del Daule a las áreas áridas de la Península, con fines de producción agropecuaria, potenciación de la producción industrial, y abastecimientos para el desarrollo urbano y turístico. Es decir, un ambicioso plan de desarrollo integral de la península de Santa Elena.

En el esquema planteado a continuación se esboza un esquema de distribución del recurso contemplando la diferencia de cotas por la variada topografía del sector, evidenciando la necesidad de impulsión del agua hacia zonas con niveles de terreno más elevado.

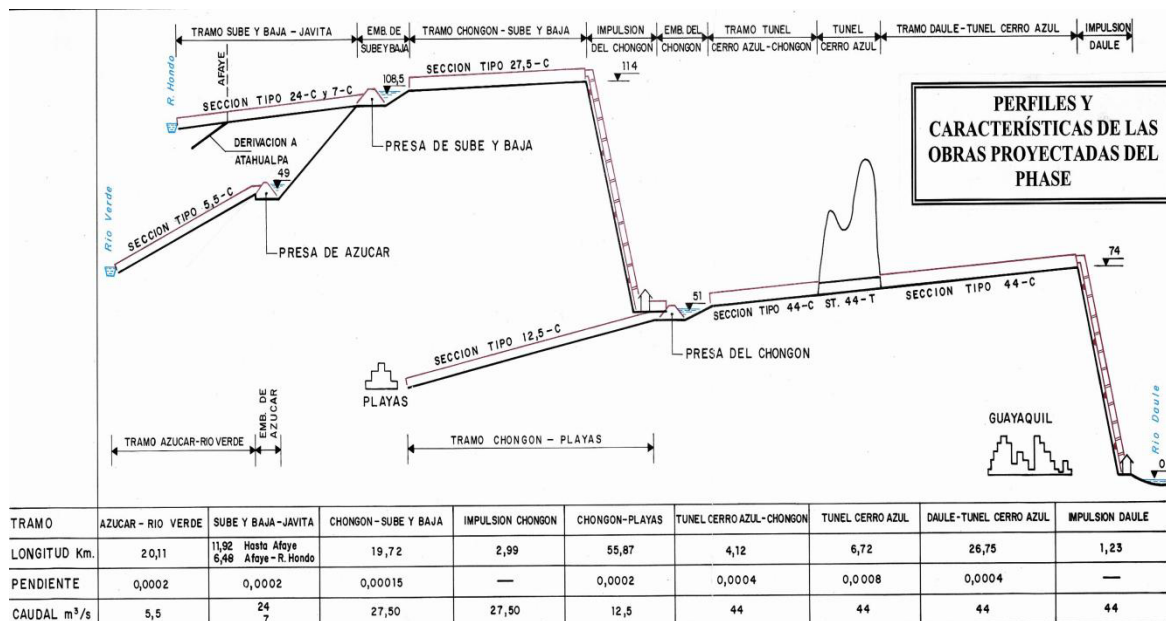


Gráfico 8: Esquema y características de las obras proyectadas en el PHASE

Fuente: CEDEX

Dividiremos las obras de los diseños originales del PHASE en 2 grupos: Eje Dorsal y Ramales Laterales. Cada grupo comprendía las siguientes obras hidráulicas:

A) Eje Dorsal

Estación de bombeo Daule: Es el origen del trasvase en el río Daule. Consta de 4 grupos moto – bomba, capaces de elevar 44 m³/s a 75 m de altura. La impulsión consta de dos tuberías de 2,70 m de diámetro y una longitud de algo más de 1.200 m.

Canal Daule-Túnel: Enlaza con la impulsión de Daule mediante una cámara de carga. Su capacidad es para 44 m³/s y tiene una longitud de 27 km en la que se incluyen cuatro acueductos que suman unos 4 km. En su trayecto se aproxima a las áreas suburbanas de la ciudad de Guayaquil, lo que permitirá en el futuro detraer caudales de abastecimiento a la ciudad, lo cual fue previsto en su dimensionamiento.

Túnel de Cerro Azul: Diseñado para caudal de 44 m³/s en lámina libre. Su sección es en herradura con diámetro aproximado de 5 m. Alcanza una longitud próxima a los 7 km.

Canal Túnel de Cerro Azul – Chongón: Con algo más de 4 km de longitud enlaza el túnel con el embalse de Chongón. El caudal de diseño es también de 44 m³/s.

Embalse de Chongón: Situado sobre el río Chongón de régimen intermitente, constituye un nudo de tránsito y comunicación hidráulica desde el que se toman tanto los caudales para el nivel superior como los del nivel inferior. La obra diseñada consta de un cuerpo de presa de 40 m de altura máxima sobre cauce, que junto a una serie de diques laterales suman unos 5 hm³ de tierras y crean un embalse de 280 hm³ de capacidad.

Estación de bombeo Chongón: Se sitúa en una cola de la margen derecha del embalse de Chongón. Consta de 4 grupos capaces de elevar un total de 27 m³/s a una altura máxima de 70 m a lo largo de aproximadamente 3 km de longitud.

Canal Chongón-Sube y Baja: Conduce las aguas entregadas al final de la impulsión de Chongón hasta la cola del embalse de Sube y Baja. Su capacidad es 27 m³/s y una longitud de 20 km incluyendo unos 1.300 m de acueductos.

Embalse de Sube y Baja: Constituye el eslabón final del eje dorsal y desde él irradian, por intermedio del canal Sube y Baja - Javita, los ramales correspondientes al nivel superior. La presa tiene una altura próxima a los 50 m, con un volumen de materiales sueltos de 2,5 hm³. El embalse alcanza una capacidad de 600 hm³.

B) Ramales laterales

Canal Chongón – Playas: Tiene 55 km de longitud y capacidad para 12,5 m³/s. Parte de la presa Chongón y termina en un embalse de cola desde el cual se toman las demandas para abastecimiento de los núcleos urbanos del área de Playas.

De los ramales del Nivel Superior se diseñaron los siguientes:

Canal Sube y Baja-Javita: Parte del pie de presa de Sube y Baja y, tras un recorrido de 18 km, alcanza la cuenca del río Javita en la que se prevé regar casi 10.000 Ha.

Canal Azúcar-Río Verde: Parte del embalse de Azúcar, existente antes del PHASE, y con una longitud de 20 km, y un caudal de 5,5 m³/s atiende el área regable de Río Verde para 2.800 Ha.

2.2.2. Situación actual del sistema de trasvase

Una vez concluidos los diseños (1984), CEDEGE se planteó la construcción por tramos de las infraestructuras, adjudicando las primeras obras en el año 1987.

Las etapas constructivas, agruparon varios de los proyectos individuales antes reseñados, y recibieron la denominación convencional de:

- Tramo I;
- Tramo II;
- Nivel Superior;
- OCIPSE (Obras Complementarias de Infraestructura de la Península de Santa Elena).

Este orden geográfico no coincide con el orden cronológico de ejecución.

Tramo I

La construcción se llevó a cabo desde mediados del año 93 hasta finales del 95 e incluye los elementos del sistema hidráulico comprendidos entre el origen y el embalse de Chongón, es decir la estación de bombeo Daule, el canal Daule - Túnel, el Túnel de Cerro Azul y el Canal Túnel - Chongón y, además, incluye la segunda mitad del Canal Chongón – Playas (Fotografía 2), es decir el trayecto Cerecita - Playas, pues su primera mitad formaba parte del Tramo II construido con anterioridad.



Fotografía 2: Canal Chongón – Playas
Fuente: CEDEX

Todos los acueductos proyectados fueron sustituidos por sifones de tubería metálica, con el fin de fraccionar en dos etapas la inversión en las estructuras con el fin de acomodar dichas inversiones al ritmo del despegue de las demandas.

Con este criterio, se dotó a la Estación de Bombeo Daule de dos grupos moto-bomba de los cuatro previstos y, asimismo, de las dos tuberías de impulsión se instaló una en esta primera etapa. De las dos líneas resultantes de sifones se instaló una de ellas.

En definitiva, en la etapa construida el acueducto permite transvasar 22 m³/s, la mitad del caudal total de diseño.

Tramo II

Comprende la construcción de la Presa de Chongón, que se aprecia en la Fotografía 3, y la primera mitad del Canal Chongón - Playas, es decir hasta el valle de Cerecita, así como las obras correspondientes a las áreas de riego de Chongón, Daular y Cerecita.



Fotografía 3: Embalse Chongón
Fuente: CEDEX

La fotografía muestra la presa Chongón durante su construcción y llenado.

La construcción del Tramo II, se desarrolló entre finales del año 87 y mediados del 91. En sus elementos esenciales, la construcción no introdujo variaciones respecto a los diseños tanto en la presa como en el canal.

Nivel Superior

De las obras proyectadas en el nivel superior, se han construido, entre los años 95 hasta mediados del 97, las siguientes: Estación de Bombeo Chongón (Fotografía 4),

Canal Chongón - Sube y Baja, y Canal Azúcar - Río Verde. Además, incluyó esta etapa la construcción del Embalse de Cola del Canal Chongón - Playas y la rehabilitación de la presa El Azúcar.



Fotografía 4: Tubería de impulsión de Estación Bombeo Chongón
Fuente: CEDEX

En la imagen se aprecia una sola línea de conducción mediante un sifón, contrario al acueducto ideado en el diseño original.

Con el fin de adelantar la puesta en servicio de parte del Nivel Superior, CEDEGE promovió la ejecución del tramo entre Chongón y Sube y Baja con una capacidad notablemente inferior a la prevista en el esquema original.

Se rediseñó y construyó la estación de bombeo para cuatro grupos moto-bomba de 2,4 m³/s cada uno, de los cuales se instalaron dos.

En la Fotografía 5 se observa el canal a Sube y Baja, que fue rediseñado para 10 m³/s, habiéndose previsto su recrecimiento hasta los 27 m³/s de los diseños originales.



Fotografía 5: Canal Chongón – Sube y Baja
Fuente: CEDEX

En la fotografía se puede apreciar el revestimiento de polietileno de alta densidad en lugar del revestimiento rígido de hormigón, además de labores de protección del talud contra la erosión.

Con los mismos criterios que en el Tramo I, se sustituyeron los acueductos por sifones, instalándose una de las dos líneas previstas para el total de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dado que no se acomete todavía la construcción de la presa de Sube y Baja, las aguas del canal se entregan al río Cachul y discurren por el cauce del mismo hasta la presa El Azúcar.

Tanto en este canal como en el de Azúcar - Río Verde se sustituyó el revestimiento rígido de hormigón por una lámina flexible de polietileno de alta densidad, debido al alto porcentaje de terrenos inestables, principalmente arcillas, que atraviesan la ruta de las obras, lo que requeriría tratamientos muy onerosos para el caso de revestimiento rígido.

Finalmente, al no disponerse del embalse de Sube y Baja, la presa El Azúcar pasa a ser un elemento esencial de regulación y distribución en esta etapa previa de desarrollo del Nivel Superior. Sin embargo, esta presa de tierra, construida en 1967, presentaba una serie de deficiencias que requirieron su rehabilitación global. (Fotografía 6)



Fotografía 6: Estructura de aliviadero de la presa El Azúcar
Fuente: CEDEX

Lo que se muestra en la Fotografía 6, es parte de las obras implementadas para la reconstrucción y el mantenimiento de la presa El Azúcar.

OCIPSE

Estas obras complementarias consisten en esencia en un ambicioso plan para dotar de agua para abastecimiento y saneamiento a los principales núcleos urbanos de la Península. Su construcción comenzó en el año 98 y, por interrupciones financieras, se han concluido a finales del año 2002.

Geográficamente las obras se concentran en dos áreas de la Península: una meridional o Zona I y otra occidental o Zona II.

La Zona I cubre los municipios principales de Playas y Posorja, y otros cinco núcleos de población menores que suman cerca de 70.000 habitantes. La toma de agua cruda se realiza en el embalse de cola del Canal Chongón - Playas.

La Zona II se abastece del Canal Azúcar - Río Verde con una toma situada cerca del final del mismo. El sistema abarca los núcleos más populosos y turísticos, el eje Salinas – Libertad - Santa Elena - Ballenita, además de otra serie de núcleos urbanos menores y se extiende por la costa norte hasta la localidad de San Pablo, con una población total servida de unos 200.000 habitantes.

La presa de San Vicente, que se muestra en la Fotografía 7, situada en la cuenca alta del río Javita, es una presa de tierra de 25 m de altura que embalsa unos 40 hm³.



Fotografía 7: Presa San Vicente
Fuente: Secretaría del Agua

La construcción de esta presa servirá para engranar las últimas obras del PHASE con la actual construcción del Trasvase Chongón – San Vicente.

2.2.3. Área de Influencia Directa (AID)

En la actualidad, Convenio CEDEGE – ESPOL (2009), en el estudio “Proyecto de Actualización del Catastro del Uso Actual del Suelo de las Áreas de Influencia del Sistema de Riego del Proyecto Trasvase – CEDEGE”, menciona que existen un total de 1125 predios dentro de área de influencia del proyecto que se proveen de agua del sistema trasvase, repartidos en cada una de las zonas de riego:

- Canal Daule Túnel Chongón
- Canal Chongón – Playas
- Zona de riego Cerecita
- Zona de riego Chongón
- Zona de riego Daular
- Embalse Azúcar y Canal Azúcar – Río Verde
- Canal Chongón – Sube y Baja
- Embalse Chongón

Cada zona tiene un número registrado de usuarios y concesionarios del agua, pero sólo un pequeño porcentaje de la superficie de los predios está siendo aprovechado para explotación agrícola, esto es lo que describe la tabla a continuación.

Tabla 6: Área total y área cultivada de predios dentro del Sistema Trasvase.

Zona	Área total de predios (Ha)	Área cultivada (Ha)
Canal Daule Túnel Chongón	96	0
Canal Chongón - Playas	10.871	1.774
Cerecita	8.621	3.275
Riego Chongón	3.307	556
Daular	5.868	452
Embalse Azúcar y Canal Azúcar - Río Verde	9.730	1.470
Canal Chongón - Sube y Baja	9.264	1.002
Embalse Chongón	6.586	71

Elaboración: Autor

Fuente: Convenio CEDEGE – ESPOL

Según la Tabla 6 el total de área que abarcan todos los predios, corresponde a 54.343 Ha., de los cuales sólo se encuentran cultivadas 8.600 Has., que corresponde al 15,8% de la superficie total de los predios.

La imagen a continuación, presenta el desglose de las áreas de influencia el PHASE.

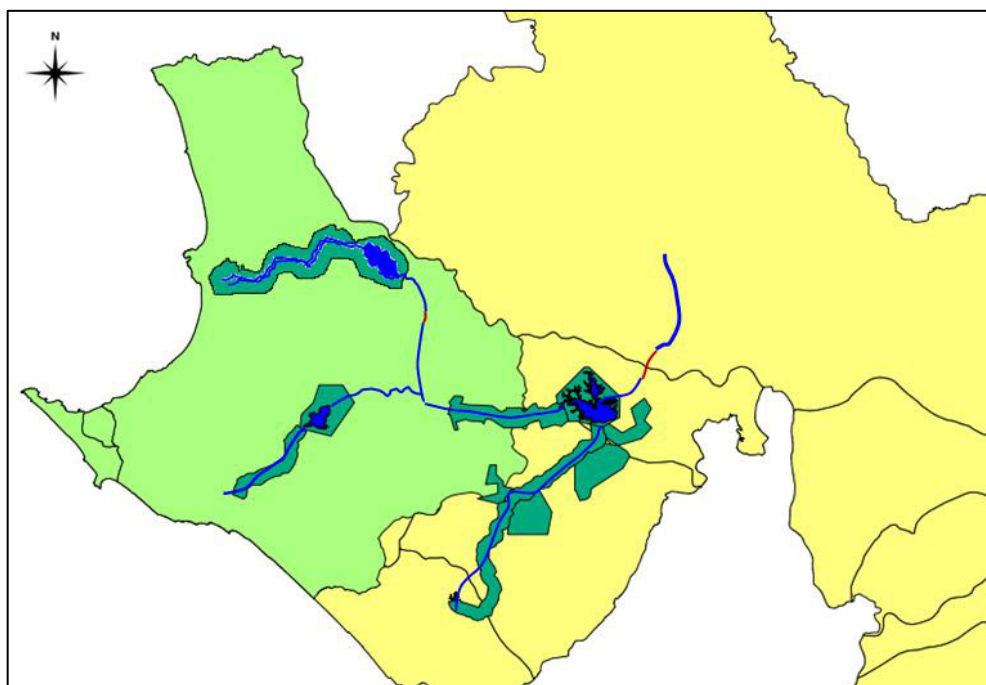


Gráfico 9: Área de influencia del PHASE⁷
Fuente: Autor

El Gráfico 9, muestra las áreas de riego de las estructuras principales del PHASE, donde se aprecia que se encuentra tanto dentro de la provincia del Guayas como de Santa Elena.

⁷ Cabe señalar que el Valle del Javita no se encuentra habilitado, sino hasta después de la culminación del Trasvase Chongón – San Vicente, que alimentará la presa San Vicente con aguas provenientes del Canal Chongón – Sube y Baja.

3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente trabajo fue necesario establecer en primer lugar un balance hídrico de la zona, contemplando todos los factores que aportan agua y todos los que demandan. La superficie a ser estudiada será el área de influencia directa del PHASE. Se contempló la totalidad del proyecto, y no sólo lo construido hasta la fecha, en miras de sumar el aporte al desarrollo que pueda tener el Tránsito Chongón – San Vicente, como obra complementaria del gran Proyecto Hidráulico Acueducto de Santa Elena.

Según el Convenio CEDEGE – ESPOL (2009), el área que abarcan los predios que componen el actual área de influencia del proyecto corresponden a 54.343 Ha, en donde se contabilizaron 1.125 predios.

Dentro de esta área se contabilizaron los cultivos existentes, y mediante el uso del programa CROPWAT 8.0, que es un software libre de programación de riego creado por la FAO, se determinó técnicamente la correspondiente necesidad del recurso para este fin.

Con respecto a las necesidades de agua para atender el consumo humano y pecuario (animales), se utilizó la información proveniente de censos efectuados en el sector. Para la demanda de agua para consumo humano, se usó la información del VII Censo de Población y Vivienda (INEC, 2010), manejando la cantidad de agua para una persona que recomienda técnicamente la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En cuanto a la demanda pecuaria, la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), ofrece un aproximado del número de animales de especies domésticas presentes en la zona.

Por último, se contempló estimaciones de la cantidad de agua que se pierden en el sistema debido a factores climáticos como la evaporación y factores indeterminados como fugas o posibles tomas de agua sin concesión.

3.1. Cálculo de demanda actual

El aporte actual de agua en el sistema hacia la Península es fácilmente determinado midiendo la cantidad suministrada en la Estación de Bombeo Daule. Pero la demanda del recurso debe ser calculada estableciendo las diferentes funciones que este cumple en la región.

Con este criterio se contemplan los siguientes usos del agua:

1. Demanda para uso agrícola
2. Demanda para consumo pecuario

3. Demanda para consumo humano
4. Pérdidas

3.1.1. Demanda agrícola: Uso del software CROPWAT

Para el cálculo de la demanda de agua para uso agrícola, se realizó un inventario de los cultivos existentes de la zona. Haciendo uso de la información suministrada por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP), en el departamento del Instituto Nacional de Riego (INAR), quienes controlan el inventario de los usuarios del sistema, que están clasificados en las diferentes áreas de riego del trasvase.

Los datos provistos son los más recientes, ya que pertenecen al año 2012, y comprenden:

- nombre del propietario del predio,
- el o los tipos de cultivo que posee,
- cantidad de hectáreas sembradas y
- tamaño total del predio.

En los casos de asociación de cultivo, no había forma de determinar la cantidad de hectáreas por cultivo presente; por lo que se decidió utilizar, para fines del cálculo, el cultivo con mayor demanda.

Una vez tabulados los datos para estimar la cantidad de hectáreas de cada cultivo existentes en el AID, se procedió al cálculo de la demanda mediante el uso del software CROPWAT 8.0.

CROPWAT 8.0 para Windows, es un programa informático para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos y las necesidades de riego basado en la tierra, el clima y los datos de los cultivos.⁸

Para el cálculo de los Requerimientos de Agua del Cultivo (RAC), CROPWAT requiere de datos de evapotranspiración (ET_o) de la zona. CROPWAT permite al usuario ingresar valores de ET_o, o ingresar datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, lo cual permite al programa CROPWAT calcular la ET_o aplicando la ecuación de Penman - Monteith (Sánchez, 2013).

Los datos climatológicos que fueron ingresados son⁹:

- Temperatura media (°C)

⁸Consultado en: FAO: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, noviembre del 2013

⁹Los datos climatológicos ingresados pertenecen al año 2012 y fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

- Humedad relativa (%)
- Velocidad del viento (km/día)
- Heliofanía (horas)

A continuación en el Gráfico 10, se muestra la ventana del programa en donde se ingresa información de ubicación del área de estudio y datos climáticos.

Mes	Prom Temp °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	25.7	77	397	5.0	16.9	4.25
Febrero	26.0	84	190	2.5	13.4	3.08
Marzo	27.0	79	190	6.7	20.0	4.37
Abril	26.9	80	190	6.2	18.5	4.09
Mayo	26.0	78	302	5.6	16.5	3.98
Junio	24.8	80	380	2.6	11.7	3.27
Julio	22.8	80	328	1.6	10.5	2.88
Agosto	21.7	83	328	1.2	10.6	2.60
Septiembre	21.9	82	337	2.2	12.7	2.94
Octubre	21.8	83	320	1.8	12.2	2.80
Noviembre	22.4	81	268	1.1	10.9	2.71
Diciembre	24.1	78	311	4.4	15.8	3.67
Promedio	24.3	80	295	3.4	14.1	3.39

Gráfico 10: Ventana de ingreso de datos climáticos
Fuente: Captura de pantalla - CROPWAT 8.0

Al ingresar la información perteneciente al promedio de temperatura, humedad, velocidad del viento e insolación o heliofanía, el programa calcula automáticamente la radiación y la evaporación (Eto).

Asimismo, se ingresa la información de las precipitaciones acontecidas en el año 2012.¹⁰ El Gráfico 11 se muestra la ventana para ingreso de precipitaciones en el programa.

¹⁰ Los datos sobre precipitaciones pertenecen al año 2012 y fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Precipitación mensual - D:\TESIS\CROPWAT\CLIMA\PRECIPITACION 2012.CRM

Estación: SANTA ELENA Método Prec. Ef: Fórmula FAO/AGLW

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	99.9	55.9
Febrero	77.6	38.1
Marzo	58.6	25.2
Abril	26.5	5.9
Mayo	0.8	0.0
Junio	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0
Septiembre	0.0	0.0
Octubre	0.3	0.0
Noviembre	0.0	0.0
Diciembre	0.0	0.0
Total	263.7	125.1

Gráfico 11: Ventana de ingreso de precipitaciones
Fuente: Captura de pantalla - CROPWAT 8.0

Una vez ingresada la información de la precipitación, el programa calcula la precipitación efectiva y la totalidad de milímetros de lluvia en el año.

A continuación, CROPWAT 8.0 procesa información sobre características del suelo como:

- Textura o tipo
- Humedad de suelo disponible total¹¹
- Tasa máxima de la infiltración de la precipitación.
- Profundidad radicular máxima¹²
- Agotamiento inicial de humedad del suelo, esto expresado como porcentaje de agua disponible total (%ADT).
- Humedad del suelo inicialmente disponible.

Para el cultivo de arroz es necesario agregar además de estos datos, los siguientes:

- Porosidad drenable¹³
- Agotamiento crítico para grietas de fangueo.
- Tasa máxima de percolación después del fangueo.

¹¹ La humedad de suelo disponible proviene de la diferencia entre el Punto de Marchitez Permanente (PMP) y la Capacidad de Campo (CC)

¹² La profundidad radicular dependerá del tipo de cultivo con el que se esté trabajando

¹³ La Porosidad Drenable proviene de la diferencia entre la Saturación del suelo (SAT) y la Capacidad de Campo (CC)

- Disponibilidad de agua a la siembra.
- Altura máxima de lámina de agua.

En el Gráfico 12 se muestra la ventana de ingreso de datos de suelo del software.

Gráfico 12: Ventana de ingreso de características del suelo
Fuente: Captura de pantalla - CROPWAT 8.0

Únicamente para el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo de arroz, el programa requerirá esta información extra sobre características del suelo.

Al tratarse de un área tan extensa como lo es el AID del trasvase, la diversidad de suelos y las características de cada uno se vuelven extremadamente complejas de determinar, por esta razón en el presente trabajo se utilizó como referencia el suelo de la Granja Experimental Chongón.¹⁴

Según INIAP (2009), el suelo de la granja es de textura arcillosa, pero al encontrar únicamente información sobre la constitución del suelo expresado en porcentaje de los diferentes tipos que lo componen, fue necesario utilizar la Calculadora de Trabajo para Propiedades Hidráulicas del Suelo (Soil Hydraulic Properties Calculator Work Table¹⁵), que utiliza el Triángulo de Textura de Saxton para determinar las característica hidráulica de un suelo.

¹⁴La Granja Experimental Chongón, fue el sitio de prueba de cultivos de CEDEGE y está ubicada en las coordenadas UTM 975204287 N y 59927848 E.

¹⁵Consultado en: <http://www.pedosphere.ca> : noviembre 2013.

Saxton y Rawls (1986), generaron ecuaciones que calculan las propiedades hidrodinámicas del suelo, a partir de numerosas correlaciones. Las correlaciones fueron variables como: textura, contenido de materia orgánica, salinidad, compactación y presencia grava en el suelo; y las propiedades hídricas del suelo como: punto de marchitez permanente, capacidad de campo, humedad aprovechable, conductividad hidráulica y saturación.

A continuación en el Gráfico 13 se muestra el Triángulo de Textura de Suelos de Saxton, que es contribución del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

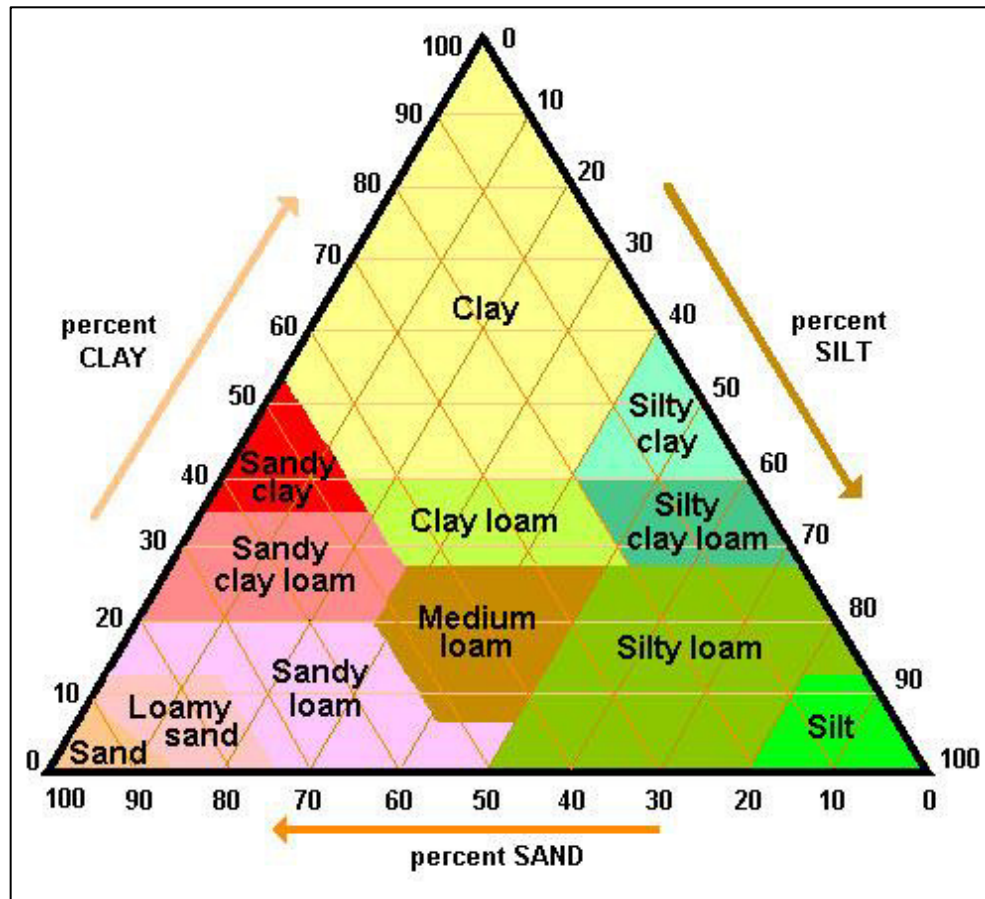


Gráfico 13: Triángulo de Textura de Suelos
Fuente: United States Department of Agriculture (USDA)

Se conformará cada tipo de suelo dependiendo del porcentaje de arena, arcilla y limo que este contenga.

Por último, se ingresa la información correspondiente al tipo de cultivo:

- Nombre
- Fecha de siembra

- Coeficiente de desarrollo del cultivo (K_c)
- Número de días de las etapas de desarrollo
- Profundidad radicular, entre otros.

El CROPWAT trabaja principalmente con los valores de K_c (coeficiente de cultivo), que describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando.

Según FAO (2000), el coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo, del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Durante el periodo de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo K_c expresan los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo.

El Gráfico 14 se muestra la ventana de ingreso de datos del software para cada cultivo, en donde se distinguen datos de fecha de siembra, valores de coeficiente de cultivo (K_c), días de duración de cada etapa de cultivo, profundidad radicular, agotamiento crítico, factor de respuesta en rendimiento y la altura del cultivo.

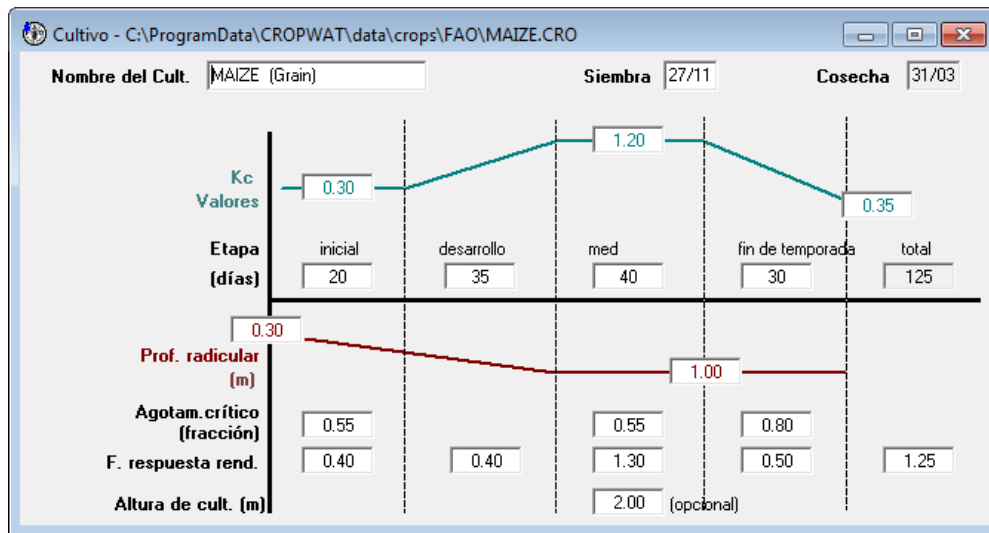


Gráfico 14: Ventana de ingreso de datos sobre características del cultivo
Fuente: Captura de pantalla - CROPWAT 8.0

CROPWAT utiliza las variables ingresadas para determinar la evapotranspiración del cultivo en cada etapa de desarrollo del mismo, según la época ingresada para siembra.

CROPWAT posee una base de datos integrada, sobre las variables de un gran número de cultivos tradicionales, que le sirven para determinar la evapotranspiración del cultivo en cada etapa de desarrollo. Esta base de datos contiene las características de algunos de los cultivos presentes en la Península, por lo que fue utilizada para el cálculo.

El programa, en base a los datos ingresados, calcula las necesidades hídricas del cultivo. Como resultado el Requerimiento de Agua del Cultivo (RAC), nos indica la lámina en milímetros de agua necesaria para la plantación excluyendo el agua aportada por las precipitaciones e incluyendo la demanda extra por la evapotranspiración de la masa vegetal.

A continuación el Gráfico 15, enseña la ventana del cálculo final efectuado por el software, se muestra el RAC para un ciclo del cultivo escogido.

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0.30	0.89	3.6	0.0	3.6
Dic	1	Inic	0.30	1.00	10.0	0.0	10.0
Dic	2	Des	0.32	1.18	11.8	0.0	11.8
Dic	3	Des	0.51	1.97	21.7	0.1	21.6
Ene	1	Des	0.73	3.06	30.6	14.7	15.9
Ene	2	Des	0.94	4.19	41.9	22.1	19.8
Ene	3	Med	1.04	4.14	45.5	19.0	26.5
Feb	1	Med	1.04	3.39	33.9	14.5	19.3
Feb	2	Med	1.04	2.88	28.8	12.5	16.3
Feb	3	Med	1.04	3.43	27.4	11.1	16.3
Mar	1	Fin	0.93	3.74	37.4	10.0	27.4
Mar	2	Fin	0.70	3.15	31.5	8.6	22.9
Mar	3	Fin	0.46	2.02	22.2	6.4	15.8
					346.2	119.1	227.1

Gráfico 15: Ventana resultante del Requerimiento de Agua del Cultivo
Fuente: Captura de pantalla - CROPWAT 8.0

Finalmente el CROPWAT 8.0, determina la lámina de agua necesaria para el cultivo en cada una de sus etapas de desarrollo.

Cabe señalar, que para los cultivos de ciclo corto se hizo el cálculo de demanda por el número de ciclos posibles de cultivar en el año.

La Tabla 7 resume los cálculos efectuados con el programa, teniendo en cuenta las hectáreas totales sembradas para cada cultivo y los ciclos posibles de siembra para cultivos de ciclo corto.

Tabla 7: Listado de cultivos cuyas demandas fueron determinadas con el software CROPWAT

	Cultivo	Total (Ha)	Demanda anual (mm/Ha)	Demanda anual (m ³ /Ha) (mm=10m ³ /Ha)	Demanda total (m ³ /año/cultivo)
1	Arroz	165,31	1.844	18.440	3'048.316,4
2	Badea / maracuyá	409	926,9	9.269	3'791.021
3	Banano	2.027,3	1.020,2	10.202	20'682.514,6
4	Café	23	980,4	9.804	225.492
5	Caña de azúcar	1	890,8	8.908	8.908
6	Césped	24	913,9	9.139	219.336
7	Cítrico	321	540,4	5.404	1'734.684
8	Fréjol	30	740,1	7.401	222.030
9	Vegetales	181,2	1.151,56	11.515,6	2'086.626,72
10	Maíz	667,55	712,54	7.125,4	4'756.560,77
11	Mango	1.362,2	878,2	8.782	11'962.840,4
12	Maní	13	776,3	7.763	100.919
13	Palma africana	90	817,8	8.178	736.020
14	Pasto	237,17	870,2	8.702	2'063.853,34
15	Melón	176,75	739,2	7.392	1'306.536
16	Sorgo	100	609,05	6.090,5	609.050
17	Tomate	125,7	857,5	8.575	1'077.877,5
18	Uva	65,25	462,2	4.622	301.585,5

Elaboración: Autor

Fuente: Operación y Mantenimiento - Sistema Traslase - Lista de Usuarios del Año 2012 - INAR

Una vez calculada la lámina en milímetros de agua necesaria para cada cultivo durante el año, se transformó este valor a metros cúbicos de agua por hectárea. Según Miranda D. (1998), una lámina de agua de 1 milímetro equivale a 10 metros cúbicos por hectárea.

Multiplicando el valor obtenido en milímetros por el factor 10, se determinó la cantidad de metros cúbicos de agua que necesita cada cultivo al año, en la extensión que se encuentran dentro del área de influencia del trasvase.

Sin embargo, existen cultivos no tradicionales en la Península, de los que no se dispone de información necesaria sobre sus características, por lo que no fue posible ejecutar el cálculo del requerimiento hídrico en el CROPWAT. Debido a esto, la Tabla 2 enseña que para estos cultivos no tradicionales, en estos se utilizó el dato de demanda

de agua obtenido de la revisión bibliográfica, restando de esta las aportaciones en precipitaciones del año correspondiente.

Tabla 8: Listado de cultivos cuyas demandas fueron determinadas por la revisión bibliográfica

	Cultivo	Ha Total	Demanda anual (mm/Ha)	Demanda anual (m ³ /Ha) (mm=10m ³ /Ha)	Demanda total (m ³ /año/cultivo)
1	Cacao ¹⁶	1.778,73	862,2	8.622	15'336.210,06
2	Coco ¹⁷	29,5	387,8	3.878	114.401
3	Estevia ¹⁸	5	1.262,2	12.622	63.110
4	Forestal ¹⁹	28,5	162,2	1.622	46.227
5	Guanábana ²⁰	4	1.012,2	10.122	40.488
6	Guayaba ²¹	161,5	462,2	4.622	746.453
7	Malanga ²²	6	440,8	4.408	26.448
8	Noni ²³	2	2.662,2	26.622	53.244
9	Papaya ²⁴	746	1.362,2	13.622	10'162.012
10	Pitahaya ²⁵	15	1.162,2	11.622	174.330
11	Plantas ²⁶ medicinales / aromática	58,5	662,2	6.622	387.387

Elaboración: Autor

Fuente: Operación y Mantenimiento - Sistema Trasvase - Lista de Usuarios del Año 2012 - INAR

Asimismo, la lámina de agua obtenida es multiplicada por el factor 10 para obtener los metros cúbicos por hectárea que los cultivos demandan.

Finalmente, al sumar los requerimientos de todas las hectáreas de cada uno de los cultivos, determinamos la demanda para uso agrícola del AID del trasvase, esto se enseña a continuación en la Tabla 9.

¹⁶Consultado en: INAP, 2009

¹⁷Consultado en: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2003

¹⁸Consultado en: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2011

¹⁹Consultado en: Francis Jhon, 1993

²⁰Consultado en: Miranda D., 1998

²¹Consultado en: Ruiz, 1999

²²Consultado en: <http://www.ecured.cu/index.php/Malanga> , noviembre 2013

²³Consultado en: Acosta, 2003

²⁴Consultado en: García M., 2010

²⁵Consultado en: Molina y Vásquez, 2009

²⁶Consultado en: Pereyra, E., 2006

Tabla 9: Sumatoria de la demanda agrícola de agua por cultivo en el AID

	Cultivo	Total Ha	Demanda total (m ³ /año/cultivo)
1	Arroz	165,31	3'048.316,4
2	Badea / maracuyá	409	3'791.021
3	Banano	2.027,3	20'682.514,6
4	Cacao	1.778,73	15'336.210,06
5	Café	23	225.492
6	Caña de azúcar	1	8.908
7	Césped	24	219.336
8	Cítrico	321	1'734.684
9	Coco	29,5	114.401
10	Estevia	5	63.110
11	Forestal	28,5	46.227
12	Fréjol	30	222.030
13	Guanábana	4	40.488
14	Guayaba	161,5	746.453
15	Vegetales	181,2	2'086.626,72
16	Maíz	667,55	4'756.560,77
17	Malanga	6	26.448
18	Mango	1.362,2	11'962.840,4
19	Maní	13	100.919
20	Noni	2	53.244
21	Palma africana	90	736.020
22	Papaya	746	10'162.012
23	Pasto	237,17	2'063.853,34
24	Pitahaya	15	174.330
25	Plantas medicinales / aromática	58,5	387.387
28	Melón	176,75	1'306.536
29	Sorgo	100	609.050
30	Tomate	125,7	1'077.877,5
31	Uva	65,25	301.585,5

Total de Ha AID	8.854,16
------------------------	-----------------

Demanda Agrícola por año (m³)	82'084.481,29
---	----------------------

Elaboración: Autor

Fuente: Operación y Mantenimiento - Sistema Trasvase - Lista de Usuarios del Año 2012 - INAR

Al sumar todos los requerimientos calculados para las extensiones de cultivos dentro del AID del Trasvase, se obtiene la cantidad de agua que demanda el sistema para uso agrícola que es 82'084.481,29 m³ al año.

3.1.2. Demanda pecuaria: Uso de herramienta ESPAC

Para determinar las cantidades de agua requerida para el consumo de animales de explotaciones pecuarias, fue necesaria la contabilización de dichos individuos, para lo cual nos servimos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC).

El ESPAC es una herramienta estadística, basada en el III Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2000). Tiene como misión proveer información estadística confiable y oportuna del sector agropecuario del país, la cual constituya una base actualizada para el desarrollo de políticas socioeconómicas y para la toma de decisiones de los diferentes usuarios internos y externos.²⁷

Esta herramienta mediante el uso de muestras en áreas específicas, estima y proyecta el crecimiento de una zona o región.

Con esto se consigue generar moderna y eficientemente información estratégica del sector agropecuario confiable, consistente, relevante, accesible y, sobre todo oportuna, la cual sirva para orientar la toma eficiente de decisiones de los diferentes entes socioeconómicos (productores agropecuarios, organizaciones públicas y privadas nacionales e internacionales), con estimaciones a niveles espaciales como el nacional, regional y provincial, a fin de lograr el desarrollo sostenible del sector agropecuario.

En consecuencia extraemos la información referente a la cantidad de animales de especies explotables específicamente de la provincia de Santa Elena. La Tabla 10 detalla el número de animales de los años 2009, 2010 y 2011.

²⁷ Consultado en: INEC: http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=260, noviembre 2013

Tabla 10: Número de animales por especies pecuarias

Especies	2009		2010		2011	
Bovino	14.543		17.379		15.966	
Hembras productoras de leche		619		1006		686
Resto (machos, hembras sin producción y terneros)		13.924		16.373		15.280
Porcino	2.734		3.866		5.255	
Ovino	455		549		902	
Aves	38.606		43.903		48.213	
Otros (asno, caballo, caprino, mula)	8.390		12.561		12.113	

Elaboración: Autor

Fuente: Datos Estadísticos Agropecuarios - ESPAC

La Tabla 10, sólo muestra datos a partir del año 2009, debido a que no se tienen datos de Santa Elena como provincia anterior a este período.

La información más reciente y difundida por el ESPAC pertenece al año 2011, los datos de este año son los que se utilizaron para el cálculo, junto con las necesidades de agua promedio por día de cada especie. De esta forma estimó el consumo del recurso agua por especies explotables en el período de un año.

En la Tabla 11, se resume los cálculos efectuados para obtener la demanda para consumo pecuario de agua en la Península.

Tabla 11: Demanda de agua para consumo pecuario

Especies pecuarias		Cantidad de animales	Demanda por Especie (lt/día)	Demanda de agua al año (lt)
Bovino		15.966		
	Hembra lactante	686	110 ²⁸	27'542.900
	Resto	15.280	57 ²⁹	317'900.400
Porcino		5.255	12 ³⁰	23'016.900
Ovino		902	6,6 ³¹	2'172.918
Aves		48.213	0,57 ³²	10'030.715
Otros (asno, caballo, caprino, mula)		12.113	50 ³³	221'062.250

Demanda total anual (m³)	601.726,08
--	-------------------

Elaboración: Autor

Fuente: Datos Estadísticos Agropecuarios - ESPAC

La sumatoria de los consumos de agua por especie por año, nos muestra un aproximado un poco mayor a 600.000 metros cúbicos, que representa la demanda del recurso para sostener el consumo pecuario.

3.1.3. Demanda humana: Población y población flotante

A) Cantidad suministrada

La meta del Objetivo de Desarrollo del Milenio insta a “reducir a la mitad para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento” (ONU, 2010).

De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas, en su artículo “El derecho humano al agua y al saneamiento” (2010):

²⁸Consultado en:

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/flujoentuberias/dotacionagua/determinaciondeladotaciondeagua.html>, noviembre del 2013

^{29, 25, 26, 27 y 28}Consultado en: García Romero, 2004

En Noviembre de 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas adoptó su Observación General nº 15 sobre el derecho al agua, estableciendo que “El derecho humano al agua es el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico”.

Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento para cada persona deben ser continuos y suficientes para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen normalmente agua de boca, saneamiento personal, lavado de ropa, preparación de alimentos, higiene personal y limpieza del hogar. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubren las necesidades básicas y que no surjan grandes amenazas para la salud.

En Ecuador la disponibilidad del recurso depende mucho de las condiciones que imperan en la región. Pero según el estudio “Situación de salud en las Américas, Indicadores Básicos 2009” de la OMS, en promedio el porcentaje de población con acceso al agua para consumo y para saneamiento es cercano al 90%, como se muestra en el Gráfico 16.

indicadores socioeconómicos														
	50T	50H	50M	51 disponibilidad de calorías (Kcal/pc/día) 2003	52A	52B	53 crecimiento medio anual del PBI (%) 2006-07	54 razón de ingreso 20% superior/ 20% inferior 2000-06, uad	55T	55U	55R	56T	56U	56R
	población alfabeta (15 años y +) (%) 2007				ingreso nacional bruto (US\$ per cápita) 2007				población (%)			con acceso a		
	total	hombres	mujeres		valor corriente	valor ppa			fuentes mejoradas de agua potable, 2006	instalaciones mejoradas de saneamiento, 2006	total	urbana	rural	
Las Américas	...	...	...	3.206	21.393	23.178	3,1	13,6	94	98	80	87	92	68
Área Andina	91,5	93,4	89,7	2.484	4.391	8.481	5,9	19,5	90	97	74	74	83	50
Bolivia	90,7	96,0	86,0	2.219	1.260	4.150	2,8	33,7	86	96	69	43	54	22
Colombia	92,7	92,4	92,8	2.567	4.100	8.260	6,2	26,6	93	99	77	78	85	58
Ecuador	84,2	87,3	81,7	2.641	3.110	7.110	1,6	17,2	95	98	91	84	91	72
Perú	89,6	94,9	84,6	2.579	3.410	7.200	7,6	13,9	84	92	63	72	85	36
Venezuela	95,2	95,4	94,9	2.272	7.550	12.290	6,6	10,0	...	...	...	...	...	...

Gráfico 16: Indicador Socioeconómico sobre acceso al agua para consumo y saneamiento

Fuente: OMS, 2009

Esto nos vislumbra un alentador escenario para el desarrollo del país, contando con una aparente suficiencia para el acceso al agua.

Con estos antecedentes, se destinó para el cálculo del consumo humano una cantidad de 100 litros por persona por día.

B) Población

En cuanto a la cantidad de personas mencionadas para el cálculo, se decidió abarcar la totalidad de la población de la provincia de Santa Elena, englobando las parroquias que la componen: Santa Elena, La Libertad y Salinas.

Además se incluyó a la parroquia Playas, perteneciente a la provincia del Guayas ya que esta población se provee de agua potable del embalse de cola del canal Chongón – Playas.

Para ambas regiones se utilizó los datos del año 2012, cuya información sirvió para la elaboración de la Tabla 12, que se basa en los estudios de proyecciones que realiza el INEC.

Tabla 12: Población del área de estudio en los 3 últimos años

	Parroquias	2010	2011	2012
Provincia de Santa Elena	Santa Elena	148.475	152.340	156.253
	La Libertad	99.151	101.040	102.928
	Salinas	70.621	72.835	75.095
Provincia del Guayas	Playas	43.151	44.635	46.159

Elaboración: Autor

Fuente: INEC

El INEC utiliza una serie de herramientas estadísticas para estimar el crecimiento poblacional a partir del último Censo de Población y Vivienda.

C) Población flotante

Adicional a esto, un factor muy importante en estas regiones es la población flotante que ambas reciben principalmente en la época invernal (enero a abril), debido a la actividad turística.

El Grupo de Trabajo Cantonal (GTC) del Cantón Playas (2011), mencionan en su estudio “Prioridades para el Desarrollo Integral”:

Su territorio tiene una extensión de 280 km² y su población es de 46.000 habitantes, según el VII Censo de Población y VI de Vivienda del 2010. En temporada de playa (de enero hasta abril), fácilmente se triplica esa cantidad de habitantes con la población flotante que arriba a sus extensas playas.

En cuanto a la situación de la Península de Santa Elena, según la Fundación NOBIS (2010) la población flotante puede superar las 200.000 personas en épocas altas de turismo.

La Tabla 13 muestra la población total que se beneficia del recurso hídrico proveniente del trasvase, contemplando que la población flotante proveniente del turismo, sólo hará uso de este recurso durante los meses de invierno (Enero a Marzo), que en total completan 120 días en el año.

Tabla 13: Habitantes del área de influencia del trasvase

Habitantes provincia Santa Elena	Habitantes parroquia Playas	Población flotante (ene-abr)	
		Santa Elena	Playas
334.276	46.159	200.000	138.477

Elaboración: Autor
Fuente: INEC

Con esta información se estima el total del recurso necesario para consumo humano, haciendo uso de la cifra recomendada por la Organización Mundial de la Salud, incluyendo el consumo de la población que sólo se beneficia del agua del trasvase 120 días al año.

En la Tabla 14 se muestra la sumatoria total del cálculo total de la demanda de agua para consumo humano de la población residente y de la población flotante.

Tabla 14: Cálculo de consumo humano de agua

	Número de habitantes	Demanda por día (lt)	Demanda total (lt/día)	Demanda anual (lt)	Demanda anual (m ³)
Provincia de Santa Elena	334.276	100	33'427.600	12.201'074.000	12'201.074
Parroquia Playas	46.159	100	4'615.900	1.684'803.500	1'684.803,5
Turismo					
	Población flotante (ene-abr)		Temporada (día/año)	Demanda en temporada (lt)	Demanda anual (m ³)
	Santa Elena	Playas			
	200.000	138.477	120	4.061'724.000	4'061.724
Demanda anual (m³)				17'947.601,50	

Elaboración: Autor
Fuente: INEC

Según el cálculo de la Tabla 14, la demanda para el consumo humano de agua se acerca a los 18 millones de metros cúbicos al año, que es un factor muy cambiante debido a la influencia de dinámicas poblacional que suceden desde la fundación de la provincia.

3.1.4. Pérdidas

A) Evaporación

El factor de pérdida es el de más difícil determinación, este se compone por la evaporación de los espejos de agua del sistema y por posibles fugas debido a usos no contabilizados de usuarios sin concesión.

Para el cálculo de la evaporación, en la Tabla 15 se tomaron en cuenta las 3 presas actualmente construidas dentro del área de influencia, multiplicando el factor de evaporación de la zona, calculado por el CROPWAT 8.0, por la superficie del espejo de agua de estas presas.

Tabla 15: Evaporación anual de espejos de agua de presas del sistema

Espejos de agua	Superficie (Ha)	Evaporación acumulada (mm/año)	Evaporación total (m³/año)
Presa Chongón	2.600 ³⁴	1.618,1	42'070.600
Presa El Azúcar	367 ³⁵		5'938.427
Presa San Vicente	400 ³⁶		6'472.400
		Total evaporación (m³)	54'481.427

Elaboración: Autor

Al no variar nunca las dimensiones de las presas, este factor de evaporación será constante a lo largo del tiempo, siendo cercano a los 54.5 millones de metros cúbicos al año.

B) Pérdida indeterminada

No existen estudios técnicos ni registros de lo que podría ser el recurso no contabilizado, por esta razón para el cálculo de esta pérdida que se deben a fugas de agua del sistema, se buscó la ayuda del criterio de un experto en el tema. Se entrevistó

³⁴Consultado en: Campoverde, Gaibor y Rubio, 2010

³⁵Consultado en: Santander y Lara, 2007

³⁶Consultado en: Ortiz, 2011

al Ing. Israel Bastidas ex funcionario de la ex CEDEGE y actual consultor de la Secretaría del Agua, para estimar un porcentaje de pérdidas o fugas de agua, el cual supo comentar que la pérdida del sistema por estos motivos es aproximadamente del 12% de los consumos contabilizados, éstos se muestran a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16: Cálculo del 12% de pérdida en base a los consumos contabilizados

Consumo humano	17'947.601,50
Consumo agrícola	82'084.481,29
Consumo pecuario	601.726,08

12% Pérdida por usuarios sin concesión (m³)	12'076.057,06
---	----------------------

Elaboración: Autor

Contemplando este porcentaje, la pérdida por usuario sin concesión supera los 12 millones de metros cúbicos al año.

3.2. Escenarios de desarrollo

El presente estudio busca servir de herramienta para pronosticar el desarrollo de la Península, tomando en cuenta los principales factores de demandas y sus posibles incrementos a los largo de los años. Utilizando las proyecciones de crecimiento poblacional, proyecciones de demanda de agua para consumo pecuario y creando posibles incrementos para consumo agrícola de la zona, sin dejar de lado las pérdidas de agua en el sistema, determinaremos la demanda total para comprobar la suficiencia del sistema para sostener el crecimiento planteado.

3.2.1. Diseño de escenario 1

Para la elaboración del primer escenario se contempló las siguientes variantes en las demandas:

- **Consumo humano:** proyectado al 2020, tanto para la población del área de influencia como para la población flotante. Para este propósito se utilizó las proyecciones con las que cuenta el INEC, sobre crecimiento poblacional de cada parroquia hasta el 2020.
Al no disponer de datos específicos del crecimiento del turismo para las zonas de Santa Elena y Playas, se utilizó las proyecciones de García (2010) cuyos

datos pertenecen a la Organización Mundial de Turismo (OMT); que prevé, para los países en vías de desarrollo, un crecimiento anual del turismo en el orden de 4,3%, hasta el año 2020.

- **Consumo pecuario:** se mantuvo el consumo actual.
- **Consumo agrícola:** se mantuvo el consumo actual.
- **Pérdida por evaporación:** se mantendrá a lo largo de los 3 escenarios al no cambiar las dimensiones de los espejos de agua.
- **Pérdida por usuarios sin concesión:** está se mantendrá constante en el 12% del consumo contabilizado. En el presente escenario, al incrementar la población los consumos de agua se elevan y con esto también el valor de pérdida.

3.2.2. Diseño de escenario 2

Para la elaboración del segundo escenario se contempló las siguientes variaciones en las demandas:

- **Consumo humano:** se mantiene proyectado al 2020, tanto para la población del área de influencia como para la población flotante.
- **Consumo pecuario:** al igual que la población se proyecta el incremento al año 2020. Al no tener suficientes datos para hacer una estimación estadística, sólo se contempla el cálculo de crecimiento mediante un promedio de incrementos, registrados en los 3 años que lleva la Península generando datos como provincia independiente (2009, 2010 y 2011).
- **Consumo agrícola:** se proyecta un elevado incremento de las zonas sembrada, completando la siembra en el 50% del área de influencia del sistema. Este crecimiento se especializa específicamente en los cultivos de maíz y caña de azúcar.

Maíz: debido a que el país presenta un déficit de la producción en contraste con el consumo del mercado, por lo que en la actualidad se importa este producto de países que cuentan con un mayor rendimiento por hectárea como Estados Unidos y Argentina. Recientemente el gobierno central anunció el objetivo de dejar de importar maíz en el 2014, mediante la implementación de programas como: incentivos al agricultor, introducción de semillas de alto rendimiento y regulación del mercado.³⁷ Esta situación junto al perfil óptimo de las tierras de la Península para esta actividad, crean un ambiente propicio para el desarrollo de este cultivo en el sector.

Caña de azúcar: el creciente interés del gobierno por implementar combustible ecológico a base de etanol en el país, implica las oportunidades para el incremento del cultivo de la caña de azúcar. Durante el presente año se está implementando en la ciudad de Guayaquil la distribución del combustible

³⁷ Consultado en: Diario Hoy: http://www.elcomercio.com/negocios/agricultura-maiz-importaciones-Ecuador_0_1027097360.html, noviembre 2013

ecológico Ecopaís en el 100% de las gasolineras.³⁸ Este escenario propone una creciente demanda de la producción de caña de azúcar en el mercado interno, lo que justifica un incremento en las áreas sembradas.

- **Pérdida por evaporación:** al igual que en el primer escenario, este factor se mantendrá sin variaciones.
- **Pérdida por usuarios sin concesión:** está se mantendrá constante en el 12% del consumo contabilizado, pero al incrementar al incrementar el consumo humano, pecuario y agrícola, el cálculo para esta demanda se incrementará.

3.2.3. Diseño de escenario 3

Para la elaboración del tercer escenario se contempló las siguientes variaciones en las demandas:

- **Consumo humano:** proyectado al 2020, tanto para la población del área de influencia como para la población flotante.
- **Consumo pecuario:** al igual que en el escenario anterior se proyecta el incremento al año 2020.
- **Consumo agrícola:** se proyecta un mayor crecimiento de las zonas sembrada, completando el 80% del área de influencia del sistema. Este crecimiento igualmente se especializa específicamente en los cultivos de maíz y caña de azúcar.
- **Pérdida por evaporación:** se mantendrá a lo largo de los 3 escenarios al no cambiar las dimensiones de los espejos de agua.
- **Pérdida por usuarios sin concesión:** está se mantendrá constante en el 12% del consumo contabilizado, pero al incrementar los consumos este valor también se incrementará.

³⁸Consultado en: Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica (ANDES): <http://www.andes.info.ec/es/econom%C3%ADa/7509.html>, octubre 2012

4. RESULTADOS

Los escenarios planteados en el presente estudio, generan una visión sobre las posibles condiciones futuras del sistema de Trasvase Santa Elena. Una vez efectuados los cálculos de las demandas del recurso hídrico, cada resultado representa una aproximación de la necesidad de agua de la zona, por lo que debe ser entendido como una aproximación que debería ser satisfecha con suficiencia por el sistema.

En términos generales actualmente el sistema de trasvase, aporta un caudal de 22 m³/s, lo que representa 693'792.000 m³ al año³⁹. Esta cantidad deberá ser contrastada con la demanda calculada en todos los escenarios de incremento.

4.1. Escenario 1

El Escenario 1 es el más negativo, en cuanto a la predicción, únicamente contemplando el crecimiento población. A continuación la Tabla 17 nos resume los resultados de los incrementos implementados en el primer escenario.

Tabla 17: Cálculo de demanda hídrica de Escenario 1

Variables de consumo actual		Escenario 1	
Consumo humano	17'947.601,50	Crecimiento 2020	23'186.816,74
Consumo agrícola	82'084.481,29	Igual	82'084.481,29
Consumo pecuario	601.726,08	Igual	601.726,08
Evaporación	54'481.427,00	Igual	54'481.427,00
Pérdida sin concesión	12'076.057,06	Total 12% sin evaporación	12'704.762,89

Total consumo (m³) Escenario 1	173'059.214,00
--	-----------------------

Elaboración: Autor

El resultado obtenido queda muy por debajo de la cantidad total de agua aportada por el sistema, la tabla muestra el contraste de los cálculos actuales de consumos con el incremento proyectado, que se encuentra en el orden de 173 millones de metros cúbicos al año.

³⁹ Este dato se cumple contando con el funcionamiento óptimo de todas las estructuras de bombeo y transporte de agua del trasvase.

El desglose del incremento poblacional y el cálculo de aumento de demanda por consumo humano se muestran en detalle en el Anexo #1.

4.2. Escenario 2

Contando con el crecimiento poblacional, se espera también un crecimiento en las explotaciones pecuarias. Además este escenario plantea el primer gran aumento de las áreas regadas por el canal, hasta cubrir un 50% del área de influencia total del sistema.⁴⁰ Por último, estos 3 crecimientos influenciarán en la cantidad de agua obtenida en el cálculo por factores de pérdida. La siguiente tabla resume los cálculos efectuados para la determinación de la demanda total del sistema.

Tabla 18: Cálculo de demanda hídrica de Escenario 2

Variables de consumo actual		Escenario 2	
Consumo humano	17'947.601,50	Crecimiento 2020	23'186.816,74
Consumo agrícola	82'084.481,29	Igual y el resto del 50% maíz y caña de azúcar	260'387.491,88
Consumo pecuario	601.726,08	Crecimiento 2020	2'517.936,79
Evaporación	54'481.427,00	Igual	54'481.427,00
Pérdida sin concesión	12'076.057,06	Total 12% sin evaporación	34'330.075,73

Total consumo (m³) Escenario 2	374'903.748,14
--	-----------------------

Elaboración: Autor

En la Tabla 18 se muestra el contraste de los cálculos actuales de consumos con el incremento proyectado en el escenario 2. Al contemplar un gran crecimiento agrícola seguido del consumo pecuario y humano, el factor de pérdida también crece en un 184%.

En conjunto los 5 factores de demanda completan casi 375 millones de metros cúbicos que necesitaría aportar el trasvase según el presente escenario.

El desglose del aumento de consumo pecuario y la demanda agrícola para el primer incremento del área sembrada se muestran en detalle en el Anexo #2.

⁴⁰ En el Escenario 2, se tomó en cuenta las 7700 Ha de riego, que entrarán en uso una vez culminado el proyecto Trasvase Chongón – San Vicente.

4.3. Escenario 3

En este último escenario se plantean las mayores demandas que podría soportar el sistema. El crecimiento población y pecuario se proyectan al año 2020, al igual que en el Escenario 2, pero las áreas regadas por el sistema crecen exponencialmente hasta completar el 80% del área de influencia⁴¹, tomando en cuenta que esta es la mayor expectativa que se tiene de la zona.

La Tabla 19 enseña la demanda total de agua del sistema una vez que se completen los usos contemplados en el Escenario 3.

Tabla 19: Cálculo de demanda hídrica de Escenario 3

Variables de consumo actual		Escenario 3	
Consumo humano	17'947.601,50	Crecimiento 2020	23'186.816,74
Consumo agrícola	82'084.481,29	Igual y el resto del 80% maíz y caña de azúcar	326'699.670,71
Consumo pecuario	601.726,08	Crecimiento 2020	2'517.936,79
Evaporación	54'481.427,00	Igual	54'481.427,00
Pérdida sin concesión	12'076.057,06	Total 12% sin evaporación	42'287.537,19

Total consumo (m³) Escenario 3	449'173.388,43
--	-----------------------

Elaboración: Autor

En el presente cálculo la demanda del recurso crece enormemente, acercándose peligrosamente a la capacidad máxima de transporte de agua que tiene el sistema. Los casi de 450 millones de metros cúbicos de agua representan un caudal mayor a 14,24 metros cúbicos por segundo.

El desglose del cálculo de la demanda agrícola para el segundo incremento del área sembrada se muestra en detalle en el Anexo #3.

⁴¹ En el Escenario 3, al igual que en el 2 se tomó en cuenta las 7700 Ha aportadas por el Valle del Javita, que se contempla para riego una vez que entre en funcionamiento el proyecto Chongón – San Vicente, a finales del año 2013.

5. CONCLUSIONES

- Para obtener la demanda de agua para uso agrícola fue necesario primeramente inventariar los predios en el área de influencia, junto con los cultivos presentes y su respectiva área de siembra.
Los registros de sembríos suministrados por el INAR, se clasifican por zonas de riego. Por lo que para fines del presente cálculo, fue necesario procesar esta información a fin de obtener únicamente la variedad de cultivos presentes junto con el área aproximada de siembra de cada uno de los cultivos dentro de toda la extensión del área de influencia del trasvase.
Obteniendo como resultado un total de 31 variedades de cultivos y un área total sembrada de 8.854,16 Ha.
- La demanda hídrica se calcula sumando las necesidades que la región tiene del recurso.
De esta forma se calculó en un principio la demanda agrícola, gracias al inventario de los cultivos registrados por el INAR, con el uso del software CROPWAT 8.0; mientras que la demanda hídrica para cultivos especiales de la zona se calculó en base a la información bibliográfica. De esta forma obtuvimos una demanda agrícola total de poco más de 82 millones de m^3 en año 2012.
Para la demanda pecuaria, se determinó en un principio la cantidad de individuos de especies económicamente explotables en la zona, utilizando para este efecto las proyecciones estadísticas más recientes del ESPAC (2011). Cada especie tiene una demanda específica de agua para sobrevivir, multiplicado por la cantidad de individuos obtenemos poco más de 600 mil m^3 en el año.
De igual forma para el consumo humano se utilizó las proyecciones de crecimiento poblacional del INEC para el año 2012, pertenecientes a las parroquias Santa Elena, Salinas, La Libertad y Playas, que son las zonas que obtienen el agua del trasvase para su potabilización. A esto, se sumó el factor determinante de la población flotante, que la zona recibe especialmente en los meses de invierno. Este resultado final se multiplicó por el factor de 100 litros por persona por día que recomienda la OMS para agua potable y saneamiento. De esta forma el consumo humano asciende a casi 18 millones de m^3 en el año 2012.
Por último, el factor pérdida está presente en un sistema tan extenso como lo es el PHASE. Según criterio experto, la pérdida por usuarios sin concesión representa el 12% de los consumos contabilizados. Sumado a la pérdida por evaporación de los 3 grandes espejos de agua (presa Chongón, El Azúcar y San Vicente), se completa un total de 66,5 millones m^3 por año.
Al sumar todas las demandas individuales se completa un aproximado de más de 167 millones de m^3 requeridos por el sistema en el año 2012.
- En el presente trabajo se establecieron 3 escenarios de posibles aumentos de demanda del recurso hídrico, contemplando incrementos de la población humana y pecuaria, y de superficie sembrada dentro del área de influencia,

sumando igualmente los factores de pérdida por evaporación de los espejos de agua y agua no contabilizada.

El primer escenario generó una demanda de poco más de 173 millones de m^3 en el año, el segundo casi 375 millones y el tercero cerca de 450 millones.

Como se mencionó en el capítulo 4 (RESULTADOS), el sistema aporta poco menos de 694 millones de m^3 al año, con lo que se concluye la suficiencia del PHASE para sostener los posibles escenarios de crecimiento de la demanda de agua.

6. RECOMENDACIONES

Al concluir el presente estudio, se determinó la suficiencia de las obras del PHASE para sostener el posible desarrollo de las áreas regadas por el proyecto.

Sin embargo, estos escenarios de crecimiento y desarrollo se ven influenciadas por una serie de factores como:

- La compra de terrenos comunales por manos privadas, que explica posiblemente una de las razones que dificulta el crecimiento del sector agrícola, debido a los altos costos productivos que el dueño de predios de gran extensión debería asumir.
- Las expectativas de crecimiento por turismo, que sumado a la provincialización de Santa Elena, propondría la generación de nuevas dinámicas que incentivará un aumento de la población difícil de pronosticar.

Estos factores sumados a la compleja situación del cambio climático sugieren analizar la dependencia total del sistema a las aguas reguladas del Daule. Asimismo, hacen eco en futuros proyectos que se encuentran en construcción actualmente, que al igual que el PHASE, ponen en Daule – Peripa sus dependencias hidrológicas.

ANEXOS

Anexo #1: Desglose del cálculo de incremento para el Escenario 1

- Cambio en Consumo Humano

Habitantes provincia Santa Elena 2020	Demanda por día (lt)	Demanda total (lt/día)	Demanda anual (lt)	Demanda anual (m ³)
401.178 ¹	100	40'117.800	14.642'997.000	14'642.997

Habitantes parroquia Playas 2020	Demanda por día (lt)	Demanda total (lt/día)	Demanda anual (lt)	Demanda anual (m ³)
59.628 ²	100	5'962.800	2.176'422.000	2'176.422

Turismo crecimiento 4,3 % anual					
	Población flotante (ene - abr)		Temporada (día/año)	Demanda en Temporada (lt)	Demanda anual (m ³)
	Santa Elena (hab)	Playas (hab)			
2012	200.000	138.477	120	4.061'724.000	4'061.724
2013	208.600	144.432			
2014	217.570	150.642			
2015	226.925	157.120			
2016	236.683	163.876			
2017	246.860	170.922			
2018	257.475	178.272			
2019	268.547	185.938			
2020	280.094	193.933		5.688'331.220	5'688.331,22

Total consumo humano 2020 (m³)	22'507.750,22
--	----------------------

¹ Consultado en: Proyecciones INEC

² Consultado en: Proyecciones INEC

Anexo #2: Desglose del cálculo de incremento para el Escenario 2

- Cambio en Consumo Pecuario

Especies	2012	2014	2016	2018	2019	2020 ³	Demanda por especie (lt/día)	Demanda de agua al año (lt)
Bovino	16.874	18.847	21.051	23.512	24.849	26.262		
Productoras de leche	770	859	960	1072	1133	1198	110	48'099.700
Resto	16.103	17.988	20.091	22.440	23.716	25.064	57	521'456.520
Porcino	7.287	14.012	26.942	51.805	71.837	99.614	12	436'307.666
Ovino	1.285	2.609	5.296	10.751	15.318	21.826	6,6	52'577.745,82
Aves	53.887	67.317	84.095	105.053	117.417	131.236	0,57	27'303.605,57
Otros	14.908	22.581	34.204	51.809	63.764	78.476	50	1.432'191.555

Total consumo 2020 (m³)	2'517.936,79
---	---------------------

³ Promedio simple de incrementos entre los años 2009, 2010 y 2011.

- Cambio en Consumo Agrícola

Total de Ha actuales en uso	Total consumo actual	Capacidad total del sistema (Ha)	Uso actual del sistema (%)
8.854,16	82'084.481,29	62.043	14,27

Incremento uso de AID (Ha)	Área incrementada del sistema (%)	Uso actual sin maíz y caña (Ha)	Área a incrementar en maíz y caña (Ha)
31.021,5	50	8.185,61	22.835,89

Consumo actual maíz (m³/Ha)	Consumo actual caña de azúcar (m³/Ha)	Total consumo sin maíz y caña
7.125,4	8.908	77'319.012,52

Área a incrementar maíz	Consumo incrementado (m³/Ha/año)	Área a incrementar caña de azúcar	Consumo incrementado (m³/Ha/año)
11.417,95	81'357.425,30	11.417,945	101'711.054,06

Total consumo con incremento de maíz y caña de azúcar (m³)	260'387.491,88
--	----------------

Anexo #3: Desglose del cálculo de incremento para el Escenario 3

- Cambio en Consumo Agrícola

Total de Ha actuales en uso	Total consumo actual	Capacidad total del sistema (Ha)	Uso actual del sistema (%)
8.854,16	82'084.481,29	62.043	14,27

Incremento uso de AID (Ha)	Área incrementada del sistema (%)	Uso actual sin maíz y caña (Ha)	Área a incrementar en maíz y caña (Ha)
49.634,4	80	8.185,61	41.448,79

Consumo actual maíz (m ³ /Ha)	Consumo actual caña de azúcar (m ³ /Ha)	Total consumo sin maíz y caña
7.125,4	8.908	77'319.012,52

Área a incrementar maíz	Consumo incrementado (m ³ /Ha/año)	Área a incrementar caña de azúcar	Consumo incrementado (m ³ /Ha/año)
20.724,40	147'669.604,1	11.417,945	101'711.054,1

Total consumo con incremento de maíz y caña de azúcar (m ³)	326'699.670,71
---	----------------

BIBLIOGRAFÍA

- (FAO), F. A. (2000). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Boletín 56.
- (INIAP), I. N. (2009). EET 544 y EET 558 Nuevos Clones de Cacao Nacional para la Producción Bajo Riego en la Península de Santa Elena. *Boletín Técnico #134*.
- (MAG), M. d. (2003). *Programa Nacional de Frutas de El Salvador. Guía Técnica del Cultivo del Coco*. El Salvador.
- (OMS), O. M. (2009). *Situación de salud en las américas - Indicadores Básicos 2009*.
- (ONU), O. d. (2010). *El Derecho Humano al Agua y al Saneamiento*.
- Acosta, M. (2003). *Manejo Ecológico del Cultivo de Noni. Proyecto de Generación y Transferencias de Tecnologías Limpias para la Producción de Noni (Morinda citrifolia L.)*. Panamá.
- ACOTECNIC, A. d. (2010). *Trasvase desde el canal Chongón - Sube y Baja al embalse San Vicente, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena*.
- CADS - ESPOL, C. d. (2013). *Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgos y Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador*. Guayaquil.
- Campoverde G., G. A. (2010). *Evaluación del Uso Recreativo del Área nacional de Recreación de Parque El Lago*.
- Cañadas, L. (1983). *Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*.
- ESPOL - CEDEGE, C. (2009). *Proyecto de Actualización del Catastro del Uso Actual del Suelo de las Áreas de Influencia del Sistema de Riego del Proyecto Trasvase - CEDEGE*. Guayaquil.
- Estrada, J. (2001). *Ancón en la Historia Petrolera Ecuatoriana 1911 - 1976*. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- Francis J., D. d. (1993). *Guaiacum officinale L. Lignum vitae, Guayacán*.
- Fundación Santiago de Guayaquil, G. A. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 - 2021*. Guayaquil.
- García M., C. N. (2010). *Guía Técnica del Cultivo de la Papaya*.
- García, L. (2010). *Programa de Desarrollo Económico Sustentable del Cordón Costero de las Provincias del Guayas y Santa Elena*.

- GTC del Cantón Playas, G. d. (2011). *Prioridades para el Desarrollo Integral*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, A. y. (2011). *Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur - Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Paquete Tecnológico Estevia (Stevia rebaudiana)*. México D.F.
- Josse C., M. d. (2001). *La Biodiversidad del Ecuador*.
- Marín S., N. S. (2011). *Evaluación Ambiental del Terminal Marítimo Pesquero de Anconcito, provincia de Santa Elena*.
- Miranda, D. (1998). *Caracterización de los cultivares de Guanábana*.
- NOBIS, F. (2010). *Estudio Estratégico Turístico del Cordón Costero de las Provincias Guayas y Santa Elena*.
- Ortiz, G. (2011). Complejo Hidráulico San Vicente. *Revista Ecuambiente*. Edición #21.
- Pereyra E., E. d. (2006). *El Futuro de los Productos Andinos en la Región Alta y los Valles Centrales de los Andes / Plantas Medicinales*.
- Romero, G. (2004). *El Agua en Ganadería Ecológica: Importancia y necesidades*.
- Ruiz. (1999). *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*.
- Santander T., L. A. (2007). *Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2007*.
- Saxton K. E., R. W. (1986). *Estimating generalized soil - water characteristics from texture*.
- Saxton K. E., R. W. (1986). *Estimating generalized soil - water characteristics from texture*.
- Sierra R., P. I. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*.
- Vásconez, D. M. (2009). *Producción y Exportación de la fruta Pitahaya hacia el Mercado Europeo*.
- Velástegui L., V. C. (2007). *Elaboración de Plan de Contingencia para las Operaciones Hidrocarburíferas Desarrolladas en el Campo Gustavo Galindo Velasco*.