



Ministerio  
de **Defensa**  
Nacional

I N S T I T U T O  
E S P A C I A L  
E C U A T O R I A N O



## **MEMORIA TÉCNICA**

### **CANTÓN PORTOVIEJO**

**PROYECTO:**

**“GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN  
DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000”**

**CLIMA E HIDROLOGÍA**

**Diciembre 2012**

## **PERSONAL PARTICIPANTE**

El personal que participó en la ejecución del Estudio Climático y la División Hidrográfica del Cantón PORTOVIEJO, estuvo conformado por funcionarios del Instituto Especial Ecuatoriano, IEE (ex CLIRSEN) y de la Coordinación General del Sistema de Información Nacional MAGAP/CGSIN amparados en el Convenio Interinstitucional suscrito entre las dos Entidades y por profesionales contratados con amplia experiencia y conocimiento en la parte climática, hidrológica y de sistemas de información geográfica.

### **MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL**

#### **IEE (ex CLIRSEN):**

##### **Personal con nombramiento:**

Ing. Amb. Laura Cadena

##### **Personal contratado:**

Ing. Geog. Ximena Echeverría E.

Ing. Civ. David Arévalo Rodríguez

Ing. Agron. Pamela Fierro Díaz

Ing. Agron. Edmundo Salin Tierres

Ing. Agrop. Adrián Carrera

Egda. Maricruz Martínez

Egdo. Francisco Palacios

#### **MAGAP/CGSIN:**

Ing. Geol. Rigoberto Lucero

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>1</b>
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
<b>1.3 Alcance</b> .....	<b>2</b>
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Evaluación de la red hidrometeorológica</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Red Meteorológica e hidrométrica</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3 Red Hidrometeorológica</b> .....	<b>4</b>
<b>2.4 Análisis de la información meteorológica</b> .....	<b>5</b>
<b>2.5 Análisis y ajuste de las series meteorológicas</b> .....	<b>6</b>
<b>2.6 Elaboración de parámetros climáticos</b> .....	<b>6</b>
2.6.1 Trazado de isoyetas .....	6
2.6.2 Trazado de isotermas.....	6
2.6.3 Balance climático.....	7
2.6.4 Evapotranspiración potencial – ETP.....	7
2.6.5 Características físicas de microcuencas.....	8
<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1 Precipitación</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2 Análisis de la Variabilidad Intra-anual</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3 Temperatura</b> .....	<b>11</b>
<b>3.4 Evapotranspiración potencial</b> .....	<b>12</b>
<b>3.5 Déficit Hídrico</b> .....	<b>14</b>
<b>3.6 Períodos secos y vegetativos</b> .....	<b>16</b>

<b>3.7 Caracterización Hidrológica .....</b>	<b>17</b>
3.7.1 División Hidrográfica .....	17
3.7.2 Módulos específicos.....	19
3.7.3 Susceptibilidades a inundaciones .....	19
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>V. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>21</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>23</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Estaciones Climáticas .....	<b>5</b>
<b>Cuadro 2.</b> Ubicación de Estaciones Meteorológicas .....	<b>5</b>
<b>Cuadro 3.</b> Precipitación Media Mensual (mm) de Estaciones Meteorológicas .....	<b>9</b>
<b>Cuadro 4.</b> Temperatura Media Mensual y Anual (°C) .....	<b>11</b>
<b>Cuadro 5.</b> Evapotranspiración Potencial Mensual y Anual (mm) .....	<b>13</b>
<b>Cuadro 6.</b> Valores Máximos y Mínimos de Evapotranspiración Potencial Mensual en las estaciones consideradas (mm) .....	<b>13</b>
<b>Cuadro 7.</b> Balance Hídrico Climático estación M005 Portoviejo-UTM .....	<b>14</b>
<b>Cuadro 8.</b> Balance Hídrico Climático estación M274 Portoviejo-Aeropuerto .....	<b>15</b>
<b>Cuadro 9.</b> Parámetros del Índice de Compacidad .....	<b>19</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Precipitación Media Mensual (mm) .....	<b>10</b>
<b>Gráfico 2.</b> Temperatura Media Mensual (°C).....	<b>12</b>
<b>Gráfico 3.</b> Períodos secos y vegetativos estación M005 Portoviejo-UTM .....	<b>16</b>
<b>Gráfico 4.</b> Períodos secos y vegetativos estación M274 Portoviejo-Aeropuerto .....	<b>17</b>

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

Las características climatológicas del Ecuador, como las de cualquier otra parte del planeta, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del Océano, corrientes marinas y los vientos.

En el Ecuador la zona costera presenta características propias de clima tropical, de acuerdo a la clasificación de Koppen; de manera general, estudios específicos han establecido que el clima de la costa ecuatoriana está influenciado por los cambios que ocurren en el Océano Pacífico y por el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical-ZCIT (CNEL, 2009).

De acuerdo con el Mapa Bioclimático del Ecuador, Portoviejo está localizado en una región clasificada por Holdridge como Sub-desértica Tropical. Según el mismo autor, la ciudad y su área de influencia se ubican en una región ecológica clasificada como monte espinoso tropical (INAMHI, 2000)

Portoviejo está a una altura media de 44 msnm, se encuentra rodeado de colinas, de alturas menores a los 300 m.s.n.m. Presenta relieves que van desde planos a casi planos de valles fluviales, llanuras aluviales costeras y pie de monte occidental, terrazas, llanuras y cuencas deprimidas costeras

En cuanto a la hidrografía del cantón Portoviejo; ésta se encuentra representada por los ríos Portoviejo, Jaramijó, Chone, Bravo y Manta.

La presente memoria realiza un estudio hidrometeorológico del Cantón Portoviejo, orientándolo hacia la caracterización Climática, hidrológica y a analizar, conjuntamente con otros componentes, las susceptibilidades por inundación.

Dentro del análisis de los parámetros climáticos, se dio preferencia al procesamiento de datos de precipitación y temperatura media, fundamentales para el estudio climático y que tienen influencia importante sobre los escurrimientos y sobre la producción agrícola del cantón.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Generar información hidrometeorológica integrada para conocer la disponibilidad, comportamiento y uso del recurso hídrico en el Cantón Portoviejo, como base para la formulación de planes de manejo integral del Cantón.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Delimitar y trazar Isoyetas para el Cantón.
- Delimitar y trazar Isotermas dentro del Cantón.
- Realizar la división hidrográfica general del Cantón.
- Establecer zonas de evapotranspiración potencial y déficit hídrico.
- Delimitar zonas susceptibles a inundación.

### 1.3 Alcance

En esta parte del estudio climático, las metas a realizarse son las siguientes: Caracterización del clima en la zona de estudio con el objeto de conocer la magnitud y condiciones de los elementos en la interpretación de sus efectos, sobre la producción potencial del sector agrícola, mediante la obtención de información básica y elaboración de cartografía temática de isoyetas, isothermas, evapotranspiración potencial (ETP), clases de clima, etc.

## II. METODOLOGÍA

El estudio Hidrometeorológico, como parte del proyecto "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000", se realizó a nivel regional ajustado a escala 1:50.000.

Para determinar las características climáticas del área de estudio, se siguió el siguiente procedimiento:

- Conocimiento de las características intrínsecas (ubicación, funcionamiento, estado actual, etc.) de cada una de las estaciones de la red meteorológica del INAMHI y demás instituciones afines como la DAC, ex CNRH, y ex CEDEGE.
- Análisis de la información existente con el fin de definir las características climáticas principales. Elaboración de mapas de isoyetas e isothermas y otros.

Con el objeto de lograr el conocimiento de las características intrínsecas de las estaciones, luego de la compilación de los archivos disponibles, se procedió a ubicar en campo, mediante el uso de GPS, las estaciones meteorológicas, cuyos valores fueron espacializados sobre cartas topográficas del IGM a escala 1:50000, además se verificó el estado actual y funcionamiento de las estaciones, se comprobó la veracidad de los registros obtenidos y se dio una estimación sobre su representatividad dentro de las zonas donde están instaladas (área de cobertura, obstáculos cercanos, condiciones orográficas que alterarían los datos).

La compilación de información de las estaciones se basó principalmente en los archivos de la red meteorológica nacional del INAMHI y del DGAC. Para la caracterización de los parámetros del clima en esta área de influencia del proyecto, se utilizaron los registros de estaciones meteorológicas ubicadas dentro y fuera de la zona de interés, dada su cercanía y por tener similar posición fisiográfica.

Cada vez es más apremiante contar con información territorial, actualizada, fidedigna y georeferenciada. Bajo este marco, el control de calidad de los productos elaborados en el proyecto "Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional" y específicamente del Cantón Portoviejo, siguió los lineamientos de la Norma ISO 19113, Información Geográfica – Principios de Calidad.

En esta línea, el control de calidad de la información temática generada, tuvo como objetivo común, disponer de documentos cartográficos con una coherencia lógica, integridad y precisión temática y de atributos, tomando como base la dinámica y funcionamiento de los paisajes naturales y culturales.

## **2.1 Evaluación de la red hidrometeorológica**

Los estudios hidrometeorológicos utilizan datos de observaciones reales de valores de diversos parámetros (precipitación, temperatura, niveles, gastos, etc), cuya variabilidad en el tiempo es grande y no sistemática.

Se tiene por consiguiente que recurrir a la estadística para realizar el análisis de estas variables, a fin de conocer su naturaleza, definir su exactitud, precisión y representatividad en el espacio, necesitándose que los datos abarquen series de periodos lo más extensos posibles. Según la OMM (Organización Meteorológica Mundial), las series confiables deben tener como un mínimo 20 años de registros continuos de estaciones de funcionamiento regular y permanente, susceptibles a las realidades de cada país, las que, en caso de no existir series extensas pueden utilizarse hasta de 10 años.

## **2.2 Red Meteorológica e hidrométrica**

La red Meteorológica permite conocer y evaluar la mayor parte de los elementos que conforman el ciclo del agua. De esta manera se obtienen los datos de precipitación cuantificando el agua meteórica y el conocimiento de la forma y distribución de las lluvias. Por otra parte, se registran importantes parámetros relacionados con la evapotranspiración y otros de interés para el sector agropecuario.

Al igual que en la Red Meteorológica, para la red hidrométrica se obtuvo el inventario de las estaciones operadas por el INAMHI y de otras instituciones, el

cual nos permite conocer el escurrimiento superficial que es el parámetro del ciclo hidrológico que puede ser medido con mayor exactitud, si la red cumple características de ubicación y representatividad. Las estaciones con sus características y ubicación fueron espacializadas en la base cartográfica 1:50.000 del IGM.

Se realizó la visita de campo de las estaciones que se consideraron de base en el área de estudio, utilizando para este fin una ficha de inspección de estaciones hidrométricas, y meteorológicas, Anexo 7: Formularios.

Prioritariamente se determinó la ubicación exacta de estas estaciones, mediante GPS; se observó el comportamiento hidráulico del río estimando la calidad de la sección (estabilidad del cauce, calidad del escurrimiento y naturaleza del fondo del lecho); se inspeccionó el funcionamiento y estado actual del limnógrafo o limnómetro y finalmente; se constató, donde se pudo entrevistar al observador, la veracidad de las lecturas realizadas diariamente.

Se programó dos fases principales que son:

- a. Conocimiento de las características intrínsecas de cada una de las estaciones de la red meteorológica del INAMHI y demás instituciones afines.

Se compilaron los archivos disponibles, para cada una de las estaciones meteorológicas y pluviométricas que se encuentran en el Cantón y en su contorno, con información sobre: código, nombre, tipo (clase), provincia en la que está localizada, fecha de iniciación de observaciones y de levantamiento/suspensión, institución o propietario, ubicación (coordenadas geográficas o UTM: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) y altura.

Además, en esta fase se espacializó la ubicación de todas las estaciones inventariadas sobre cartas topográficas del IGM a escala 1:50.000, que sirvió de base para el reconocimiento en el campo.

- b. Inspección en el campo.

Se ejecutó un trabajo de campo para verificar el estado actual y funcionamiento de las estaciones que se consideraron de base; además, se comprobó la veracidad de los registros obtenidos, se estimó su representatividad dentro de las zonas donde están instaladas (área de influencia, obstáculos cercanos, condiciones orográficas que alteran los datos, etc.) y sobre todo, se ubicó cada estación mediante GPS. Para este objetivo, se dispuso de una ficha de inspección de estaciones meteorológicas.

### **2.3 Red Hidrometeorológica**

El número de estaciones meteorológicas recopiladas y que serán consideradas para el análisis de nuestro estudio suman en total 7, mismas que proporcionan registros de los siguientes parámetros climáticos: precipitación, temperatura media, temperaturas medias máxima y mínima, temperaturas máximas y mínimas absolutas, nubosidad, velocidad del viento, humedad relativa y heliofanía (entre algunas). Siendo éstas:

**Cuadro 1.** Estaciones Climáticas

COD.	NOMBRE
M460	MANCHA GRANDE
M464	RIO CHAMOTETE-JESÚS MARIA
M567	SAN PLACIDO INAMHI
M454	RIO CHICO EN ALAJUELA
M461	RIO CHICO-PECHICHE
M005	PORTOVIEJO-UTM
M274	PORTOVIEJO-AEROPUERTO

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

En el cuadro 2 se encuentra el código, nombre, ubicación en el Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), y altura (m.s.n.m) de las estaciones meteorológicas inventariadas en la zona de estudio.

**Cuadro 2.** Ubicación de Estaciones Meteorológicas

CODIGO	ESTACION	COORDENADAS		ALTURA
		ESTE	NORTE	
M460	MANCHA GRANDE	589861	9881733	181
M464	RIO CHAMOTETE-JESÚS MARIA	586290	9886407	95
M567	SAN PLACIDO INAMHI	584186	9882889	30
M454	RIO CHICO EN ALAJUELA	579146	9884384	72
M461	RIO CHICO-PECHICHE	565564	9889584	43
M005	PORTOVIEJO-UTM	560426	9884598	41
M274	PORTOVIEJO-AEROPUERTO	559179	9884349	46

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

## 2.4 Análisis de la información meteorológica

Se analizaron, fundamentalmente, los parámetros correspondientes a Precipitación y Temperatura media del Aire, como insumos principales para el estudio climático.

Este análisis se realizó en las series diarias, mensuales y anuales de todas las estaciones, que fueron obtenidas por el INAMHI, hasta el año 2009, institución

que maneja los datos propios y de otras instituciones como la GDAC, así como la referencia de la base de datos existente en el SIGAGRO-MAGAP.

## 2.5 Análisis y ajuste de las series metereológicas

Para las series con años incompletos se procedió a obtener el promedio mensual de todo el período correspondiente al mes o meses faltantes (siempre que sean únicamente hasta 3), este valor artificial suple al no registrado que se utilizará en el cálculo del valor anual.

Después de esta depuración preliminar, los valores anuales fueron sometidos a un contraste estadístico entre estaciones vecinas, cuyas características físico-climáticas guarden cierta similitud. El coeficiente de correlación entre valores anuales se calculó utilizando series de períodos comunes con registros lo más extensos posibles. El ajuste definitivo de las series anuales, con datos no observados, se logró con base a regresiones lineales que permitieron obtener períodos homogéneos básicos de 25 años (1985-2009).

La serie de 25 años para precipitación se determinó considerando que siendo lo suficientemente extensa, no incluya eventos extremos que distorsionen el comportamiento normal de este parámetro climático, para lo que se excluyeron los años 1982, 1983, 1997 y 1998, por tratarse de años excepcionales.<sup>1</sup>

## 2.6 Elaboración de parámetros climáticos

### 1.3.1 Trazado de isoyetas

El trazado se realizó a nivel regional, con una red de isoyetas medias anuales en intervalos de 100 mm, con base a los resultados antes mencionados y homogeneizados para el período 1985-2009. A fin de facilitar el trazado de isoyetas se tomó en cuenta el relieve, la orografía y las observaciones en el campo. Las isoyetas medias anuales permiten calcular las precipitaciones anuales medias que tienen las cuencas, subcuencas y microcuencas, como parte del balance hídrico.

### 1.3.2 Trazado de isotermas

Igualmente, el trazado de isotermas se realizó a nivel regional. Con la finalidad de estimar el perfil vertical de la temperatura (disminución de la temperatura con la altura), se realizó un estudio de correlación lineal temperatura-altura con los

---

<sup>1</sup> *Influencia del fenómeno de El Niño sobre la precipitación anual.*

valores de la temperatura media registrados en las estaciones meteorológicas existentes en la cuenca. Se trazaron las isotermas cada grado centígrado, con base a la topografía (curvas de nivel), aplicando para cada zona la correlación lineal más adecuada.

### 1.3.3 Balance climático

Es un procedimiento por el cual se comparan los ingresos de agua (precipitación), con los egresos (evapotranspiración potencial), mediante cálculos en los cuales se hace intervenir al suelo con su capacidad máxima de retención de agua y la curva de desecación.

Se procedió al cálculo del balance por el método de Thornthwaite modificado por la FAO, teniéndose como insumos la mediana de la precipitación, por ser la más representativa de las variaciones medias mensuales, la ETP y la capacidad máxima de retención de agua en el suelo que se consideró fue de 300 mm.

El resultado del balance climático se obtiene del déficit hídrico mensual y anual, que es la diferencia entre la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real. Tiene aplicación en clasificaciones climáticas y la regionalización del suelo, por ejemplo: agricultura de riego, ganadería o silvicultura, determinación de períodos del año húmedo o seco, y en estudios agroclimáticos.

De las series medias mensuales generadas anteriormente, se obtuvieron los datos estadísticos de la precipitación, necesarios para los cálculos del balance. A continuación se explica la forma de computar la evapotranspiración potencial, el déficit hídrico, el período seco y el período vegetativo.

### 1.3.4 Evapotranspiración potencial – ETP

Este parámetro climático depende de muchos factores ambientales (temperatura, radiación, viento, déficit de saturación, etc.) que utilizan formulas simples o complejas, dependiendo de sus autores.

En razón de la dificultad de disponerse de todos los datos climáticos en la mayoría de estaciones que se encuentran en la Cuenca y con la finalidad de estandarizar el procedimiento, se analizó el método que utiliza los parámetros más comunes y cuyos resultados son aplicables a las condiciones del área de estudio.

El método de estimación considerado fue el de Thornthwaite que para el cálculo de la evapotranspiración potencial, requiere la media mensual de la temperatura y la ubicación geográfica de las estaciones.

### 1.3.5 Características físicas de microcuencas

En una cuenca hidrográfica, previamente al estudio hidrológico, es necesario determinar ciertos parámetros físico-morfométricos; los mismos que son importantes por cuanto permiten realizar, por analogía (comparación de subcuencas y microcuencas), estudios matemáticos estadísticos para establecer zonas hidrológicamente similares.

Tomando como base la división hidrográfica de cuencas y subcuencas realizadas por MAGAP-CLIRSEN y aprobadas en el 2002 por el Comité Interinstitucional, se delimitó la cuenca, las subcuencas y microcuencas sobre cartas topográficas digitales y curvas de nivel a escala 1:50.000 entregadas por el IGM.

Los conceptos generales sobre división hidrográfica que se tomaron en cuenta son: *Cuenca hidrográfica* es el área limitada por la divisoria de aguas en la cual escurre el agua que se recoge en un solo cauce y que desemboca directamente al mar o sale del territorio nacional; *subcuenca* es el área que drena directamente al cauce principal de la cuenca hidrográfica; y, *microcuenca* es el área donde se recoge el agua que alimenta al cauce principal de la subcuenca.

Para las microcuencas delimitadas, dentro del cantón, se han calculado las siguientes características morfométricas:

- Superficie (A) en km<sup>2</sup> y perímetro (P) en km.
- Forma de la cuenca, mediante el índice de compacidad (IC) o Gravelius:

$$IC=0.282 \frac{P}{(A)^{1/2}}$$

La forma de la microcuenca, definida por el valor del índice de compacidad, da una idea de la tendencia a las crecidas, de acuerdo a:

- Casi redonda a oval redonda, tendencia alta a las crecidas, IC: 1-1.25.
- Oval redonda a oval oblonga, tendencia media a las crecidas, IC: 1.25-1.50.
- Oval oblonga a rectangular oblonga, tendencia baja a las crecidas, IC: 1.50-1.75.
- Rectangular oblonga, tendencia nula a las crecidas, IC: >1.75.

## III. RESULTADOS

Los productos que se han obtenido como resultado del trabajo realizado, que se incluyen en esta Memoria, se presentan como mapas temáticos que se adjuntan a la memoria en formato analógico tamaño A1 y en formato digital, en un DVD, para el Cantón.

### 3.1 Precipitación

En los estudios climáticos se utilizan datos de observaciones que son valores aleatorios de diversos parámetros: Precipitación, temperaturas, nubosidad, evapotranspiración, entre otros, cuya variabilidad en el tiempo es grande.

Se tiene por consiguiente que recurrir a las estadísticas para realizar el análisis de éstos parámetros, a fin de alcanzar la precisión requerida. Por lo que, los estudios climáticos tienen necesariamente que apoyarse en datos que tengan series de períodos los más extensas posibles. Las series climáticas deben tener como un mínimo 20 años de registros continuos según la OMM (Organización Meteorológica Mundial); de no existir series extensas pueden utilizarse hasta de 10 años evitando en lo posible las series que tengan interrupciones.

Esta información se logra únicamente contando con el contingente de estaciones de funcionamiento regular y permanente, en donde se efectúan observaciones climáticas completas.

La recopilación de los historiales de precipitación y de los demás parámetros climáticos tanto diarios, mensuales como anuales de todas las estaciones de la zona en estudio, han sido actualizados hasta diciembre del 2009, en base a los registros originales (anuarios meteorológicos ó en formato digital) del INAMHI y de la DGAC.

Analizando las series de precipitaciones mensuales conjuntamente con los días de lluvia del mismo lapso de tiempo y relacionándolos con los valores de estaciones vecinas, se han eliminado algunos datos ilógicos. Los cálculos para obtener valores medios mensuales y anuales de las alturas de precipitaciones, fueron hechos en base a todo el período de años de observación de cada estación y detallado año por año. Habiéndose procedido a eliminar los valores ilógicos antes de calcular los medios, como se explicó anteriormente. En el cuadro 3 presentamos los valores medios mensuales y sus totales anuales de las precipitaciones sobre el período más largo posible.

**Cuadro 3.** Precipitación Media Mensual (mm) de Estaciones Meteorológicas

COD.	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
M460	MANCHA GRANDE	155,3	163,3	183,6	118,7	28,5	7,6	4,2	4,7	3,2	3,1	2,1	41,2	715,5
M464	RIO CHAMOTETE-JESÚS MARIA	198,9	272,2	243,7	187,7	67,7	14,4	5,4	4,5	3,0	4,2	4,2	31,9	1037,7
M567	SAN PLACIDO INAMHI	322,9	300,8	336,8	185,7	97,6	88,5	16,1	10,8	18,6	16,7	7,6	51,9	1454,0
M454	RIO CHICO EN ALAJUELA	124,6	203,1	165,8	146,3	57,2	7,9	2,5	2,5	2,5	3,3	1,9	14,9	732,4
M461	RIO CHICO-PECHICHE	99,8	186,9	142,1	155,8	33,3	5,3	0,9	0,0	0,9	1,1	0,8	11,2	638,1
M005	PORTOVIEJO-UTM	96,8	140,7	129,4	79,9	22,2	2,4	0,6	1,2	1,1	0,6	1,0	14,0	489,7

M274	PORTOVIEJO-AEROPUERTO	93,6	125,3	117,1	66,9	19,6	2,2	0,5	1,7	1,1	0,4	0,9	12,3	441,7
------	-----------------------	------	-------	-------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-------

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Para las series con años incompletos se procedió a obtener el promedio mensual de todo el período correspondiente al mes o meses faltantes, siempre que sean únicamente hasta tres, este valor artificial suplente al no registrado que se utiliza en el cálculo del valor anual. Después de esta depuración preliminar, las alturas de lluvias anuales fueron sometidas a un contraste estadístico entre estaciones vecinas, cuyas características físico-climáticas guardan cierta similitud.

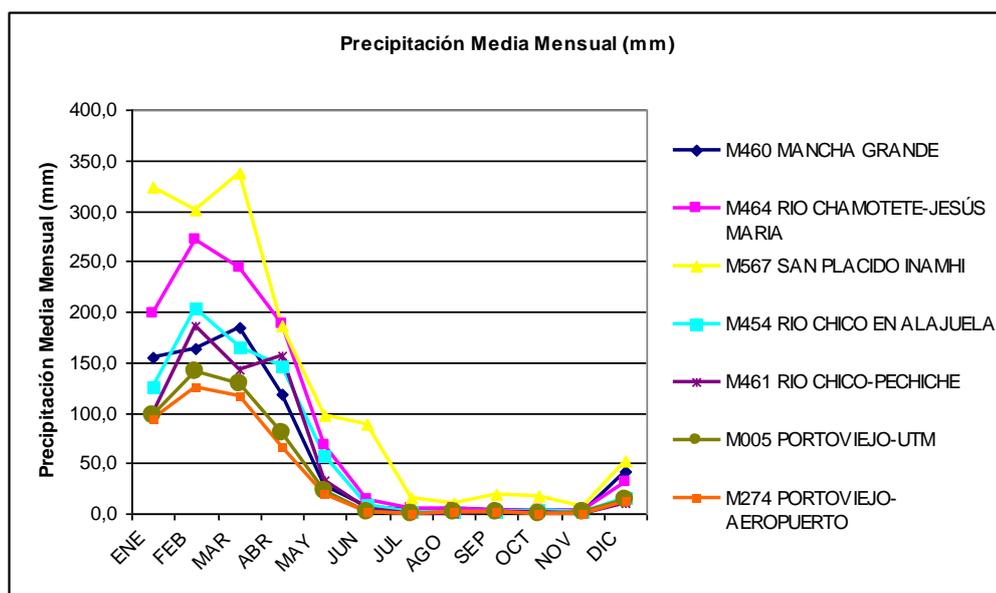
La caracterización pluviométrica se realizó mediante el análisis de la variabilidad mensual o distribución intra-anual (régimen de precipitación), con la finalidad de identificar épocas lluviosas o secas.

### 3.2 Análisis de la Variabilidad Intra-anual

El objetivo de este análisis es observar la distribución de la precipitación mes a mes dentro del año. Esto permitirá identificar los meses más y menos lluviosos, así como posibles comportamientos estacionales. Para tal fin se calculó el promedio mensual de la precipitación en las estaciones consideradas, los mismos que se encuentran en el cuadro 3.

En el gráfico 1 se representan los valores medios mensuales de las estaciones; en el vemos dos estaciones definidas: una donde las lluvias son más abundantes comprendido entre el periodo enero/abril y el segundo período de menos precipitación durante los meses de junio a diciembre.

**Gráfico 1.** Precipitación Media Mensual (mm)



Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

A sabiendas que los valores de precipitación obtenidos en las diferentes estaciones meteorológicas son puntuales, es necesario conocer su distribución geográficamente en la zona en estudio; para ello, uno de los métodos más usados en meteorología para entender esta distribución es por medio de trazos de isoyetas (líneas que unen puntos de igual valor de precipitación).

En base a los valores de los promedios anuales (serie 1985-2009) obtenidos anteriormente, tomando como referencia el relieve y la topografía de la zona estudiada, el clima, la cobertura vegetal, el reconocimiento terrestre y con el apoyo de las alturas de precipitación registradas en las estaciones meteorológicas vecinas del cantón, hemos trazado por medio del software ArcGis9.3 una red de isoyetas con separación de 100 mm. Los valores de las isoyetas varían desde 400 mm hasta 1400 mm.

En el Anexo Cartográfico se encuentra el ANEXO 6: ISOYETAS (PERIODOS 1985-2009) del Cantón.

### 3.3 Temperatura

La temperatura del aire es el elemento del clima al que se asigna mayor importancia como causa de las variaciones que experimentan el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos agrícolas. Por esta razón, es necesario conocer la disponibilidad (cantidad y duración) y el régimen térmico de una localidad, que con las disponibilidades hídricas (precipitación y humedad edáfica) permitirá cuantificar la aptitud climática regional.

Las estaciones de registros de temperatura presentan información discontinua y periodos de registros distintos, lo que nos obligó a plantear diferentes períodos de análisis de este parámetro climático. Se calcularon para cada estación climática considerada, las temperaturas medias mensuales y anuales de todo el período histórico de registros, los mismos que se presentan en el cuadro 4. Se seleccionaron estaciones que proporcionen valores de temperatura media.

**Cuadro 4.** Temperatura Media Mensual y Anual (°C)

COD.	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
M005	PORTOVIEJO-UTM	26,1	26,1	26,5	26,6	25,9	24,8	24,4	24,3	24,5	24,6	25,0	25,7	25,4

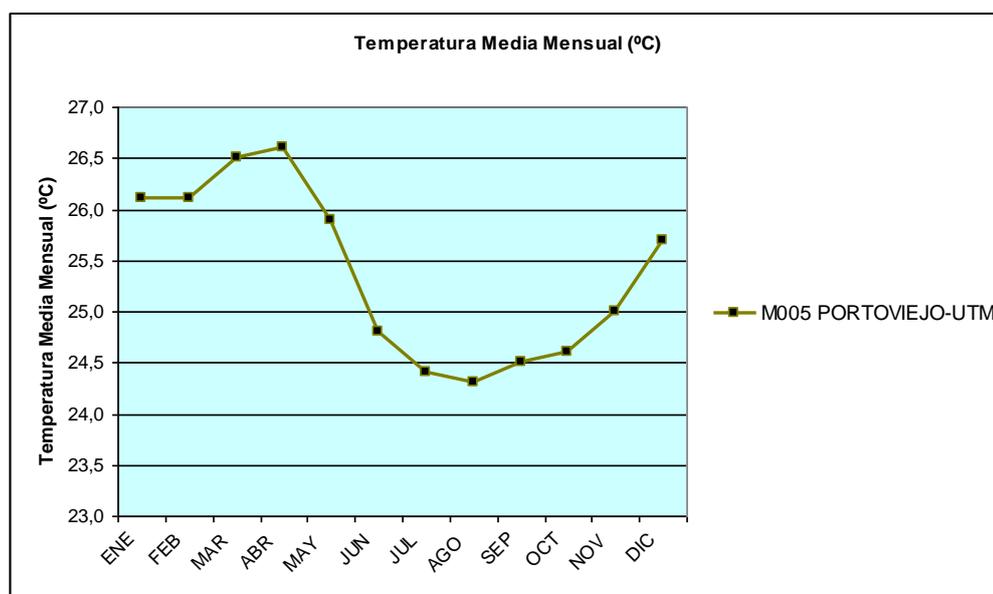
Fuente: Información Meteorológica del INAMHI

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

En el gráfico 2 se representan las temperaturas, cuyas curvas describen la distribución mensual de la temperatura media del aire en el transcurso del año. Analizando el gráfico observamos que la temperatura promedio anual en la estación seleccionada es de 25,4°C.

Los meses de enero, febrero, marzo y abril son los que presentan el mayor valor de temperatura, mientras que los meses de julio y agosto son los que presentan valores ligeramente más bajos con respecto a la media anual. Las variaciones mensuales de las temperaturas no son significativas ya que su amplitud (diferencia entre los valores máximos y mínimos) está alrededor de 2°C.

**Gráfico 2.** Temperatura Media Mensual (°C)



Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Con la finalidad de estimar el perfil vertical de la temperatura (disminución de la temperatura con la altura), se efectuó una correlación lineal de los valores de temperatura media anual vs altitud. El gradiente térmico de la zona es aproximadamente de 1°C por cada 100 metros de elevación, el mismo que está representado por la ecuación:

$$T^{\circ}\text{C} = 25.518 - (0,00308 \times A)$$

T = Temperatura Media (° C)

A = Altura Media (m)

Conociendo que la temperatura disminuye con la altura, en base a las curvas de nivel y mediante la ecuación anterior, se realizó el trazo de las isotermas, éstas isotermas tienen valores entre 24 y 25°C a lo largo de todo el cantón.

En el Anexo Cartográfico se encuentra ANEXO 5: ISOTERMAS (PERIODOS 1985-2009), del cantón.

### 3.4 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial integra la mayoría de los factores que están estrechamente vinculados con las necesidades de agua de los cultivos. Constituye un parámetro fundamental para el cálculo del balance hídrico, así como las precipitaciones son los aportes de agua, la evapotranspiración potencial son los egresos de agua.

La evapotranspiración potencial (ETP), es la máxima evapotranspiración (evaporación física del suelo sumada a la transpiración fisiológica de las plantas de cobertura), que puede producir una superficie suficientemente abastecida de agua, bajo determinadas condiciones climáticas.

Existen muchos métodos para el cálculo de la ETP. Los más difundidos son los de Blanney- Creedle, Turc, Thornthwaite, Holdridge, etc. Cada uno de estos métodos toma en consideración en sus fórmulas diversos parámetros climáticos tales como: temperatura, radiación solar, velocidad del viento, heliofanía, latitud, elevación, etc. Se considera generalmente, que los mejores resultados se alcanzan usando la fórmula de Turc, pero ésta necesita datos de insolación y son muy pocas las estaciones que miden la heliofanía en el Ecuador.

Para el cálculo de la ETP, fue escogida la fórmula de Thornthwaite, relación empírica basada en la temperatura media del aire y la latitud, cuya red de medidas en las estaciones meteorológicas es mucho más densa que la de la heliofanía, lo que permite trazar isolíneas; es fácil de computar y ha demostrado su aplicabilidad a las condiciones reinantes en el territorio ecuatoriano (ORSTOM-Francia y Ravelo-FAO).

Los valores de la ETP mensual y anual de las estaciones meteorológicas consideradas para el análisis climático en la zona de estudio, se encuentran en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Evapotranspiración Potencial Mensual y Anual (mm)

COD.	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
M005	PORTOVIEJO-UTM	133,67	120,51	139,58	135,71	128,71	107,81	105,49	104,04	103,28	108,81	111,32	126,00	1424,92
M274	PORTOVIEJO-AEROPUERTO	147,51	131,81	156,99	158,53	144,27	120,22	123,69	123,31	122,22	126,61	129,67	144,55	1629,37

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

La ETP media mensual oscila de la siguiente manera en las estaciones consideradas:

**Cuadro 6.** Valores Máximos y Mínimos de Evapotranspiración Potencial Mensual en las estaciones consideradas (mm)

COD.	NOMBRE	Max	mes de ocurrencia	Min	mes de ocurrencia
M005	PORTOVIEJO-UTM	139,58	marzo	103,28	septiembre

M274	PORTOVIEJO-AEROPUERTO	158,53	abril	120,22	junio
------	-----------------------	--------	-------	--------	-------

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Siendo los meses de marzo y abril los de máxima ETP; y, septiembre y junio los meses con menos EPT.

Dado que por éste método de cálculo se tomó en cuenta la temperatura media mensual, los valores de demanda atmosférica más elevados corresponden a los meses con mayor precipitación y los más bajos valores de ETP a los meses con menor humedad, acorde con los registros térmicos estacionales en el área.

En Anexos cartográficos se encuentra ANEXO 3: EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ANUAL

### 3.5 Déficit Hídrico

Uno de los objetivos de la agroclimatología es evaluar las aptitudes agropecuarias regionales, presentes o potenciales, mediante el análisis de la disponibilidad y variabilidad de los parámetros climáticos, de acuerdo a la acción que ejercen sobre el sector agropecuario. En lo que hace al crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos agrícolas, uno de los principales aspectos a considerar es la cuantificación de las disponibilidades hidrometeorológicas.

Las dificultades técnicas involucradas en la medición directa y continua del agua edáfica han impedido, hasta el momento, disponer de series observacionales suficientemente extensas como para efectuar con ellas una agroclimatología regional o territorial. Por lo que, el balance hídrico climático de Thornthwaite y Mather da una aproximación de las disponibilidades de agua en un lugar o región.

El Balance Hídrico Climático (BHC) según la metodología de Thornthwaite se construye a partir de los ingresos (precipitación) y los egresos (ETP), mediante un cómputo que incluye como intermediario al suelo con su máxima retención de agua.

En nuestro caso, se calculó el BHC en dos estaciones meteorológicas. Para el cómputo tanto de la evapotranspiración potencial como para la precipitación se utilizó valores mensuales de una serie de los últimos 25 años. En el balance para la ETP se consideró las temperaturas medias mensuales y para las precipitaciones las medianas mensuales por ser más representativas que las medias mensuales. Se tomó una capacidad media de retención de agua en el suelo de 300mm.

A continuación se encuentra el Balance Hidroclimático de las estaciones consideradas.

#### **Cuadro 7.** Balance Hídrico Climático estación M005 Portoviejo-UTM

CODIGO	M005												COORDENADAS	X	Y	
NOMBRE	PORTOVIJO-UTM												ALTURA	50	Almace Max	300
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA ANUAL			
Precip	64,1	131,6	122,0	61,3	9,6	1,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,8	8,8	<b>399,3</b>			
ETP	133,7	120,5	139,6	135,7	128,7	107,8	105,5	104,0	103,3	108,8	111,3	126,0	<b>1424,9</b>			
P-ETP	-69,6	11,1	-17,6	-74,5	-119,2	-106,8	-105,4	-104,0	-103,3	-108,7	-110,6	-117,2				
(P-ETP)	-69,6		-17,6	-92,1	-211,2	-318,0	-423,4	-527,4	-630,7	-739,4	-850,0	-967,2				
negativos(P-ETP)	-1036,8	-1025,7	-17,6	-92,1	-211,2	-318,0	-423,4	-527,4	-630,7	-739,4	-850,0	-967,2				
Almac	9,0	10,0	282,0	220,0	148,0	103,0	72,0	51,0	36,0	25,0	17,0	12,0				
L almac	14,0	1,0	-18,0	-62,0	-72,0	-45,0	-31,0	-21,0	-15,0	-11,0	-8,0	-5,0				
ER	78,1	120,5	140,0	123,3	81,6	46,1	31,1	21,0	15,0	11,1	8,8	13,8	<b>690,2</b>			
EXC	0,0	10,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,5</b>			
DEF	55,6	0,0	0,4	12,5	47,2	61,8	74,4	83,0	88,3	97,7	102,6	112,2	<b>735,5</b>			
ER/ETP*100	58,4	100,0	100,0	90,8	63,4	42,7	29,5	20,2	14,5	10,2	7,9	11,0				

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Se tiene un déficit hídrico durante el periodo comprendido entre los meses marzo y diciembre, y durante el mes de enero. El mes de febrero no registra ningún déficit. El déficit hídrico total es de 735,5 mm.

#### Cuadro 8. Balance Hídrico Climático estación M274 Portoviejo-Aeropuerto

CODIGO	M274												COORDENADAS	X	Y	
NOMBRE	PORTOVIJO AEROPUERTO												ALTURA	45	Almace Max	300
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA ANUAL			
Precip	64,7	118,9	103,2	40,8	10,0	0,6	0,2	0,3	0,2	0,0	0,4	5,4	<b>344,7</b>			
ETP	147,5	131,8	157,0	158,5	144,3	120,2	123,7	123,3	122,2	126,6	129,7	144,6	<b>1629,4</b>			
P-ETP	-82,8	-12,9	-53,8	-117,7	-134,3	-119,6	-123,5	-123,0	-122,0	-126,6	-129,3	-139,2				
(P-ETP)	-82,8	-95,7	-149,5	-267,2	-401,5	-521,1	-644,6	-767,6	-889,6	-1016,2	-1145,5	-1284,7				
negativos(P-ETP)	-82,8	-95,7	-149,5	-267,2	-401,5	-521,1	-644,6	-767,6	-889,6	-1016,2	-1145,5	-1284,7				
Almac	227,0	216,0	181,0	122,0	78,0	52,0	34,0	23,0	15,0	10,0	6,0	4,0				
L almac	-73,0	-11,0	-35,0	-59,0	-44,0	-26,0	-18,0	-11,0	-8,0	-5,0	-4,0	-2,0				
ER	137,7	129,9	138,2	99,8	54,0	26,6	18,2	11,3	8,2	5,0	4,4	7,4	<b>640,7</b>			
EXC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>			
DEF	9,8	1,9	18,8	58,7	90,3	93,6	105,5	112,0	114,0	121,6	125,3	137,2	<b>988,7</b>			
ER/ETP*100	93,3	98,6	88,0	63,0	37,4	22,1	14,7	9,2	6,7	3,9	3,4	5,1				

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Se tiene un déficit hídrico durante todo el año, dando un total de 988,7 mm.

Se realizó la respectiva interpolación de valores para todo el cantón con intervalos de clase de 25mm, resultando en valores que van desde 500mm a >925mm a lo largo de todo el cantón para déficit Hídrico.

En el Anexo Cartográfico se encuentra ANEXO 2: DÉFICIT HÍDRICO ANUAL

### 3.6 Períodos secos y vegetativos

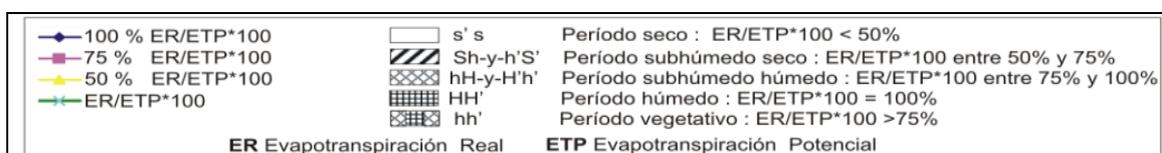
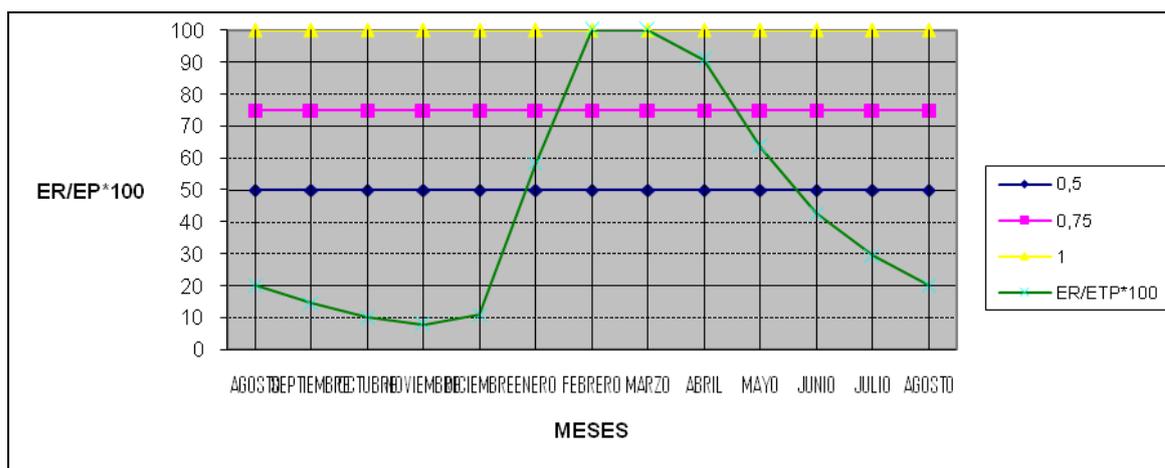
Para la determinación de estos períodos, con los datos mensuales de ETP y ER de los procesos anteriores, se elaboró la curva expresada en porcentaje  $(ER/ETP)*100$ .

El período seco es determinado por el lapso en el cual la curva  $(ER/ETP)*100$  está por debajo del 50%.

El período vegetativo, favorable para las actividades agrícolas, está definido por el lapso en el cual la curva  $(ER/ETP)*100$  está por encima del 75%.

En nuestro caso, se calcularon los períodos secos y vegetativos en 2 estaciones meteorológicas, mismos que se detallan a continuación:

**Gráfico 3.** Períodos secos y vegetativos estación M005 Portoviejo-UTM

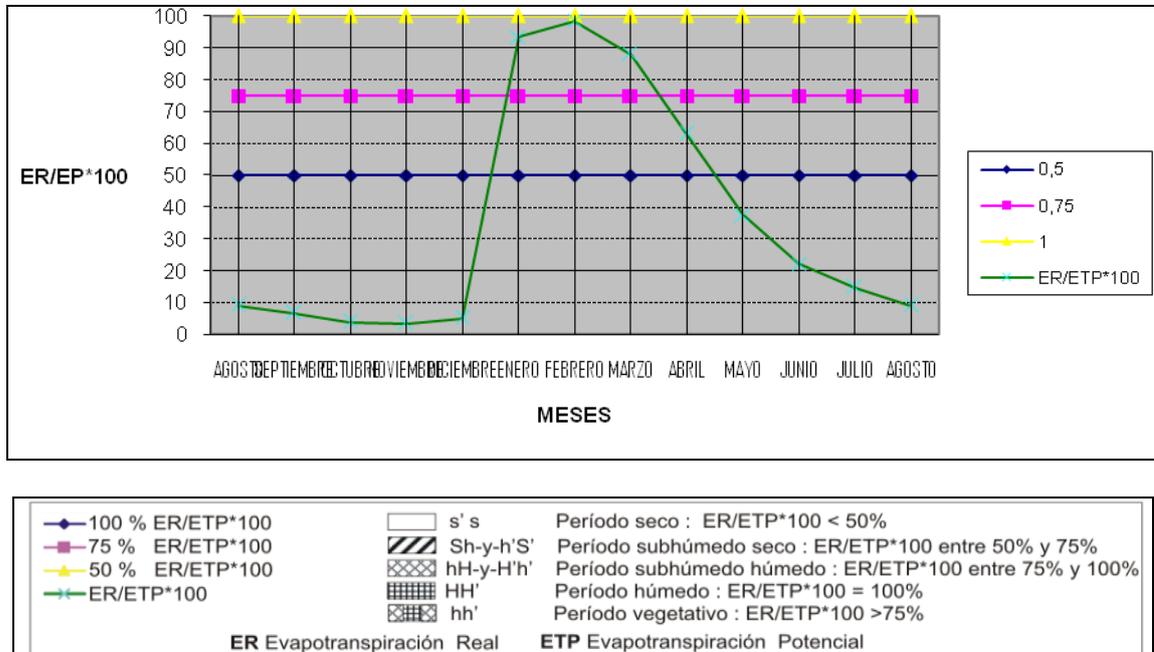


CODIGO	SECO s's	HÚMEDO SECO sh y s'h'	SUBHÚMEDO HÚMEDO hH y H'h'	HÚMEDO HH'
M005	22 junio-26 enero	27 enero - 10 febrero y 18 mayo - 21 junio	11 - 28 febrero y 1 abril - 17 mayo	1 - 31 marzo

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Se tiene un período seco de 219 días, un período húmedo-seco de 49 días, un período semi-húmedo de 66 días y un período húmedo de 31 días.

**Gráfico 4.** Períodos secos y vegetativos estación M274 Portoviejo-Aeropuerto



CODIGO	SECO s's	HÚMEDO SECO sh y s'h'	SUBHÚMEDO HÚMEDO hh'
M274	17 mayo - 12 enero	13 - 24 enero y 16 abril - 16 mayo	25 enero - 15 abril

Elaborado: CLIRSEN-MAGAP, 2012

Se tiene un período seco de 242 días, un período húmedo-seco de 43 días, y un período semi-húmedo de 80 días.

### 3.7 Caracterización Hidrológica

En una cuenca hidrográfica, previamente al estudio hidrológico, es necesario determinar ciertos parámetros físicos característicos, simples y calculables con los datos disponibles, que permitan delimitar zonas de iguales condiciones hidrológicas que lleven a estimar las disponibilidades de agua en toda una región, incluyendo zonas en las cuales no existen estaciones de medida y control.

#### 1.3.6 División Hidrográfica

Tomando como base la división hidrográfica en cuencas y subcuencas realizadas por MAGAP-CLIRSEN y aprobadas en el 2002 por el Comité Interinstitucional, se delimitó las cuencas, subcuencas y microcuencas sobre cartas topográficas digitales y curvas de nivel, teniendo como referencia los modelos del terreno en zonas de poca definición altimétrica.

El área de drenaje de la zona en estudio que pertenece al cantón Portoviejo, corresponde a la cuenca del río Jaramijó, Portoviejo, Chone, Bravo y Manta, y a las subcuencas de los ríos Jaramijó, Portoviejo, Chico, Carrizal, Bravo, Manta y Estero Bachillero. En estas áreas se delimitaron 68 microcuencas, distribuidas de la siguiente manera:

- 4 que alimentan las aguas del río Jaramijó.
- 45 que alimentan las aguas del río Portoviejo.
- 12 que alimentan las aguas del río Chico.
- 4 que alimentan las aguas el río Carrizal.
- 1 que alimenta las aguas del río Bravo.
- 1 que alimenta las aguas del río Manta.
- 1 que alimenta las aguas del Estero Bachillero.

En el ANEXO 1: DIVISIÓN HIDROGRÁFICA POR MICROCUENCA, se encuentra el código, nombre del río principal de la microcuenca y el nombre de la subcuenca y cuenca a la que pertenecen, además se encuentran los parámetros físicos morfométricos más importantes como son el área, perímetro y el índice de compacidad (IC).

La cuenca está definida en primer lugar por su contorno, que tiene una cierta forma y encierra una cierta superficie. La forma de la cuenca va a tener una influencia sobre el escurrimiento, la velocidad con la que el agua llega al cauce principal y nos da las características de las crecidas.

El índice para representar la forma de la cuenca es el "Coeficiente de compacidad (I.C)", este está determinado como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca hidrográfica:

$$I.C. = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P = Perímetro (Km)

A = Área (Km<sup>2</sup>)

Por la forma como fue definido:  $I.C. \geq 1$ . Obviamente para el caso  $I.C. = 1$ , obtenemos una cuenca circular.

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir crecidas dadas su simetría.

Para la definición de la forma de una cuenca, se da la tabla siguiente:

**Cuadro 9.** Parámetros del Índice de Compacidad

Índice de Compacidad	Forma de la Cuenca	Tendencia a las Crecidas
1.00 - 1.25	De casi redonda a oval redonda	Alta
1.25 - 1.50	De oval redonda a oval oblonga	Media
1.50 - 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga	Baja
> 1.75	Oblonga	Muy baja

Fuente: Heras Rafael. "Hidrología y Recursos Hidráulicos". Madrid-España.

Los valores del Índice de Compacidad de la microcuencas van de 1.2 a mayores de 2, por lo que se encuentran microcuencas con tendencia alta, media y baja a crecidas.

### 1.3.7 Módulos específicos

Es el caudal promedio anual producido por unidad de superficie de una cuenca hidrográfica, se expresa en litros/segundo por km<sup>2</sup>. Este parámetro es la base para conocer el volumen anual teóricamente almacenable y permite comparar los recursos hídricos de cuencas de áreas diferentes.

En el área de estudio no existen estaciones limnimétricas ni limnigráficas, por lo que este parámetro se lo obtuvo del estudio hidrometeorológico preliminar de la cuenca del Río Pastaza realizado por ORSTOM – PRONAREG de acuerdo a este estudio para toda la zona se tiene un módulo específico comprendido entre 0-10 l/s/km<sup>2</sup>.

Recordemos que 1 lt/s/ km<sup>2</sup> que se escurre en promedio durante un año, corresponde a una lámina escurrida equivalente a 31.5 mm de agua; por consiguiente, de las microcuencas del cantón, corresponde a una lámina escurrida anual comprendida entre 0 mm y 315mm.

### 1.3.8 Susceptibilidades a inundaciones

Para el análisis de las susceptibilidades a inundaciones por anegamiento, se consideraron principalmente los parámetros de textura del suelo y pendiente que

refleja las características geomorfológicas, como recomienda la metodología utilizada por el PRAT para este fin.

Siendo de esta manera; y, tomando en cuenta la escala resultante del cruce de los parámetros espaciales de textura del suelo y pendiente, encontramos 4 tipos de susceptibilidad a inundaciones: alta, media, baja y nula.

Para el caso del cantón Portoviejo, se obtuvieron los siguientes resultados:

*Susceptibilidad Alta a inundación*, en pendiente muy suave, comprendida entre el 2% al 5 %, en depósitos coluvio aluviales y Formación Canoa donde encontramos: limos, arenas y arcillas con intercalaciones de capas de gravas, y arenas limosas café amarillentas con presencia de arcillas, como se puede observar en la zona costera. En el cantón Portoviejo se determinaron 4842.80 ha, que equivalen al 5% del territorio.

*Susceptibilidad Media a inundación*, en pendientes que van desde plana a muy suave, con valores desde 0% al 12%. En estos sectores encontramos gravas de arenisca en matriz limo arenosa, arcillas, limos y arenas de grano fino a medio, suelos ubicados en valles, de fertilidad natural alta, desde poco profundo a moderadamente profundo. En el cantón Portoviejo se determinaron 7779.24 ha, que equivalen al 8% del territorio.

*Susceptibilidad baja* con 10301.40 ha, que corresponde al 11%, y *susceptibilidad nula* con 69127.33 ha que corresponde al 72% del territorio.

También se consideró territorios donde no es aplicable la metodología ya sea porque corresponden a áreas urbanas muy definidas o por que los datos para establecer el valor son incompletos, éstas áreas corresponden a 4284.90 ha que equivalen al 4%.

En el Anexo Cartográfico se encuentra ANEXO 4: SUCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- Se ha generado información hidrometeorológica para conocer la disponibilidad y comportamiento en el Cantón Portoviejo, como base para la formulación de planes de manejo integral del cantón.
- Se observó la distribución de la precipitación mes a mes dentro del año, permitiendo identificar los meses más y menos lluviosos, así como posibles comportamientos estacionales. Vemos dos estaciones definidas: una donde las lluvias son más abundantes comprendido entre el periodo

enero/abril y el segundo período de menos precipitación durante los meses de junio a diciembre.

- En base a los valores de los promedios anuales (serie 1985-2009) se ha trazado por medio del software ArcGis9.3 una red de isoyetas con separación de 100 mm. Los valores de las isoyetas varían desde 400 mm hasta 1400 mm.
- Se representan las temperaturas, cuyas curvas describen la distribución mensual de la temperatura media del aire en el transcurso del año. La temperatura media en las estaciones seleccionadas es de 25,4°C.
- Los meses de enero, febrero, marzo y abril son los que presentan el mayor valor de temperatura, mientras que los meses de julio y agosto son los que presentan valores ligeramente más bajos con respecto a la media anual. Las variaciones mensuales de las temperaturas no son significativas ya que su amplitud (diferencia entre los valores máximos y mínimos) está alrededor de 2°C.
- Conociendo que la temperatura disminuye con la altura, en base a las curvas de nivel y mediante la ecuación anterior, se realizó el trazo de las isotermas que tienen valores entre 24 y 25°C a lo largo de todo el cantón.
- En general la variación de ETP, es desde 1400mm a 1650mm como se puede observar en Anexos cartográficos.
- Dado que por éste método de cálculo se tomó en cuenta la temperatura media mensual, los valores de demanda atmosférica más elevados corresponden a los meses con mayor precipitación y los más bajos valores de ETP a los meses con menor humedad, acorde con los registros térmicos estacionales en el área.
- Se calculó el BHC en las estaciones meteorológicas escogidas. Para el cómputo tanto de la evapotranspiración potencial como para la precipitación se utilizó valores mensuales de una serie de los últimos 25 años. La capacidad media de retención de agua en el suelo de 300mm.
- Se tiene déficit hídrico en general con valores que van desde 500mm a 925mm a lo largo de todo el cantón.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Utilizar la información hidrometeorológica generada, como base para la formulación de planes de manejo integral del cantón.
- Conseguir los recursos necesarios para concluir el estudio del Cantón, sobre todo en lo referente a infiltración y calidad del agua y la evaluación de las amenazas hidrometeorológicas.
- Involucrar en este estudio a otras instituciones que tienen que ver con el recurso hídrico, fundamentalmente a la SENAGUA, Secretaría de la cual forman parte el INAMHI y CEDEGÉ, que generan información y ejecutan proyectos, de manera que los resultados sean ingresados oficialmente al Sistema Nacional de Información.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

- MANOSALVE, G. 1990 *HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. (1995). 380p
- CEDEGÉ. 1975 *Informe Hidrológico del Proyecto de Propósito Múltiple Guayas* Primera etapa de desarrollo. Guayaquil, Ecuador.
- UNIVERSIDAD DE MADRID, Facultad de Ciencias - Instituto de Física – Unidad de Ciencias de la Atmósfera . 2000 *ETP-THORNTHWAITE*. MADRID - ESPAÑA: UNIVERSIDAD DE MADRID.
- FERRERO, V. O. 1994 *Hidrología computacional y Modelos digitales en Terrenos*. Madrid España: CREATIVE COMMONS.
- INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Quito: INAMHI. 1963-2010 *Anuarios y Documentos*
- LOPEZ, J. L. 1973 *Drenaje Agrícola, Teoría y Bases de Cálculo*. 2ª Edición. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Servicio Nacional de Concentración Parcelaria y Ordenación Rural.
- MAG/DINAREN-FAO, 1995 *Zonificación Agroecológica de la Región Costera Central para cultivos no Tradicionales*. Quito-Ecuador .
- MAG/PRONAREG-ORSTOM. 1979 *Elementos Básicos para la Planificación de los Recursos Hídricos en el Ecuador*. Quito, Ecuador: MAG/PRONAREG-ORSTOM.
- MAG/PRONAREG-ORSTOM. 1978 *Estudio Hidro-Meteorológico e Hidrológico Preliminar de las Cuencas del Río Jubones, Paute, Cañar y sur Ecuatoriano*. Quito, Ecuador.
- MAG/PRONAREG-ORSTOM. 1980 *Estudio Hidro-Meteorológico e Hidrológico Preliminar de las Cuencas del Ríos del Oriente ecuatoriano*. Quito, Ecuador.
- NOUVELOT, J. F. 1985 *Normas Pluviométricas Propuestas para el Ecuador*. Quito, Ecuador: MAG/PRONAREG-ORSTOM.
- PAZ, V. C. IV 1984 *Curso de Capacitación Técnica en Mediciones Hidrometeorológicas y Tratamiento de Datos*. Córdoba, Argentina: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET.
- POURRUT , O. P. 1995 *El agua en el Ecuador*. Quito - Ecuador: ORSTOM.

RAVELO, A. 1987 *Seminario en Agrometeorología. Modelos de Rendimiento y Zonificación Agrícola*. Quito - Ecuador.

VAZQUEZ, A. 2000 *Manejo de Cuencas AltoAndinas TOMO 1*. LIMA Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.

CLIRSEN-SIGAGRO 2005 *Cartas Temáticas de Uso del Suelo*, escala 1:50000 Quito, Ecuador.

CONAGE. 2005 *Consejo Nacional de Geodatos. 2.005. Catálogo de Objeto Nacional*. Quito, Ecuador.

IGM. Instituto Geográfico Militar. 2.009. *Cartografía Topográfica Digital*, escala 1:25.000 y 1:50.000. Quito, Ecuador

## **VII. ANEXOS**

### ANEXO 1: DIVISIÓN HIDROGRÁFICA POR MICROCUENCA

DIVISIÓN HIDROGRÁFICA POR MICROCUENCA. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acuacultura y Pesca- Sistema de Información Geográfica y del Agro. Escala 1:50.000. Proyección Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM. Elipsoide y Datum Horizontal, Sistema Geodésico Mundial WGS84, Zona 17 sur.

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011. 1 mapa, col., 0,59 x 0,84 cm

### ANEXO 2: DÉFICIT HÍDRICO ANUAL

DÉFICIT HÍDRICO ANUAL. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acuacultura y Pesca- Sistema de Información Geográfica y del Agro. Escala 1:50.000. Proyección Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM. Elipsoide y Datum Horizontal, Sistema Geodésico Mundial WGS84, Zona 17 sur.

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011. 1 mapa, col., 0,59 x 0,84 cm

### ANEXO 3: EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ANUAL

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ANUAL. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acuacultura y Pesca- Sistema de Información Geográfica y del Agro. Escala 1:50.000. Proyección Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM. Elipsoide y Datum Horizontal, Sistema Geodésico Mundial WGS84, Zona 17 sur.

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011. 1 mapa, col., 0,59 x 0,84 cm

#### ANEXO 4: SUCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

SUCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acuacultura y Pesca- Sistema de Información Geográfica y del Agro. Escala 1:50.000. Proyección Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM. Elipsoide y Datum Horizontal, Sistema Geodésico Mundial WGS84, Zona 17 sur.

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011. 1 mapa, col., 0,59 x 0,84 cm

#### ANEXO 5: ISOTERMAS (PERIODOS 1985-2009).

ISOTERMAS (PERIODOS 1985-2009). Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acuacultura y Pesca- Sistema de Información Geográfica y del Agro. Escala 1:50.000. Proyección Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM. Elipsoide y Datum Horizontal, Sistema Geodésico Mundial WGS84, Zona 17 sur.

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011. 1 mapa, col., 0,59 x 0,84 cm

#### ANEXO 6: ISOYETAS (PERIODOS 1985-2009).

ISOYETAS (PERIODOS 1985-2009). Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acuacultura y Pesca- Sistema de Información Geográfica y del Agro. Escala 1:50.000. Proyección Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM. Elipsoide y Datum Horizontal, Sistema Geodésico Mundial WGS84, Zona 17 sur.

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011. 1 mapa, col., 0,59 x 0,84 cm

#### ANEXO 7: FORMULARIOS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Quito, Ecuador, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, 2011.