

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA**  
**(*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO - NORTE DE LA SIERRA**  
**ECUATORIANA**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**  
**INGENIERA AGROPECUARIA**

**ELABORADO POR:**  
**GISSELA PATRICIA DIAZ RIVADENEIRA**

**SANGOLQUI - ECUADOR**

**2011**

**I.A.S.A.**

**“ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE  
PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO - NORTE DE LA  
SIERRA ECUATORIANA”**

**2011**

## **RESUMEN**

En Ecuador, un total del 0,4% del territorio de uso agropecuario se dedica a la producción de papa, lo que corresponde a 479,17 hectáreas. La mayor producción se concentra en la sierra, debido a que se adapta fácilmente a los pisos climáticos de esta región interandina. Sin embargo, existen problemas en el uso de los recursos naturales, pues se está degradando los bosques ya que se ha extendido la producción de cultivos en zonas de páramo. La planificación productiva es inexistente, razón por la cual la producción se concentra en determinados meses y en otras épocas escasea. A esto se suman los fenómenos climatológicos que elevan el riesgo del cultivo y ocasionan graves pérdidas para los agricultores. Por ello es necesario, hacer énfasis en la investigación y generación de herramientas que permita disponer de información actualizada y accesible para facilitar el desarrollo de técnicas agrícolas adecuadas que tiendan a mejorar la producción del cultivo de papa y por consiguiente la productividad y la calidad de vida de los pequeños y medianos productores; posibilitando de esta manera la correcta planificación y la conservación de los recursos naturales.

El estudio se llevó a cabo en la provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua y Chimborazo. Los objetivos principales fueron: Elaborar el mapa digital de zonificación agroecológica del cultivo de papa en las provincias del centro – norte de la sierra ecuatoriana; y caracterizar el área de estudio en función de los factores que inciden en el desarrollo del cultivo de papa, agroclimáticos y edafológicos.

Se desarrolló una metodología de evaluación de aptitud de la tierra en condiciones naturales para el cultivo de papa, basado en la disponibilidad climática y edáfica de la zona, y en los requerimientos agroecológicos de la papa. La base de datos de clima se estableció utilizando información de temperatura y precipitación de 54 estaciones meteorológicas para un periodo de 20 años. Para el régimen térmico y de precipitación se determinó el promedio mensual y anual en cada una de las estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio. Con esta información se generaron las deficiencias y los excesos de agua en el suelo a través del método de Thornthwaite. La información edáfica se obtuvo de los trabajos realizados por PRONAREG-ORSTOM. Para la interpolación y síntesis cartográfica de la información se usó ArcGIS 9.3.

Del estudio se determinó que entre los principales factores limitantes del cultivo, desde el punto de vista edáfico, lo constituyen la altitud menor a 2 400 m donde la papa no tuberiza y áreas mayores a 3 600 m donde el tubérculo se demora en desarrollar; la pendiente menor a 6%, de textura arenosa o muy fina, pH menor a 5,5, características encontradas básicamente en las zonas de menor aptitud para el establecimiento del cultivo.

Del análisis agroclimático se detectó que temperaturas entre 8 y 12°C y precipitaciones que oscilan entre 750 a 1 250 mm media anual son los más adecuados para el establecimiento del cultivo, por ende están localizados, dichos parámetros, en las zonas con aptitud agrícola. Además, para el área en estudio se determinó dos períodos de lluvias siendo sus picos máximos en abril y octubre, con

un período seco entre junio y septiembre, siendo las épocas lluviosas las más aptas para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Finalmente, se estableció cuatro categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo de papa en el centro – norte de la sierra ecuatoriana y son: Apta, 22%; Medianamente apta, 56%; Marginal, 14%; y No apta, 4%; siendo la zona medianamente apta la de mayor superficie con 1 096 127,189 ha y sólo 4% resultaron no aptas (79 795,329 ha).

## **ABSTRACT**

In Ecuador, 0.4% of the land for agricultural use is devoted to potato production, equivalent to 479.17 hectares. The majority of the production is concentrated in the highlands, because of its easy adaptability to climatic zones of this Andean region. However, there are some problems in the use of natural resources, due to the forest degradation and the crops expansion in moor zones. Production planning is nonexistent, which is why production is concentrated in certain months and shortage at other times. Moreover, weather events increase the risk and cause serious crop losses for farmers. Therefore, it is necessary to emphasize at researching and generation of tools that allows to get updated information and accessible to facilitate the development of appropriate agricultural techniques that tend to improve potato production and consequently the productivity and quality of life of small and medium producers, thus allowing proper planning and natural resource conservation. The study was carried out in the provinces of Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolivar, Tungurahua and Chimborazo. The main objectives were: To develop a digital map of agroecological zones for potato crop in the north central provinces located in the highlands of Ecuador, and characterize the study area based on the factors affecting the development of the potato crop, agroclimatic and soil. We developed a methodology to evaluate the aptitude of the land for potato crop, in natural conditions, based on climatic and soil availability of the area, and and agroecological requirements of the potato. The climate database was established using temperature and precipitation data from 54 weather stations for a period of 20 years. For the temperature and precipitation regime was established monthly and annual average in each of the meteorological stations located in the study area. With this

information we generated the deficits and excesses of soil water by the Thornthwaite method. The soil information was obtained from the work of PRONAREG-ORSTOM. We used ArcGIS 9.3 for interpolation and synthesis mapping information.

From this analysis we were able to obtain that altitudes lower than of 2 400 m and higher than 3 600 m are limiting factors for growing, because the potato can not tuberize or its development is delayed. Other limiting factors, since the soil point of view, such as the slope less than 6%, very fine sandy texture, pH less than 5.5, were found primarily in areas less suitable for crop establishment.

From the agroclimatic analysis, we determined that temperatures between 8 and 12 ° C, and rainfall ranging from 750 to 1 250 mm annual average are most suitable for plant establishment; these parameters are located in areas suitable for agriculture. In addition, for the study area was determined two periods of rain being their peaks in April and October, with a dry period between June and September, being rainy seasons the most suitable for crop growth and development.

Finally, in this region there were four classes of aptitudes for the development of the potato crop, the optimum area represented 22%; Moderately apt 56%, Marginal 14%, and not apt 4%; moderately apt area was the largest zone with 1 096 127.189 ha and only 4% were not apt (79 795.329 ha).

**ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum  
tuberosum*) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA**

**GISSELA PATRICIA DÍAZ RIVADENEIRA**

**REVISADO Y APROBADO**

**Ing. Juan Tigreiro**

**COORDINADOR DE CARRERA**

**Ing. Emilio Basantes**

**DIRECTOR**

**Ing. Marco Luna**

**CODIRECTOR**

**Abg. Carlos Orozco**

**SECRETARIO ACADEMICA**

**ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA**

**GISSELA PATRICIA DÍAZ RIVADENEIRA**

**APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION DEL INFORME TECNICO.**

	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>FECHA</b>
<b>Ing. Emilio Basantes</b> <b>DIRECTOR</b>	_____	_____
<b>Ing. Marco Luna</b> <b>CODIRECTOR</b>	_____	_____

**CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA SECRETARIA.**

**Abg. Carlos Orozco**

**SECRETARIA ACADEMICA**

# ***CERTIFICACIÓN***

Ing. Emilio Basantes

Ing. Marco Luna

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA”**, realizado por Gissela Patricia Díaz Rivadeneira, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que el presente estudio ha sido realizado en forma técnica y bien elaborada SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado, mapas temáticos y cinco discos compactos el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Gissela Patricia Díaz Rivadeneira que sea entregado al Ing. Juan Tigero, en calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 17 de febrero de 2011.

---

Ing. Emilio Basantes  
DIRECTOR

---

Ing. Marco Luna  
CODIRECTOR

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

***DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD***

GISSELA PATRICIA DÍAZ RIVADENEIRA

Declaro que:

El proyecto de grado denominado **“ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 17 de febrero de 2011.

---

Gissela Patricia Díaz Rivadeneira

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

***AUTORIZACIÓN***

Yo, Gissela Patricia Díaz Rivadeneira

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 17 de febrero de 2011.

---

Gissela Patricia Díaz Rivadeneira

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes con su infinito amor, sacrificio y apoyo, han sido el pilar fundamental en mi vida y fortaleza en el logro de mis objetivos.

A mis hermanas por ser mi mayor inspiración, mis mejores amigas y compañeras, y el regalo máspreciado.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser esa fuerza espiritual tan grande e inexplicable que me ha impulsado a no desistir.

A mis padres por ser la mejor guía y ejemplo a seguir, pues, a través de sus consejos y apoyo he logrado salir adelante.

A todos quienes conforman la Escuela Politécnica del Ejército por brindarme la oportunidad de dar un paso importante hacia el crecimiento profesional.

Al Director y Codirector de Proyecto, por sus acertadas recomendaciones para el desarrollo de esta investigación.

Un especial reconocimiento a los ingenieros Yamil Cartagena, Xavier Cuesta, Trajano Yugcha, Carlos Montúfar, Julia Carrión, Gustavo Tapia, Blanquita Simbaña, Gilma Carvajal y René Moya, por sus valiosos aportes científicos, experiencias y acertada dirección durante el transcurso de la investigación.

A la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, en especial al Departamento de Suelos y Aguas, por la oportunidad y confianza brindada para la realización de este trabajo.

Al IPNI, en especial al Dr. José Espinosa por ser el facilitador del material para la ejecución del proyecto de investigación.

A las diferentes instituciones y empresas: INAMHI, MAGAP – SIGAGRO, CLIRSEN, CELIR, IGM, AGROPRESICIÓN, Consejo Provincial de Pichincha, quienes de una u otra manera colaboraron para la ejecución de esta investigación.

# **HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS**

**ELABORADO POR**

---

Gissela Patricia Díaz Rivadeneira

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

---

Ing. Juan Tigrero

**DELEGADO UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO**

---

Ab. Carlos Orozco

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>1.2. OBJETIVOS</b> .....	4
<b>1.2.1. Objetivo general</b> .....	4
<b>1.2.2. Objetivos específicos</b> .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
<b>2.1. El cultivo de la papa</b> .....	5
2.1.1. Etapas fenológicas.....	5
2.1.2. Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo del cultivo.....	6
2.1.2.1. Temperatura.....	6
2.1.2.2. Precipitación.....	7
2.1.2.3. Intensidad luminosa.....	8
2.1.2.4. Topografía.....	8
2.1.2.5. Suelo.....	9
<b>2.2. Balance hídrico</b> .....	10
<b>2.3. Zonificación agroecológica</b> .....	11
<b>2.4. Sistemas de información geográfica</b> .....	14
2.4.1. Cartografía y SIG.....	14
2.4.1.1. Sistema de coordenadas.....	15
2.4.2. Elementos de los SIG.....	16
2.4.3. Funciones de los SIG.....	17
2.4.3.1. Ingreso de datos.....	17
2.4.3.2. Almacenamiento de datos.....	18
2.4.3.3. Manipulación y procesamiento de datos.....	19
2.4.3.4. Producción de datos.....	20
2.4.4. Aplicaciones de los SIG.....	20
2.4.5. Aplicaciones de los SIG en el Ecuador.....	22

<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	24
	<b>3.1. Descripción de la zona de estudio</b> .....	24
	3.1.1. Ubicación geográfica y política.....	24
	3.1.2. Características edafoclimáticas.....	25
	<b>3.2. Metodología</b>	26
	3.2.1. Delimitación del área de estudio.....	27
	3.2.2. Estandarización y validación de la información cartográfica.....	28
	3.2.3. Elaboración de la cartografía temática, escala 1:50000.....	28
	3.2.3.1. Mapa geomorfológico (pendientes).....	28
	3.2.3.2. Mapa de suelos.....	29
	3.2.3.3. Mapa de isotermas.....	30
	3.2.3.4. Mapa de isoyetas.....	30
	3.2.3.5. Cálculo del régimen de humedad.....	31
	3.2.3.6. Establecimiento de las variables a considerar dentro de la Zonificación.....	34
	3.2.3.7. Clasificación por aptitud en base a las coberturas.....	37
	3.2.3.8. Elaboración del mapa de zonificación agroecológica, escala 1:50000.....	39
	3.2.3.9. Elaboración del lenguaje estructurado de consulta (SQL).....	40
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	41
	<b>4.1. Análisis de la aptitud agroclimática</b>	41
	4.1.1. Régimen de precipitación.....	42
	4.1.2. Régimen de evapotranspiración potencial.....	44
	4.1.3. Balance hídrico climático.....	45
	4.1.4. Periodo vegetativo.....	48
	4.6.5. Régimen de temperatura.....	50
	<b>4.2. Análisis de la aptitud edáfica</b> .....	52
	<b>4.3. Zonificación agroecológica</b> .....	59
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	66

<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Relación entre las fases fenológicas del cultivo y las condiciones climáticas de la zona, en el estudio fenológico de cinco variedades de papa. Cutuglahua, Pichincha, 1996.....	6
Cuadro 2.	Aplicaciones en tecnología SIG en el Ecuador.....	23
Cuadro 3.	División política de las provincias en estudio.....	24
Cuadro 4.	Parámetros Cartográficos para la Zonificación Agroecológica del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	28
Cuadro 5.	Rangos de precipitación y temperatura promedio anual utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	35
Cuadro 6.	Rangos de pendiente para la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	35
Cuadro 7.	Rangos de textura, pedregosidad y profundidad del suelo utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	36
Cuadro 8.	Rangos de drenaje, nivel freático e inundabilidad del suelo utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	36
Cuadro 9.	Rangos de toxicidad, pH, materia orgánica y nivel de fertilidad utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	36
Cuadro 10.	Requerimientos climáticos y edafológicos del cultivo de la papa.....	37
Cuadro 11.	Aptitud climática y edáfica utilizada en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	38
Cuadro 12.	Aptitud agroecológica esgrimida en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.....	38
Cuadro 13.	Rangos de precipitación presentes en la zona de estudio.....	44
Cuadro 14.	Rangos del periodo vegetativo presentes en la zona de estudio.....	50
Cuadro 15.	Rangos de temperatura presentes en la zona de estudio.....	52

Cuadro 16.	Superficie y porcentaje de ocupación en base a la clasificación por Orden del suelo presentes en el área de estudio.....	53
Cuadro 17.	Superficie y porcentaje de ocupación de los diferentes rangos de pendiente en el área de estudio.....	54
Cuadro 18.	Superficie y porcentaje de ocupación de las diferentes clases de textura en el área de estudio.....	54
Cuadro 19.	Superficie y porcentaje de ocupación de la pedregosidad del suelo en el área de estudio.....	55
Cuadro 20.	Superficie y porcentaje de ocupación de profundidad del suelo en el área de estudio.....	55
Cuadro 21.	Superficie y porcentaje de ocupación de drenaje, nivel freático e inundabilidad del suelo en el área de estudio.....	56
Cuadro 22.	Superficie y porcentaje de ocupación de los diferentes rangos de pH en el área de estudio.....	57
Cuadro 23.	Superficie y porcentaje de ocupación de materia orgánica del suelo en el área de estudio.....	58
Cuadro 24.	Superficie y porcentaje de ocupación del nivel de fertilidad del suelo en el área de estudio.....	58
Cuadro 25.	Superficie y porcentaje de ocupación de salinidad y toxicidad del suelo en el área de estudio.....	59
Cuadro 26.	Superficie y porcentaje de ocupación de las diferentes clases de aptitud en el área de estudio.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representación de latitud y longitud en el globo terrestre.....	15
Figura 2. Elementos de un SIG.....	17
Figura 3. Modelos raster y vectorial de un SIG.....	18
Figura 4. Sobreposición de capas.....	20
Figura 5. Ubicación de las provincias en estudio.....	25
Figura 6. Ubicación de las estaciones meteorológicas en el área de estudio.....	41
Figura 7. Precipitación por estaciones durante el periodo de 1 980 – 2 008.....	42
Figura 8. Precipitación en la zona norte y centro de la Sierra.....	43
Figura 9. Evapotranspiración potencial de las estaciones meteorológicas en estudio.....	45
Figura 10. Comparación entre la cantidad total de exceso y déficit hídrico presente en el area de estudio.....	46
Figura 11. Periodo Vegetativo para el área en estudio.....	48
Figura 12. Datos de temperatura para el área en estudio.....	51

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Procedimiento para la zonificación agroecológica propuesta por la FAO (1997). .....	13
Gráfico 2. Esquema para la zonificación agroecológica del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	27

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Duración media del resplandor solar posible en el hemisferio sur, expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno. De Burgos y Vidal.....	77
Anexo 2. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas del área de estudio.	78
Anexo 3. Datos de la precipitación media correspondiente a un periodo de 28 años para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.....	80
Anexo 4. Valores de evapotranspiración (ETP) obtenidos para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.....	82
Anexo 5. Déficit y exceso obtenidos mediante balance hídrico de la zona en estudio.....	84
Anexo 6. Épocas de siembra definidas de acuerdo al periodo vegetativo para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.....	86
Anexo 7. Periodo vegetativo en número de días en el área de estudio.....	88
Anexo 8. Datos de la temperatura media correspondiente a un periodo de 28 años para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.....	90
Anexo 9-61. Historial de las estaciones meteorológicas en estudio con su respectivo balance hídrico para la zonificación agroecológica del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en la Sierra ecuatoriana. 2011.....	92-144
Anexo 62. Mapa de precipitación (isoyetas) media anual para un periodo 1980 – 2008.....	145
Anexo 63. Mapa de temperatura (isotermas) media anual para el periodo 1980 – 2008.....	146
Anexo 64. Mapa del periodo vegetativo para el área de estudio (1980 – 2008).....	147
Anexo 65. Mapa de zonificación agroecológica del cultivo de papa en las provincias del centro – norte de la Sierra ecuatoriana. 2011.....	148

## NOMENCLATURA

<b>AP</b>	Agricultura de precisión.
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>GPS</b>	Sistema de posicionamiento global.
<b>UTM</b>	Universal Transversal Mercator.
<b>WGS84</b>	World Geodesic System (1984).
<b>ETP</b>	Evapotranspiración potencial.
<b>ETR</b>	Evapotranspiración potencial real.
<b>BHC</b>	Balance hídrico climático.
<b>SQL</b>	Lenguaje Estructurado de Consulta.
<b>INAMHI</b>	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
<b>MAGAP</b>	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador.
<b>SIGAGRO</b>	Sistema de Información Geográfica y del Agro.
<b>MAG</b>	Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.
<b>PRONAREG</b>	Programa Nacional de Regionalización Agraria.
<b>IGM</b>	Instituto Geográfico Militar.
<b>CLIRSEN</b>	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales y Sensores Remotos.
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) constituye uno de los productos agrícolas que más se producen y consumen en el Ecuador, especialmente en la sierra andina, donde es considerado como producto importante de la canasta básica. Las condiciones de clima y suelo, sumado a la amplia diversidad de variedades y ecotipos de papa, han permitido la adaptación de este tubérculo a la región y facilitado su siembra casi todo el año en una amplia gama de suelos y microclimas.

En la actualidad aproximadamente cerca del 0,4% del territorio nacional que tiene uso agropecuario se destinan al cultivo y producción de papa, que corresponde a 49 719 hectáreas; de este total aproximadamente, el 75,6% de esta superficie se encuentra bajo la propiedad de pequeños agricultores que poseen extensiones de tierra de 1 y 5 hectáreas, así mismo el 11,9% son productores y propietarios de tierras cuyas extensiones fluctúan entre 5 a 10 hectáreas, el 10,7% de la zonas aptas para el cultivo de papa se concentra en productores que poseen de 10 a 50 hectáreas y del total de hectáreas de este cultivo aproximadamente 1,8% está distribuido en manos de productores grandes cuyas extensiones bordean más de las 50 hectáreas (Devaux *et al.* 2010).

Según datos que se desprenden del III Censo Agropecuario, la frontera agrícola del Ecuador experimenta un crecimiento importante en aproximadamente 375% en los últimos 25 años, pasa de 3.5 millones de hectáreas a 12.654 millones de hectáreas cultivables (SICA, 2004), se observa una creciente utilización de las zonas de

páramos y se ha deforestado áreas considerables de bosque primario, provocando una creciente degradación de los suelos, externalidad negativa que amenaza con destruir la capacidad productiva de gran parte de las tierras agrícolas de mayor aptitud agrícola y potencial de producción creando problemas ambientales cada vez más graves (Noni y Trujillo, 2008).

Según Pla (2010), la degradación del suelo y escasez de agua constituyen hoy por hoy los principales factores que afectan la sostenibilidad de la utilización agrícola en todo el mundo, efecto negativo que trae como consecuencias la pérdida de la fertilidad del suelo y disminución en su productividad, factores que limitan el rendimiento de los cultivos y la producción de alimentos que demanda una población cada vez más creciente.

La zonificación agroecológica es un trabajo especializado que reviste gran importancia en el desarrollo agrícola de un país, debido a que con los resultados obtenidos en estos estudios se puede definir las zonas más aptas para el establecimiento de cultivos, permite así diseñar estrategias para alcanzar una explotación racional, de acuerdo con la capacidad productiva de los recursos naturales y conservación de los ecosistemas (Cortéz *et al.* 2005). La FAO (1997), manifiesta a la zonificación agroecológica como una aplicación que combina los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos con los estudios de suelos, y delimita zonas homogéneas que reúnen características óptimas para su desarrollo.

En 1974, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en coordinación con la ORSTOM elaboraron las cartas de suelos por regiones adaptadas a distintas

condiciones, con miras a la planificación agrícola del país. Estos estudios fueron desarrollados en el marco del Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG), actualmente SIGAGRO, con el propósito de evaluar los recursos naturales renovables y complementar acciones de planificación agrícola (MAG, 1985).

En la actualidad, el uso de sistemas de información geográfica como una actividad que complementa el estudio de uso del suelo, a través de entidades nacionales CLIRSEN y SIGAGRO, han permitido el desarrollo de proyectos de generación de información dirigida a conocer las potencialidades y limitaciones de las tierras vistas desde la óptica de la explotación agropecuaria y forestal, con el fin de conocer la aptitud natural de las tierras y lograr en el mediano plazo elevar o por lo menos mantener los rendimientos actuales sin alterar las condiciones naturales del medio edáfico; y de esta manera, establecer programas que contribuyan al restablecimiento y conservación de la calidad de las tierras del país.

Con estos antecedentes y dada la importancia del cultivo, se estableció la elaboración de un mapa de zonificación agroecológica, de las provincias ubicadas en la Sierra ecuatoriana, con la finalidad de generar una herramienta que permita disponer de información actualizada y accesible a las instituciones públicas y privadas y así facilitar el desarrollo de técnicas agrícolas adecuadas que tiendan a mejorar la producción del cultivo de papa y por consiguiente la productividad y la calidad de vida de los pequeños y medianos productores; posibilitando de esta manera la correcta planificación y la conservación de los recursos naturales.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. General**

Elaborar el mapa digital de zonificación agroecológica del cultivo de papa en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Tungurahua, Bolívar y Cotopaxi.

### **1.2.2. Específicos**

- Caracterizar el área de estudio en función de los factores que inciden en el desarrollo del cultivo de papa, agroclimáticos y edafológicos.
- Aplicar Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el modelamiento, análisis y procesamiento de la información que coadyuven a la realización de los distintos mapas temáticos y la toma de decisiones.
- Delimitar las zonas con características homogéneas considerando los requerimientos agroclimáticos para el cultivo de papa.
- Difundir la investigación a través de su publicación en artículos científicos y poner a disposición de entidades públicas y privadas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. EL CULTIVO DE LA PAPA

Se originó en la cordillera andina de América del Sur en donde se la cultiva desde hace 4 000 años (Pumisacho y Velásquez, 2009); en este continente surgieron dos pueblos cuya alimentación básica fue la papa: los colla, que habitaban en los altiplanos del Lago Titicaca y los araucanos, que vivían al sur del Río Bio – Bio, Chile (Montaldo, 1984).

La papa cultivada fue vista por primera vez por los españoles en el valle de Grita, Colombia, así como en Popayán, Pasto y Quito, en 1 573 (Graves y Cabieses, 2006).

En el Ecuador la papa se siembra sobre los 2 800 msnm. Se identifican tres zonas dedicadas a su cultivo: norte (Carchi e Imbabura), centro (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar), y sur (Cañar, Azuay y Loja) (Pumisacho y Velásquez, 2009).

#### 2.1.1. Etapas fenológicas

El periodo de crecimiento determina el número de meses que transcurren desde la siembra hasta la madurez del cultivo; para variedades de papa muy precoces (3 meses), hasta aquellas muy tardías (7 meses) (Egúsqüiza, 2000).

Yáñez (1999), al estudiar la fenología de cinco variedades de papa determinó ocho etapas, que inician con la siembra y finalizan con la cosecha de los tubérculos. En el cuadro 1, se detalla los parámetros establecidos:

**Cuadro 1. Relación entre las fases fenológicas del cultivo y las condiciones climáticas de la zona, en el estudio fenológico de cinco variedades de papa. Cutuglahua, Pichincha, 1996.**

<b>FASES FENOLÓGICAS</b>	<b>DDS<sup>1</sup></b>	<b>TEMP. (°C)</b>	<b>HR (%)</b>	<b>PRECIPIT. (mm)</b>
Siembra - Emergencia	21	11,51	83,00	7,40
Emergencia - Floración	21 - 74	11,80	77,50	5,80
Emergencia - Inicio tuberización	21 - 61	11,80	80,20	7,50
Floración – final floración	74 – 114	11,50	70,90	1,90
Inicio tuberización - Madurez fisiológica	61 – 142	11,60	68,50	1,40
Final floración – Tubérculo semilla	114 – 122	12,10	66,40	0,60
Final floración - Senescencia	114 – 131	11,90	66,70	1,00
Senescencia - Cosecha	131 – 162	11,70	66,60	1,10

FUENTE: YANEZ, 1999.

## **2.1.2. Factores que Influyen en el Crecimiento y Desarrollo del Cultivo**

### **2.1.2.1. Temperatura**

La temperatura interviene en la brotación de los tubérculos semillas, en la utilización de nutrimentos, pérdida de agua y en las etapas fenológicas del cultivo (INTA, 2004).

La papa se adapta a climas templados fríos, a altitudes que van desde los 2 500 a 3 500 metros, la temperatura óptima para el cultivo es de 9 a 11 °C con una temperatura máxima de 18 °C. y que se encuentre exenta de heladas y granizadas (INIAP, 1984).

<sup>1</sup> Días después de la siembra.

El frío excesivo perjudica, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar. Los tubérculos corren el riesgo de helarse en el momento en que las temperaturas sean inferiores a -2 °C. (Estrada, 2000).

Bajo temperaturas altas (20 a 29°C), las plantas producen más follaje, se induce el desarrollo de tallos, pero las hojas son más pequeñas debido a la reducción en la expansión del área foliar, los niveles de almidón se reducen en las hojas, se incrementa el número de internodos y estolones son más largos. Se retrasa el comienzo del crecimiento del tubérculo y se demora el inicio del llenado del mismo (CORPOICA, 2000). Temperaturas elevadas, también, favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades. La humedad ambiental excesiva favorece el ataque de lancha negra (Estrada, 2000).

#### **2.1.2.2. Precipitación**

La disponibilidad de agua en el suelo, influye directamente en el crecimiento, fotosíntesis y absorción de nutrientes, si existe poca disponibilidad provoca clorosis y marchitamiento, por consiguiente disminución en el rendimiento, un exceso de humedad favorece el desarrollo de enfermedades (Parsons, 1978), un rango óptimo de precipitación para el cultivo de papa es de 800 a 1200 milímetros durante el ciclo (INIAP, 1984).

### **2.1.2.3. Intensidad luminosa**

La intensidad luminosa favorece la floración y fructificación, recibida al inicio del crecimiento del tubérculo tendrá un marcado efecto sobre su posterior desarrollo, pues, este es un factor importante en la síntesis de carbohidratos a través del proceso de fotosíntesis (CORPOICA, 2000).

La luminosidad, además de influir en la fotosíntesis, denota radical importancia en los fotoperíodos requeridos por las plantas. Un fotoperíodo corto restringe el crecimiento vegetativo, pero se acumula mayor cantidad de carbohidratos que inducen a una mayor producción de tubérculos, y los fotoperíodos largos inducen el crecimiento (INTA, 2004). La cantidad óptima de horas luz para el cultivo son 12 horas al día. Su mejor desarrollo se localiza en las zonas de vida: bs –MB, bh-M, bh-MB, bmh-M (MAG, 1985).

### **2.1.2.4. Topografía**

La topografía se caracteriza por el porcentaje de las pendientes y por la longitud y forma de las mismas. La topografía es un importante factor para determinar la erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, y tiene una influencia sobre la aptitud agrícola de la tierra (FAO, 2000).

Debido al grado de movimiento de suelo que demanda el cultivo, para evitar la erosión de suelos, no se recomienda utilizar terrenos con pendientes mayores al 20% (Pumisacho y Sherwood, 2002).

#### **2.1.2.5. Suelo**

El cultivo de la papa prefiere suelos ricos en materia orgánica (> 2%) y profundos, mínimo 35 cm de la capa cultivable (MAG, 1985). Soporta pH entre 5.0 a 6.0 (INIAP, 1984). Los suelos de textura francos, franco arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos franco son los que presentan las mejores condiciones para el cultivo, además, el suelo tiene que ser permeable, suelto y bien aireado (INTA, 2004).

Corbaoui (1988), indica que los niveles compactados del suelo restringen el drenaje del agua; de la misma manera, los terrones y piedras reducen el contacto de las raíces con el suelo provocando deformación de los tubérculos en crecimiento y su deterioro durante la siembra, el desarrollo del cultivo y la cosecha.

En la región interandina, el cultivo de la papa se realiza en una gran diversidad de suelos, entre los cuales predominan en la cordillera oriental los *Vitrandepts* (40% de la superficie de papa) y los *Argiudolls* (40%), relativamente más favorables a la producción de papa que los *Durustolls* y *Ustorthents* (35%), los *Hapludolls* y *Eutrandepts* (45%) más frecuentes en la cordillera occidental (SICA, 2004).

## 2.2. BALANCE HÍDRICO

Introducido por Thornthwaite en 1944; éste evalúa la cantidad de agua que realmente se evapora del suelo y transpiran las plantas en un lugar determinado, así como la cantidad de agua almacenada por el suelo (Carvajal *et al.*, 1995). Por lo tanto, el balance hídrico es el sistema por el cual se comparan la cantidad de agua que ingresa (precipitaciones) y la cantidad que egresa (evapotranspiración potencial) y, consecuentemente la cantidad de agua que permanece en un determinado volumen de suelo durante el periodo de crecimiento de un cultivo (Basantes, 2010).

Para UNER (2010), en los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico, se destaca la Evapotranspiración, que constituye la pérdida de agua en forma de vapor, que contiene la evaporada directamente del suelo y la transpirada por las plantas, a la atmósfera. A su vez, la energía con que está disponible en el suelo y el grado de cobertura vegetal de éste, limitan y diferencian dos formas de Evapotranspiración:

- Evapotranspiración potencial (ETP) es la máxima evaporación posible en un intervalo de tiempo, bajo condiciones climáticas existentes, cuando el suelo se encuentra en su contenido óptimo de humedad (capacidad de campo) y cubierto totalmente con una capa vegetal de baja altura en activo crecimiento y cuyo albedo sea de alrededor de un 25 %.

- Evapotranspiración real o actual (ETR) es la producida en condiciones reales, teniendo en cuenta que la cobertura vegetal no siempre es completa y que los niveles de humedad en el suelo son variables.

De las definiciones se desprende que la ETP depende únicamente de factores meteorológicos y la ETR de la estructura y composición del suelo, la anatomía y fisiología de las plantas.

Por medio de la comparación de la marcha estacional de la precipitación media mensual con relación a la evapotranspiración, también media mensual, puede calcularse la magnitud de otros parámetros que se encuentran relacionados, tales como el exceso de agua, la deficiencia de agua, el almacenaje de humedad del suelo y el escurrimiento de agua mensuales.

### **2.3. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA**

La conservación de la sustentabilidad de la tierra para el uso agrícola es desde hace mucho una cuestión de extrema importancia para los países latinoamericanos, ya que implica poder subsistir con la naturaleza y usar inteligentemente los recursos naturales que nos rodean y nos dan bienestar, con un enfoque agroecológico (Blauert y Zadek, 1999; Alcocer, 2008).

La agroecología implica la aplicación de conceptos y principios ecológicos para la designación y manejo de sistemas agrícolas sostenibles (Gliessman, 2002). El mirar a un agroecosistema como un sistema funcional de relaciones complementarias entre el ambiente y los organismos vivientes, manejados por humanos con el propósito de establecer producción agrícola, provee una base para integrar o superponer características ambientales y ecológicas con características sociales, económicas y

otras componentes de la agricultura. Todas ellas pueden variar en el espacio y tiempo, por lo tanto los métodos de manejo tienen diferentes óptimos en diferentes lugares (Sivakumar y Valentin citados por Arango, 2007).

SENPLADES citado por Sevillano (2010), indica que la producción agrícola puede mantener niveles satisfactorios para cubrir las necesidades humanas sin sobreexplotar a las personas ni a la naturaleza, siendo posible conociendo exhaustivamente los recursos naturales disponibles a través de la aplicación de tecnologías modernas tales como la zonificación agroecológica.

La zonificación agroecológica de cultivos consiste en determinar áreas físicas homogéneas que puedan responder a un uso determinado con prácticas de manejo similares<sup>2</sup>.

De acuerdo con los criterios de la FAO (1997), la zonificación agroecológica se refiere a la división de la superficie de tierra en unidades más pequeñas, que tienen características similares relacionadas con la aptitud de tierras, la producción potencial y el impacto ambiental. Define zonas en base a combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas. Los parámetros particulares usados en la definición se centran en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los que éstos se desarrollan.

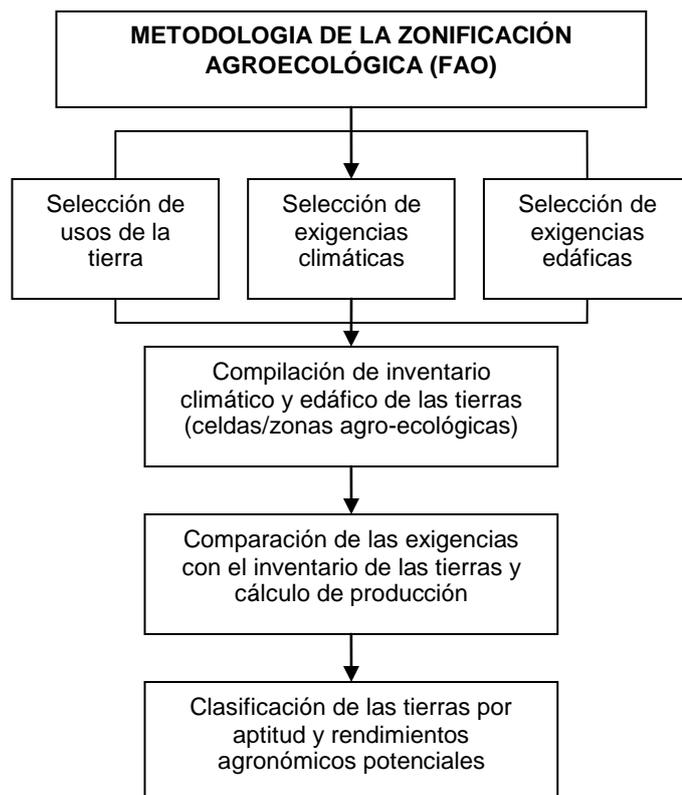
En el año 1987, la FAO, con la colaboración internacional, definió una metodología para la realización y homogenización de la zonificación agroecológica, los elementos esenciales de esta propuesta metodológica comprenden (Gráfico 1):

---

<sup>2</sup> YUGCHA, T. 2010. Zonificación Potencial de cultivos. Quito (Ecuador), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (Comunicación Personal).

- Inventario de recursos de tierras.
- Inventario de tipos de utilización de tierras y requerimientos de los cultivos.
- Evaluación de la aptitud de tierras.

La metodología de la FAO para la zonificación agroecológica (ZAE) fue diseñada para computadoras, mediante el uso Sistemas de Información Geográfica (SIG), el cual implica la combinación de capas de información espacial para definir zonas. Las investigaciones más avanzadas de ZAE incorporan una serie de bases de datos, enlazadas a un SIG y relacionadas con modelos computarizados, que tienen múltiples aplicaciones potenciales en el manejo de los recursos naturales y la planificación del uso de las tierras. Utilizando estas técnicas, la ZAE proporciona un marco global para la evaluación y planificación de los recursos de tierras (FAO, 1997).



**Gráfico 1. Procedimiento para la zonificación agroecológica propuesta por la FAO (1997).**

Rojas citado por Cortez *et al.* (2005), indicó que en la planeación de cualquier programa de desarrollo agrícola, es indispensable definir las zonas más propicias para el establecimiento de cultivos, ya que esto permitirá realizar una explotación racional, de acuerdo con la capacidad productiva de los recursos naturales y conservación de los ecosistemas.

## **2.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es un conjunto de elementos físicos y lógicos, de personas y metodologías, que interactúan de manera organizada, para adquirir, almacenar y procesar datos georeferenciados, para luego producir información útil en la toma de decisiones (NCGIA citado por Vergara, 2008).

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales y utilizarlos en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica produce sobre un determinado escenario en una época específica (IGAC, 1995). Indudablemente la tecnología SIG, permite almacenar y manipular información usando la geografía, contribuyendo a tomar mejores decisiones para solucionar amplias necesidades técnicas y al mismo tiempo, espaciales o territoriales (Zamora, 2009).

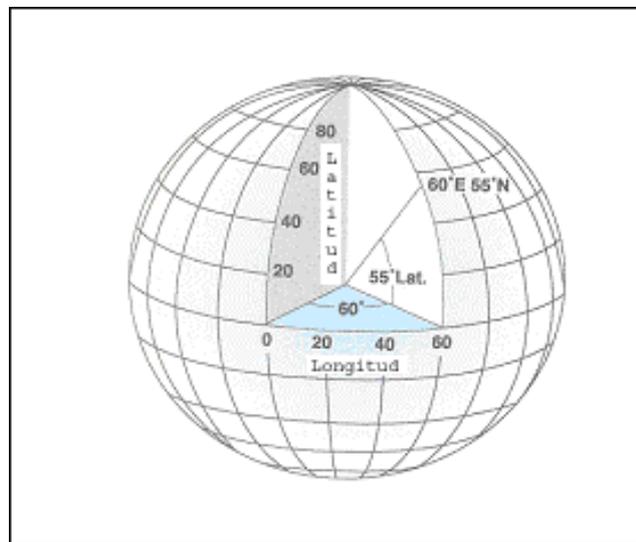
### **2.4.1. Cartografía y SIG**

La cartografía automatizada constituye la principal vertiente de la cartografía contemporánea. Comprende un conjunto de técnicas para el diseño y producción de

mapas mediante computadoras, basado en la creación y aplicación de paquetes y programas para el manejo de cartografía digital (Franco y Valdez, 2003).

#### 2.4.1.1. Sistema de coordenadas

Un sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia usado para localizar y medir elementos geográficos. Para representar el mundo real, se utiliza un sistema de coordenadas en el cual la localización de un elemento esta dado por las magnitudes de latitud y longitud en unidades de grados, minutos y segundos (Figura 1) (Butler *et al.*, 1990).



**Figura 1. Representación de latitud y longitud en el globo terrestre.**

La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio Este y de 0 a -180 grados en el hemisferio Oeste, mide el ángulo (al Este o al Oeste) entre cualquier punto y el Ecuador (Parra *et al.*, 1997).

La latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio norte y de 0 a -90 grados en el hemisferio sur, mide el ángulo (al Norte y al Sur) a lo largo del Ecuador desde cualquier punto de la Tierra (Parra *et al.*, 1997).

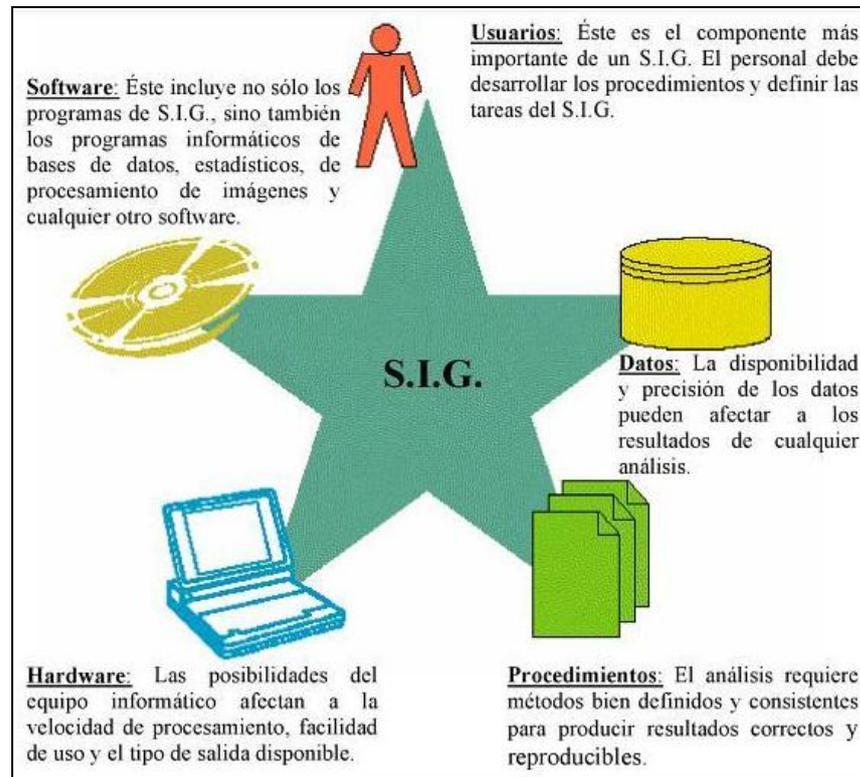
El sistema de cuadrícula Universal Transversal de Mercator (UTM) es un sistema internacional que consta de un conjunto de coordenadas planas, que cubren la superficie de la tierra comprendida entre los 80° de latitud sur y los 80° de latitud norte. Esta superficie se divide en 60 zonas rectangulares denominadas husos cada una de 6° de longitud en amplitud. Su magnitud se expresa en metros (Butler *et al.*, 1990). El sistema se basó en un modelo elipsoidal de la Tierra. Actualmente se usa el elipsoide WGS84 (Sistema Geodésico Mundial 1984) como modelo de base para el sistema de coordenadas UTM (Letham, 2001).

El WGS84 es un sistema de coordenadas cartográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra. Consiste en un patrón matemático de tres dimensiones que representa la tierra por medio de un geoide (un tipo de elipsoide), un cuerpo geométrico más regular que la Tierra, que se denomina WGS 84 (Letham, 2001).

#### **2.4.2. Elementos de los SIG**

Los sistemas de información geográfica se caracterizan por cuatro componentes: hardware del computador (parte física del sistema), software del computador (programas de aplicación), datos o información y liveware o equipo humano (Gómez y Barredo, 2006). Además, es necesario que un SIG, disponga de un buen diseño y se

base en reglas de actividad definidas, que son los modelos y las prácticas operativas exclusivas en cada organización (Figura 2) (Peña, 2008).



**Figura 2. Elementos de un SIG.**

### **2.4.3. Funciones de los SIG**

Rodgers (1993), menciona algunas de las operaciones de un SIG conforme la entrada y salida de datos:

#### **2.4.3.1. Ingreso de datos**

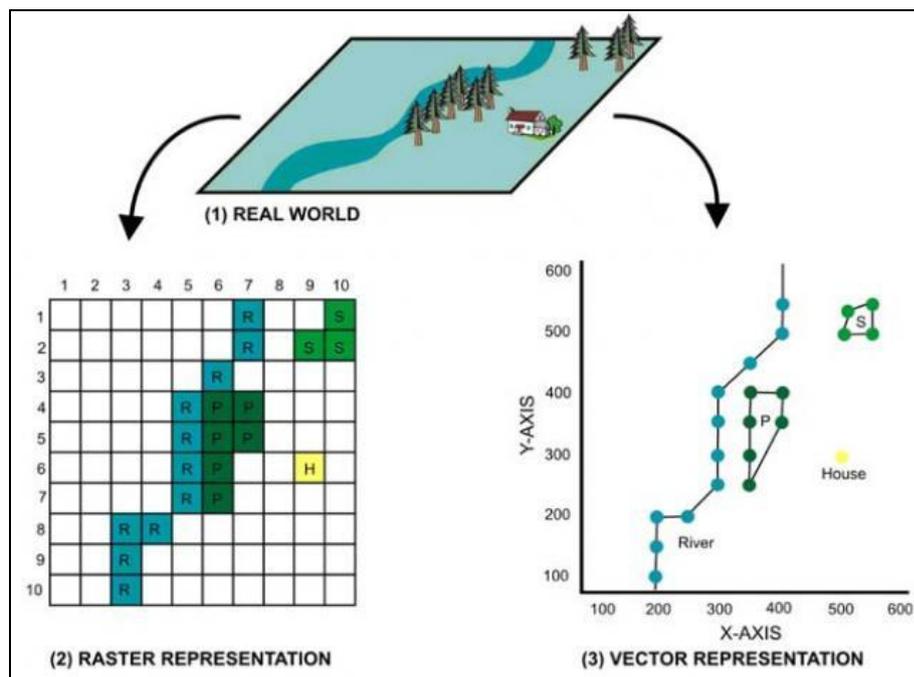
El ingreso de datos se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos a un formato digital. Se deben ingresar dos tipos diferentes de datos al SIG: referencias

geográficas y atributos. Los datos de referencias geográficas son las coordenadas (latitud y longitud) que fijan la ubicación de la información que se está ingresando, los datos de atributos asignan un código numérico a cada conjunto de coordenadas y a cada variable, sea para representar los valores actuales (precipitación) o para connotar tipos de datos categóricos (usos del terreno, tipo de vegetación, etc.).

### 2.4.3.2. Almacenamiento de datos

Almacenamiento de datos se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación, y diseño de atributos.

La estructura de la base de datos espaciales puede ser representada de dos formas: el modelo vectorial y el modelo raster (Figura 3) (Bernhardsen, 2002).



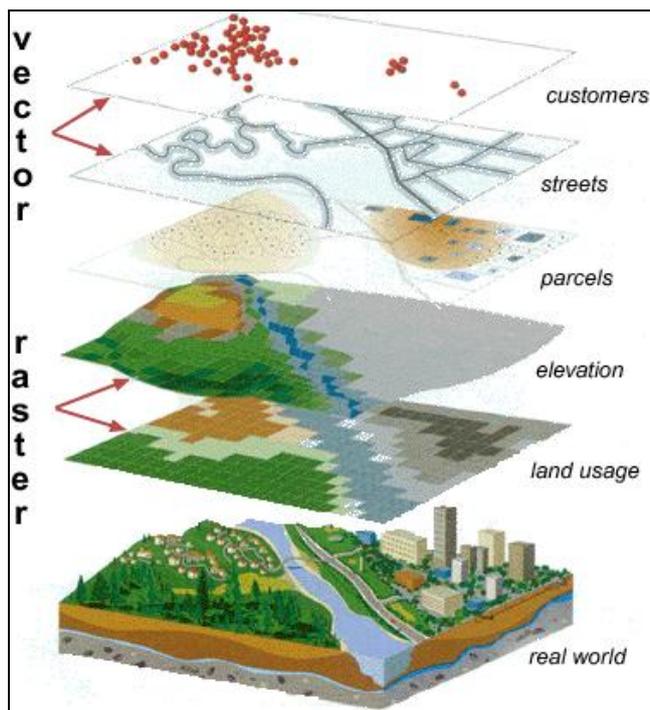
**Figura 3. Modelos raster y vectorial de un SIG.**

El modelo raster funciona a través de una retícula que permite asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen digitalizada (Bernhardsen, 2003).

El modelo vectorial almacena tres objetos cartográficos básicos: puntos, líneas y polígonos, los mismos que se almacena como una colección de coordenadas x,y. La ubicación de una característica puntual (casas, núcleos de población), pueden describirse con un sólo punto x,y. Las características lineales (vías, curvas de nivel, ríos), pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x,y. Las características poligonales (límites administrativos, parcelas), pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas (Musso y Cotos, 2005).

#### **2.4.3.3. Manipulación y procesamiento de datos**

La manipulación y procesamiento de datos se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de operaciones: (1) operaciones para eliminar errores y actualizar conjuntos de datos actuales (editar); y (2) operaciones que hacen uso de técnicas analíticas para dar respuesta a preguntas específicas formuladas por el usuario. El proceso de manipulación puede ser desde una simple sobreposición de dos o más mapas, hasta una extracción compleja de elementos de información dispares, de una gran variedad de fuentes (Figura 4).



**Figura 4. Sobreposición de capas.**

#### **2.4.3.4. Producción de datos**

La producción de datos se refiere a la exhibición o presentación de datos empleando formatos comúnmente utilizados incluyendo mapas, gráficos, informes, tablas y cartas.

#### **2.4.4. Aplicaciones de los SIG**

La principal utilidad de un SIG radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real, a partir de una base de datos digital (SIGAGRO, s.f.). Entre las primeras aplicaciones que empezaron a estudiarse estaban la aplicación selectiva de fertilizantes, la aplicación de herbicidas y la realización de mapas de cosecha (Álamo *et al.*, 2002).

Además, los SIG pueden ser usados en gran variedad de aplicaciones agrícolas, pecuarias y agroindustriales, entre ellas: manejo de campos de cultivos, monitoreo de la rotación de cultivos, proyección de pérdida de suelos y manejo de sistemas de irrigación (Escobar, 1997).

En los últimos años se han utilizado imágenes satélite para inventariar y monitorear los cultivos, lo que permite hacer análisis de crecimiento, de producción, predicciones de demanda y abastecimiento, conflictos de uso del suelo, entre otras (Escobar, 1997).

La Agricultura de Precisión (AP) pretende tener en cuenta la variabilidad de una superficie agrícola con respecto a su manejo, y sustituir los tratamientos indiscriminados por un manejo individualizado y específico. Para lograrlo requiere un conocimiento profundo de la propia explotación; tanto de aspectos generales como puntuales, que determinan una variabilidad espacial de la producción. Es decir, es necesario el manejo de una cantidad ingente de datos y de su distribución espacial, para lo cual la herramienta ideal es un Sistema de Información Geográfico (S.I.G.) (Álamo *et al.*, 2002).

Según Chartuni *et al.* (2007), La adopción de esta tecnología representa un potencial para la racionalización del sistema de producción agrícola moderno, pues permite:

- Optimizar la cantidad de agroquímicos, fertilizantes o correctivos aplicados en los suelos y cultivos.

- Determinar la disponibilidad de nutrientes, materia orgánica, acidez, disponibilidad de agua, textura, distribución de enfermedades, plagas, malezas, entre otros.
- Reducir costos de producción y de la contaminación ambiental.
- Mejorar la calidad de las cosechas.

#### **2.4.5. Aplicaciones de los SIG en el Ecuador**

En el Ecuador, instituciones públicas así como empresas privadas han empezado a desarrollar el uso de esta tecnología en el campo agropecuario. El Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO), perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP); es una institución encargada de levantar información primaria para coadyuvar a la planificación territorial. Desarrolla proyectos tales como:

- Pronósticos de producción
- Estimaciones de cosechas
- Intenciones de siembras
- Costos de producción
- Ubicación de productores.
- Zonificación de cultivos
- Impacto agroclimático (pérdidas de cosechas, plagas y enfermedades).

En el cuadro 2 se registran las características principales del estado de avance de las aplicaciones en tecnología SIG, en algunas instituciones públicas y privadas:

**Cuadro 2. Aplicaciones en tecnología SIG en el Ecuador.**

<b>Aplicación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Entidad</b>
Amenazas por deslizamiento en zonas de montaña.	Detectar zonas por deslizamiento en áreas de montaña.	1: 250 000	En desarrollo	CENTRO DE LEVANTAMIENTOS INTEGRADOS DE RECURSOS NATURALES Y SENSORES REMOTOS "CLIRSEN"
Conflictos de uso en el oriente ecuatoriano.	Obtener las diferentes capacidades de uso de la tierra, y detectar los conflictos de uso	1: 100 000	En desarrollo	CENTRO DE LEVANTAMIENTOS INTEGRADOS DE RECURSOS NATURALES Y SENSORES REMOTOS "CLIRSEN"
Sistemas de Información Geográfica aplicada a aspectos militares.	Analizar y manipular información gráfica y alfanumérica, enfocada a aplicaciones militares	1: 100 000	En desarrollo	INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
Proyecto para el manejo de un escenario de terremoto en Quito.	Proveer a los organismos del Gobierno Central y local y a las instituciones públicas y privadas, un programa que les permita estar preparados para una pronta recuperación de los efectos y daños provocados por un posible terremoto en torno a Quito.	1: 25 000	En funcionamiento	SISTEMA URBANO DE INFORMACIÓN METROPOLITANA (SUIM)

Fuente: IGAC, 1995.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

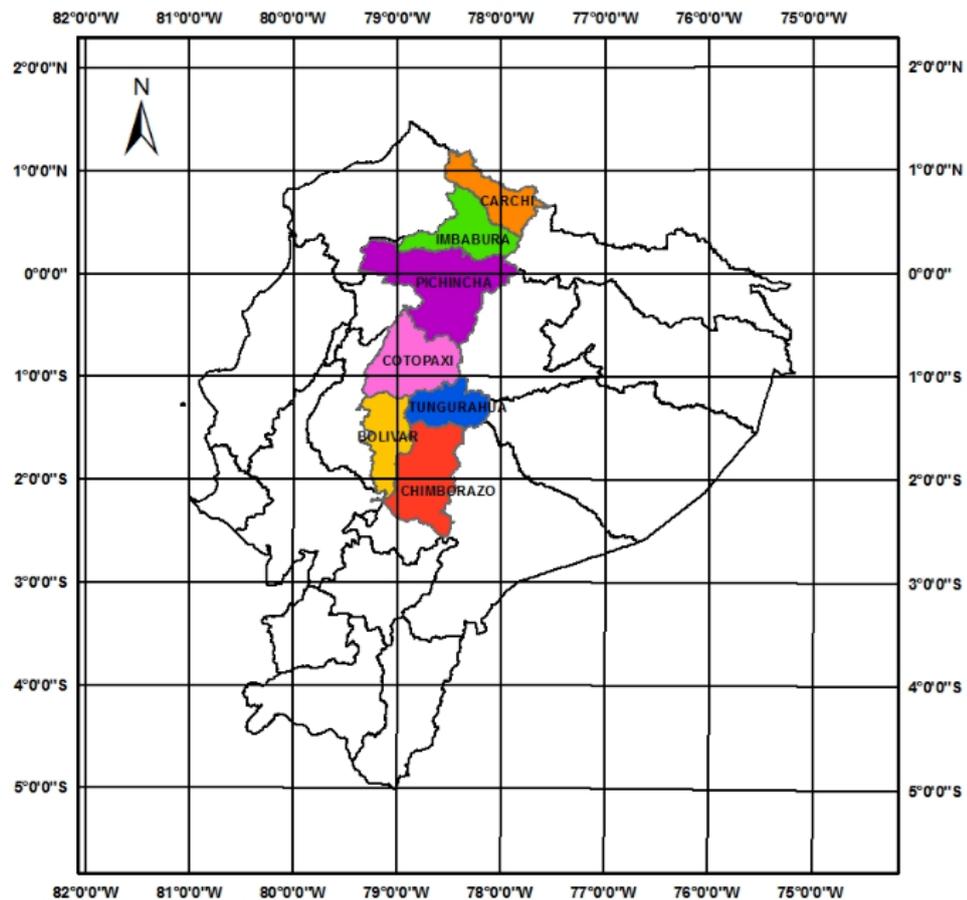
##### 3.1.1. Ubicación Geográfica y Política

El área de estudio se ubicó a lo largo del callejón interandino, que comprendió las provincias: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo; con una superficie total 1 939 194,76 ha (Cuadro 3). El espacio geográfico se localizó entre las coordenadas extremas: 1°11'19'' y 0°39'7'' latitud norte; 2°33'39'' y 1°20'30'' latitud sur; 78°30'33'', 77°31'51'', 80°26'57'' y 79°25'48'' longitud oeste (Figura 5).

**Cuadro 3. División política de las provincias en estudio.**

Provincia	Cantón	Superficie (km <sup>2</sup> )
Carchi	Tulcán Espejo, Montúfar, Mira, Bolívar y Huaca.	3 699
Imbabura	Ibarra Antonio Ante, Otavalo, Cotacachi Pimampiro y San Miguel de Urququí.	4 986
Pichincha	Quito, Cayambe, Mejía, Pedro Moncayo, Rumiñahui, San Miguel de los Bancos, Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito.	13 075
Cotopaxi	Latacunga, La Maná, Pangua; Pujilí, Salcedo y Sigchos.	5 958
Tungurahua	Ambato, Baños Cevallos, Mocha, Patate, Quero, San Pedro de Pelileo Santiago de Píllaro y Tisaleo.	3 481
Bolívar	Guaranda, Chimbo, Echeandía, San Miguel, Chillanes, Caluma, Las Naves.	3 939
Chimborazo	Riobamba, Alausí, Colta, Chunchi, Guamote, Guano, Penipe, Pallatanga, Chambo y Cumandá.	6 160

Fuente: SIGAGRO, 2010.



**Figura 5. Ubicación de las provincias en estudio.**

### **3.1.2. Características Edafoclimáticas**

La altitud del área de estudio se encuentra en un rango de 2 400 a 3 600 m, la precipitación va desde 470 y 4 800 mm distribuidos en el año. En la sierra, se presenta un carácter bimodal de lluvias: de enero a mayo y de octubre a diciembre con un periodo seco o escaso de precipitaciones entre los meses de junio a agosto. La temperatura media anual se encuentra entre 8 y 25°C.

El tipo de suelo en la Sierra se caracteriza por presentar un terreno irregular, de origen volcánico, predomina en orden de importancia, los Inceptisoles, Entisoles, Vertisoles, con Mollisoles y Alfisoles en menor proporción.

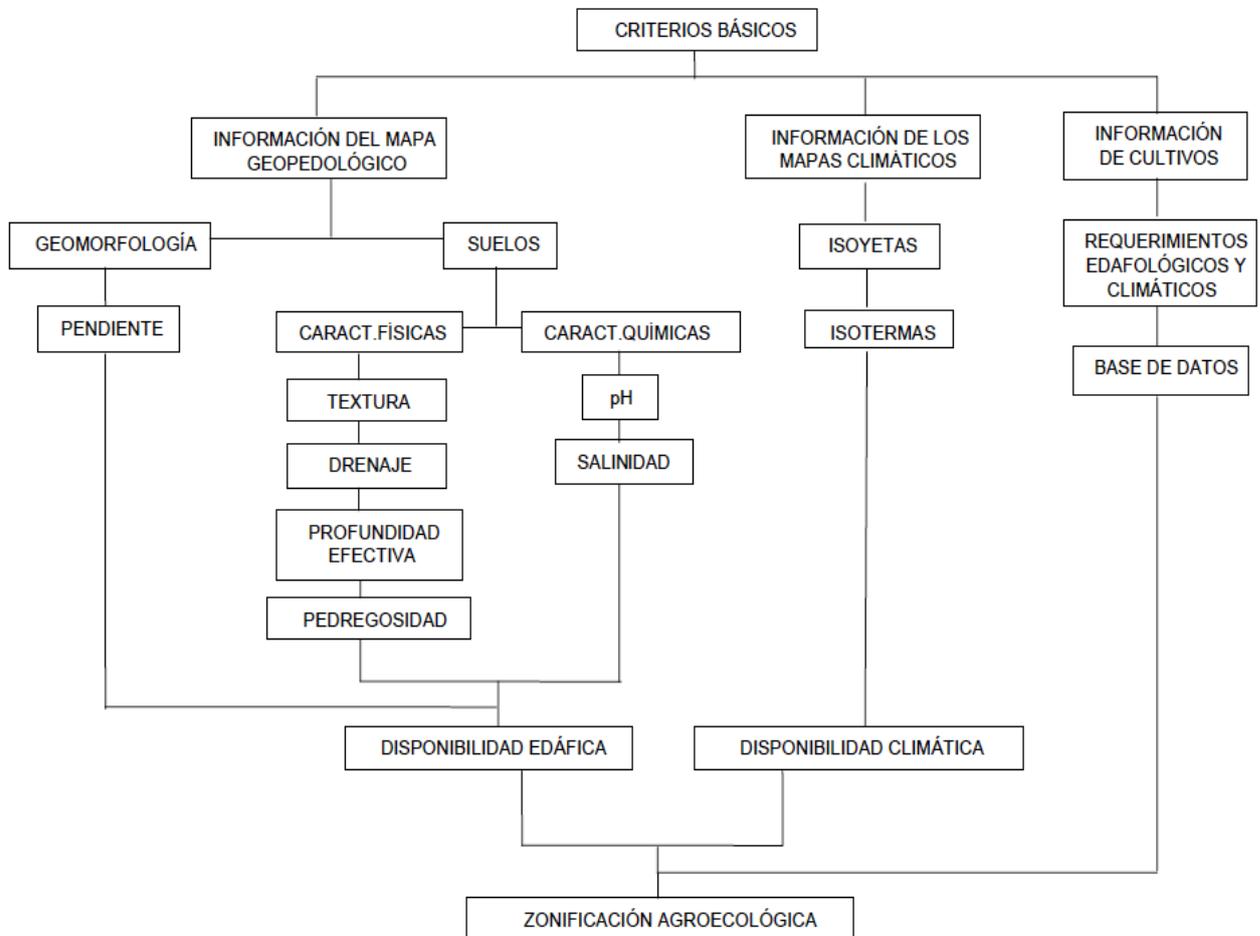
### **3.2. METODOLOGÍA**

La zonificación agroecológica del cultivo de papa en las provincias de la Sierra del Ecuador a escala 1:50000, se elaboró siguiendo el modelo metodológico para la zonificación agroecológica generado por el SIGAGRO (Gráfico 2), basado en la Zonificación agro – ecológica propuesta por la FAO, 1997.

Este modelo inicia de la recopilación de información climática, edáfica y de los requerimientos del cultivo a partir de una serie de fuentes bibliográficas, entre las cuales se encuentran instituciones públicas y privadas. El proceso que sigue el modelo se caracteriza por construir una base de datos o inventario de cada una de los factores en estudio, clima, suelo, requerimientos agroecológicos del cultivo, cada base con sus propiedades a analizar, con el fin de constituir una fuente que permita al usuario manejar de forma ordenada y efectiva los sistemas de información geográfica y así obtener los mejores resultados en el proceso de zonificación.

En la base de datos correspondiente a la disponibilidad climática, se anota el registro de las estaciones meteorológicas en estudio, cada una con su respectiva referencia geográfica (latitud y longitud), zona geográfica y altitud. Con respecto al inventario de disponibilidad edáfica, se reporta la identificación de cada unidad de suelo

presente en el área de estudio, simbología, taxonomía, características físicas y químicas, y superficie por unidad.



**Gráfico 2. Esquema para la zonificación agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).**

### 3.2.1. Delimitación del Área de Estudio

Para la delimitación del área de estudio se utilizó las cotas de los 2 400 m a

3 600 m por ser las alturas donde predomina el cultivo de papa y por incidir en factores paisajísticos, hidrográficos, climáticos y topográficos adecuados para el cultivo.

### **3.2.2. Estandarización y Validación de la Información Cartográfica**

Este proceso comprendió la estandarización de parámetros cartográficos y georeferenciación de la información existente mediante la utilización de sistemas de información geográfica (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Parámetros Cartográficos para la Zonificación Agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).**

<b>Coordenadas</b>	Coordenadas planas (metros)
<b>Proyección Cartográfica</b>	Universal Transversa de Mercator (UTM)
<b>Zona Cartográfica</b>	Zona 17 Sur
<b>Datum</b>	Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS 84)
<b>Formato</b>	Digital en ArcGis
<b>Escala</b>	1:50 000

### **3.2.3. Elaboración de cartografía temática, escala 1:50 000**

#### **3.2.3.1. Mapa geomorfológico (pendientes)**

La elaboración del mapa geomorfológico comprendió el siguiente proceso: Recopilación de información digital del mapa de pendientes del SIGAGRO escala 1:50 000 y 1: 250 000, cartas topográficas del IGM escala 1:50000 y 1: 250000, imágenes en formato PNG y JPG, para la generación de información en zonas donde no se disponía de información.

Se procedió a la digitalización del mapa, edición, estructuración de la base de datos y generación de topología, transferencia del mapa temático al mapa base y elaboración del mapa definitivo.

Para la determinación de las clases y rangos de pendientes a partir del mapa de pendientes del terreno, se adoptó la Clasificación de Pendientes propuesta por el Programa MAG-PRONAREG ORSTOM de 1 983 (SIGAGRO, 2008).

### **3.2.3.2. Mapa de suelos**

La información edáfica se obtuvo de los trabajos realizados por PRONAREG-ORSTOM (1 984) a escala 1:50 000, que comprenden, los mapas morfopedológicos basados en la descripción de la SOIL TAXONOMY-USDA de 1 998. Además, se utilizó las imágenes PNG y JPG, e información de suelos generada de la Zonificación Agroecológica de las provincias de Bolívar, Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi, a escala 1:50 000, para las zonas sin información.

La elaboración del mapa de suelos comprendió la generación de información de las provincias de Carchi, Imbabura, Bolívar, Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi, la misma que se incorporó al mapa en formato digital a escala 1:50 000 del SIGAGRO. Posteriormente se editó, corrigió la base de datos de los atributos morfopedológicos, se transfirió el mapa temático al mapa base y se elaboró el mapa definitivo.

La definición de los atributos morfo-edafológicos se fundamentó en la información del proyecto “Generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario” publicada por el SIGAGRO (2008).

#### **3.2.3.3. Mapa de isotermas**

Se procedió a tabular la información extraída de los anuarios meteorológicos del INAMHI, en una serie de 20 años, obteniendo la temperatura promedio por estación. Posteriormente, se georeferenció las estaciones meteorológicas para el modelamiento de las líneas de igual temperatura mediante el uso del programa ArcGis 9.3, el cual por interpolación generó el mapa de isotermas. Se editó y ajustó el mapa temático al mapa base para obtener el mapa definitivo.

#### **3.2.3.4. Mapa de isoyetas**

Se procesó la información de precipitación media de las estaciones meteorológicas localizadas dentro del área de estudio, en una serie de 20 años. Después de ubicadas las estaciones meteorológicas, se modeló para definir las isolíneas que generaron mapa de isoyetas, siguiendo similar tratamiento para obtener el mapa de isotermas.

Con la base de datos de los parámetros climáticos se procedió a la determinación del balance hídrico para cada una de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de estudio (literal 3.2.3.5.), con el fin de obtener datos viables de evapotranspiración, déficit y exceso de agua para el cultivo en función del periodo

vegetativo, información que servirá de base para definir la época de siembra del cultivo de papa.

### **3.2.3.5. Cálculo del régimen de humedad**

Se desarrolló la metodología empleada por el INAMHI para la determinación de la evapotranspiración y el balance hídrico.

El balance hídrico se computó para todas las localidades del área tomando como base tres variables importantes (Carvajal *et al.*, 1995):

- Datos de Evapotranspiración Potencial (ETP)
- Precipitación media de la serie seleccionada
- Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

#### **a. Estaciones de referencia**

Para la evaluación de este parámetro, se consideraron 54 Estaciones Meteorológicas, ubicadas en las diferentes provincias en estudio, que cuentan con un amplio historial de información meteorológica (Anexo 2).

#### **b. Periodo de registro**

Para el cálculo del balance hídrico, se utilizaron dos tipos de información: Evapotranspiración Potencial y precipitación. Todos ellos obtenidos a nivel mensual multianual; cubren en la mayoría de los casos un período de 28 años (1 980 - 2 008)

que corresponden al 80 % del total de estaciones tomadas como referencia, lo que permite una mayor confiabilidad y exactitud en todos los cálculos del balance hídrico, puesto que la precipitación es la única fuente de humedad de la que dispone el suelo (Carvajal *et al.*, 1995).

### **c. Evapotranspiración potencial**

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se aplicó el método de Thornthwaite, que considera información sobre temperatura del aire y duración del día (Arellano *et al.*, 1992); valedera para regiones semiáridas y lluviosas, mediante la cual se pueden obtener los valores de ETP sin ajustar; es decir correspondientes a un mes tipo 30 días, de 12 horas de heliofanía posible (Pérez, 1992). La fórmula hallada es la siguiente:

$$\text{ETPs.aj.} = 16(10T/I)^a ; \text{ donde:}$$

**ETPs.aj.** = evapotranspiración potencial sin ajustar en mm.

**T** = temperatura media mensual en °C

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^3 + 0,01792 * I^3 + 0,49239$$

**I** = Índice calórico anual, que se obtiene mediante la suma de los 12 valores mensuales *i*, que a su vez obedece a la fórmula:

$$i = (T/5)^{1,514} ; \text{ en donde:}$$

**i** = índice calórico mensual.

**T** = temperatura media mensual en °C

Los valores de ETP sin ajustar, se corrigieron posteriormente de acuerdo con el número de horas de brillo solar para la zona ecuatorial, considerando 0° de latitud<sup>3</sup>, y el número de días del mes, multiplicándolos por los respectivos valores de corrección de la tabla de duración media del resplandor solar posible en el hemisferio sur (Anexo 1), expresado en número de días de 12 horas cada uno (Withers y Vipond citado por Pérez, 1992).

#### **d. Balance hídrico**

Se efectuó para todas las estaciones en estudio. De acuerdo con la metodología empleada por el INAMHI, el proceso fue el siguiente:

- Determinación de los periodos de exceso y deficiencia de humedad,  $P$  (precipitación) – ETP (evapotranspiración potencial).
- Pérdida potencial de Agua acumulada ( $P - ETP$ ), se consignó como la suma de los valores negativos de  $P$  menos ETP que representan una deficiencia potencial de agua para posteriormente convertirlos en humedad retenida por el suelo.
- Almacenaje, se consideró la cantidad de 100 mm como capacidad de almacenaje de agua, mediante el uso de las tablas de retención de Thornthwaite – Mater.
- Variación de almacenaje mes a mes.
- Evapotranspiración real, la ETR es igual a la ETP si los meses presentan  $P$  mayor a ETP; caso contrario, es decir si los meses presentan mayor ETP que  $P$ , la ETR es igual a la  $P$  mensual más la variación de almacenaje sin considerar el signo.

---

<sup>3</sup> LUCERO, R. 2010. Ajuste de la ETP de acuerdo con el número de horas de brillo solar y la latitud. Quito (Ecuador), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (Comunicación Personal).

- Exceso de agua, se estableció como la cantidad de agua (precipitación) que excedió a la capacidad máxima de retención.
- Deficiencia de agua, se determinó por la diferencia entre ETR y ETP.

#### **e. Periodo vegetativo**

El periodo vegetativo puede optarse por un método simple que compara P y ETP, siendo la fecha inicial cuando  $P = 0.5 * E_p$  y la final con la misma expresión y hasta el consumo de 100 mm remanentes del mes previo. (FAO, 1987).

Sin embargo, acorde con el proceso metodológico empleado por SIGAGRO y disponiendo de los datos de BHC se adopta el índice  $ETR/ETP \times 100$  como indicador de los extremos de los periodos de humedad en el ciclo anual (Pascale *et al.* citado por IDEA, 1988). De esta manera, se consideró como periodo vegetativo al lapso que va desde 75% de  $ETR/ETP$  pasando por  $(ETR/ETP) \times 100 = 100$  que finaliza en  $(ETR/ETP) \times 100 = 75$ , valorando que el 75 % inicial en aumento garantiza la humedad edáfica suficiente para realizar la siembra y el crecimiento del cultivo, y el 75 % final en disminución óptimo para realizar la cosecha sin problemas de exceso de humedad (IDEA, 1988).

#### **3.2.3.6. Establecimiento de las Variables Definitivas a considerar dentro de la Zonificación**

Tras la selección de los mapas correspondientes a cada variable, se procedió a determinar los parámetros a considerarse en el modelo. Para el establecimiento de

parámetros y clases se requirió de un análisis de la información existente dentro de cada mapa y su relevancia o afectación directa dentro del estudio, seleccionando las de mayor trascendencia dentro del modelo de zonificación (Cuadros 5 al 10).

Los cuerpos de agua, áreas urbanas y nieve no entran en este análisis ya que son coincidentes en todos los mapas.

**Cuadro 5. Rangos de precipitación y temperatura promedia anual utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
0 – 500	0 – 2
501 – 750	2 – 4
751 – 1000	4 – 6
1001 – 1250	6 – 8
1251 – 1500	8 – 10
1501 – 1750	10 – 12
1751 – 2000	12 – 14
2001 – 2500	14 – 16
2501 – 3000	16 – 18
3000 – 4000	18 – 20
4000 – 5000	20 – 22

**Cuadro 6. Rangos de pendiente para la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

Rango (%)	Descripción
0 - 5	Plano a casi plano
5 – 12	Suave o ligeramente inclinado
12 – 25	Ligeramente ondulado (micro relieve)
25 – 50	Moderadamente ondulado
50 – 70	Colinado
> 70	Escarpado – Montañoso

**Cuadro 7. Rangos de textura, pedregosidad y profundidad del suelo utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

<b>Textura</b>	<b>Pedregosidad (%)</b>	<b>Profundidad (cm)</b>
Gruesa	<10	0 – 20
Moderadamente gruesa	11 – 25	21 – 50
Media	26 – 50	51 – 100
Fina	51 – 75	>100
Muy fina	>75	

**Cuadro 8. Rangos de drenaje, nivel freático e inundabilidad del suelo utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

<b>Drenaje</b>	<b>Nivel freático (cm)</b>	<b>Inundabilidad</b>
Excesivo	Superficial (0 - 20 )	Ninguna a ocasional inundación
Bueno	Poco profundo (21 - 50 )	Con agua menos de 3 meses
Moderado	Mediano (51 - 100)	Con agua de 3 a 6 meses
Mal drenado	Profundo (>100 )	Anegados todo el año

**Cuadro 9. Rangos de toxicidad, pH, materia orgánica y nivel de fertilidad utilizados en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

<b>Toxicidad</b>	<b>pH</b>	<b>Materia Orgánica (%)</b>	<b>Nivel de fertilidad</b>
Sin toxicidad o nula	Muy ácido (> 4,5)	Muy bajo (<1)	Muy baja
Ligera toxicidad	Acido (4,6 - 5,5)	Bajo (1,1 - 2,0)	Baja
Mediana toxicidad	Ligeramente ácido (5,6 - 6,5)	Medio (2,1 - 4,0)	Mediana
Alta toxicidad	Neutro (6,6 - 7,4)	Alto (4,1 - 10)	Alta
	Moderadamente alcalino (7,5 - 8,5)	Muy alto (> 10,1)	
	Alcalino (> 8,6)		

**Cuadro 10. Requerimientos climáticos y edafológicos del cultivo de la papa.**

<b>Altitud</b>	2500 – 3500 m.s.n.m.
<b>Clima</b>	Templado y frío
<b>Precipitación</b>	800 – 1200 mm.
<b>Temperatura</b>	Óptima 9 – 11°C, máxima 18°C
<b>Luminosidad</b>	12 h/d
<b>Asimilación fotosintética</b>	C3
<b>Profundidad</b>	Mínima 35 cm. de la capa cultivable
<b>Textura</b>	Franco, Franco - Arcilloso
<b>pH</b>	Óptimo 5 – 6
<b>Tipo</b>	Suelos ricos en materia orgánica (> 2%), bien aireados
<b>Zonas de vida</b>	bs – MB, bh – M, bh – MB, bmh - M

### **3.2.3.7. Clasificación por Aptitud en base a las Coberturas**

Definidas las variables que intervienen en la zonificación agroecológica se procedió a efectuar una clasificación por aptitud para cada una de las ellas identificando los parámetros más adecuados y adaptados a la realidad del área de estudio.

Como resultado de la homologación de los diferentes parámetros de las variables clima y suelos, incluyendo geomorfología, se estableció la clasificación que muestra cada unidad de suelos para el cultivo en estudio (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Aptitud climática y edáfica utilizada en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

APTITUD CLIMÁTICA	APTITUD EDAFICA	DESCRIPCION
C1	S1	APTO
C2	S2	MARGINAL
C3	S3	NO APTO

Fuente: Adaptado Yanchapaxi, 1993.

De la combinación entre la aptitud edáfica y la aptitud climática se obtuvo la clasificación agroecológica que definió el nivel de aptitud presente en el área de estudio necesarios en la zonificación agroecológica del cultivo de papa para determinar las zonas homogéneas y la medida en que satisfacen los requerimientos del cultivo ( Cuadro 12).

**Cuadro 12. Aptitud agroecológica esgrimida en la zonificación agroecológica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el centro norte de la Sierra Ecuatoriana. 2011.**

APTITUD AGROECOLÓGICA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
S1.C1	ÁREAS APTAS
S1.C2	ÁREAS MEDIANAMENTE
S2.C1	APTAS
S2.C2	ÁREAS MARGINALMENTE APTAS
S1.C3 - S2.C3 - S3.C3	ÁREAS NO
C1.S3 - C2.S3	APTAS

Fuente: Adaptado Yanchapaxi, 1993.

La aptitud agroecológica para la zonificación se clasificó en las siguientes categorías:

- Apto y medianamente aptos: agrupa a las características edafológicas y climáticas que en conjunto permiten el establecimiento sostenido del cultivo y no

ofrecen limitaciones o ellas son leves y pueden ser corregidas con sencillas prácticas de manejo.

- Marginalmente Aptos: Comprende las características edafológicas y climáticas que en conjunto presentan una o mas limitaciones moderadas a graves, para cuya corrección es necesario acudir a practicas de manejo algo complicadas.
- No apto: Corresponde a las características edafológicas y climáticas que en conjunto presentan limitaciones muy graves que impiden la posibilidad de establecimiento de un determinado cultivo.

### **3.2.3.8. Elaboración del mapa de zonificación agroecológica, escala 1:50 000**

Se realizó una unión gráfica de la disponibilidad agroclimática con la disponibilidad edáfica mediante la aplicación de SIG. Se generó la base de datos que contiene la información de los atributos de las coberturas utilizadas mediante el establecimiento de las variables definitivas a considerar dentro de la zonificación.

Luego de preparada la base de datos, a través de lenguaje estructurado de consulta (SQL) se definió las zonas homogéneas aptas para el cultivo de papa. Se realizó una reclasificación final de la aptitud agroecológica obteniéndose una calificación zonal en: aptos, medianamente aptos, marginales y no aptos; esta cobertura se editó, modeló y se obtuvo el mapa de zonificación definitivo.

### **3.2.3.9. Elaboración del Lenguaje Estructurado de Consulta (SQL)**

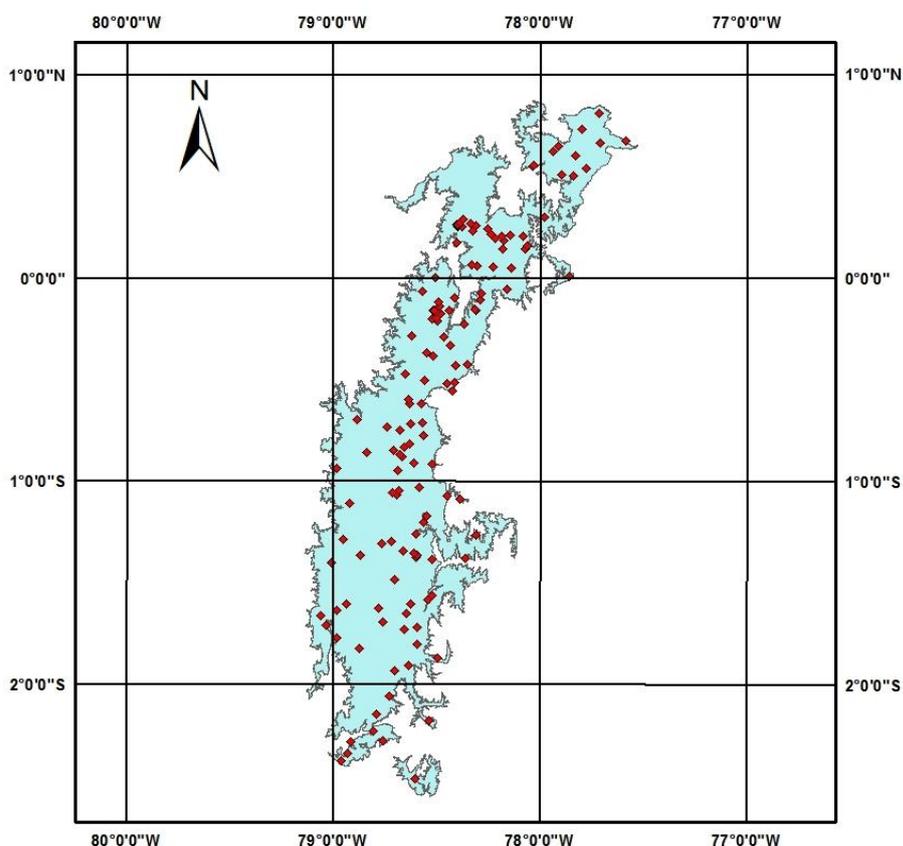
Este modelo agrológico es una función matemática en el que, a partir del lenguaje estructurado de consulta a los atributos del mapa agroecológico, dentro de un SIG, se va generando las zonas óptimas, las cuales poseen las mejores condiciones edafológicas y climáticas naturales para el desarrollo del cultivo. El resultado final es la obtención de áreas representadas en mapas, zonas con condiciones homogéneas limitantes o satisfactorias para el desarrollo del cultivo. Este modelo permite tener un mejor control al definir las áreas, ya que limita la selección en función de los requerimientos del cultivo a zonificar (Lasso *et al.*, 2010).

El SQL elaborado para la zonificación agroecológica del cultivo de papa en condiciones naturales, incluyó una combinación de todas las variables que componen la aptitud climática (isoyetas e isothermas) y la aptitud edáfica (propiedades físicas y químicas del suelo), basados en los requerimientos agroclimáticos del cultivo de papa.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS DE LA APTITUD AGROCLIMÁTICA

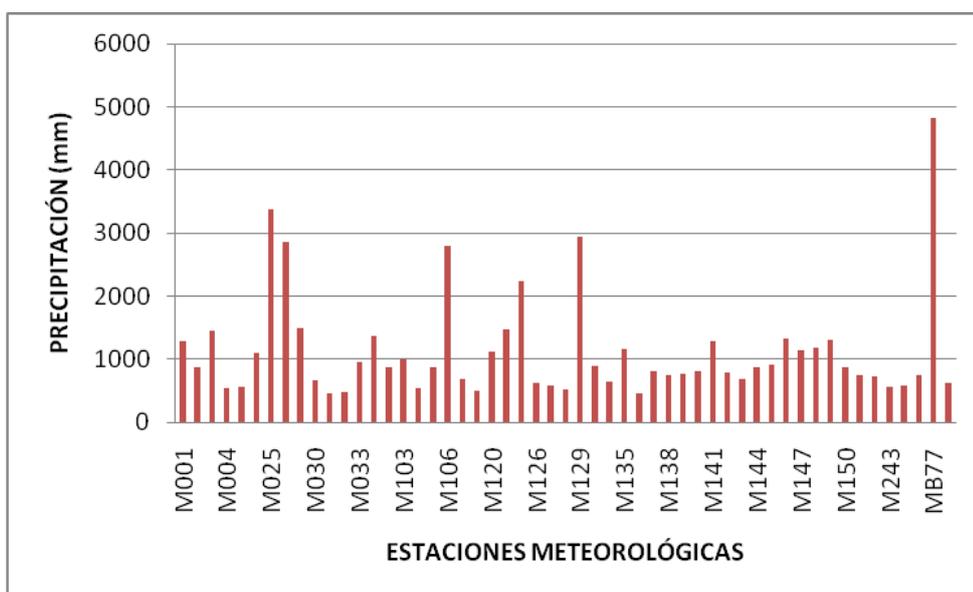
Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten conocer la variación de la humedad en los suelos de las localidades consideradas y determinar los períodos en los que se registran excesos y déficits. Se analizaron 54 estaciones meteorológicas completas en un área de 1 939 194,76 ha que comprende la zona de estudio (Figura 6).



**Figura 6. Ubicación de las estaciones meteorológicas en el área de estudio.**

#### 4.1.1. Régimen de Precipitación

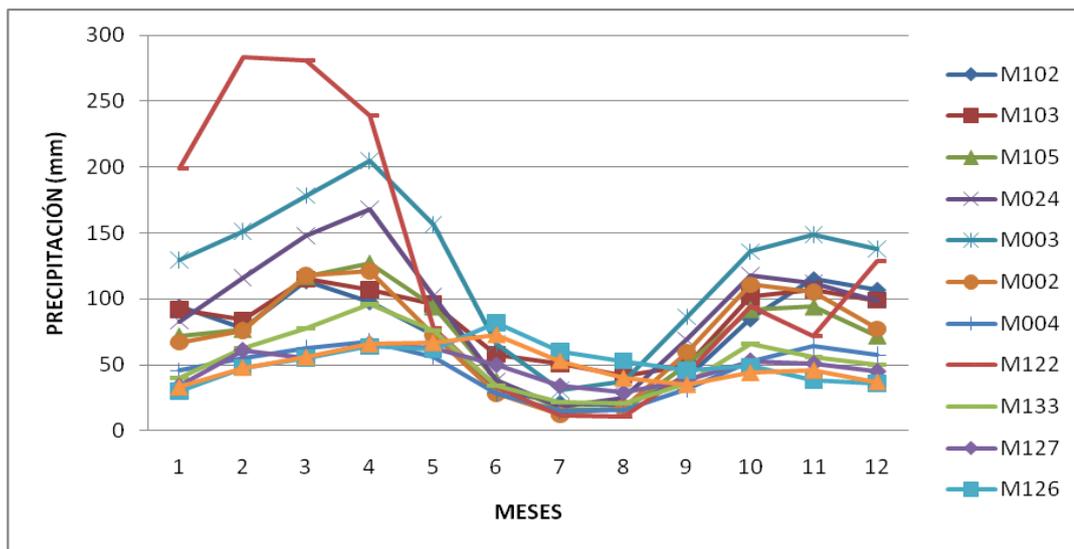
Considerando que el aporte hídrico para el balance de agua proviene de las precipitaciones (IDEA, 1988), se estableció que durante el periodo en estudio la mayor cantidad de precipitación se registró en las estaciones de Lumbaqui y Caluma, superior a 3 000 mm de lluvia media anual, siguiendo las estaciones de Lita y Patate, con un rango de 2 200 a 2 700 mm de lluvia media anual (Figura 7; Anexo 3).



**Figura 7. Precipitación por estaciones durante el periodo de 1 980 – 2 008.**

El registro de datos de las localidades en estudio (Figura 8), presentó mayor pluviosidad entre los meses de enero a mayo y octubre a diciembre; corroborado por Carvajal *et al.* (2004), quien indica que en la sierra en la mayoría de casos se observa dos períodos con lluvias considerables siendo sus picos máximos en abril y octubre, con un período seco entre junio y septiembre en el cual las precipitaciones son escasas o nulas.

En la zona norte y centro de la región interandina, se aprecia que las estaciones que registran mayor cantidad de lluvia corresponden a Lumbaqui (4 831 mm) y Caluma (2 951 mm) localizadas en las provincias de Cotopaxi y Bolívar; mientras que las estaciones Rumipamba y Píllaro registraron menor pluviosidad media anual, 553 mm y 578 mm, respectivamente, ubicadas en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.



**Figura 8. Precipitación en la zona norte y centro de la Sierra**

En el área de estudio predominaron las precipitaciones entre 500 a 1000 mm promedio anual ocupando una superficie de 518 508,35 y 444 271,95 hectáreas, respectivamente (Cuadro 13); que corresponden a zonas semihúmedas donde el cultivo de papa no encuentra limitaciones con respecto a pluviosidad, siendo este rango el recomendable para su establecimiento. Este rango se destaca en la provincia de Carchi y hacia la parte sur de la zona de estudio, en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Tungurahua y Cotopaxi (Anexo 62).

**Cuadro 13. Rangos de precipitación presentes en la zona de estudio.**

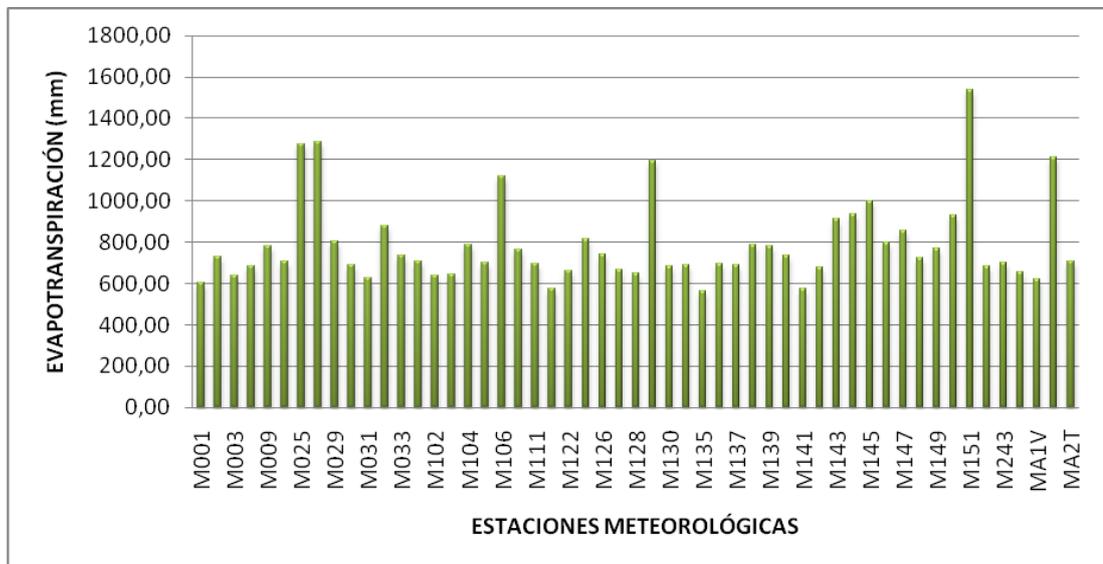
<b>Rango (mm)</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
0-500	88790,37	4,58
500-750	518508,35	26,74
750-1000	444271,95	22,91
1000-1250	300812,53	15,51
1250-1500	240707,79	12,41
1500-1750	132097,09	6,81
1750-2000	81967,76	4,23
2000-2500	71983,98	3,71
2500-3000	31735,06	1,64
3000-4000	24272,31	1,25
4000-5000	3962,91	0,20
<b>TOTAL</b>	<b>1939110,11</b>	<b>100</b>

#### **4.1.2. Régimen de Evapotranspiración Potencial**

Carvajal *et al.* (2004), indican que la clasificación climática de Thornthwaite pone especial énfasis en la evapotranspiración potencial (ETP) y descarta las clasificaciones que únicamente se basan en el comportamiento de la temperatura y la lluvia, por cuanto considera a la ETP como: “un factor climático de igual importancia que la precipitación, pues representa una transferencia de calor y humedad hacia y desde la atmósfera hasta el suelo, las plantas y viceversa”. Por lo tanto, la evapotranspiración potencial determina la necesidad de agua que requeriría una vegetación continua de altura uniforme sino tuviera suministro hídrico (IDEA, 1988).

Considerando lo expuesto, se adoptó el método de Thornthwaite para el cálculo de la evapotranspiración potencial, ya que se adapta a las condiciones existentes en el territorio ecuatoriano.

Para todas las estaciones meteorológicas incluidas en el área de estudio se estimó la evapotranspiración (Anexo 4), utilizando las temperaturas medias mensuales. Se obtuvo como resultado una evapotranspiración que oscila entre los 500 mm y 1 500 mm. Las estaciones que presentaron valores entre 1 100 y 1 500 mm., fueron Lita, Caluma, Lumbaqui y Zapotillo, en orden de menor a mayor. Las localidades de Pachamama, Cotopaxi y El Labrado, mostraron menor cantidad de evapotranspiración, 560 mm a 580 mm (Figura 9), denotando así un mayor consumo de agua que necesita ser repuesta.

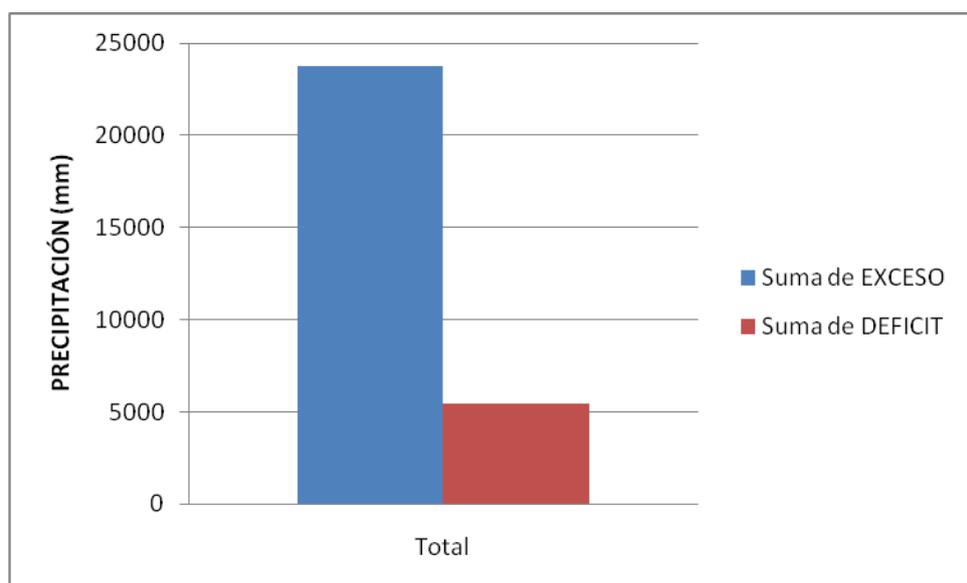


**Figura 9. Evapotranspiración potencial de las estaciones meteorológicas en estudio (periodo 1 980 – 2 008).**

#### **4.1.3. Balance Hídrico Climático**

Para su determinación se comparó las ganancias de agua (precipitaciones) y pérdidas (evapotranspiración potencial), considerando como intermediario al suelo, mediante una capacidad máxima de retención de humedad de 100 mm. En general se

reportó mayor exceso que déficit, con un total de 23 778 mm frente a un déficit de 5 430 mm (Figura 10). Esto demuestra que, durante el periodo analizado, hubo mayor ganancia de agua (precipitaciones) con relación a las pérdidas (evapotranspiración potencial), por lo tanto, el cultivo no ha sufrido escasez de agua. Sin embargo, debe notarse que este exceso de agua se reporta en determinados meses (febrero y marzo), en tanto que hay periodos de muy poca pluviosidad lo que si influye en las necesidades hídricas del cultivo en ese periodo.



**Figura 10. Comparación entre la cantidad total de exceso y déficit hídrico presente en el area de estudio.**

En el periodo de enero a abril, donde la precipitación supera ampliamente a las necesidades de evapotranspiración potencial, resulta un exceso de agua, con el máximo de lluvias en los meses de febrero y marzo; mientras que para los meses de junio a septiembre donde, la evapotranspiración es mayor a la cantidad de agua

depositada a nivel de precipitaciones, se observa un periodo seco, que registra déficit (Anexos 9 - 61).

Las estaciones meteorológicas que presentan un marcado exceso hídrico para el periodo en estudio son: Lumbaqui, Lita y El Corazón localizados en las provincias de Cotopaxi e Imbabura, con valores superiores a 1 500 mm. Entre las estaciones que manifiestan un evidente déficit se encuentran: Zapotillo, Santa Isabel, Amaluza, Chunchi, Malacatos, Celica y La Victoria, registrando rangos entre los 200 a 800 mm (Anexo 5).

Las deficiencias de agua se relacionan con el agua almacenada en el suelo durante el periodo húmedo. Este aporte del agua al suelo efectuada a través de siete meses, contrasta con la rápida reposición del agua al final del periodo seco pues en un solo mes, después del equilibrio entre la precipitación y la evapotranspiración potencial en diciembre, en enero el brusco incremento de las precipitaciones no solo lleva el almacenaje al máximo de 100 mm de agua del suelo, sino que comienza los excesos de agua del periodo húmedo (Anexo 9 - 61).

Estas variaciones de contenido de humedad tienen un efecto directo sobre las condiciones edáficas, pues, desde la siembra, el estado hídrico del suelo influye sobre toda la evolución del cultivo; el exceso de agua reduce el porcentaje de almidones y favorece el desarrollo de enfermedades.

Las variaciones de periodos secos y húmedos dan lugar a modificaciones en la velocidad de engrosamiento de los tubérculos, ya que son el origen de ciertos

defectos como: grietas, surcos, estrechamientos, entre otras malformaciones. Antes de la tuberización un ligero déficit hídrico favorece el desarrollo de las raíces, éstas se alargan, el número de tubérculos aumenta pero su tamaño se reduce considerablemente.

Para cubrir las necesidades hídricas del cultivo se puede recurrir al riego en épocas de sequía con el fin de mantener una producción constante. Sin embargo, en el Ecuador este sistema es escaso o nulo debido a un sinnúmero de factores que condicionan su uso, entre ellos están la innaccesibilidad a fuentes de agua cercana, ausencia del servicio y falta de infraestructura, entre otros. Según Devaux *et al.* (2010), sólo el 33% de la superficie cultivable a nivel nacional están bajo riego.

#### **4.1.4. Periodo Vegetativo**

Para la zona en estudio se registró un periodo vegetativo que oscila entre un mínimo de 89 días y un máximo 325 días, mediante el cual es posible identificar las épocas de siembra (Anexo 6). Las estaciones que registraron mejores condiciones con valores aproximadamente de 300 días fueron: Iñaquito, Otavalo e Izobamba. Periodos vegetativos de 272 días, 270 días y 258 días se observaron para las estaciones de Baños, Palmas y Patate, respectivamente (Figura 11; Anexo 7).

Se estableció un valor promedio de 7 meses (210 días), cuyo rango corresponde al 15, 8% de la superficie en estudio (296 077,91 ha); la mayor superficie se estableció para el rango de 218 – 233 días que ocupa el 24% de la superficie (462 766,16 ha), seguido por el rango de 207 a 218 días, cubriendo, ambos rangos, aproximadamente

el 30% de la superficie total de estudio (Cuadro 14). Estas categorías se encuentran localizados en gran parte de las provincias del centro de la sierra, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar y Tungurahua (Anexo 64).

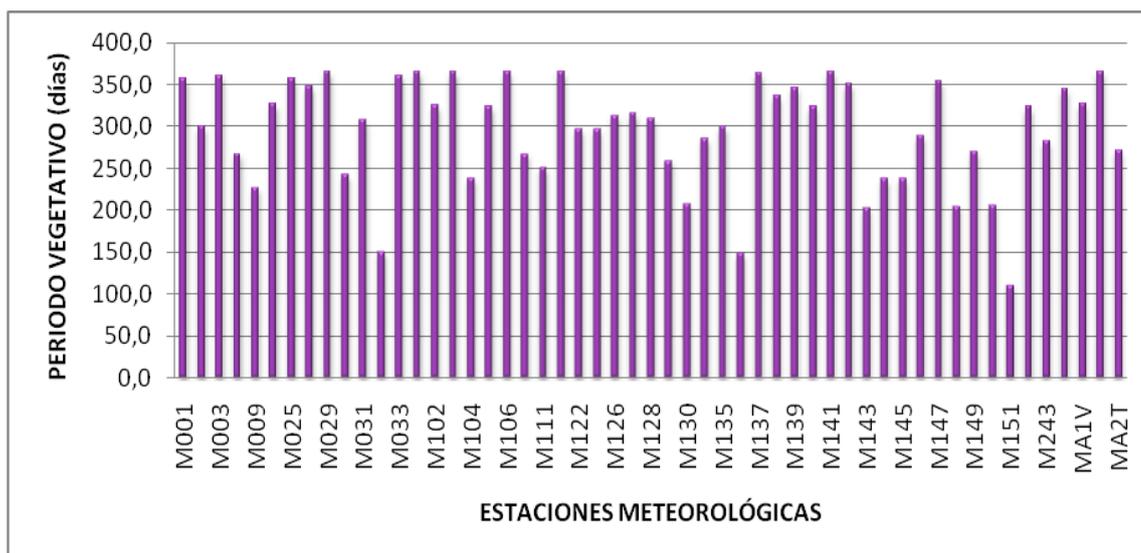
Cuesta<sup>4</sup> (2010), considera que los periodos vegetativos recomendables para la papa se encuentran entre 120 a 150 días y, 150 a 179 días con ligeras limitaciones. Las provincias de Bolívar y Chimborazo (Anexo 64) reúnen una considerable área con dichas características, que representan aproximadamente el 8% de la superficie total, lo que significa que durante este periodo existirá una humedad aprovechable por el cultivo para su establecimiento y desarrollo.

El periodo vegetativo está directamente relacionado con la precipitación y el almacenaje de agua en el suelo, por lo tanto, se estableció mediante la relación entre la ETR y la ETP que existen dos épocas marcadas de humedad aprovechable para el cultivo, enero a mayo y octubre a diciembre.

Esto se debe principalmente a la variación climática que presenta el Ecuador, así como a las condiciones del suelo, suelos con alto nivel de humedad dan lugar a periodos vegetativos más extensos (Sepúlveda *et al.*, 2000). Otro factor importante es la variedad de la semilla sembrada, las variedades nativas tienen un ciclo de cultivo aproximado de 90 días (tempranas), mientras que, las variedades mejoradas (tardías y semitardías) tienden a incrementar su ciclo alrededor de 200 días (Pumisacho y Velásquez, 2009), por lo que es importante conocer sus características de adaptación a la zona y tiempo de madurez.

---

<sup>4</sup> CUESTA, X. 2010. Requerimientos agroecológicos del cultivo de papa. Quito (Ecuador). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (Comunicación Personal).



**Figura 11. Periodo vegetativo para el área en estudio.**

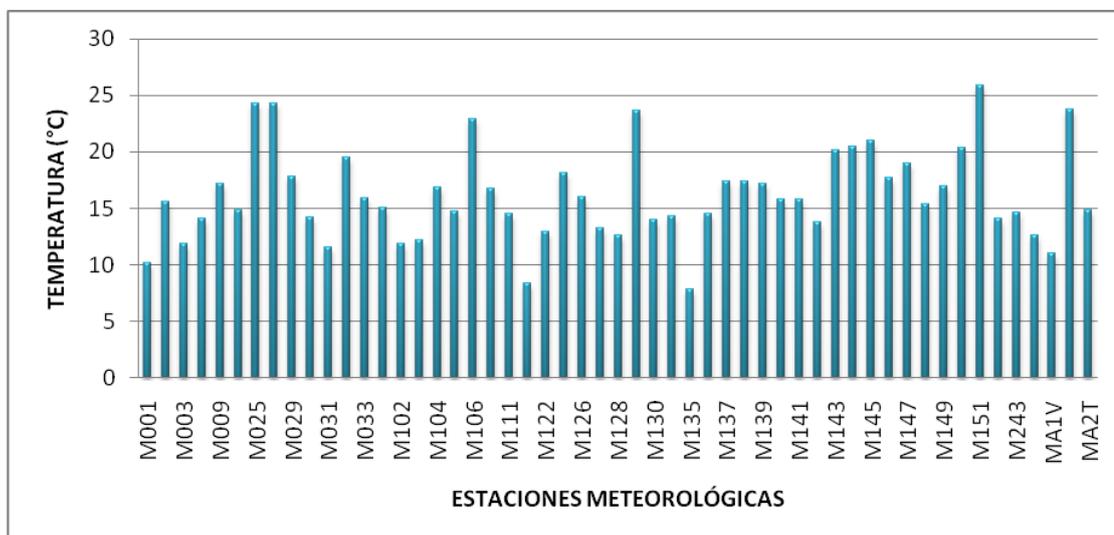
**Cuadro 14. Rangos del periodo vegetativo presentes en la zona de estudio.**

Rango (días)	Superficie (ha)	%
89 - 150	31,82	0,002
150 - 181	21285,36	1,142
181 - 196	129941,07	6,969
196 - 203	120712,07	6,474
203 - 207	146623,15	7,864
207 - 211	296077,91	15,879
211 - 218	292403,75	15,682
218 - 233	462766,16	24,819
233 - 264	243854,92	13,078
264 - 326	150880,42	8,092
<b>TOTAL</b>	<b>1864576,63</b>	<b>100</b>

#### **4.1.5. Régimen de Temperatura**

Dentro del área de estudio, se registró una temperatura media anual que supera los 21 °C alcanzando valores de 26 °C para las estaciones meteorológicas de Zapotillo, Quinara, Lita, Caluma y Lumbaqui. Los valores mínimos de temperatura

se registraron para las estaciones: Cotopaxi y Pachamama localizadas en la provincia de Cotopaxi, cuya temperatura varió entre 8,3 y 7,8 °C, respectivamente (Figura 12; Anexo 8).



**Figura 12. Datos de temperatura para el área en estudio.**

El 33% de la superficie total en estudio registró temperaturas entre 8 - 10°C, representando la mayor extensión, 642 884,33 hectáreas; seguido por el rango de 10 a 12 °C con 469 794,44 ha (24%), que corresponde a zonas de clima frío – mesotérmico, donde la papa no sufre limitaciones de temperatura (Cuadro 15), por ende, las condiciones son adecuadas para el establecimiento del cultivo. Estos rangos cubren, en su mayoría, las provincias de Chimborazo, Bolívar, Tungurahua y Cotopaxi (Anexo 62). Temperaturas elevadas inhiben la tuberización, mientras que temperaturas bajas, causan disminución en la producción y pérdida del cultivo por quemazón como en el caso de las heladas.

**Cuadro 15. Rangos de temperatura presentes en la zona de estudio.**

<b>Rango (°C)</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
0-2	2803,55	0,14
2-4	19587,88	1,01
4-6	71975,01	3,71
6-8	271710,11	14,01
8-10	642884,33	33,15
10-12	469794,44	24,23
12-14	260643,38	13,44
14-16	129448,01	6,68
16-18	45177,74	2,33
18-20	23687,69	1,22
20-22	1397,83	0,07
<b>TOTAL</b>	<b>1939109,94</b>	<b>100</b>

#### **4.2. ANÁLISIS DE LA APTITUD EDÁFICA**

El análisis edáfico se realizó con base en las características del suelo que limitan el buen desarrollo del cultivo en estudio, considerándose así las características físicas, químicas y régimen climático del suelo.

Los suelos Inceptisoles predominaron en el área de estudio, con una superficie de 1 049 655,5 ha, que corresponde al 57 % de ocupación, seguido por los Mollisoles con el 11% y Entisoles 8% de ocupación de la superficie total localizada dentro del área de estudio (Cuadro 16).

Los Inceptisoles son suelos de origen volcánico que no tienen estructura cristalina bien formada como en los minerales de arcilla ya formados, presentando características de ser suelos con alto contenido de manganeso, negros, amorfos, y que cuando pierden humedad, retienen elevadas cantidades de potasio y  $\text{NH}_4^+$ ; por lo que, para mantener condiciones apropiadas del manejo del cultivo, se debe tener un

suelo en capacidad de campo o cercano a ello. Estos suelos se localizan indistintamente a lo largo y ancho de toda la región interandina. A este orden pertenecen los Subórdenes Ustepts, Aquepts y Udepts.

**Cuadro 16. Superficie y porcentaje de ocupación en base a la clasificación por Orden del suelo presentes en el área de estudio.**

<b>Orden</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Ocupación (%)</b>
Histosoles	1677,37	0,09
Alfisoles	4372,86	0,24
Entisoles	162499,35	8,85
Mollisoles	208378,33	11,35
Inceptisoles	1049655,5	57,19
<b>SUBTOTAL</b>	1426583,41	77,73
<b>OTROS</b>	408770,76	22,27
<b>TOTAL</b>	1 835 354,18	100

La zona en estudio presentó pendientes mayores al 25%, lo que corresponde al 84% (1579512,07 ha) de la superficie total en estudio. A pesar de que suelos con pendientes entre 12 y 25% son aptos para la agricultura, se registró una reducida superficie, ocupando el 3,68%. Pendientes mayores al 25% bajo condiciones de elevada pluviosidad, provocan grandes pérdidas de suelo y apareamiento de suelos desérticos por erosión. Los suelos con pendientes ligeras (<5 %) constituye uno de los principales factores que incrementan el riesgo de heladas para el cultivo de papa, pues los efectos de las bajas temperaturas son generalmente más severos en las partes bajas y planas de los campos de cultivo.

Debido al grado de movimiento de suelo que demanda el cultivo, el rango de pendiente recomendado para papa es de 5 a 12%, cuya categoría representa el 6% de la superficie total en estudio.

**Cuadro 17. Superficie y porcentaje de ocupación de los diferentes rangos de pendiente en el área de estudio.**

<b>Rango (%)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
0 – 5	Plano a casi plano	66995,014	3,59
5 –12	Suave o ligeramente inclinado	120254,954	6,44
12 – 25	Ligeramente ondulado (micro relieve)	68699,98	3,68
25 – 50	Moderadamente ondulado	261510,12	14,00
50 – 70	Colinado	397609,22	21,28
>70	Escarpado – Montañoso	920392,733	49,26
<b>SUBTOTAL</b>		1835462,02	1835462,02
OTROS	Nieve, Área urbana, Roca y Cuerpos de agua	33099,826	1,77
<b>TOTAL</b>		1868561,85	1868561,85

Se identificó la estructura moderadamente gruesa como predominante con 39% de ocupación de la superficie (Cuadro 18), que corresponde a las texturas franco arcilloso y franco limoso adecuadas para el cultivo de la papa. La estructura predominante se localizan en mayor proporción hacia el occidente del callejón interandino, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, y la zona occidental de Tungurahua; mientras que las texturas gruesa y media del suelo se ubican hacia el oriente.

**Cuadro 18. Superficie y porcentaje de ocupación de las diferentes clases de textura en el área de estudio.**

<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Ocupación (%)</b>
1	Gruesa	343917,208	18,72
2	Moderadamente gruesa	722148,145	39,30
3	Media	284774,891	15,50
4	Fina	77738,874	4,23
<b>SUBTOTAL</b>		1428579,12	77,75
OTROS	Nieve, Área urbana, Roca y Cuerpos de agua	408773,579	30,56
<b>TOTAL</b>		1837352,7	100

Con respecto a la pedregosidad del suelo, se encontró que el 73% representa las zonas con menor pedregosidad lo que favorece el desarrollo radicular del cultivo y por ende la formación de los tubérculos de la planta. La pedregosidad no es un limitante en las labores de labranza, crecimiento de raíces y el movimiento de agua (Cuadro 19).

**Cuadro 19. Superficie y porcentaje de ocupación de la pedregosidad del suelo en el área de estudio.**

<b>Rango (%)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Ocupación (%)</b>
< 10	Sin	1355933,95	73,86
10 – 25	Pocas	943,443	0,05
25 – 50	Frecuentes	45964,371	2,50
50 – 75	Abundantes	23227,178	1,27
> 75	Pedregosos o rocosos	999,777	0,05
	<b>SUBTOTAL</b>	1427068,72	77,73
OTROS	Nieve, Área urbana y Cuerpos de agua	408773,579	22,27
	<b>TOTAL</b>	1835842,3	100

El rango de profundidad predominante en el área de estudio corresponde a mayor a 100 cm que representa el 50% de la superficie (Cuadro 20). El rango óptimo de profundidad para el cultivo de la papa es mayor a 35 cm, lo que indica que no es un limitante para su desarrollo.

**Cuadro 20. Superficie y porcentaje de ocupación de profundidad del suelo en el área de estudio.**

<b>Rango (cm)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
0 – 20	Superficial	157556,033	8,58
20 - 50	Poco profundo	207610,47	11,30
50 - 100	Moderadamente profundo	142723,151	7,77
> 100	Profundo	920718,001	50,11
	<b>SUBTOTAL</b>	1428607,66	77,75
OTROS	Nieve, Área urbana, Rocas y Cuerpos de agua	408753,379	22,25
	<b>TOTAL</b>	1837361,03	100

Con respecto a las características de drenaje, nivel freático e inundabilidad del suelo dentro del área de estudio no presentan mayores limitaciones, ocupando mayor superficie las mejores características. El drenaje de clase buena corresponde al 51% de la superficie total. Indica que el agua se elimina del suelo con facilidad aunque no con rapidez. El nivel freático, que indica el nivel a partir del cual los materiales se encuentran totalmente saturados de agua, registró un nivel profundo correspondiente al 76% de ocupación de la superficie presente en el área de estudio. Se determinó que el 76% de la superficie corresponde a zonas con ninguna a inundación ocasional, lo cual permite un desarrollo adecuado del cultivo (Cuadro 21).

**Cuadro 21. Superficie y porcentaje de ocupación de drenaje, nivel freático e inundabilidad del suelo en el área de estudio.**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
Drenaje	Bueno	936689,52	51,09
Nivel freático (cm)	Profundo (>100 )	1393977,37	76,17
Inundabilidad	Ninguna a ocasional inundación	1397320,17	76,36

Con respecto al pH se estableció que existe una variación desde ácido a medianamente alcalino, el 41% de la superficie en estudio corresponde a suelos ligeramente ácidos mientras que el 22% pertenece a suelos neutros, seguido por el 11% que reúne a los suelos ácidos y solo el 2% que representa a los suelos moderadamente alcalinos (Cuadro 22). Debe resaltarse que el requerimiento de pH en papa se encuentra dentro del rango ligeramente ácido a neutro, categoría que ocupa el 62% de la superficie en estudio.

Se observó mayor acidez de los suelos de la zona suroccidental de la provincia de Pichincha; los suelos ligeramente ácidos se localizan indistintamente a lo largo de todo el callejón interandino.

Esta es una de las propiedades más importantes ya que de ella depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la clase y tipo de actividad microbiana, mineralización de la materia orgánica, comportamiento de las cargas eléctricas, concentración de iones y la velocidad e intensidad de las reacciones químicas.

**Cuadro 22. Superficie y porcentaje de ocupación de los diferentes rangos de pH en el área de estudio.**

<b>Rango</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
4,5 – 5,5	Acido	209821,807	11,42
5,6 – 6,5	Ligeramente ácido	769521,316	41,88
6,6 – 7,4	Neutro	405307,752	22,06
7,5 – 8,5	Moderadamente alcalino	44008,363	2,40
	<b>SUBTOTAL</b>	1428659,24	77,75
OTROS	Nieve, Área urbana, Rocas y Cuerpos de agua	408773,579	22,25
	<b>TOTAL</b>	1837432,82	100

El contenido de materia orgánica va de bajo a medio a medida que aumenta la altitud, predominando en un 35% de la superficie el nivel bajo de materia orgánica seguido por el 22% de nivel medio (Cuadro 23). Las provincias donde se observa un contenido medio de materia orgánica son Carchi, Pichincha, Cotopaxi y Bolívar; el nivel de materia orgánica presente en el área de estudio demuestra que estos suelos pueden ser mejorados mediante la adición de materia orgánica al suelo, así como, la aplicación de una adecuada fertilización.

**Cuadro 23. Superficie y porcentaje de ocupación de materia orgánica del suelo en el área de estudio.**

<b>Rango (%)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
< 1	Muy bajo	174513,589	9,50
1 – 2	Bajo	657217,646	35,79
2 – 4	Medio	404940,464	22,05
4 – 10	Alto	137854,343	7,51
> 10	Muy alto	53256,446	2,90
	<b>SUBTOTAL</b>	1427782,49	77,74
OTROS	Nieve, Área urbana, Rocas y Cuerpos de agua	408773,579	22,26
	<b>TOTAL</b>	1836556,07	100

El nivel de fertilidad medio predomina en los suelos del área de estudio, con el 41% de ocupación, seguido por los suelos de alta y baja fertilidad con 18% y 11%, respectivamente, de ocupación de la superficie en estudio (Cuadro 24). Sin embargo, para mejorar el nivel de fertilidad se puede aplicar fertilizantes u otras correcciones al suelo.

**Cuadro 24. Superficie y porcentaje de ocupación del nivel de fertilidad del suelo en el área de estudio.**

<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>	
Muy baja	118867,444	6,47	
Baja	210773,281	11,47	
Mediana	759304,672	41,31	
Alta	340619,361	18,53	
	<b>SUBTOTAL</b>	1429564,76	77,78
OTROS	408490,317	22,22	
	<b>TOTAL</b>	1838055,08	100

El nivel de salinidad de los suelos dispuesto en la zona de estudio presenta óptimas condiciones para el cultivo debido a que se encuentra en el rango de 0 a 2 mmhos/cm, pues la papa no soporta suelos con altas concentraciones de salinidad.

El exceso de sales en el suelo interfiere en la absorción de cationes por los antagonismos químicos existentes entre los nutrientes útiles para las plantas y por la competencia que se establece entre las sales y la vegetación por el agua disponible.

El nivel de toxicidad del suelo no es un limitante ya que la mayor superficie se encontró en suelos sin o nula toxicidad que corresponden al 92% del total del área en estudio (Cuadro 25).

**Cuadro 25. Superficie y porcentaje de ocupación de salinidad y toxicidad del suelo en el área de estudio.**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
Salinidad	Sin (0 - 2)	1420498,73	77,65
Toxicidad	Sin o nula	1385662,96	92,64

### **4.3. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA**

Considerando la categorización empleada por el MAGAP – SIGAGRO para la determinación de los atributos morfoedafológicos para el proyecto “Generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario”, y los requerimientos agroecológicos del cultivo establecida por técnicos del INIAP, se estableció cuatro categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo de papa en la sierra ecuatoriana y son: Apta, 22%; medianamente apta, 56%; marginal, 14%; y no apta, 4% (Cuadro 26).

**Cuadro 26. Superficie y porcentaje de ocupación de las diferentes clases de aptitud en el área de estudio.**

<b>Símbolo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%)</b>
AP	Zona apta	438084,092	22,59
M - AP	Zona medianamente apta	1096127,189	56,52
MAR	Zona marginal	287330,672	14,82
NO - AP	No apta	79795,329	4,11
	<b>SUBTOTAL</b>	1901337,284	98,05
OTROS	Nieve, Área urbana, Rocas y Cuerpos de agua	37854,587	1,95
	<b>TOTAL</b>	1939191,871	100

Las zonas con aptitud agrícola ocupan 438 084,092 ha de la superficie total del área en estudio; comprende tierras donde el cultivo puede desarrollarse sin ninguna limitación debido a que estas zonas presentan pendientes entre 5 y 12%, suelos de estructura moderadamente gruesa a gruesa, propiedades que caracterizan a los suelos francos, profundidad mayor a 50 cm, no sujetos a inundación, pedregosidad menor al 10%, bien drenados, nivel freático profundo a medianamente profundo (50 a > 100 cm), alto nivel de fertilidad, pH ligeramente ácido, nivel de materia orgánica medio a muy alto (2 a >10 %), sin salinidad, sin o ligera toxicidad.

En esta zona las precipitaciones fluctúan entre 750 a 1 250 mm promedio anual, temperaturas medias anuales que varían entre 8 a 12°C y periodos de crecimiento establecidos entre 4 y 5 meses (120 – 140 días).

Mayor superficie de aptitud se localiza entre las altitudes de 2 800 a 3 200 m, en los suelos Inceptisoles, Mollisoles, Entisoles y Alfisoles, en orden de importancia. Se distribuye a lo largo de toda la cordillera oriental y occidental, predominando la parte occidental (Anexo 65).

Las zonas con aptitud media corresponden a 1 096 127,189 ha que representan el 56% de la superficie en estudio (Cuadro 26). Se caracterizan por presentar ciertas

limitaciones de clima y suelo; sin embargo, no afectan el establecimiento del cultivo de papa.

Con respecto a las características edáficas, esta zona muestra pendientes hasta 25%, textura fina (arcilloso), 20 a 50 cm de profundidad, 12 a 25% de pedregosidad, drenaje moderado, nivel freático de 20 a 50 cm, sin inundabilidad, nivel de fertilidad bajo a medio, pH entre 6,6 y 8,5, bajo nivel de materia orgánica (1 – 2 %), salinidad ligera y toxicidad media.

Al analizar las características climáticas, se definió temperaturas que oscilan entre 12 y 18 °C, precipitaciones medias anuales entre 500 y 700 mm, y periodos de crecimiento entre 5 y 6 meses (150 – 179 días).

Esta zona se encuentra en un rango altitudinal de 2 500 a 3 500 m; esta categoría se concentra la mayor superficie en la zona central de la sierra ecuatoriana (Anexo 65).

Las zonas marginales comprenden 287 330,672 ha (14%) de la superficie total (Cuadro 26); son áreas que presentan serias limitaciones con respecto a clima, pendiente, textura y pH del suelo, para un efectivo desarrollo del cultivo. Sus características edáficas incluyen suelos con pendientes menores a 5% y mayores a 25%, textura arcillo – arenosa, profundidad de 20 cm, pedregosidad que oscila entre 25 y 50%, drenaje moderado, nivel freático de 50 cm, pH < 5,5 y > 7,5, bajo nivel de materia orgánica y de fertilidad, niveles medios de salinidad y toxicidad.

En estas zonas las precipitaciones medias anuales varían de menores a 750 y mayores a 1 250 mm, temperaturas medias anuales que fluctúan entre menores a 8 y mayores a 16°C, la duración del periodo de crecimiento está definido de 90 a 180 días.

La altitud está comprendida entre 2 400 y 3 600 m, esta zona se localiza indistintamente dentro del área en estudio (Anexo 65).

Las zonas sin aptitud agrícola ocupan el 79 795,329 ha de la superficie total en estudio (Cuadro 26); presentan condiciones que restringen el establecimiento del cultivo debido a sus limitaciones tanto climáticas como edáficas. Se ubican en zonas de transición hacia la costa (Anexo 65); en altitudes menores a 2 400 m donde la papa no tuberiza y altitudes mayores a 3 600 m donde el tubérculo se demora en desarrollar.

Esta zona se caracteriza por presentar pendientes mayores a 50%, con probabilidades de heladas ya que su incidencia es mayor en terrenos planos (Devaux *et al.* 2010). Además, incluye suelos con estructura gruesa de textura arenosa o muy fina (> 60% arcilla), profundidad superficial (0 – 20 cm), pedregosidad mayor a 50%, drenaje excesivo e imperfecto, nivel freático superficial (0 – 20 cm), pH menor a 5,5, bajos niveles de materia orgánica (< 1%) y fertilidad, elevada presencia de sales y alta toxicidad.

Las condiciones climáticas definidas son las siguientes: precipitación media anual menor a 500 mm y mayor a 1 750 mm., temperatura media anual menor a 8°C y mayor a 18°C, periodo de crecimiento menor a 90 días y mayor a 180 días.

## V. CONCLUSIONES

- De los requerimientos agroecológicos para el cultivo de papa se destacan, dentro de los más importantes, la temperatura y la precipitación, registradas para las zonas aptas entre 8 a 12°C y 750 a 1 250 mm media anual, respectivamente.
- Para la zona de estudio se registró temperaturas promedio anuales que oscilan entre 8 y 25°C, con una media de 13°C. Además, se determinó dos períodos de lluvias siendo sus picos máximos en abril y octubre, con un período seco entre junio y septiembre. En el área de estudio se registró precipitaciones medias anuales entre 470 y 4 800 mm, con un promedio de 800 mm.
- En el Callejón Interandino el mayor exceso de humedad se determina en la localidad de Lumbaqui con un total anual de 4 831 mm, contrariamente a esto el mayor déficit se localiza en la localidad de Santa Isabel con un valor igual a 472 mm.
- Entre los principales factores limitantes del cultivo, desde el punto de vista edáfico, lo constituyen la altitud menor a 2 400 m donde la tuberización de la papa es baja y altitudes mayores a 3 600 m donde el ciclo de desarrollo del cultivo es más extenso; suelos con pendiente mayor a 50%, de textura arenosa o muy fina, pH menor a 5,5, características encontradas básicamente en las zonas de menor aptitud para el establecimiento del cultivo.

- El mayor porcentaje del área en estudio resultó con niveles de materia orgánica entre bajo (1 – 2 %) y medio (2 – 4%), ocupando el 35% de la superficie los niveles bajos y el 22% de la superficie total en estudio, los niveles medios de materia orgánica.
- Dentro del área de estudio se determinó cuatro características de aptitud: 22% zona apta, 56% zona medianamente apta, 14% zona marginal y 4% zona no apta. Es posible detectar en el análisis de las zonas agroecológicas lugares marginales cercanos a la zona óptima que pudiesen llegar a ser potenciales si se diera un mejor manejo de los suelos.
- Se concluyó que la mayor superficie corresponde a las zonas con aptitud agrícola media que ocupan 1 096 127,189 ha, y representan el 56% de la superficie en estudio; cuyas características de clima y suelo, permiten el establecimiento sostenido del cultivo y sus limitaciones son leves, las mismas que pueden ser corregidas con sencillas prácticas de manejo.
- En los mapas de zonificación agroecológica elaborados fue posible diferenciar áreas con cuatro categorías de aptitud agroclimática para el cultivo de papa. Esta jerarquización permitió seleccionar áreas y constituye, de alguna manera, una alternativa para mejorar los programas de producción agrícola, complementados con la experiencia y con investigación de campo.
- Los resultados obtenidos a través del balance hídrico permiten cuantificar áreas con diferentes niveles de excesos y déficit de humedad en los suelos

ecuatorianos, constituyendo un aporte invaluable para la planificación y operación del recurso agua.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la siembra de papa entre los meses de enero a mayo y septiembre a diciembre en la zona norte y centro de la sierra ecuatoriana, principalmente en las zonas con aptitud agrícola donde el cultivo puede desarrollarse sin limitaciones.
- Se sugiere el establecimiento del cultivo en suelos con pendiente hasta 25%, de textura franca, profundidad mayor a 35 cm, pedregosidad menor al 10%, buen drenaje, pH entre 5,5 y 6,5, sin salinidad ni toxicidad y elevado nivel de materia orgánica (> 2%).
- Con el fin de asegurar mayores rendimientos para el cultivo de papa, es necesario la adición de materia orgánica, y la aplicación de buenas prácticas agrícolas.
- Para conocer los requerimientos de los cultivos en diferentes zonas es importante establecer ensayos de campo o puntos de control que faciliten la obtención de datos con mayor precisión.
- Mantener actualizada la información meteorológica; y edafológica para las zonas que no se dispuso de información, de forma que se solidifique la base de datos y sea útil para posteriores investigaciones.

- Continuar el trabajo de planificación a escalas 1: 50 000 en áreas menores con el objetivo de caracterizar en detalle las zonas de actuación y obtener información más exacta.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

ÁLAMO, S.; CAÑAS, J.A.; FEITO, F.R. 2002. Aplicación de un S.I.G. para emplear en la agricultura de precisión en una explotación de olivar. Jaén - España. (En línea). Consultado el 4 agosto del 2010. Disponible en: <http://www.cexeci.org/IX%20CONFIBSIG/Comunicaciones/actividades%20agrarias/Alamo%20Romero,%20Feito%20Heguiruela.pdf>

ALCOCER, J. 2008. Recursos Naturales y Sustentabilidad. Fondo Editorial de Nuevo León. México. Pp.31

ARANGO, M. 2007. Zonificación Agroecológica del café en puerto Rico y Análisis estructural y de composición de especies arbóreas presentes en el agroecosistema cafetero. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/arangoargoti.pdf>

ARELLANO, R.; CARVAJAL, G.; MOYA, R.; CARVAJAL, M. 1992. Cálculo de la evapotranspiración potencial por varios métodos para 100 localidades ecuatorianas. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. Ecuador. Pp. 48.

ARC GIS. (Software de computadora). 2008. Versión 9.3. ESRI. United States.

BASANTES, E. 2010. Producción y fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo. Imprenta La Unión. Quito, Ecuador. 433p.

- BERNHARDSEN, T. 2002. 3rd ed. Geographic information systems: an introduction. John Wiley & Sons Editor. New York, United States. 428 p.
- BLAUERT, J.; ZADEK, S. 1999. Mediación para la sustentabilidad, construyendo desde las bases. Editorial Plaza y Valdéz. México. 410 p.
- BUTLER, M.; LEBLANC, C.; BELBIN, J. Y MACNEIL, J. 1990. Cartografía de recursos marinos, un manual de introducción. Vol. 274 de FAO documento técnico. 281 p. (en línea). Consultado el 15 de Dic. 2010. Disponible en: [http://books.google.com/books?id=v96Y6OCPCqkC&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com/books?id=v96Y6OCPCqkC&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- CARVAJAL, G., MOYA, R., CARVAJAL, M., Y VÉLEZ, D. 1995. Balance Hídrico de varias localidades del Ecuador. Ministerio de Energía y Minas – Instituto Nacional de Meteorología (INAMHI). Quito. 230 Pp.
- \_\_\_\_\_. 2004. Balance Hídrico de varias localidades Ecuatorianas. Ministerio de Energía y Minas – Instituto Nacional de Meteorología (INAMHI). Quito. 230 Pp.
- CHARTUNI, E.; ASSIS, F.; MARÇAL, D. Y RUZ, E. 2007. Agricultura de Precisión: Nuevas Herramientas Para Mejorar la Gestión Tecnológica en la Empresa Agropecuaria. Editorial IICA – PROCISUR.

CORBAOUI, R. 1988. 2 ed. Siembra de Papa. Boletín de Información Técnica No. 11. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 17 p.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2000. Manejo Integrado del cultivo de papa. (En línea). Colombia. Consultado el 9 de nov. de 2010. Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=84IJ3KnbFQC&pg=PA42&dq=etapas+feno1%C3%B3gicas+papa&hl=es&ei=IIPXTOeXCsWBIAeU8LT9CA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=84IJ3KnbFQC&pg=PA42&dq=etapas+feno1%C3%B3gicas+papa&hl=es&ei=IIPXTOeXCsWBIAeU8LT9CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

CORTÉZ-MARIN, A. ACEVES-NAVARRO, L., ARTEAGA-RAMÍREZ, R., VÁZQUEZ-PEÑA, M. 2005. Zonificación agroecológica para aguacate en la zona central de Venezuela: TERRA Latinoamericana. Vol. 23 no. 2. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57323202>. ISSN 0187-5779

DEVAUX, A.; ORDINOLA, M.; HIBON, A.; FLORES, R. 2010. El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolívar, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 385 p.

EGÚSQUIZA, B. 2000. La papa: producción, transformación y comercialización. Editor International Potato Center (CIP). Lima, Perú. 192 p.

ESTRADA, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Plural Editores. La Paz, Bolivia. 372 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1987. Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1997. Zonificación agro-ecológica - Guía general. Boletín de Suelos de la FAO 73. (En línea). Consultado el 20 de oct. 2010. Disponible en: <http://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/aezs.pdf>

\_\_\_\_\_. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de los Suelos. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO. (En línea). Consultado el 20 de oct. 2010. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>

FRANCO, S. Y VALDEZ, M. 2003. Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada. Editorial Universidad Autónoma del Estado de México. México. 160 p.

GLIESSMAN, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editorial CATIE, Costa Rica. 359 p.

GRAVES, C.; CABIESES, F. 2006. La papa, tesoro de los Andes. 2 ed. Lima, Centro Internacional de la Papa. Pp.: 128.

- GOMEZ, M. y BARREDO, J. 2006. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Editorial Alfaomega. México. 243 p.
- IDEA (Instituto de Estrategias Agropecuarias). 1988. Zonificación agroecológica para cultivos no tradicionales de la zona costera central. Documento técnico No. 13. Ecuador. 142 p.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1995. Conceptos Básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y Aplicaciones en Latinoamérica. Gráficas Colorama. Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia. 100 p.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Ecuador. 1984. Manual del cultivo de papa. Manual No. 5 p 1 – 2.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2004. Guía Técnica sobre Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). (En línea). Nicaragua. Consultado el 9 de nov. 2010. Disponible en: [www.inta.gob.ni/guias/papa\\_mip.pdf](http://www.inta.gob.ni/guias/papa_mip.pdf)
- MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 1985. Requerimientos Agroecológicos de algunos cultivos. División de Regionalización Agraria. Pp. 22

- MONTALDO, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 706p.
- MUSSO, E. Y COTOS, J. 2005. Sistemas de información medioambiental. Editorial Netbiblo. España. 272 pp.
- NONI, G.; TRUJILLO, G. 2008. La erosión actual y potencial de Ecuador: Localización, manifestaciones y causas (en línea). Quito, Ecuador. Consultado Sep 15, 2010. Disponible en: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers08-01/23659.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-01/23659.pdf)
- LASSO, L.; CRUZ, G.; HARO, R. 2010. Zonificación Agroecológica de tres cultivos estratégicos (Maíz, *Zea mays* L.; Arroz, *Oryza sativa* L.; Caña de azúcar *Saccharum officinarum* L.) en 14 cantones de la cuenca baja del Río Guayas. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador.
- LETHAM, L. 2001. GPS fácil: uso del Sistema de Posicionamiento Global. Editorial Paidotribo. Barcelona, España. 283 p.
- PARRA, R.H.; ESCOBAR, J.; MARULANDA, J. 1997. Sistemas de información geográfica (SIG): base de la gestión ambiental. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 189 p.

- PARSONS, D. 1978. Serie de manuales para la producción agropecuaria – PAPAS – Producción Vegetal. Editorial Litográfica Ingramex S.A. México. 46 p.
- PEÑA, J. 2008. 2 ed. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. Editorial Club Universitario. España. 310 p.
- PÉREZ, S. 1992. Cálculo de la necesidad de agua de las plantas con datos meteorológicos. Editorial Pedagógica “Freire”. Riobamba, Ecuador. 289p.
- PLA, I. 2010. Degradación de Suelos y Desastres Naturales: Enfoque Hidrológico. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador.
- PRONAREG-ORSTOM. 1984. Mapa de Suelos leyenda explicativa. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, QUITO (ECUADOR). Esc. 1:50 000
- PRONAREG-ORSTOM. 1984. Mapas de Aptitudes Agrícolas y Suelos. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, QUITO (ECUADOR). Esc. 1:50 000
- PUMISACHO, M.; SHERWOOD, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. Edición INIAP-CIP. Quito-Ecuador. 229 p.
- PUMISACHO, M.; VELÁSQUEZ, J. 2009. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. INIAP-COSUDE, Quito, Ecuador. 98p.

RODGERS, K. 1993. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Organización de Estados Americanos. Washington, D.C. (en línea). Consultado 8 enero 2010. Disponible en: <http://www.oas.org>

SEPÚLVEDA, P.; LÓPEZ, H y NÚÑEZ, D. 2000. Efecto de diferentes niveles de humedad en el suelo sobre el desarrollo del carbón de la papa (*Angiosorus solani*) en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) bajo condiciones de invernadero. Artículo Técnico. 60(4):313 – 319. Octubre – diciembre 2000.

SEVILLANO, G. 2010. Levantamiento geopedológico de la cuenca baja del río Guayas – Ecuador con aplicación del enfoque sistémico. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 1 disco compacto, 8mm.

SIGAGRO (Sistemas de Información Geográfica y Agropecuaria). s.f. Zonificación Agroecológica del cultivo de caña. Documento resumen. 13 p.

\_\_\_\_\_. 2008. Metodología de valoración de tierras rurales. Editorial UniMarket. Quito, Ecuador. 368 p.

SICA. 2004. Análisis de los resultados del III Censo Nacional Agropecuario. Disponible en: <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/censo-papa.pdf>

UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos). 2010. El agua en la atmósfera. (En línea). Colombia. Consultado el 9 de nov. 2010. Disponible en: [www.cicyttp.org.ar/climatologiafca/docencia/apuntes/tema7.pdf](http://www.cicyttp.org.ar/climatologiafca/docencia/apuntes/tema7.pdf)

VERGARA, A. 2008. Sistemas de Información Geoespacial (en línea). Consultado el 10 Sep. de 2011. Disponible en: [http://comuna.net/pdf/2008/presentaciones/geoespacial\\_tallernov2008.pdf](http://comuna.net/pdf/2008/presentaciones/geoespacial_tallernov2008.pdf)

YANCHAPAXI, G. 1993. Zonificación Agroecológica para Cultivos de exportación. PROEXANT. Quito (Ec). 274 p.

YANEZ, Z. 1999. Estudio de la fenología de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en dos épocas de siembra. Riobamba – Ecuador. Tesis Ing. Agr. INIAP: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. 203p.

ZAMORA, G. 2009. Manual de ArcGis 9.\*: Básico e Intermedio. CEPEIGE. Quito, Ecuador. Pg. 3

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Duración media del resplandor solar posible en el hemisferio sur, expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno. De Burgos y Vidal.

LAT SUR	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,03	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5°	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10°	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15°	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20°	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
22°	1,14	1,00	1,05	0,97	0,95	0,90	0,94	0,99	1,00	1,09	1,10	1,16
23°	1,15	1,00	1,05	0,97	0,95	0,89	0,94	0,98	1,00	1,09	1,10	1,17
24°	1,16	1,01	1,05	0,96	0,94	0,89	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,17
25°	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
26°	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	0,92	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
27°	1,18	1,02	1,05	0,96	0,93	0,87	0,92	0,97	1,00	1,11	1,12	1,19
28°	1,19	1,02	1,06	0,95	0,93	0,86	0,91	0,97	1,00	1,11	1,13	1,20
29°	1,19	1,03	1,06	0,95	0,92	0,86	0,90	0,96	1,00	1,12	1,13	1,20
30°	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
31°	1,20	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,14	1,22
32°	1,21	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,95	1,00	1,12	1,15	1,23
33°	1,22	1,04	1,06	0,94	0,90	0,83	0,88	0,95	1,00	1,13	1,16	1,23
34°	1,22	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,16	1,24
35°	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25
36°	1,24	1,04	1,06	0,94	0,88	0,81	0,86	0,94	1,00	1,13	1,17	1,26
37°	1,25	1,05	1,06	0,94	0,88	0,80	0,86	0,93	1,00	1,14	1,18	1,27
38°	1,25	1,05	1,07	0,93	0,87	0,80	0,85	0,93	1,00	1,14	1,19	1,27
39°	1,26	1,06	1,07	0,93	0,86	0,79	0,84	0,92	1,00	1,15	1,19	1,28
40°	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
41°	1,28	1,06	1,07	0,93	0,85	0,77	0,83	0,92	1,00	1,15	1,21	1,30
42°	1,28	1,07	1,07	0,92	0,85	0,76	0,82	0,92	1,00	1,16	1,22	1,31
43°	1,29	1,07	1,07	0,92	0,84	0,75	0,81	0,91	1,00	1,16	1,22	1,32
44°	1,30	1,08	1,07	0,92	0,83	0,74	0,81	0,91	0,99	1,17	1,23	1,33
45°	1,31	1,09	1,07	0,92	0,82	0,73	0,80	0,90	0,99	1,17	1,24	1,34
46°	1,32	1,10	1,07	0,91	0,82	0,72	0,79	0,90	0,99	1,17	1,25	1,35
47°	1,33	1,11	1,07	0,91	0,81	0,71	0,78	0,89	0,99	1,18	1,26	1,36
48°	1,34	1,11	1,08	0,90	0,80	0,70	0,76	0,89	0,99	1,18	1,27	1,37
49°	1,35	1,12	1,08	0,89	0,78	0,68	0,75	0,88	0,99	1,19	1,28	1,40
50°	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Fuente: Pérez, 1992.

**Anexo 2. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas del área de estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>COORD. X</b>	<b>COORD. Y</b>	<b>ALTURA (m)</b>
M001	Inguincho	788763	10028871	3140
M002	La Tola	792777	9975042	2480
M003	Izobamba	772346	9959509	3058
M004	Rumipamba-Salcedo	768130	9885756	2680
M009	La Victoria	811645	9993360	2262
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	779916	9980705	2789
M025	La Concordia	678356	10001906	360
M026	Puerto Ila	684085	9945826	260
M029	Baños	787480	9846203	1846
M030	San Simon	723774	9818904	2650
M031	Cañar	729737	9717349	3083
M032	Santa Isabel INAMHI	687247	9638367	1550
M033	La Argelia-Loja	699905	9555116	2160
M045	Palmas-Azuay	763544	9699524	2400
M102	El Angel	840675	10069130	3000
M103	San Gabriel	852778	10066710	2880
M104	Mira-Fao granja	830124	10061321	2270
M105	Otavalo	805309	10026688	2550
M106	Lita	784037	10096550	740
M107	Cahuasqui-Fao	810457	10057330	2335
M111	Malchिंगui Inamhi	796569	10006940	2840
M120	Cotopaxi-Minitrak	769488	9931534	3590
M122	Pilalo	723791	9896073	2520
M123	El Corazon	714057	9874598	1560
M126	Patate	777765	9855639	2270
M127	Pillaro	772352	9870621	2770
M128	Pedro F. Cevallos	765405	9850376	2910
M129	Caluma	694142	9819811	350
M130	Chillanes	715389	9785504	2330
M133	Guaslan	760336	9808343	2850
M135	Pachamama-Tixan	744920	9762235	3690
M136	Chunchi	731468	9747357	2440
M137	Biblian	734407	9700377	2640
M138	Paute	749105	9692931	2200
M139	Gualaceo	747193	9681211	2230
M140	Ucubamba	736259	9682522	2510
M141	El Labrado	719852	9696251	3335
M142	Saraguro	696358	9599619	2525
M143	Malacatos	693569	9533745	1500

**Anexo 2.** Continuación...

M144	Vilcabamba	697658	9528953	1560
M145	Quinara Inamhi	696223	9522677	1560
M146	Cariamanga	660406	9521735	1960
M147	Yangana	702473	9517522	1860
M148	Celica	616121	9546646	2700
M149	Gonzanama	673944	9532638	2040
M150	Amaluza Inamhi	674760	9493451	1760
M151	Zapotillo	584233	9515642	120
M197	Jacarin	729750	9687972	2700
M243	Pungales	773078	9824830	2550
M258	Querocha (UTA)	767074	9848807	2940
MA1V	Cotopilalo	755994	9924409	3250
MB77	Lumbaqui	240214	9995729	580
MA2T	Tomalon	807931	3688,7	2790

**Anexo 3. Datos de la precipitación media correspondiente a un periodo de 28 años para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>
M001	Inguincho	1287,7
M002	La Tola	865,3
M003	Izobamba	1464,1
M004	Rumipamba-Salcedo	553,4
M009	La Victoria	573
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	1097,4
M025	La Concordia	3383,5
M026	Puerto Ila	2861,9
M029	Baños	1498,8
M030	San Simón	675,2
M031	Cañar	466,7
M032	Santa Isabel INAMHI	471,9
M033	La Argelia-Loja	948,5
M045	Palmas-Azuay	1377,4
M102	El Angel	877,8
M103	San Gabriel	1002,2
M104	Mira-Fao granja	548,9
M105	Otavalo	867,3
M106	Lita	2795,4
M107	Cahuasqui-Fao	691,5
M111	Malchingui Inamhi	502,9
M120	Cotopaxi-Minitrak	1121,2
M122	Pilalo	1473,1
M123	El Corazon	2249,7
M126	Patate	622,3
M127	Pillaro	578,4
M128	Pedro F. Cevallos	526,4
M129	Caluma	2951,3
M130	Chillanes	890,5
M133	Guaslan	637,7
M135	Pachamama-Tixan	1165,8
M136	Chunchi	451,5
M137	Biblian	816,9
M138	Paute	745,8
M139	Gualaceo	776,7
M140	Ucubamba	822,6
M141	El Labrado	1298,1
M142	Saraguro	788,5
M143	Malacatos	684,5
M144	Vilcabamba	865,8

**Anexo 3.** Continuación...

---

M145	Quinara Inamhi	921,7
M146	Cariamanga	1337,9
M147	Yangana	1151,1
M148	Celica	1194,6
M149	Gonzanama	1308,5
M150	Amaluza Inamhi	881,7
M151	Zapotillo	754,6
M197	Jacarin	728,2
M243	Pungales	564,5
M258	Querocha (UTA)	594,8
MA1V	Cotopilalo	751,6
MB77	Lumbaqui	4831,2
MA2T	Tomalon	619,4

---

**Anexo 4. Valores de evapotranspiración (ETP) obtenidos para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>ETP (mm)</b>
M001	Inguincho	604,55
M002	La Tola	726,37
M003	Izobamba	635,77
M004	Rumipamba-Salcedo	685,46
M009	La Victoria	779,34
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	704,30
M025	La Concordia	1275,35
M026	Puerto Ila	1287,16
M029	Baños	802,19
M030	San Simon	688,71
M031	Cañar	627,63
M032	Santa Isabel INAMHI	879,56
M033	La Argelia-Loja	735,59
M045	Palmas-Azuay	708,56
M102	El Angel	636,08
M103	San Gabriel	642,39
M104	Mira-Fao granja	785,96
M105	Otavalo	701,07
M106	Lita	1121,30
M107	Cahuasqui-Fao	760,42
M111	Malchingui Inamhi	696,27
M120	Cotopaxi-Minitrak	572,00
M122	Pilalo	657,83
M123	El Corazón	812,68
M126	Patate	739,19
M127	Píllaro	666,57
M128	Pedro F. Cevallos	650,41
M129	Caluma	1195,21
M130	Chillanes	683,15
M133	Guaslan	691,19
M135	Pachamama-Tixan	564,49
M136	Chunchi	696,56
M137	Biblian	691,58
M138	Paute	786,14
M139	Gualaceo	778,94
M140	Ucubamba	733,0
M141	El Labrado	575,15
M142	Saraguro	678,60
M143	Malacatos	912,62
M144	Vilcabamba	934,95

**Anexo 4.** Continuación...

M145	Quinara Inamhi	997,86
M146	Cariamanga	799,09
M147	Yangana	856,43
M148	Celica	721,62
M149	Gonzanama	769,36
M150	Amaluza Inamhi	931,89
M151	Zapotillo	1535,93
M197	Jacarin	685,24
M243	Pungales	698,18
M258	Querocha (UTA)	651,78
MA1V	Cotopilalo	619,68
MB77	Lumbaqui	1211,43
MA2T	Tomalón	706,80

**Anexo 5. Déficit y exceso obtenidos mediante balance hídrico de la zona en estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>DEFICIT (mm)</b>	<b>EXCESO (mm)</b>
M001	Inguincho	13,1	695,8
M002	La Tola	55,1	193,6
M003	Izobamba	6,4	629,4
M004	Rumipamba-Salcedo	61,2	0,0
M009	La Victoria	208,1	9,5
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	37,4	430,0
M025	La Concordia	26,6	2134,2
M026	Puerto Ila	55,5	1629,6
M029	Baños	0,0	696,1
M030	San Simon	92	78
M031	Cañar	133,0	0,0
M032	Santa Isabel INAMHI	346,1	0,0
M033	La Argelia-Loja	8,7	221,0
M045	Palmas-Azuay	0,0	668,1
M102	El Angel	29,9	271,3
M103	San Gabriel	0,0	359,3
M104	Mira-Fao granja	195,9	0,0
M105	Otavalo	41,4	207,1
M106	Lita	1,0	1674,6
M107	Cahuasqui-Fao	114,0	44,8
M111	Malchingui Inamhi	172,0	0,0
M120	Cotopaxi-Minitrak	0,0	548,5
M122	Pilalo	51,3	866,0
M123	El Corazón	65,4	1501,9
M126	Patate	107,5	0,0
M127	Píllaro	51,2	0,0
M128	Pedro F. Cevallos	112,3	0,0
M129	Caluma	182,9	1938,5
M130	Chillanes	149	355,4
M133	Guaslan	71	16,5
M135	Pachamama-Tixan	40,7	641,5
M136	Chunchi	245,6	0,0
M137	Biblian	3,8	208,7
M138	Paute	59,4	24,4
M139	Gualaceo	47,1	63,8
M140	Ucubamba	34,5	123,5
M141	El Labrado	0,0	722,5
M142	Saraguro	25,6	134,8
M143	Malacatos	242,3	13,6
M144	Vilcabamba	185,6	115,8

**Anexo 5.** Continuación...

M145	Quinara Inamhi	196,5	41,3
M146	Cariamanga	126,8	665,0
M147	Yangana	26,0	320,1
M148	Celica	216,0	688,7
M149	Gonzanama	94,9	633,2
M150	Amaluza Inamhi	276,5	225,7
M151	Zapotillo	847,8	66,0
M197	Jacarin	37,9	85,9
M243	Pungales	99,8	0,0
M258	Querocha (UTA)	41,6	1,4
MA1V	Cotopilalo	31,2	162,6
MB77	Lumbaqui	0,0	3619,2
MA2T	Tomalon	163,2	50,8

**Anexo 6. Épocas de siembra definidas de acuerdo al periodo vegetativo para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>PERIODO VEG. (días)</b>	<b>EPOCAS DE SIEMBRA</b>
M001	Inguincho	212,0	25Ag - 29Jul
M002	La Tola	215,0	2Sep - 20Jul
M003	Izobamba	304,0	3Ag - 30Jul
M004	Rumipamba-Salcedo	205,0	10Sep - 23Jul
M009	La Victoria	180	29Sep - 26Jun
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	326,0	20Ag - 24Jul
M025	La Concordia	182,0	2Sep - 28Ag
M026	Puerto Ila	182,0	5Sep - 24Ag
M029	Baños	272,0	2Oct - 30Sep
M030	San Simon	181	3Oct - 28Jun
M031	Cañar	156,0	20Sep - 24Jul
M032	Santa Isabel INAMHI	150	18Dic - 19Jun.
M033	La Argelia-Loja	180,0	2Sep - 30Ag
M045	Palmas-Azuay	272,0	10Febr - 3 Dic
M102	El Angel	208,0	5Sep - 26Jul
M103	San Gabriel	230,0	2Sept - 31Ag
M104	Mira-Fao granja	177,0	3Oct - 11Jun
M105	Otavalo	324,0	4Sep - 24Jul
M106	Lita	235,0	2Oct - 30Sep
M107	Cahuasqui-Fao	208,0	13Sep - 24Jun
M111	Malchingui Inamhi	185,0	9Sep - 26Jun
M120	Cotopaxi-Minitrak	228,0	2Oct - 30Sep
M122	Pilalo	208,0	6Sep - 22Jul
M123	El Corazón	210,0	17Sep - 25Jul
M126	Patate	258,0	8Febr - 24Dic
M127	Píllaro	197,0	10Enero - 27Dic
M128	Pedro F. Cevallos	169,0	8Febr - 23Dic
M129	Caluma	212,0	3Dic - 12Jul
M130	Chillanes	177	20Nov - 26Jun
M133	Guaslan	205	23Sep - 26Jun
M135	Pachamama-Tixan	242,0	14Sep - 31Jul
M136	Chunchi	148,0	12Dic - 21Jun
M137	Biblian	230,0	3Sep - 30Ag
M138	Paute	208,0	21Sep - 23Ag
M139	Gualaceo	185,0	8Sep - 28Ag
M140	Ucubamba	202	5Sep - 29Jun
M141	El Labrado	242,0	2Oct - 30Sep
M142	Saraguro	212,0	2Sep - 27Ag
M143	Malacatos	195,0	2Oct - 18Jun
M144	Vilcabamba	206,0	3Oct - 21Jun

**Anexo 6.** Continuación...

---

M145	Quinara Inamhi	202,0	2Oct - 21Jun
M146	Cariamanga	230,0	2Oct - 26Jun
M147	Yangana	224,0	7Sep - 27Ag
M148	Celica	205,0	2Dic - 25Jun
M149	Gonzanama	212,0	2Oct - 26Jun
M150	Amaluza Inamhi	206,0	7Oct - 10Jun
M151	Zapotillo	89,0	14Enero - 22Mayo
M197	Jacarin	230,0	7Sep - 22Ag
M243	Pungales	224,0	13Enero - 25Nov
M258	Querocha (UTA)	230,0	9Enero - 25Dic
MA1V	Cotopilalo	234	13Ag - 23Jul
MB77	Lumbaqui	212	2Oct - 30Sep
MA2T	Tomalon	232	25Sep - 10Jul

---

**Anexo 7. Periodo vegetativo en número de días en el área de estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>PERIODO VEG. (días)</b>
M001	Inguincho	212,0
M002	La Tola	215,0
M003	Izobamba	304,0
M004	Rumipamba-Salcedo	205,0
M009	La Victoria	180
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	326,0
M025	La Concordia	182,0
M026	Puerto Ila	182,0
M029	Baños	272,0
M030	San Simon	181
M031	Cañar	156,0
M032	Santa Isabel INAMHI	150
M033	La Argelia-Loja	180,0
M045	Palmas-Azuay	272,0
M102	El Angel	208,0
M103	San Gabriel	230,0
M104	Mira-Fao granja	177,0
M105	Otavalo	324,0
M106	Lita	235,0
M107	Cahuasqui-Fao	208,0
M111	Malchingui Inamhi	185,0
M120	Cotopaxi-Minitrak	228,0
M122	Pilalo	208,0
M123	El Corazon	210,0
M126	Patate	258,0
M127	Pillaro	197,0
M128	Pedro F. Cevallos	169,0
M129	Caluma	212,0
M130	Chillanes	177
M133	Guaslan	205
M135	Pachamama-Tixan	242,0
M136	Chunchi	148,0
M137	Biblian	230,0
M138	Paute	208,0
M139	Gualaceo	185,0
M140	Ucubamba	202
M141	El Labrado	242,0
M142	Saraguro	212,0
M143	Malacatos	195,0
M144	Vilcabamba	206,0
M145	Quinara Inamhi	202,0

**Anexo 7.** Continuación...

---

M146	Cariamanga	230,0
M147	Yangana	224,0
M148	Celica	205,0
M149	Gonzanama	212,0
M150	Amaluza Inamhi	206,0
M151	Zapotillo	89,0
M197	Jacarin	230,0
M243	Pungales	224,0
M258	Querocha (UTA)	230,0
MA1V	Cotopilalo	234
MB77	Lumbaqui	212
MA2T	Tomalon	232

---

**Anexo 8. Datos de la temperatura media correspondiente a un periodo de 28 años para cada una de las estaciones meteorológicas en estudio.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
M001	Inguincho	10,2
M002	La Tola	15,6
M003	Izobamba	11,8
M004	Rumipamba-Salcedo	14,1
M009	La Victoria	17,2
M024	Quito Inamhi-Iñaquito	14,8
M025	La Concordia	24,3
M026	Puerto Ila	24,3
M029	Baños	17,8
M030	San Simon	14,2
M031	Cañar	11,5
M032	Santa Isabel INAMHI	19,5
M033	La Argelia-Loja	15,9
M045	Palmas-Azuay	15
M102	El Angel	11,9
M103	San Gabriel	12,2
M104	Mira-Fao granja	16,8
M105	Otavalo	14,7
M106	Lita	22,9
M107	Cahuasqui-Fao	16,7
M111	Malchingui Inamhi	14,5
M120	Cotopaxi-Minitrak	8,3
M122	Pilalo	12,9
M123	El Corazon	18,1
M126	Patate	16
M127	Pillaro	13,2
M128	Pedro F. Cevallos	12,6
M129	Caluma	23,6
M130	Chillanes	14
M133	Guaslan	14,3
M135	Pachamama-Tixan	7,8
M136	Chunchi	14,5
M137	Biblian	17,4
M138	Paute	17,4
M139	Gualaceo	17,2
M140	Ucubamba	15,8
M141	El Labrado	15,8
M142	Saraguro	13,8
M143	Malacatos	20,1
M144	Vilcabamba	20,5

**Anexo 7.** Continuación...

---

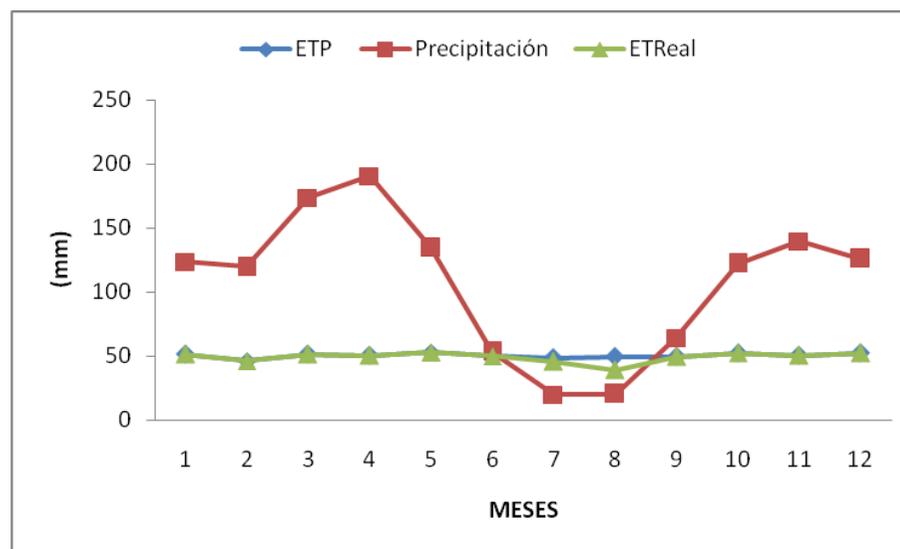
M145	Quinara Inamhi	21
M146	Cariamanga	17,7
M147	Yangana	19
M148	Celica	15,4
M149	Gonzanama	16,9
M150	Amaluza Inamhi	20,4
M151	Zapotillo	25,9
M197	Jacarin	14,1
M243	Pungales	14,6
M258	Querocha (UTA)	12,6
MA1V	Cotopilalo	11,0
MB77	Lumbaqui	23,7
MA2T	Tomalon	14,8

---

**Historial de las estaciones meteorológicas en estudio con su respectivo balance hídrico para la zonificación agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la Sierra ecuatoriana. 2011.**

**Anexo 9. Balance hídrico de la estación meteorológica Inguincho - M001**

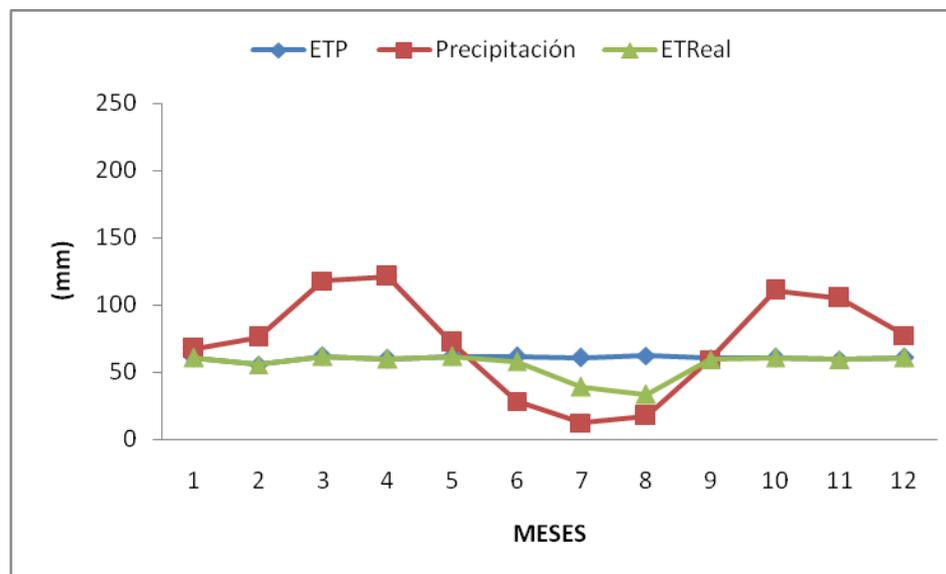
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	52	46	52	51	53	50	48	49	50	52	51	52	605
<b>Precipitación</b>	124	120	174	191	135	53	20	20	64	122	140	126	1287
<b>(P - ETP)</b>	72	73	122	140	82	3	-29	-29	15	70	89	74	683
<b>Sum (P - ETP)</b>							-29	-58					
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	74	55	70	100	100	100	1099
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	-26	-19	15	30	0	0	±45
<b>ETReal</b>	52	46	52	51	53	50	46	39	50	52	51	52	591
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	0	13
<b>Exceso de Agua</b>	72	73	122	140	82	3	0	0	0	40	89	74	696
<b>Escurrimiento Total</b>	72	73	97	119	100	52	26	13	6	23	56	65	703
<b>Humedad Total Ret.</b>	172	173	197	219	200	152	100	68	76	123	156	165	1802
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	94	79	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	29	25	30	31	30	31	357



**Anexo 10. Balance hídrico de la estación meteorológica La Tola - M002**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 13 46 S LONGITUD: 78 22 0 W ELEVACION: 2480

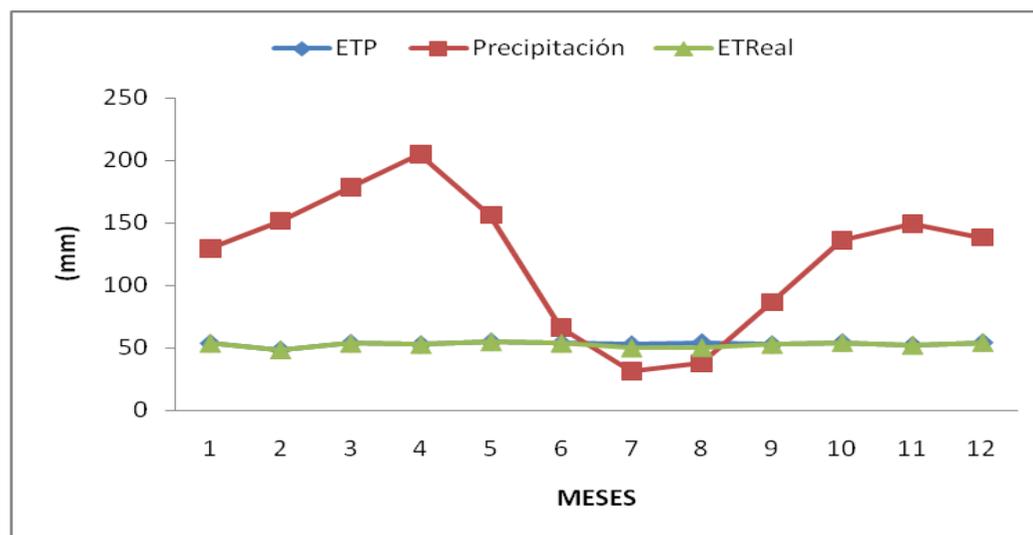
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	61	56	62	60	62	62	61	62	60	61	59	61	726
<b>Precipitación</b>	67	76	118	121	72	28	12	17	60	111	105	77	865
<b>(P - ETP)</b>	6	20	56	61	11	-34	-49	-45	-1	50	46	16	139
<b>Sum (P - ETP)</b>						-34	-83	-128	-129				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	70	43	27	27	77	100	100	944
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-30	-27	-16	0	50	23	0	±73
<b>ETReal</b>	61	56	62	60	62	58	39	33	60	61	59	61	671
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	4	22	29	1	0	0	0	55
<b>Exceso de Agua</b>	6	20	56	61	11	0	0	0	0	0	23	16	194
<b>Escorrimento Total</b>	6	13	35	48	29	15	7	4	2	1	12	14	185
<b>Humedad Total Retenida</b>	106	113	135	148	129	85	50	31	29	78	112	114	1129
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	94	64	54	99	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	28	20	17	30	31	30	31	337



**Anexo 11. Balance hídrico de la estación meteorológica Izobamba - M003**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 22 0 S LONGITUD: 78 33 0 W ELEVACION: 3058

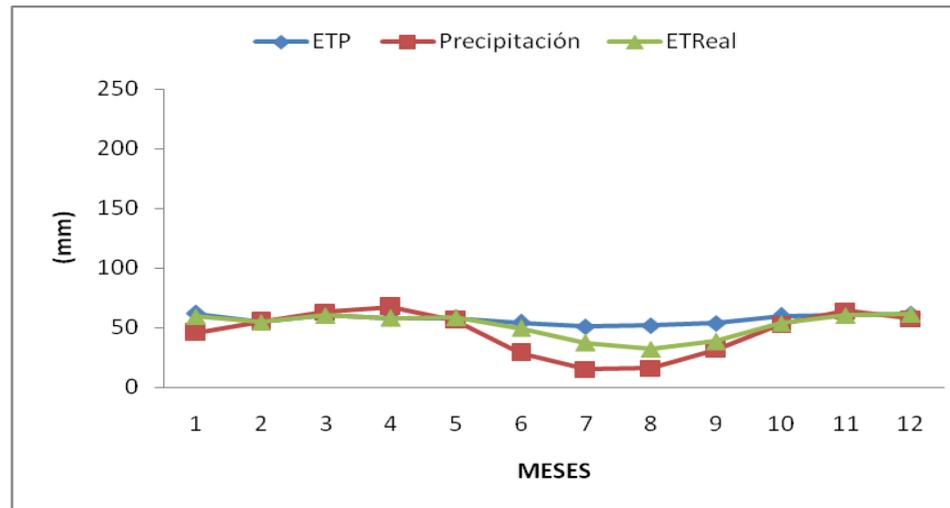
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	54	48	54	53	55	54	52	54	53	54	52	54	636
<b>Precipitación</b>	129	151	178	205	156	66	31	37	86	136	149	138	1464
<b>(P - ETP)</b>	76	103	125	152	102	13	-21	-17	34	82	97	84	828
<b>Sum (P - ETP)</b>							-21	-38					
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	81	68	100	100	100	100	1149
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	-19	-13	32	0	0	0	±32
<b>ETReal</b>	54	48	54	53	55	54	50	50	53	54	52	54	629
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	6
<b>Exceso de Agua</b>	76	103	125	152	102	13	0	0	2	82	97	84	834
<b>Escorrimento Total</b>	76	89	107	130	116	64	32	16	9	45	71	78	833
<b>Humedad Total Retenida</b>	176	189	207	230	216	164	113	84	109	145	171	178	1982
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	95	93	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	30	29	30	31	30	31	361



**Anexo 12. Balance hídrico de la estación meteorológica Rumipamba – Salcedo M004**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 1 5 S LONGITUD: 78 35 32 W ELEVACION: 2680

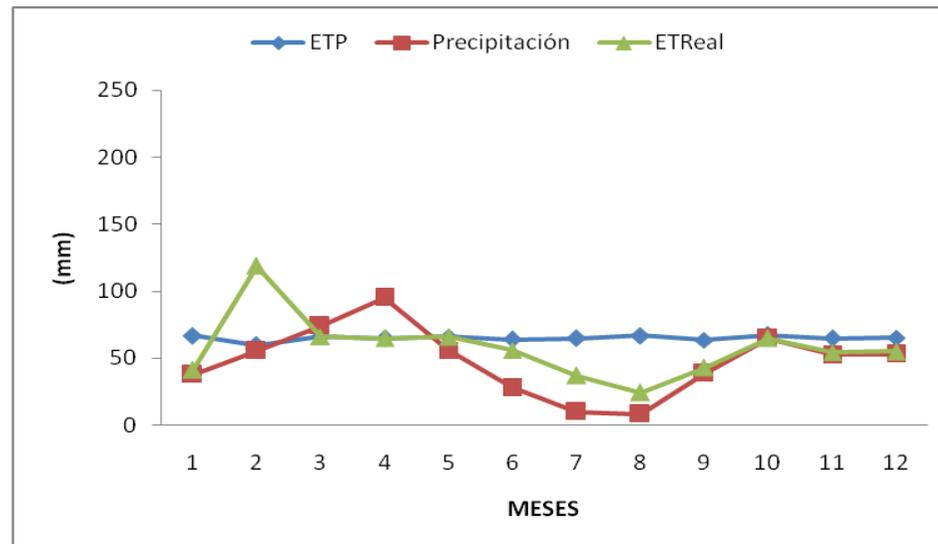
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	62	55	61	58	58	54	51	52	54	60	60	61	685
<b>Precipitación</b>	46	55	63	68	56	29	15	16	31	53	64	57	553
<b>(P - ETP)</b>	-16	0	2	10	-2	-25	-36	-36	-23	-7	4	-4	-132
<b>Sum (P - ETP)</b>	-28			(-5)	-7	-32	-68	-103	-126	-133	(-7)	-11	
<b>Almacenaje</b>	75	75	77	95	93	72	50	34	27	26	93	89	806
<b>Δ almacenaje</b>	-14	0	2	18	-2	-21	-22	-16	-7	-1	67	-4	±87
<b>ETReal</b>	60	55	61	58	58	50	37	32	38	54	60	61	624
<b>Déficit de Agua</b>	2	0	0	0	0	5	14	20	15	6	0	0	61
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	75	75	77	95	93	72	50	34	27	26	93	89	807
<b>ETR/ETP*100</b>	97	100	100	100	100	91	73	62	71	90	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	30	28	31	30	31	27	23	19	21	28	30	31	330



**Anexo 13. Balance hídrico de la estación meteorológica La Victoria – M009**

PERIODO: 1984 - 2008 LATITUD: 0 3 36 S LONGITUD: 78 12 2 W ELEVACION: 2262

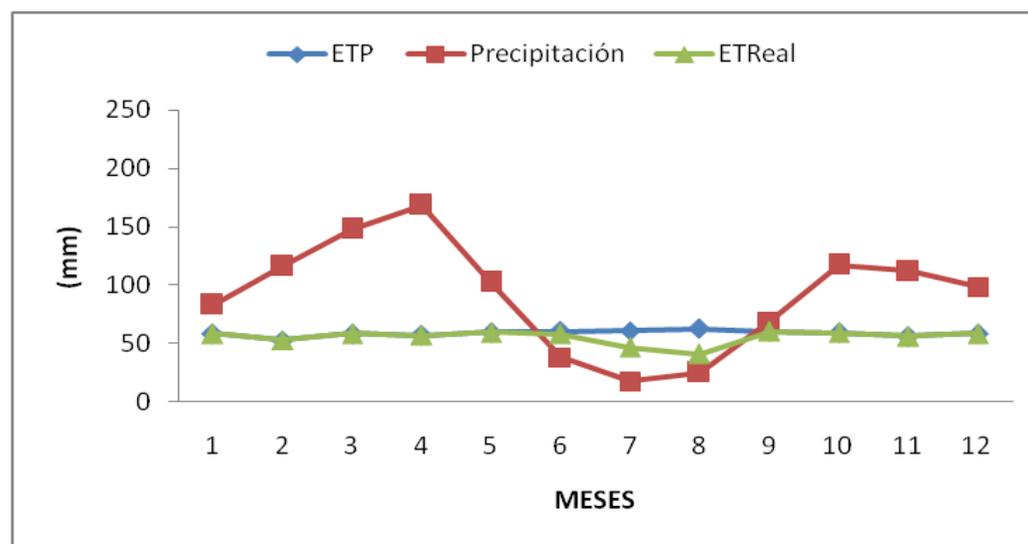
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	67	60	66	65	66	64	65	67	63	67	65	65	779
<b>Precipitación</b>	38	56	74	95	56	28	10	8	39	65	52	53	573
<b>(P - ETP)</b>	-29	-4	8	31	-10	-36	-55	-59	-25	-3	-12	-13	-207
<b>Sum (P - ETP)</b>	-241	-33			-10	-46	-101	-160	-185	-187	-200	-212	
<b>Almacenaje</b>	8	71	79	100	90	62	35	19	15	15	13	11	518
<b>Δ almacenaje</b>	-3	63	8	21	-10	-28	-27	-16	-4	0	-2	-2	±92
<b>ETReal</b>	41	119	66	65	66	56	37	24	43	65	54	55	689
<b>Déficit de Agua</b>	26	59	0	0	0	8	28	43	21	3	10	11	208
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	5	2	1	1	0	0	0	0	0	9
<b>Humedad Total Retenida</b>	8	71	79	105	92	63	36	19	15	15	13	11	527
<b>ETR/ETP*100</b>	61	100	100	100	100	87	57	36	67	96	84	84	
<b>Días humedad/mes</b>	19	28	31	30	31	26	18	11	20	30	25	26	295



#### Anexo 14. Balance hídrico de la estación meteorológica Quito – M024

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 10 0 S LONGITUD: 78 29 0 W ELEVACION: 2789

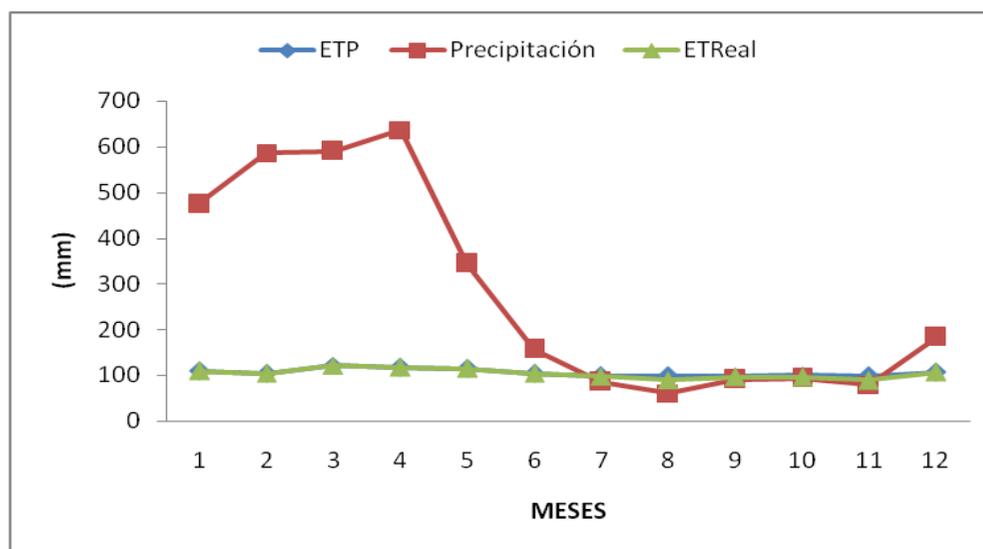
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	59	53	59	57	60	60	61	63	60	59	56	59	704
<b>Precipitación</b>	83	116	148	168	102	38	18	25	69	118	112	99	1097
<b>(P - ETP)</b>	25	63	89	112	43	-22	-43	-38	9	59	56	40	393
<b>Sum (P - ETP)</b>						-22	-65	-102					
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	80	51	35	44	100	100	100	1010
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-20	-29	-16	9	56	0	0	±65
<b>ETReal</b>	59	53	59	57	60	58	47	41	60	59	56	59	667
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	2	14	22	0	0	0	0	37
<b>Exceso de Agua</b>	25	63	89	112	43	0	0	0	0	3	56	40	430
<b>Escorrimento Total</b>	25	44	67	89	66	33	16	8	4	3	30	35	420
<b>Humedad Total Retenida</b>	125	144	167	189	166	113	67	43	48	103	130	135	1430
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	97	77	66	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	24	20	30	31	30	31	346



**Anexo 15. Balance hídrico de la estación meteorológica La Concordia – M025**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 1 36 N LONGITUD: 79 22 17 W ELEVACION: 379

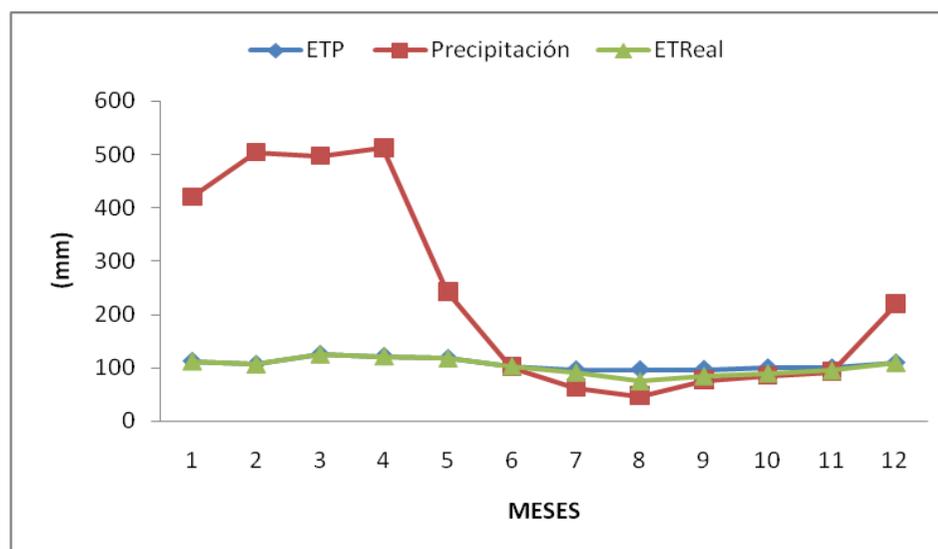
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	110	104	121	118	115	105	99	99	98	101	99	107	1275
<b>Precipitación</b>	475	586	590	637	344	158	86	60	91	93	79	183	3383
<b>(P - ETP)</b>	365	482	469	520	229	53	-13	-39	-6	-7	-20	76	2108
<b>Sum (P - ETP)</b>							-13	-52	-59	-66	-86		
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	88	59	54	51	41	100	993
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	-12	-29	-5	-3	-10	59	±59
<b>ETReal</b>	110	104	121	118	115	105	98	89	96	96	89	107	1249
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	1	10	1	4	10	0	27
<b>Exceso de Agua</b>	365	482	469	520	229	53	0	0	0	0	0	17	2134
<b>Escurrimiento Total</b>	365	424	446	483	356	204	102	51	26	13	6	12	2487
<b>Humedad Total Retenida</b>	465	524	546	583	456	304	190	110	80	64	47	112	3480
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	99	90	99	96	90	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	28	30	30	27	31	357



### Anexo 16. Balance hídrico de la estación meteorológica Puerto Ila M026

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 28 34 S LONGITUD: 79 20 20 W ELEVACION: 319

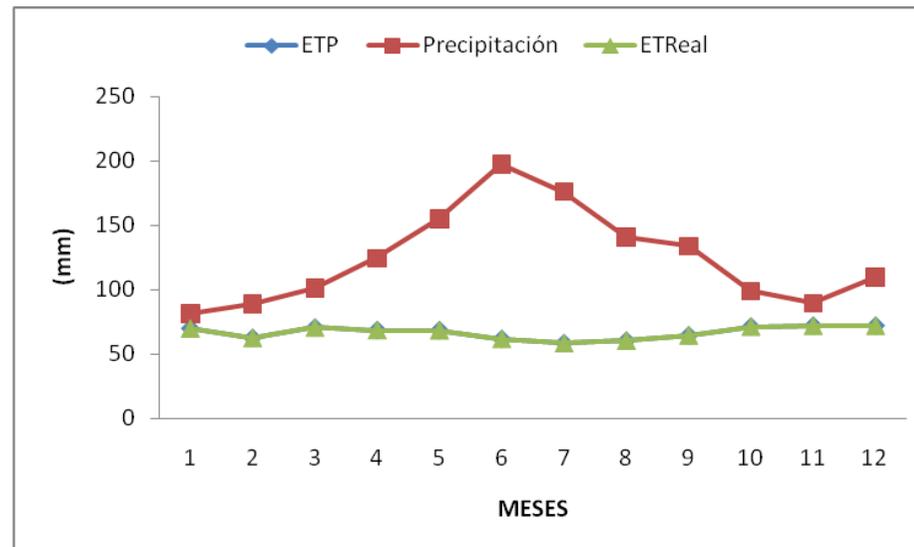
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	112	107	125	122	118	103	96	96	97	100	100	110	1287
<b>Precipitación</b>	420,8	504	497,3	512,9	242,8	102	61,5	46,6	76,4	84,5	92,9	219,6	2861
<b>(P - ETP)</b>	308	397	372	391	125	-1	-35	-50	-21	-16	-7	110	1574
<b>Sum (P - ETP)</b>						-1	-36	-86	-107	-123	-130		
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	99	69	41	33	28	26	100	896
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-1	-30	-28	-8	-5	-2	74	±74
<b>ETReal</b>	112	107	125	122	118	103	92	75	84	90	95	110	1232
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	5	22	13	11	5	0	55
<b>Exceso de Agua</b>	308	397	372	391	125	0	0	0	0	0	0	36	1630
<b>Escurrimiento Total</b>	308	353	362	377	251	125	63	31	16	8	4	20	1917
<b>Humedad Total Retenida</b>	408	453	462	477	351	224	132	72	49	36	30	120	2813
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	95	77	87	89	95	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	29	24	26	28	29	31	348



**Anexo 17. Balance hídrico de la estación meteorológica Baños – M029**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 23 29 S LONGITUD: 78 25 5 W ELEVACION: 1695

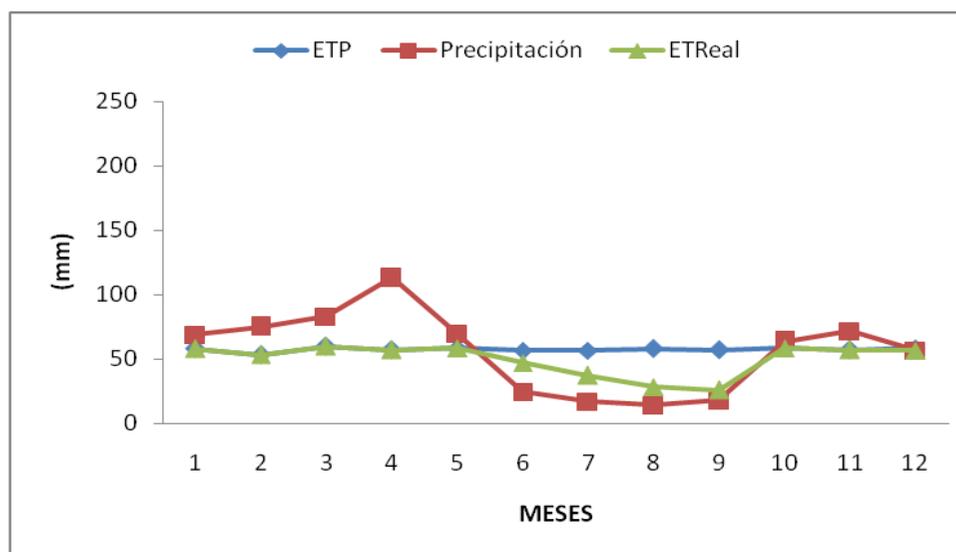
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	70	63	71	69	69	62	59	61	65	71	72	72	802
<b>Precipitación</b>	81	89	101	124	155	198	176	141	134	99	90	110	1498
<b>(P - ETP)</b>	11	26	31	56	86	136	118	80	69	27	17	38	696
<b>Sum (P - ETP)</b>													
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETReal</b>	70	63	71	69	69	62	59	61	65	71	72	72	802
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Exceso de Agua</b>	11	26	31	56	86	136	118	80	69	27	17	38	696
<b>Escorrimento Total</b>	11	19	25	40	63	100	109	95	82	55	36	37	670
<b>Humedad Total Retenida</b>	111	119	125	140	163	200	209	195	182	155	136	137	1870
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



**Anexo 18. Balance hídrico de la estación meteorológica San Simón - M030**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 38 45 S LONGITUD: 78 59 52 W ELEVACION: 2530

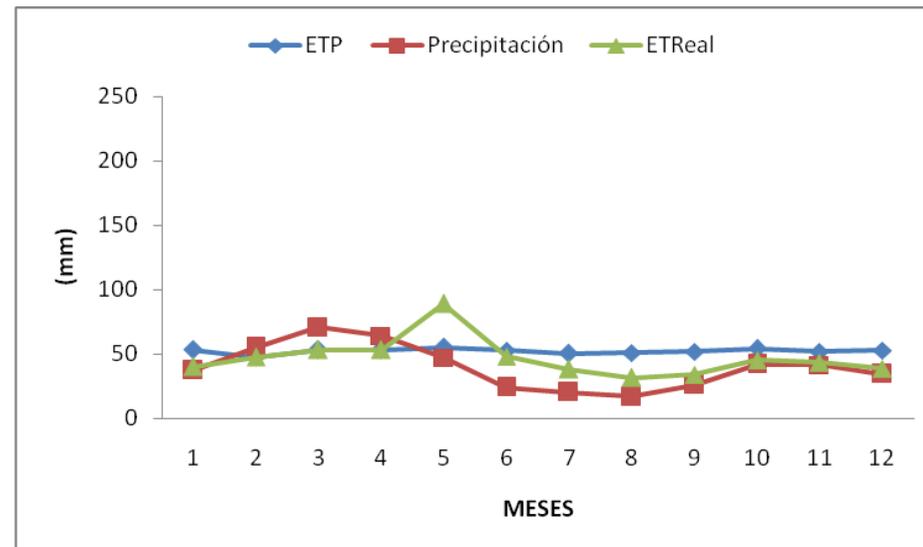
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	58	53	60	57	58	57	57	58	57	58	57	58	689
<b>Precipitación</b>	69	75	83	113	70	24	17	14	18	64	72	57	675
<b>(P - ETP)</b>	11	22	23	56	11	-33	-40	-44	-39	6	15	-1	-13
<b>Sum (P - ETP)</b>					( - 20)	-53	-93	-137	-176		( -40 )	-41	
<b>Almacenaje</b>	77	99	100	100	81	58	38	24	16	22	66	66	747
<b>Δ almacenaje</b>	11	22	1	0	-19	-23	-20	-14	-8	6	44	0	±84
<b>ETReal</b>	58	53	60	57	58	47	37	28	26	58	57	57	596
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	10	20	30	31	0	0	1	92
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	22	56	0	0	0	0	0	0	0	0	78
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	11	33	17	8	4	2	1	1	0	0	78
<b>Humedad Total Retenida</b>	77	99	111	133	98	66	42	26	17	23	66	66	825
<b>Duración Periodo Veg.</b>	100	100	100	100	100	84	66	49	45	100	100	97	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	25	20	15	14	31	30	30	316



**Anexo 19. Balance hídrico de la estación meteorológica Cañar - M031**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 2 33 5 S LONGITUD: 78 56 15 W ELEVACION: 3083

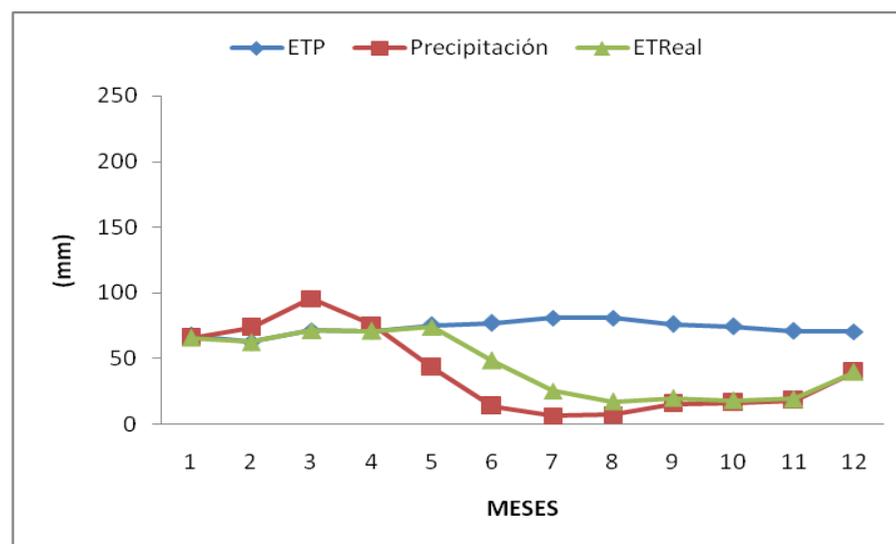
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	53	48	53	53	55	53	50	51	52	54	52	53	628
<b>Precipitación</b>	37	55	71	64	47	24	20	17	26	42	41	35	479
<b>(P - ETP)</b>	-16	7	17	11	-8	-29	-30	-34	-26	-12	-11	-18	-149
<b>Sum (P - ETP)</b>	-184				-8	-37	-67	-101	-127	-139	-149	-168	
<b>Almacenaje</b>	15	22	39	50	92	68	50	35	27	24	22	18	462
<b>Δ almacenaje</b>	-3	7	17	11	42	-24	-18	-15	-8	-3	-2	-4	±77
<b>ETReal</b>	40	48	53	53	89	48	38	32	34	45	43	39	563
<b>Déficit de Agua</b>	13	0	0	0	34	5	12	19	18	9	9	14	133
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	15	22	39	50	92	68	50	35	27	24	22	18	462
<b>Duración Periodo Veg.</b>	75	100	100	100	162	91	76	62	65	84	83	73	
<b>Días de siembra/mes</b>	23	28	31	30	50	27	24	19	20	26	25	23	326



**Anexo 20. Balance hídrico de la estación meteorológica Santa Isabel - M032**

PERIODO: 1960 - 2009 LATITUD: 3 14 51 S LONGITUD: 79 16 36 W ELEVACION: 1450

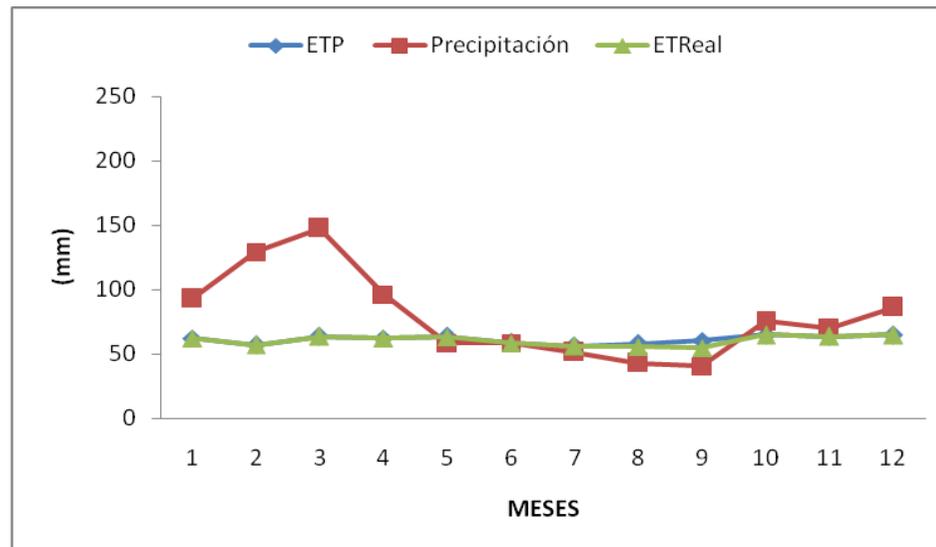
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	68	63	71	71	75	77	81	81	76	75	71	71	880
<b>Precipitación</b>	66	73	96	76	43	14	7	7	16	16	18	40	472
<b>(P - ETP)</b>	-2	11	24	5	-32	-63	-75	-74	-61	-58	-53	-31	-408
<b>Sum (P - ETP)</b>	-448				-32	-96	-170	-244	-304	-363	-416	-446	
<b>Almacenaje</b>	1	12	36	41	72	37	18	8	4	2	1	1	233
<b>Δ almacenaje</b>	0	11	24	5	31	-35	-19	-10	-4	-2	-1	0	±71
<b>ETReal</b>	66	63	71	71	74	49	26	17	20	18	19	40	533
<b>Déficit de Agua</b>	2	0	0	0	1	28	56	64	57	56	52	31	346
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	1	12	36	41	72	37	18	8	4	2	1	1	233
<b>ETR/ETP*100</b>	97	100	100	100	98	63	31	21	26	24	27	56	
<b>Días humedad/mes</b>	30	28	31	30	31	19	10	7	8	8	8	17	226



**Anexo 21.** Balance hídrico de la estación meteorológica La Argelia – Loja M033

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 4 2 11 S LONGITUD: 79 12 4 W ELEVACION: 2160

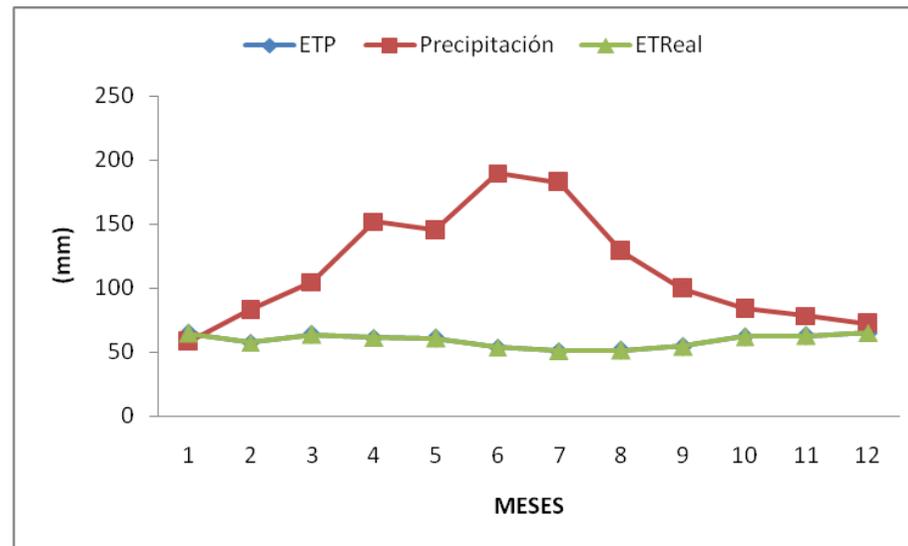
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	62	57	64	62	64	59	56	58	61	65	64	65	736
<b>Precipitación</b>	93	129	147	96	58	59	51	43	41	75	70	86	948
<b>(P - ETP)</b>	30	72	84	34	-5	0	-5	-15	-20	10	6	21	212
<b>Sum (P - ETP)</b>					-5	-5	-10	-25	-45				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	95	95	90	77	63	73	79	100	1072
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	-5	0	-5	-13	-14	10	6	21	±37
<b>ETReal</b>	62	57	64	62	63	59	56	56	55	65	64	65	727
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	9
<b>Exceso de Agua</b>	30	72	84	34	0	0	0	0	0	0	0	0	221
<b>Escorrimento Total</b>	0	36	60	47	23	12	6	3	1	1	0	0	190
<b>Humedad Total Retenida</b>	100	136	160	147	118	107	96	80	64	74	79	100	1262
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	96	90	100	100	100	
<b>Días de siembra/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	30	27	31	30	31	361



**Anexo 22. Balance hídrico de la estación meteorológica Palmas – Azuay M045**

PERIODO: 1974 - 2009 LATITUD: 2 42 58 S LONGITUD: 78 37 47 W ELEVACION: 2400

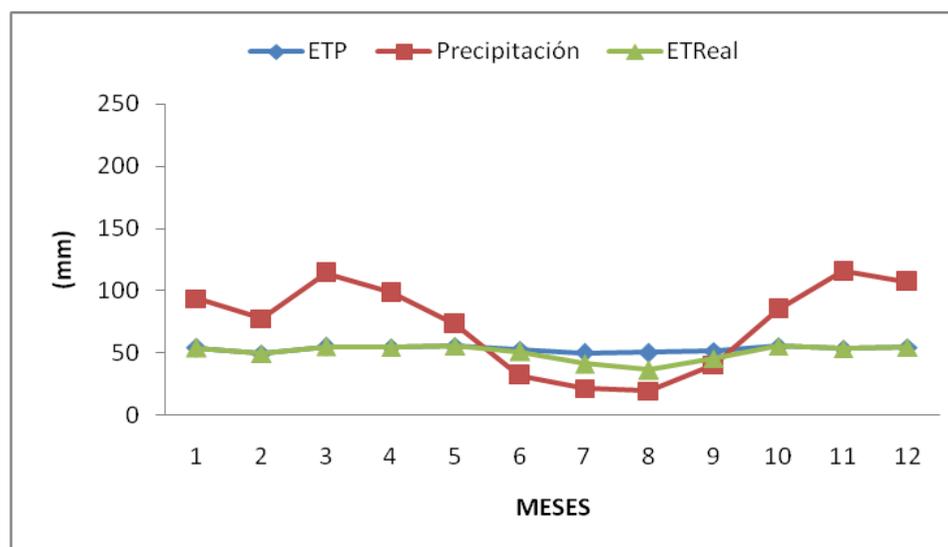
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	64	58	64	61	61	54	51	51	54	62	63	65	709
<b>Precipitación</b>	58	83	105	152	145	190	183	129	100	84	78	72	1377
<b>(P - ETP)</b>	-7	25	41	90	84	136	132	77	45	22	16	7	668
<b>Sum (P - ETP)</b>	-7												
<b>Almacenaje</b>	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1193
<b>Δ almacenaje</b>	-7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±7
<b>ETReal</b>	65	58	64	61	61	54	51	51	54	62	63	65	709
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Exceso de Agua</b>	0	18	41	90	84	136	132	77	45	22	16	7	668
<b>Escurrimiento Total</b>	0	9	25	58	71	103	118	97	71	47	31	19	649
<b>Humedad Total Retenida</b>	93	109	125	158	171	203	218	197	171	147	131	119	1842
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



### Anexo 23. Balance hídrico de la estación meteorológica El Ángel – M102

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 37 35 N LONGITUD: 77 56 38 W ELEVACION: 3000

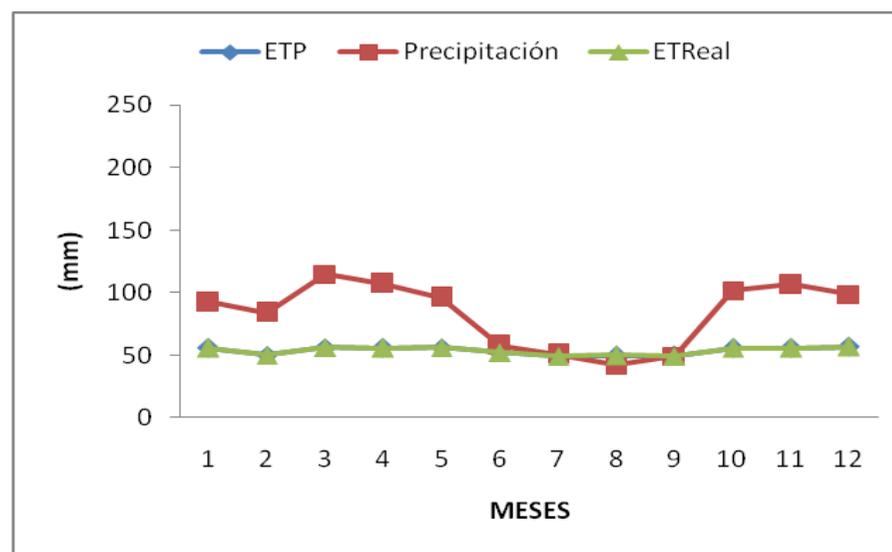
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	54	49	55	55	56	52	50	50	51	56	54	55	636
<b>Precipitación</b>	94	78	114	98	73	32	21	19	40	85	115	107	877
<b>(P - ETP)</b>	40	28	59	44	18	-20	-28	-31	-11	30	62	52	241
<b>Sum (P - ETP)</b>						-20	-48	-80	-91				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	81	61	44	39	69	100	100	994
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-19	-20	-17	-5	30	31	0	±61
<b>ETReal</b>	54	49	55	55	56	51	41	36	45	56	54	55	606
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	1	8	14	6	0	0	0	30
<b>Exceso de Agua</b>	40	28	59	44	18	0	0	0	0	0	31	52	271
<b>Escorrimento Total</b>	40	34	47	45	31	16	8	4	2	1	16	34	278
<b>Humedad Total Retenida</b>	140	134	147	145	131	97	69	48	41	70	116	134	1272
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	97	83	72	88	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	26	22	26	31	30	31	347



**Anexo 24. Balance hídrico de la estación meteorológica San Gabriel - M103**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 36 15 N LONGITUD: 77 49 10 W ELEVACION: 2860

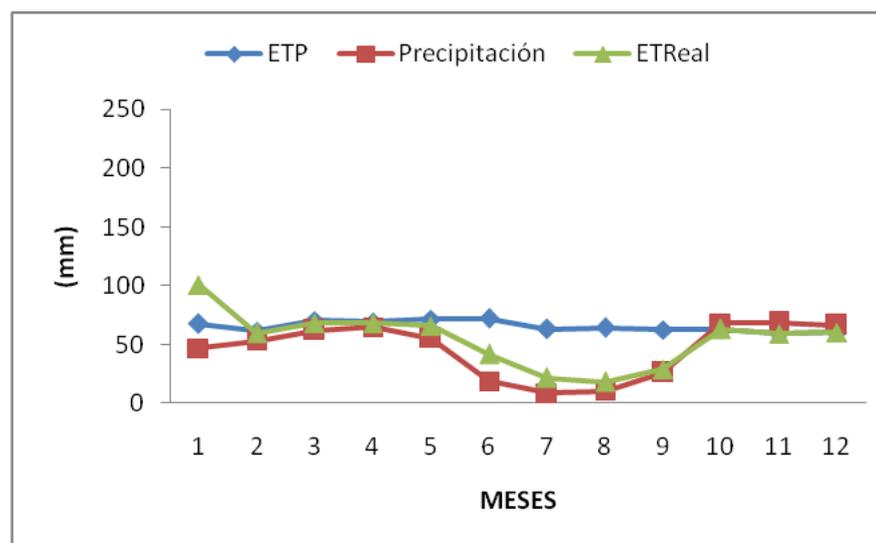
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	56	50	56	56	56	52	49	50	50	56	56	57	642
<b>Precipitación</b>	92	84	115	107	96	58	51	42	49	102	107	99	1002
<b>(P - ETP)</b>	37	34	59	52	40	6	2	-8	0	46	51	42	359
<b>Sum (P - ETP)</b>								-8					
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	100	92	92	100	100	100	1184
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	0	-8	0	8	0	0	±8
<b>ETReal</b>	56	50	56	56	56	52	49	50	49	56	56	57	642
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Exceso de Agua</b>	37	34	59	52	40	6	2	0	0	38	51	42	359
<b>Escorrimento Total</b>	37	35	47	49	45	25	13	7	3	21	36	39	358
<b>Humedad Total Retenida</b>	137	135	147	149	145	125	113	99	95	121	136	139	1542
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	29,7	31	30	31	364,7



**Anexo 25. Balance hídrico de la estación meteorológica Mira – FAO M104**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 32 0 N LONGITUD: 78 2 0 W ELEVACION: 2275

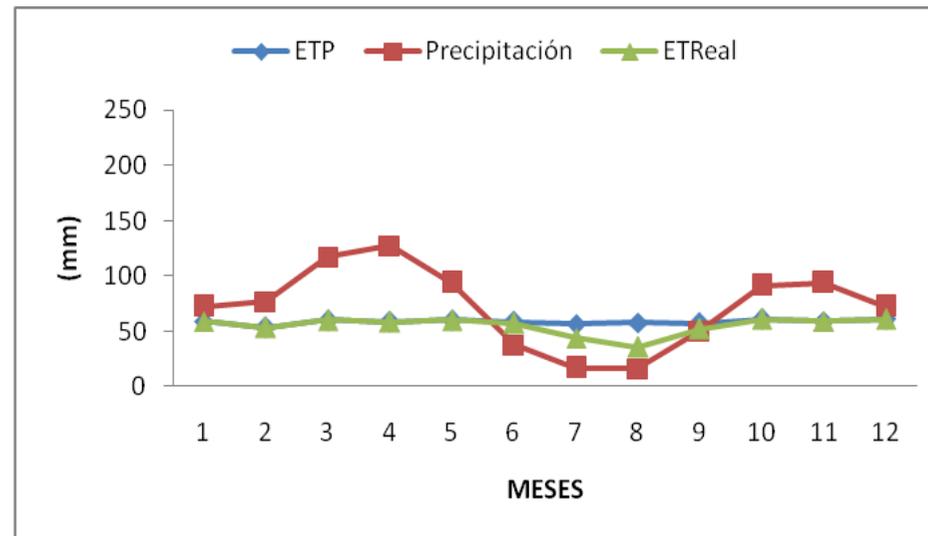
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	68	61	71	69	72	72	63	64	63	63	59	60	786
<b>Precipitación</b>	47	53	62	65	55	19	9	10	26	68	69	66	548
<b>(P - ETP)</b>	-21	-8	-8	-4	-17	-54	-54	-54	-37	5	9	6	-238
<b>Sum (P - ETP)</b>	-21	-29	-38	-42	-59	-113	-167	-221	-258				
<b>Almacenaje</b>	81	74	68	65	54	31	18	10	7	12	21	27	468
<b>Δ almacenaje</b>	54	-7	-6	-3	-11	-23	-13	-8	-3	5	9	6	±74
<b>ETReal</b>	101	60	68	68	66	42	22	18	29	63	59	60	656
<b>Déficit de Agua</b>	33	1	2	1	6	31	41	46	34	0	0	0	196
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	81	74	68	65	54	31	18	10	7	12	21	27	468
<b>ETR/ETP*100</b>	100	98	96	98	92	58	34	28	46	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	27	30	29	29	17	11	9	14	31	30	31	289



**Anexo 26. Balance hídrico de la estación meteorológica Otavalo - M105**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 14 16 N LONGITUD: 78 15 35 W ELEVACION: 2550

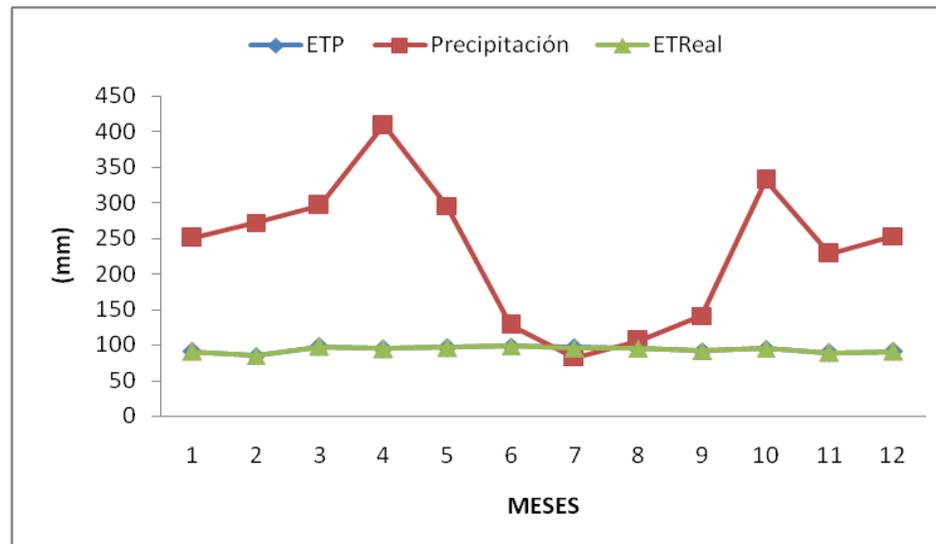
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	59	53	60	58	60	58	57	58	57	61	59	61	701
<b>Precipitación</b>	72	77	117	127	94	38	17	16	50	92	94	72	867
<b>(P - ETP)</b>	13	24	57	69	33	-20	-40	-41	-7	31	35	12	166
<b>Sum (P - ETP)</b>						-20	-60	-101	-108				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	81	54	35	33	64	99	100	966
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-19	-27	-19	-2	31	35	1	±67
<b>ETReal</b>	59	53	60	58	60	57	44	35	52	61	59	61	660
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	1	13	22	5	0	0	0	41
<b>Exceso de Agua</b>	13	24	57	69	33	0	0	0	0	0	0	11	207
<b>Escorrimento Total</b>	13	18	38	53	43	22	11	5	3	1	1	6	214
<b>Humedad Total Retenida</b>	113	118	138	153	143	103	65	40	36	65	100	106	1180
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	97	78	61	91	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	24	19	27	31	30	31	343



**Anexo 27. Balance hídrico de la estación meteorológica Lita - M106**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 52 16 N LONGITUD: 78 26 51 W ELEVACION: 2275

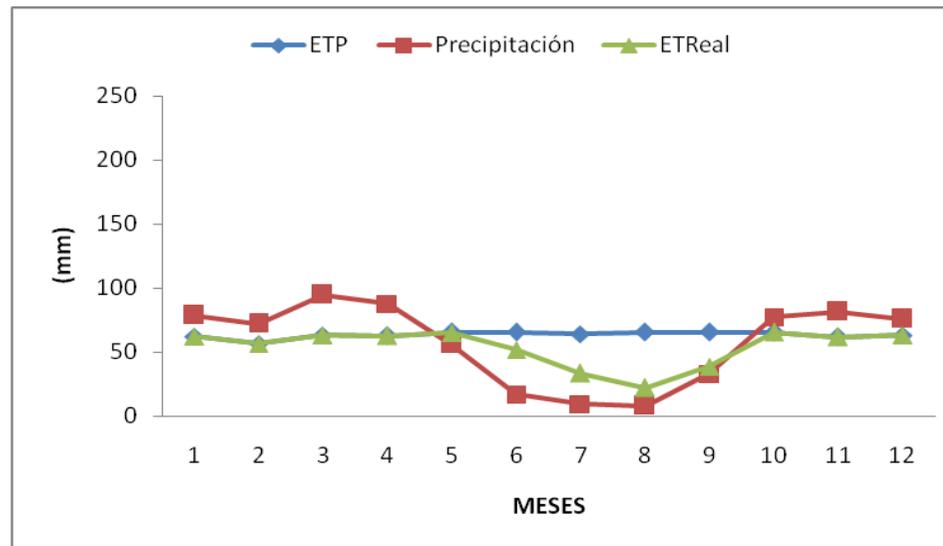
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	91	85	97	95	96	99	96	95	91	95	89	91	1121
<b>Precipitación</b>	251	272	296	409	296	128	82	106	141	332	229	253	2795
<b>(P - ETP)</b>	160	187	199	314	199	30	-14	11	50	237	139	162	1674
<b>Sum (P - ETP)</b>							-14						
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	87	98	100	100	100	100	1185
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	-13	11	2	0	0	0	±13
<b>ETReal</b>	91	85	97	95	96	99	95	95	91	95	89	91	1120
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>Exceso de Agua</b>	160	187	199	314	199	30	0	0	48	237	139	162	1675
<b>Escurrimiento Total</b>	160	174	186	250	225	127	64	32	40	138	139	151	1684
<b>Humedad Total Retenida</b>	260	274	286	350	325	227	151	130	140	238	239	251	2869
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



**Anexo 28. Balance hídrico de la estación meteorológica Cahuasqui – FAO M107**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 31 5 N LONGITUD: 78 12 40 W ELEVACION: 2335

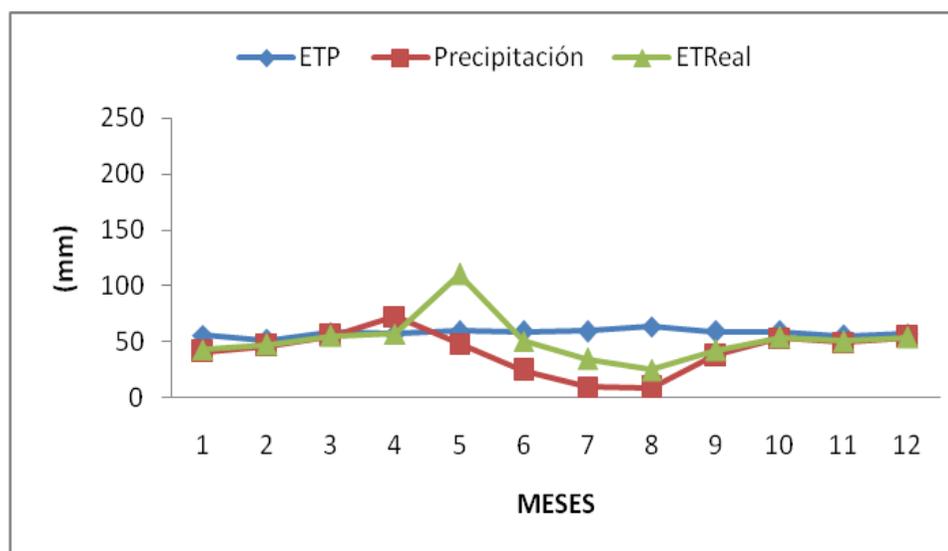
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	62	57	63	63	65	65	64	65	65	65	62	63	760
<b>Precipitación</b>	79	72	95	88	56	17	9	8	33	77	81	76	691
<b>(P - ETP)</b>	17	15	32	25	-9	-48	-55	-57	-33	12	20	12	-69
<b>Sum (P - ETP)</b>					-9	-57	-112	-169	-202				
<b>Almacenaje</b>	73	88	100	100	91	56	32	18	12	24	44	56	694
<b>Δ almacenaje</b>	17	15	12	0	-9	-35	-24	-14	-6	12	20	12	±88
<b>ETReal</b>	62	57	63	63	65	52	33	22	39	65	62	63	646
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	13	31	43	27	0	0	0	114
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	20	25	0	0	0	0	0	0	0	0	45
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	10	17	9	4	2	1	1	0	0	0	45
<b>Humedad Total Retenida</b>	73	88	110	117	100	60	34	19	13	24	44	56	739
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	79	52	34	59	100	100	100	
<b>Días de humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	24	16	10	18	31	30	31	311



**Anexo 29. Balance hídrico de la estación meteorológica Malchingui – INAMHI M111**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 3 20 N LONGITUD: 78 19 56 W ELEVACION: 2840

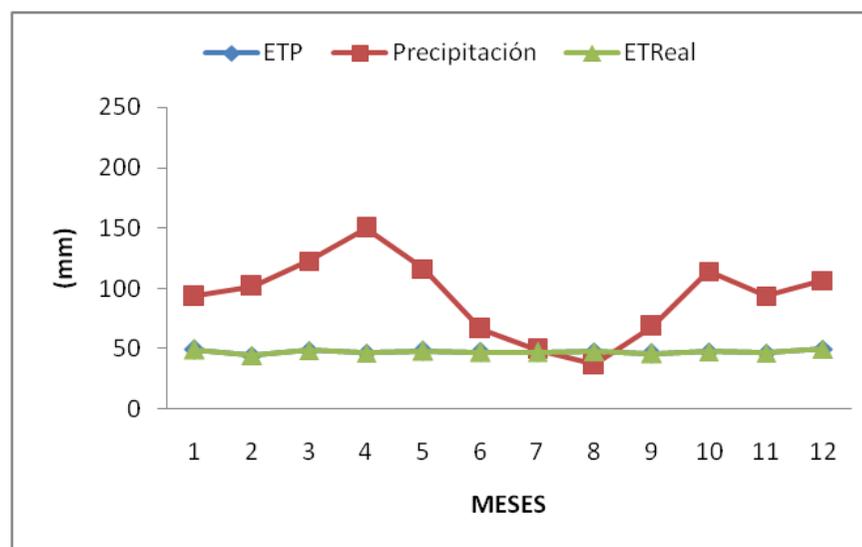
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	56	51	58	57	60	59	60	64	59	59	56	57	696
<b>Precipitación</b>	41	47	55	73	48	25	10	9	38	53	50	54	502
<b>(P - ETP)</b>	-15	-5	-3	15	-11	-34	-50	-55	-21	-6	-6	-3	-194
<b>Sum (P - ETP)</b>	-201	-206	-209		-11	-45	-95	-150	-171	-177	-183	-186	
<b>Almacenaje</b>	13	12	12	27	89	63	38	22	17	16	15	15	339
<b>Δ almacenaje</b>	-2	-1	0	15	62	-26	-25	-16	-5	-1	-1	0	±77
<b>ETReal</b>	43	48	55	57	110	51	35	25	43	54	51	54	626
<b>Déficit de Agua</b>	13	4	3	0	51	8	25	39	16	5	5	3	172
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	13	12	12	27	89	63	38	22	17	16	15	15	339
<b>ETR/ETP*100</b>	77	93	94	100	100	86	58	39	72	92	91	95	
<b>Días humedad/mes</b>	24	26	29	30	31	26	18	12	22	29	27	29	303



**Anexo 30. Balance hídrico de la estación meteorológica Cotopaxi – CLIRSEN M120**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 37 9 S LONGITUD: 78 34 19 W ELEVACION: 3561

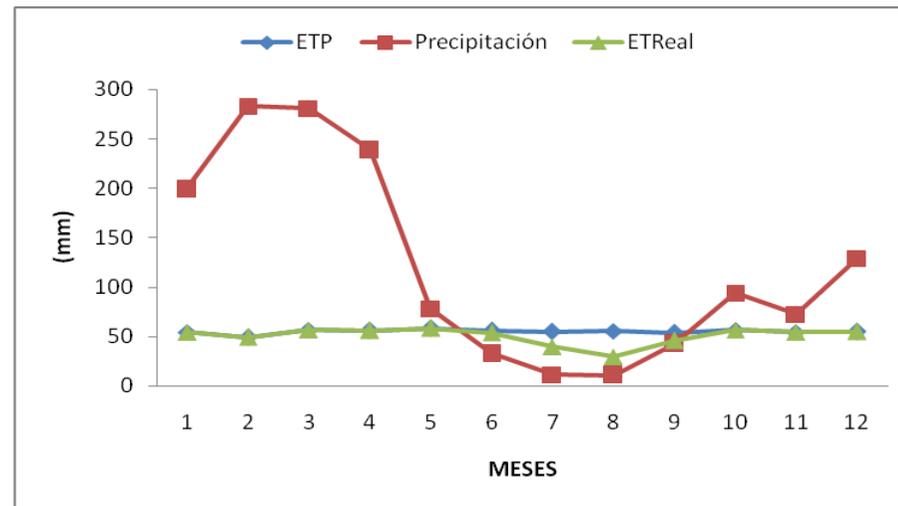
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	49	45	49	47	48	47	47	48	46	48	47	50	572
<b>Precipitación</b>	94	102	123	150	116	67	50	37	69	114	94	107	1121
<b>(P - ETP)</b>	44	57	74	103	68	19	2	-11	22	66	47	57	549
<b>Sum (P - ETP)</b>								-11					
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	100	89	100	100	100	100	1189
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	0	-11	11	0	0	0	±11
<b>ETReal</b>	49	45	49	47	48	47	47	48	46	48	47	50	572
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Exceso de Agua</b>	44	57	74	103	68	19	2	0	11	66	47	57	549
<b>Escorrimento Total</b>	44	51	62	83	75	47	25	12	12	39	43	50	543
<b>Humedad Total Retenida</b>	144	151	162	183	175	147	125	101	112	139	143	150	1732
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



**Anexo 31. Balance hídrico de la estación meteorológica Pilalo - M122**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 0 56 37 S LONGITUD: 78 59 42 W ELEVACION: 2504

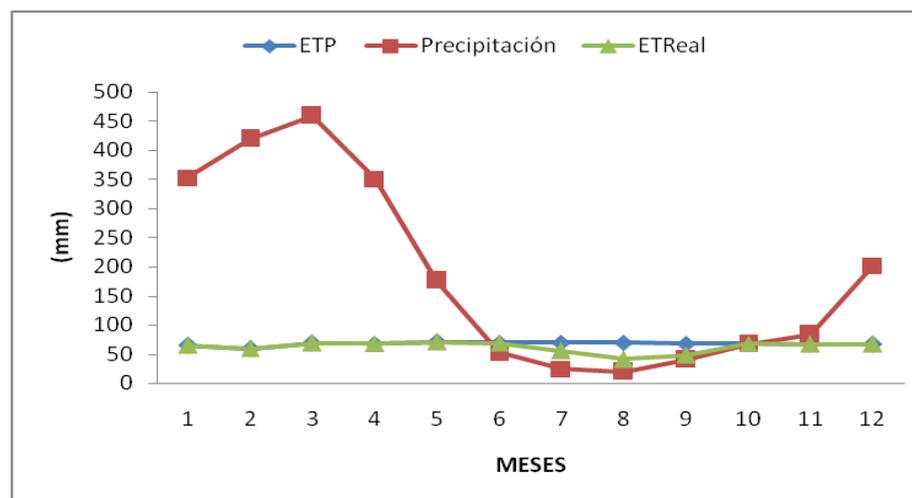
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	54	49	56	56	58	56	55	55	54	56	54	55	658
<b>Precipitación</b>	199	283	281	239	78	33	12	11	43	94	72	129	1473
<b>(P - ETP)</b>	145	234	225	183	20	-23	-43	-45	-11	38	18	75	815
<b>Sum (P - ETP)</b>						-23	-66	-111	-122				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	79	51	32	29	67	85	100	943
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-21	-28	-19	-3	38	18	15	±71
<b>ETReal</b>	54	49	56	56	58	54	40	30	46	56	54	55	607
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	2	15	26	8	0	0	0	51
<b>Exceso de Agua</b>	145	234	225	183	20	0	0	0	0	0	0	60	866
<b>Escurrimiento Total</b>	145	189	207	195	108	54	27	13	7	3	2	31	981
<b>Humedad Total Retenida</b>	245	289	307	295	208	133	78	45	36	70	87	131	1924
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	96	72	54	85	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	22	17	25	31	30	31	336



**Anexo 32. Balance hídrico de la estación meteorológica El Corazón - M123**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 8 2 S LONGITUD: 79 4 32 W ELEVACION: 1471

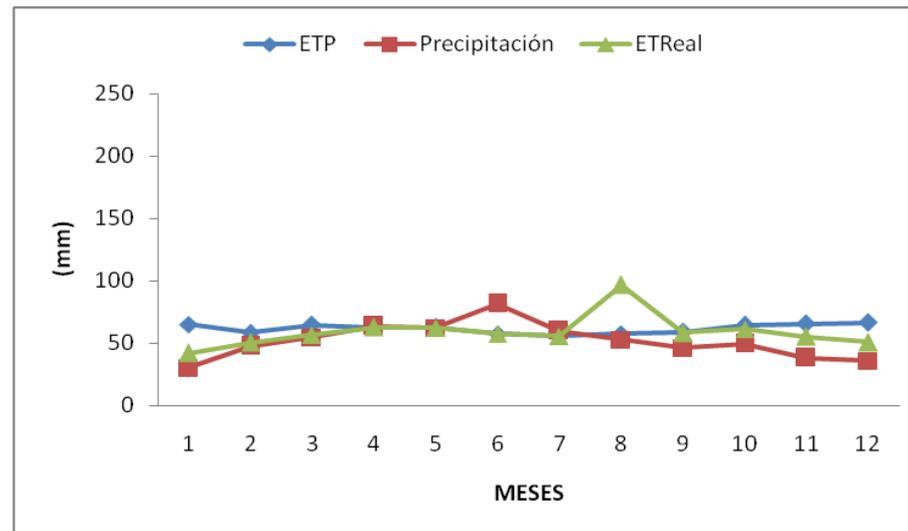
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	65	59	69	68	71	70	70	70	68	69	67	67	813
<b>Precipitación</b>	353	420	460	351	176	53	25	20	40	67	84	202	2249
<b>(P - ETP)</b>	288	360	391	283	105	-17	-45	-50	-28	-3	17	135	1437
<b>Sum (P - ETP)</b>						-17	-62	-112	-140	-143			
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	84	53	32	24	23	40	100	856
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-16	-31	-21	-8	-1	17	60	±77
<b>ETReal</b>	65	59	69	68	71	69	56	41	48	68	67	67	747
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	1	14	29	20	2	0	0	65
<b>Exceso de Agua</b>	288	360	391	283	105	0	0	0	0	0	0	75	1502
<b>Escorrimiento Total</b>	288	324	357	320	213	106	53	27	13	7	3	39	1751
<b>Humedad Total Retenida</b>	388	424	457	420	313	190	106	59	37	30	43	139	2607
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	99	80	59	71	98	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	25	18	21	30	30	31	336



**Anexo 33. Balance hídrico de la estación meteorológica Patate - M126**

PERIODO: 1950 - 2009 LATITUD: 1 18 1 S LONGITUD: 78 30 0 W ELEVACION: 2270

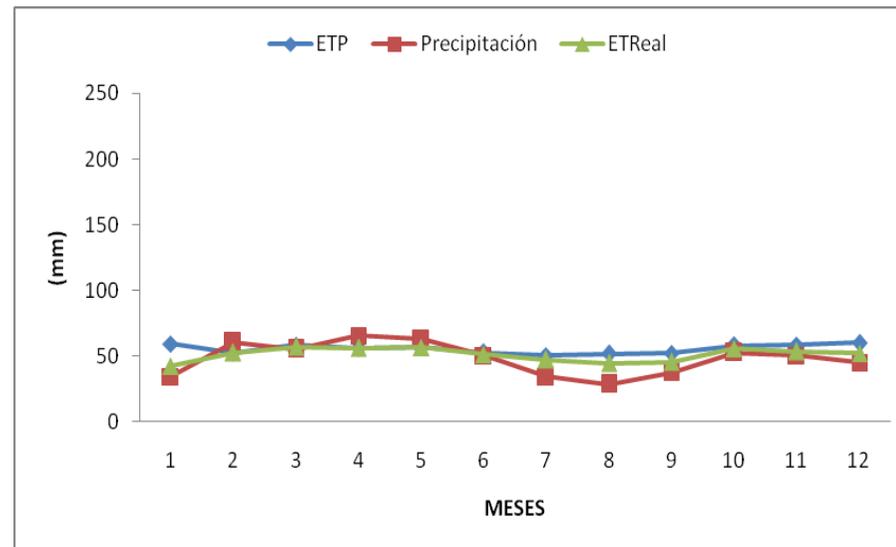
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	65	58	64	63	63	58	56	58	59	64	66	66	739
<b>Precipitación</b>	30	48	55	64	62	82	60	53	46	49	38	36	622
<b>(P - ETP)</b>	-35	-11	-10	1	0	24	4	-5	-13	-15	-27	-31	-117
<b>Sum (P - ETP)</b>	-126	-137	-147					-5	-18	-33	-60	-91	
<b>Almacenaje</b>	27	24	22	23	23	47	51	95	83	71	54	39	559
<b>Δ almacenaje</b>	-12	-3	-2	1	0	24	4	44	-12	-12	-17	-15	±73
<b>ETReal</b>	42	51	57	63	62	58	56	97	58	61	55	51	710
<b>Déficit de Agua</b>	23	8	8	0	0	0	0	39	1	3	10	16	107
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	27	24	22	23	23	47	51	95	83	71	54	39	559
<b>ETR/ETP*100</b>	65	87	88	100	100	100	100	100	99	95	84	76	
<b>Días de humedad/mes</b>	20	24	27	30	31	30	31	31	30	30	25	24	333



**Anexo 34. Balance hídrico de la estación meteorológica Píllaro - M127**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 1 10 S LONGITUD: 78 33 10 W ELEVACION: 2770

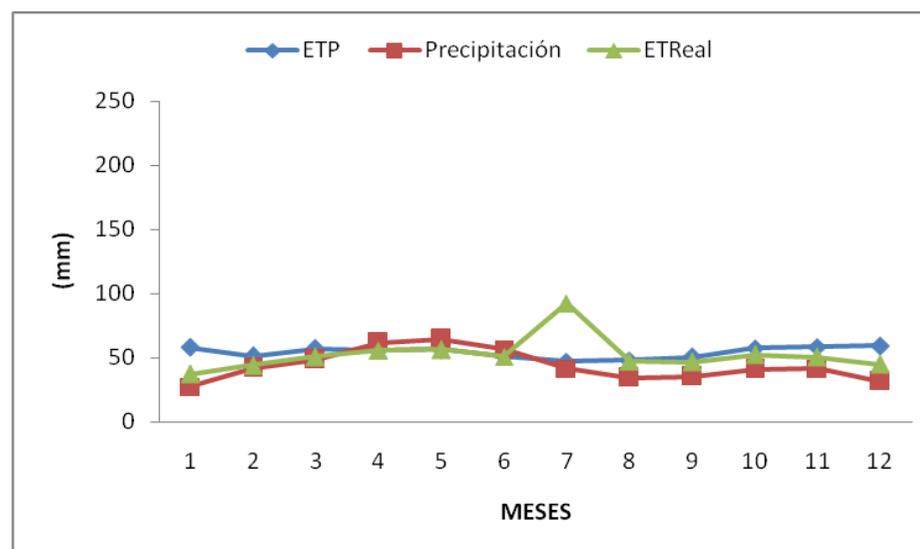
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	59	53	58	56	57	53	51	52	52	58	58	60	667
<b>Precipitación</b>	34	61	55	66	63	50	34	29	38	53	51	45	578
<b>(P - ETP)</b>	-25	8	-3	10	6	-2	-16	-23	-15	-5	-8	-15	-89
<b>Sum (P - ETP)</b>	-121	(-19)	-22		(-12)	-14	-30	-53	-68	-73	-81	-96	
<b>Almacenaje</b>	29	82	80	90	88	87	74	58	50	47	44	37	766
<b>Δ almacenaje</b>	-8	53	-2	10	-2	-1	-13	-16	-8	-3	-3	-7	±63
<b>ETReal</b>	42	53	57	56	57	51	47	45	46	56	54	52	615
<b>Déficit de Agua</b>	17	0	1	0	0	1	3	7	7	2	5	8	51
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escurrimiento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	29	82	80	90	88	87	74	58	50	47	44	37	766
<b>ETR/ETP*100</b>	71	100	98	100	100	97	94	87	87	96	92	87	
<b>Días humedad/mes</b>	22	28	30	30	31	29	29	27	26	30	28	27	337



**Anexo 35. Balance hídrico de la estación meteorológica Pedro Fermín Cevallos - M128**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 21 9 S LONGITUD: 78 36 54 W ELEVACION: 2910

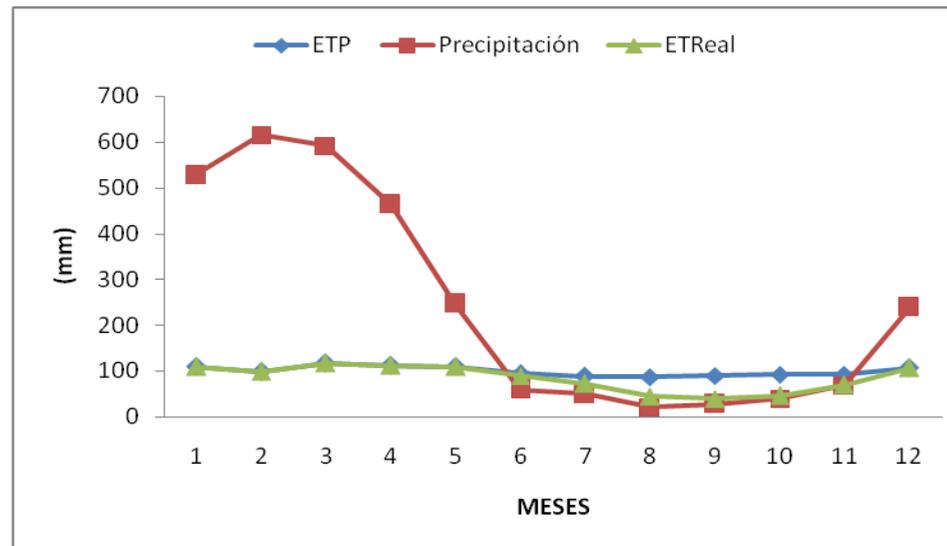
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	58	51	57	56	56	51	47	48	50	57	59	59	650
<b>Precipitación</b>	27	42	49	62	64	57	41	34	35	41	41	32	526
<b>(P - ETP)</b>	-31	-9	-8	6	8	6	-6	-14	-15	-16	-17	-28	-125
<b>Sum (P - ETP)</b>	-127	-136	-144				-6	-20	-35	-51	-68	-96	
<b>Almacenaje</b>	27	25	23	29	37	43	94	81	70	59	50	37	575
<b>Δ almacenaje</b>	-10	-2	-2	6	8	6	51	-13	-11	-11	-9	-13	±71
<b>ETReal</b>	37	44	51	56	56	51	92	47	46	52	50	45	628
<b>Déficit de Agua</b>	21	7	6	0	0	0	45	1	4	5	8	15	112
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	27	25	23	29	37	43	94	81	70	59	50	37	574
<b>ETR/ETP*100</b>	64	86	89	100	100	100	100	98	92	91	86	75	
<b>Días humedad/mes</b>	20	24	28	30	31	30	31	30	28	28	26	23	329



**Anexo 36. Balance hídrico de la estación meteorológica Caluma - M129**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 37 12 S LONGITUD: 79 17 35 W ELEVACION: 350

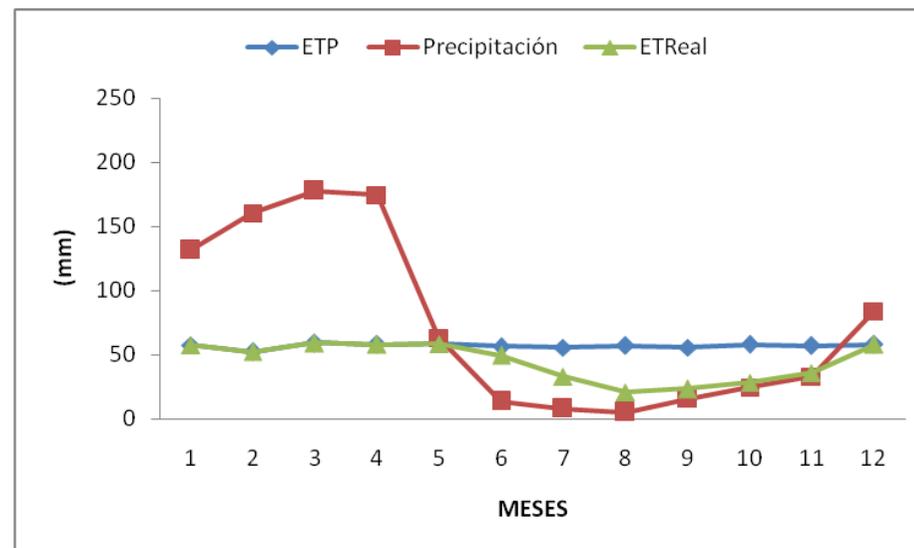
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	109	98	117	112	109	94	88	87	89	92	93	106	2951
<b>Precipitación</b>	528	616	592	463	247	59	50	21	28	40	69	239	2951
<b>(P - ETP)</b>	419	517	475	351	138	-35	-38	-66	-61	-52	-24	132	1756
<b>Sum (P - ETP)</b>						-35	-73	-139	-201	-253	-277		
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	70	47	24	13	7	6	100	767
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-30	-23	-23	-11	-6	-1	94	±94
<b>ETReal</b>	109	98	117	112	109	89	73	44	39	46	70	106	1012
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	5	15	43	50	46	23	0	183
<b>Exceso de Agua</b>	419	517	475	351	138	0	0	0	0	0	0	38	1938
<b>Escorrimento Total</b>	419	468	472	411	275	137	69	34	17	9	4	21	2336
<b>Humedad Total Retenida</b>	519	568	572	511	375	207	116	58	30	16	10	121	3103
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	94	83	51	44	50	75	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	28	26	16	13	15	23	31	303



**Anexo 37. Balance hídrico de la estación meteorológica Chillanes - M130**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 58 32 S LONGITUD: 79 3 48 W ELEVACION: 2330

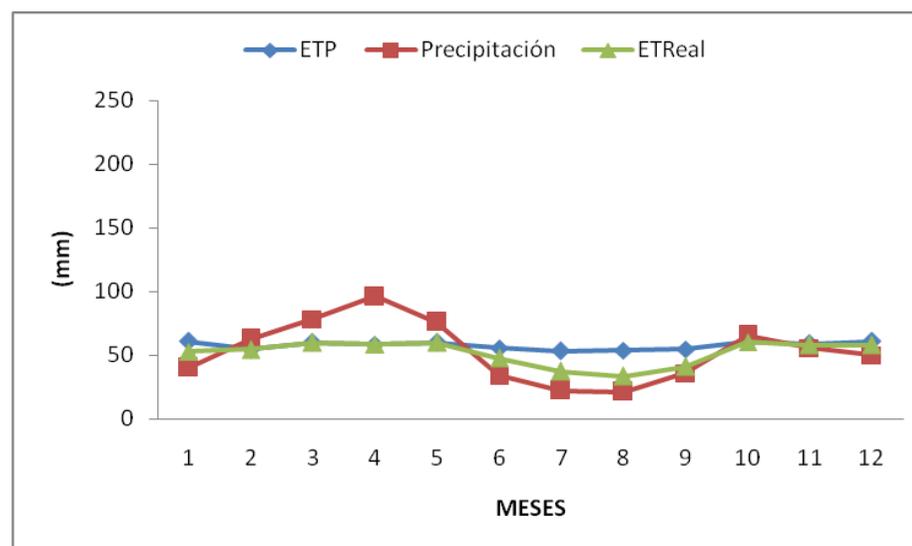
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	57	52	59	58	59	56	56	57	56	58	57	58	683
<b>Precipitación</b>	131	160	178	174	63	14	8	5	15	24	33	84	890
<b>(P - ETP)</b>	74	108	119	116	5	-43	-48	-52	-40	-34	-24	26	207
<b>Sum (P - ETP)</b>						-43	-91	-143	-183	-217	-241		
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	64	39	23	15	11	8	34	694
<b>Δ almacenaje</b>	66	0	0	0	0	-36	-25	-16	-8	-4	-3	26	±92
<b>ETReal</b>	57	52	59	58	59	50	33	21	23	28	36	58	535
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	7	23	36	32	30	21	0	149
<b>Exceso de Agua</b>	8	108	119	116	5	0	0	0	0	0	0	0	355
<b>Escorrimento Total</b>	0	54	86	101	53	26	13	7	3	2	1	0	347
<b>Humedad Total Retenida</b>	100	154	186	201	153	90	52	30	18	13	9	34	1041
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	88	59	37	42	49	63	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	26	18	11	13	15	19	31	285



**Anexo 38. Balance hídrico de la estación meteorológica Guaslán - M133**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 1 43 15 S LONGITUD: 78 39 40 W ELEVACION: 2850

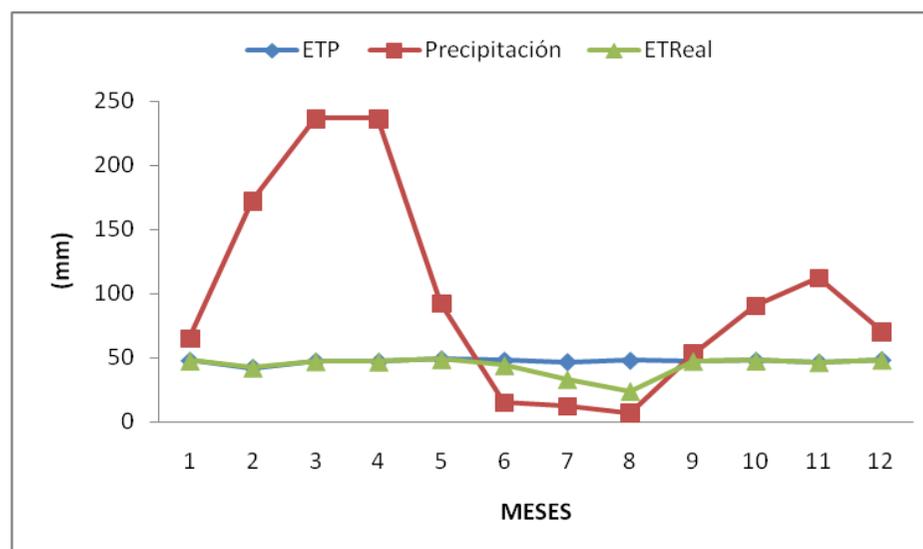
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	61	54	60	59	60	56	53	54	55	60	59	61	691
<b>Precipitación</b>	40	63	78	96	76	34	22	21	36	66	56	50	637
<b>(P - ETP)</b>	-21	9	18	37	16	-22	-31	-33	-19	6	-3	-11	-53
<b>Sum (P - ETP)</b>	-63				( - 34 )	-56	-87	-120	-139	( - 28 )	-31	-42	
<b>Almacenaje</b>	52	61	79	100	70	56	41	29	24	75	73	65	725
<b>Δ almacenaje</b>	-13	9	18	21	-30	-14	-15	-12	-5	51	-2	-8	±99
<b>ETReal</b>	53	54	60	59	60	48	37	33	41	60	58	58	621
<b>Déficit de Agua</b>	8	0	0	0	0	8	16	21	14	0	1	3	71
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	8	4	2	1	1	0	0	0	0	16
<b>Humedad Total Retenida</b>	52	61	79	108	74	58	42	30	24	75	73	65	741
<b>ETR/ETP*100</b>	87	100	100	100	100	86	69	62	75	100	98	95	
<b>Días humedad/mes</b>	27	28	31	30	31	26	21	19	23	31	29	30	326



**Anexo 39. Balance hídrico de la estación meteorológica Pachamama – Tixan M135**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 2 11 42 S LONGITUD: 78 46 54 W ELEVACION: 3690

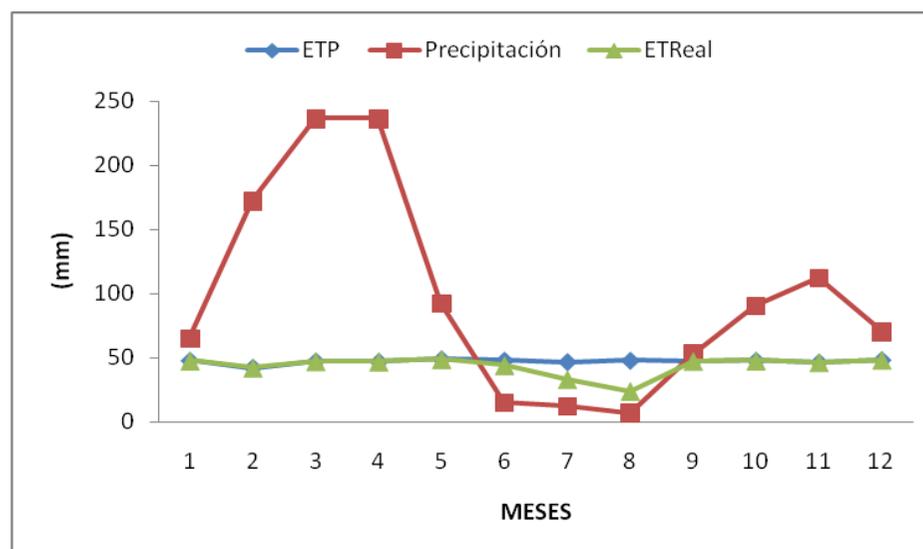
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	48	42	47	47	49	48	47	48	47	48	46	48	564
<b>Precipitación</b>	65	173	236	237	93	15	12	7	54	91	113	71	1165
<b>(P - ETP)</b>	18	130	189	190	44	-33	-34	-41	6	43	66	22	601
<b>Sum (P - ETP)</b>						-33	-67	-108					
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	71	50	33	39	82	100	100	975
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-29	-21	-17	6	43	18	0	±67
<b>ETReal</b>	48	42	47	47	49	44	33	24	47	48	46	48	524
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	4	13	24	0	0	0	0	41
<b>Exceso de Agua</b>	18	130	189	190	44	0	0	0	0	0	48	22	642
<b>Escorrimento Total</b>	18	74	132	161	102	51	26	13	6	3	26	24	636
<b>Humedad Total Retenida</b>	118	174	232	261	202	122	76	46	45	85	126	124	1611
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	92	71	50	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	28	22	16	30	31	30	31	338



**Anexo 40. Balance hídrico de la estación meteorológica Chunchi - M136**

PERIODO: 1980 - 2008 LATITUD: 2 16 31 S LONGITUD: 78 55 25 W ELEVACION: 2440

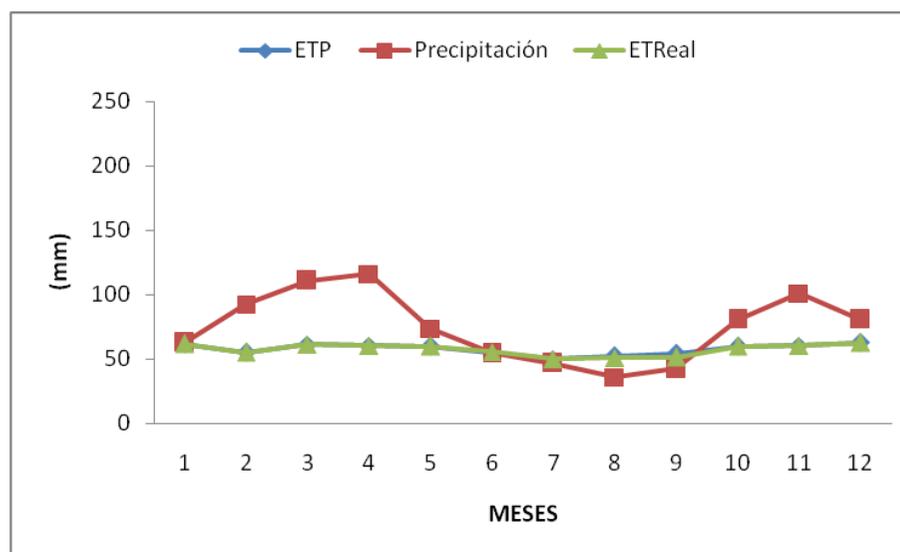
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	55	50	56	56	60	60	61	61	60	61	58	58	697
<b>Precipitación</b>	51	77	93	88	39	10	2	3	9	17	26	37	451
<b>(P - ETP)</b>	-4	26	37	33	-20	-50	-59	-59	-51	-45	-33	-21	-246
<b>Sum (P - ETP)</b>	-342				-20	-70	-129	-188	-239	-284	-316	-338	
<b>Almacenaje</b>	3	29	66	99	81	49	27	14	9	6	4	3	390
<b>Δ almacenaje</b>	0	26	37	33	-18	-32	-22	-13	-5	-3	-2	-1	±96
<b>ETReal</b>	51	50	56	56	57	42	24	16	14	20	28	38	451
<b>Déficit de Agua</b>	4	0	0	0	2	18	37	46	46	42	31	20	246
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	3	29	66	99	81	49	27	14	9	6	4	3	390
<b>ETR/ETP*100</b>	94	100	100	100	96	70	40	26	23	32	47	65	
<b>Días humedad/mes</b>	29	28	31	30	30	21	12	8	7	10	14	20	240



**Anexo 41. Balance hídrico de la estación meteorológica Biblián - M137**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 2 42 32 S LONGITUD: 78 53 30 W ELEVACION: 2640

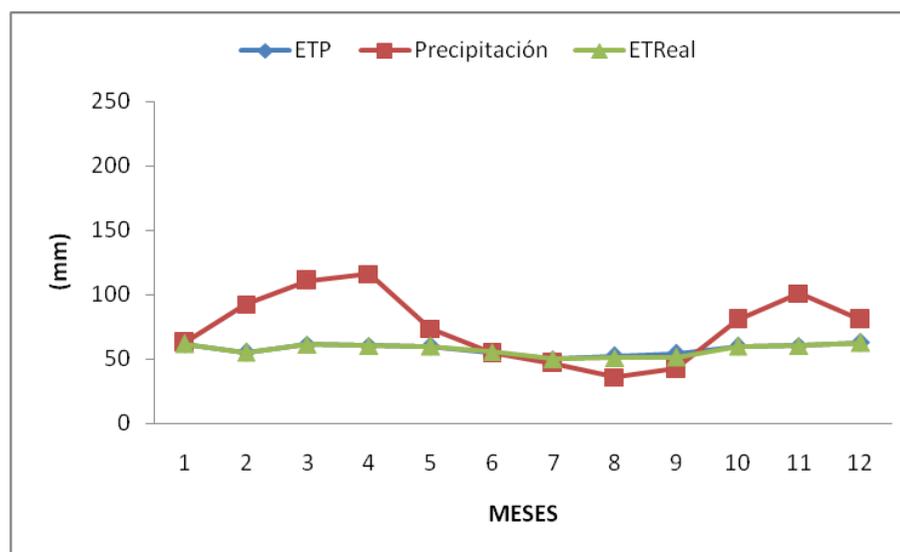
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	62	55	61	60	60	55	50	52	54	60	60	63	692
<b>Precipitación</b>	63	93	111	116	74	55	47	36	42	81	101	81	897
<b>(P - ETP)</b>	1	38	49	56	14	-1	-3	-16	-12	21	41	18	205
<b>Sum (P - ETP)</b>						-1	-4	-21	-32				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	99	96	81	72	93	100	100	1141
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-1	-3	-15	-9	21	7	0	±28
<b>ETReal</b>	62	55	61	60	60	56	50	51	51	60	60	63	688
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	4
<b>Exceso de Agua</b>	1	38	49	56	14	0	0	0	0	0	34	18	209
<b>Escorrimento Total</b>	1	19	34	45	29	15	7	4	2	1	17	18	193
<b>Humedad Total Retenida</b>	101	119	134	145	129	114	103	85	74	94	117	118	1334
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	97	95	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	30	28	31	30	31	363



### Anexo 42. Balance hídrico de la estación meteorológica Paute - M138

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 2 46 39 S LONGITUD: 78 45 32 W ELEVACION: 2289

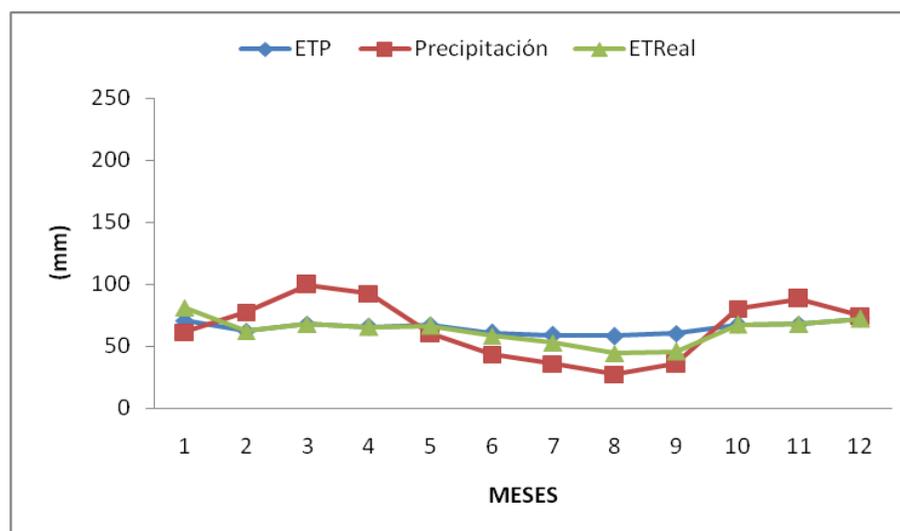
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	71	63	69	67	67	61	58	58	61	69	69	72	786
<b>Precipitación</b>	51	73	100	83	58	52	43	37	40	68	73	69	745
<b>(P - ETP)</b>	-20	10	31	16	-9	-9	-15	-21	-21	-1	4	-3	-38
<b>Sum (P - ETP)</b>	-116			( - 45 )	-54	-63	-78	-99	-120	-121	( -93 )	-96	
<b>Almacenaje</b>	30	40	71	63	58	52	45	36	29	29	38	37	528
<b>Δ almacenaje</b>	-7	10	31	-8	-5	-6	-7	-9	-7	0	9	-1	±50
<b>ETReal</b>	58	63	69	67	63	58	50	46	47	68	69	70	727
<b>Déficit de Agua</b>	14	0	0	0	5	4	8	12	14	1	0	2	59
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	12	6	3	2	1	0	0	0	0	24
<b>Humedad Total Retenida</b>	30	40	71	75	64	55	47	37	29	29	38	37	552
<b>ETR/ETP*100</b>	81	100	100	100	93	94	86	79	78	98	100	97	
<b>Días humedad/mes</b>	25	28	31	30	29	28	27	25	23	30	30	30	336



**Anexo 43. Balance hídrico de la estación meteorológica Gualaceo - M139**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 2 52 55 S LONGITUD: 78 46 35 W ELEVACION: 2230

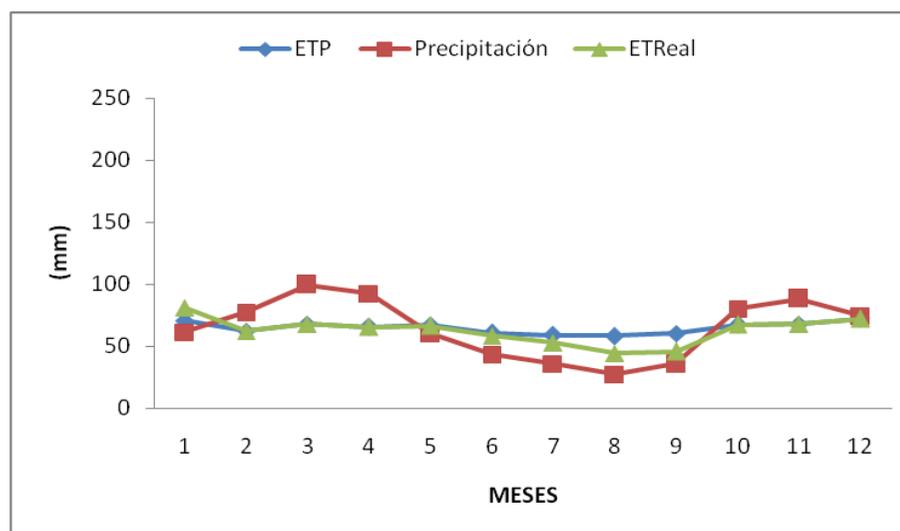
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	71	62	68	65	67	61	59	58	60	67	68	72	779
<b>Precipitación</b>	61	78	99	92	60	43	36	28	36	80	88	74	776
<b>(P - ETP)</b>	-10	15	31	27	-6	-17	-23	-31	-25	13	20	2	-3
<b>Sum (P - ETP)</b>	-10				-6	-23	-46	-77	-102				
<b>Almacenaje</b>	90	100	100	100	94	79	62	45	35	48	68	70	891
<b>Δ almacenaje</b>	20	10	0	0	-6	-15	-17	-17	-10	13	20	2	±65
<b>ETReal</b>	81	62	68	65	66	58	53	45	46	67	68	72	752
<b>Déficit de Agua</b>	10	0	0	0	0	2	6	14	15	0	0	0	47
<b>Exceso de Agua</b>	0	5	31	27	0	0	0	0	0	0	0	0	64
<b>Escorrimento Total</b>	0	3	17	22	11	5	3	1	1	0	0	0	64
<b>Humedad Total Retenida</b>	90	103	117	122	105	84	65	46	36	48	68	70	955
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	96	90	76	76	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	28	24	23	31	30	31	346



**Anexo 44. Balance hídrico de la estación meteorológica Ucubamba - M140**

PERIODO: 1970 - 2005 LATITUD: 2 52 13 S LONGITUD: 78 52 29 W ELEVACION: 2510

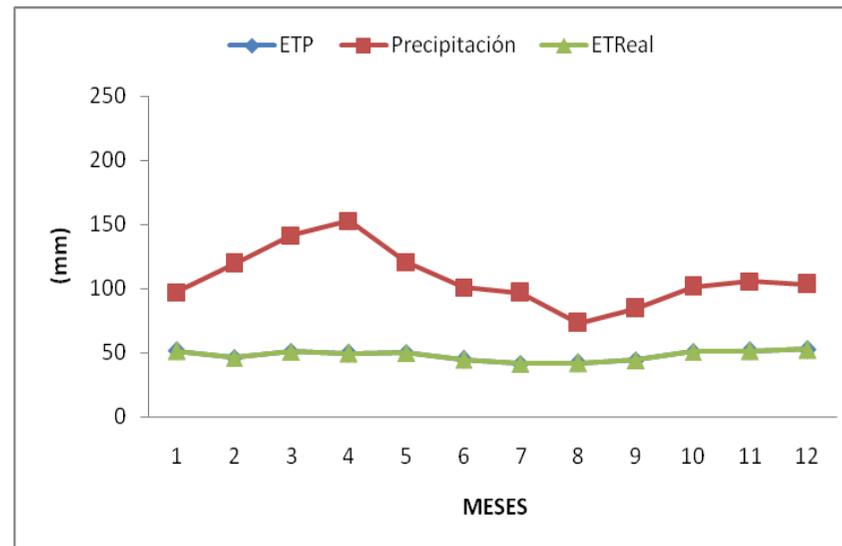
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	68	59	65	61	62	58	54	56	58	63	63	66	733
<b>Precipitación</b>	62	81	106	120	69	38	29	21	44	94	82	77	822
<b>(P - ETP)</b>	-6	22	42	58	7	-20	-26	-35	-14	30	19	11	89
<b>Sum (P - ETP)</b>	-6					-20	-46	-81	-95				
<b>Almacenaje</b>	94	100	100	100	100	81	62	44	38	68	87	98	972
<b>Δ almacenaje</b>	-4	6	0	0	0	-19	-19	-18	-6	30	19	11	±66
<b>ETReal</b>	66	59	65	61	62	57	48	39	50	63	63	66	699
<b>Déficit de Agua</b>	2	0	0	0	0	1	7	17	8	0	0	0	35
<b>Exceso de Agua</b>	0	16	42	58	7	0	0	0	0	0	0	0	123
<b>Escorrimento Total</b>	0	8	25	41	24	12	6	3	2	1	1	0	123
<b>Humedad Total Retenida</b>	94	108	125	141	124	93	68	47	40	69	88	98	1095
<b>ETR/ETP*100</b>	97	100	100	100	100	98	88	70	86	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	30	28	31	30	31	29	27	22	26	31	30	31	346



**Anexo 45. Balance hídrico de la estación meteorológica El Labrado - M141**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 2 43 58 S LONGITUD: 79 4 23 W ELEVACION: 3335

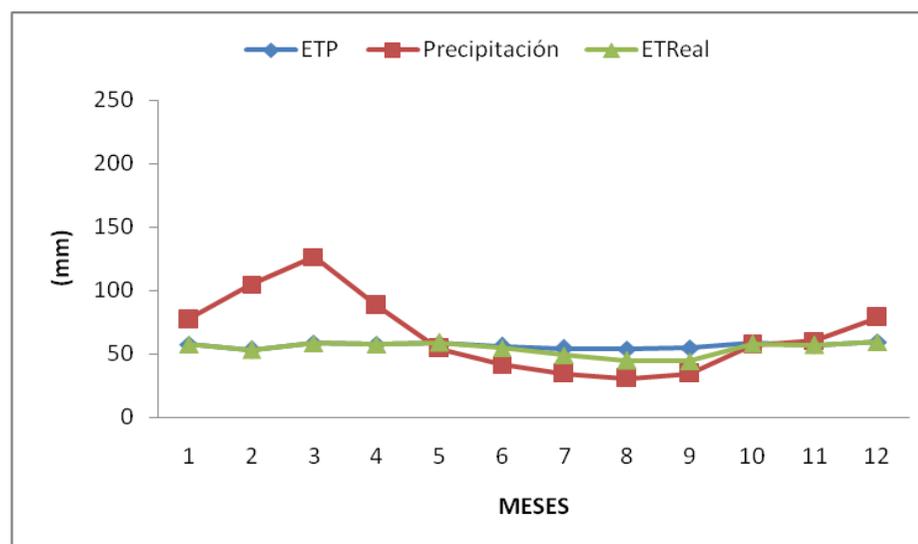
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	51	46	51	49	50	45	41	42	44	51	52	53	575
<b>Precipitación</b>	97	120	142	153	121	101	97	73	84	102	106	103	1298
<b>(P - ETP)</b>	46	73	91	104	71	56	55	31	40	51	54	51	723
<b>Sum (P - ETP)</b>													
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETReal</b>	51	46	51	49	50	45	41	42	44	51	52	53	575
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Exceso de Agua</b>	46	73	91	104	71	56	55	31	40	51	54	51	723
<b>Escurrimiento Total</b>	46	60	75	89	80	68	62	46	43	47	51	51	718
<b>Humedad Total Retenida</b>	146	160	175	189	180	168	162	146	143	147	151	151	1918
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



**Anexo 46. Balance hídrico de la estación meteorológica Saraguro - M142**

PERIODO: 1962 - 2009 LATITUD: 3 36 43 S LONGITUD: 79 14 2 W ELEVACION: 2525

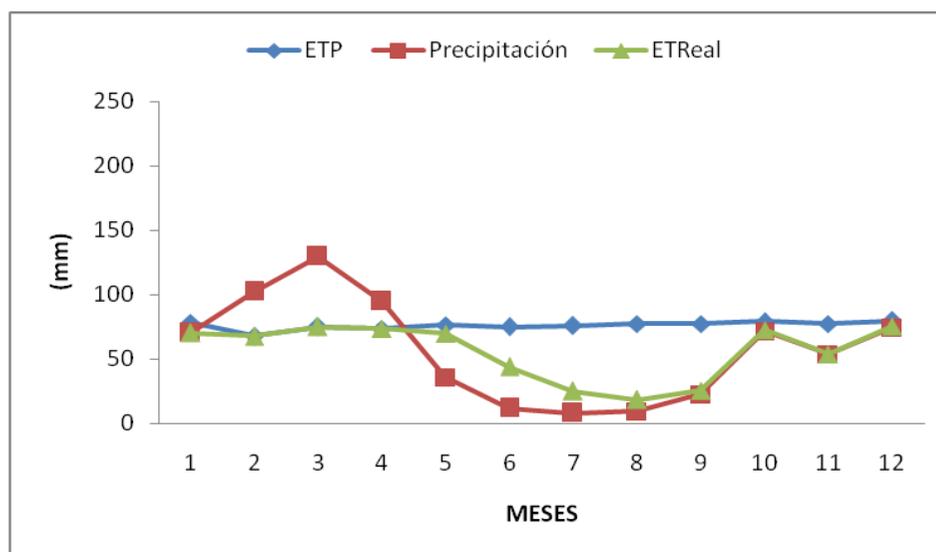
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	58	53	59	58	59	56	54	54	55	59	57	59	679
<b>Precipitación</b>	77	105	127	88	54	42	34	31	34	57	60	79	788
<b>(P - ETP)</b>	20	52	68	31	-5	-14	-20	-23	-20	-2	3	20	109
<b>Sum (P - ETP)</b>					-5	-19	-39	-62	-82	-84			
<b>Almacenaje</b>	85	100	100	100	95	82	67	53	43	42	45	65	877
<b>Δ almacenaje</b>	20	15	0	0	-5	-13	-15	-14	-10	-1	3	20	±58
<b>ETReal</b>	58	53	59	58	59	55	49	45	44	58	57	59	653
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	1	5	9	10	1	0	0	26
<b>Exceso de Agua</b>	0	37	68	31	0	0	0	0	0	0	0	0	135
<b>Escorrimento Total</b>	0	18	43	37	18	9	5	2	1	1	1	0	135
<b>Humedad Total Retenida</b>	85	118	143	137	113	91	72	55	44	43	46	65	1012
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	98	91	84	81	99	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	28	26	24	31	30	31	350



**Anexo 47. Balance hídrico de la estación meteorológica Malacatos - M143**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 4 12 58 S LONGITUD: 79 16 16 W ELEVACION: 1453

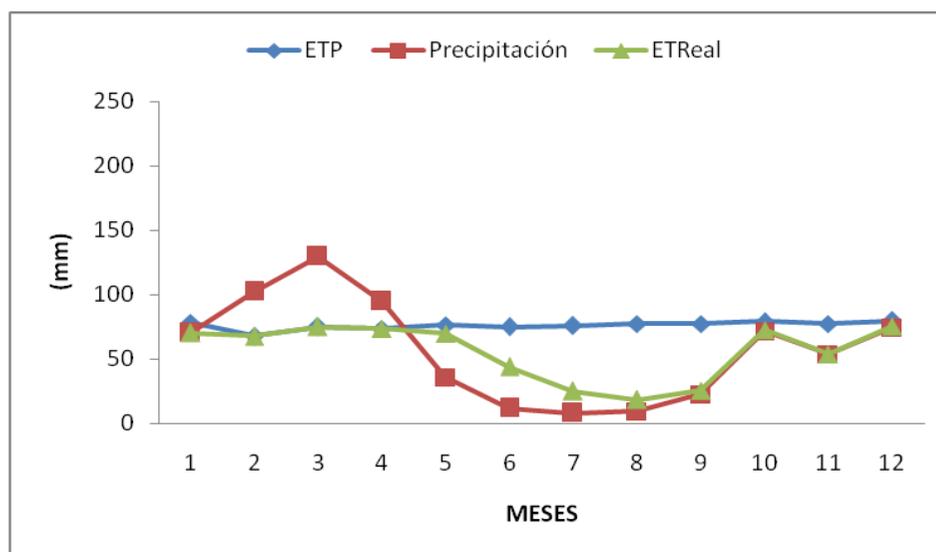
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	78	68	75	74	77	75	76	77	78	79	78	80	913
<b>Precipitación</b>	70	102	130	95	36	12	8	9	23	72	54	74	684
<b>(P - ETP)</b>	-8	34	55	21	-41	-63	-68	-68	-55	-7	-24	-5	-229
<b>Sum (P - ETP)</b>	-340				-41	-104	-172	-240	-295	-302	-326	-332	
<b>Almacenaje</b>	3	37	92	100	66	34	17	8	5	4	4	3	373
<b>Δ almacenaje</b>	0	34	55	8	-34	-32	-17	-9	-3	-1	0	-1	±97
<b>ETReal</b>	70	68	75	74	70	44	25	18	26	73	54	75	670
<b>Déficit de Agua</b>	8	0	0	0	7	31	51	59	52	6	24	4	242
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	7	3	2	1	0	0	0	0	0	14
<b>Humedad Total Retenida</b>	3	37	92	107	69	36	18	8	5	4	4	3	387
<b>ETR/ETP*100</b>	90	100	100	100	91	59	33	24	33	92	70	94	
<b>Días de siembra/mes</b>	28	28	31	30	28	18	10	7	10	29	21	29	269



**Anexo 48. Balance hídrico de la estación meteorológica Vilcabamba - M144**

PERIODO: 1971 - 2009 LATITUD: 4 15 46 S LONGITUD: 79 13 4 W ELEVACION: 1563

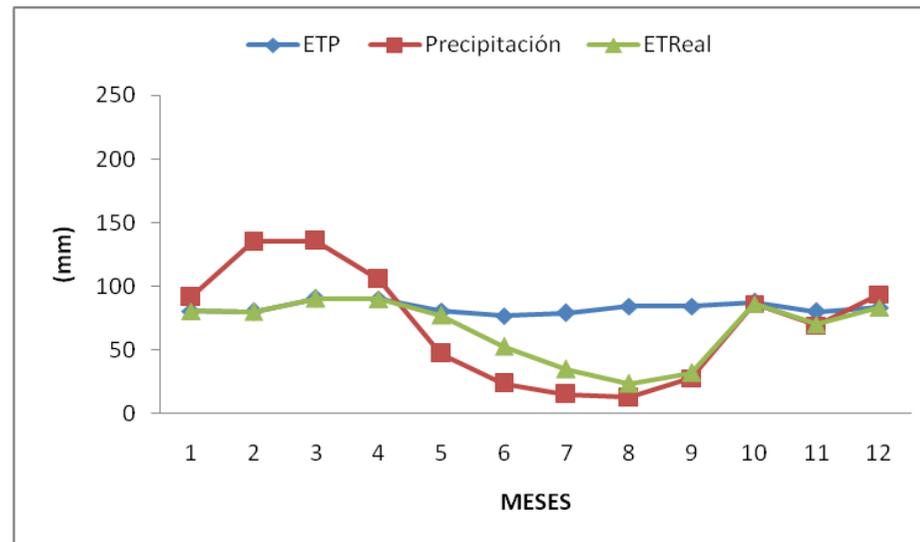
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	79	70	79	76	77	75	76	78	79	83	81	82	935
<b>Precipitación</b>	96	133	163	112	52	17	12	12	28	77	72	93	865
<b>(P - ETP)</b>	18	62	83	36	-25	-59	-65	-66	-51	-6	-8	11	-70
<b>Sum (P - ETP)</b>					-25	-84	-148	-214	-265	-271	-279		
<b>Almacenaje</b>	35	97	100	100	77	42	22	11	7	6	6	17	520
<b>Δ almacenaje</b>	18	62	3	0	-23	-35	-20	-11	-4	-1	0	11	±94
<b>ETReal</b>	79	70	79	76	75	52	32	23	32	78	72	82	749
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	2	24	45	55	47	5	8	0	186
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	80	36	0	0	0	0	0	0	0	0	116
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	40	38	19	9	5	2	1	1	0	0	116
<b>Humedad Total Retenida</b>	35	97	140	138	96	51	27	13	8	7	6	17	636
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	97	69	41	30	40	94	90	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	30	21	13	9	12	29	27	31	292



**Anexo 49. Balance hídrico de la estación meteorológica Quinara – INAMHI M145**

PERIODO: 1982 - 2009 LATITUD: 4 18 50 S LONGITUD: 79 14 36 W ELEVACION: 1559

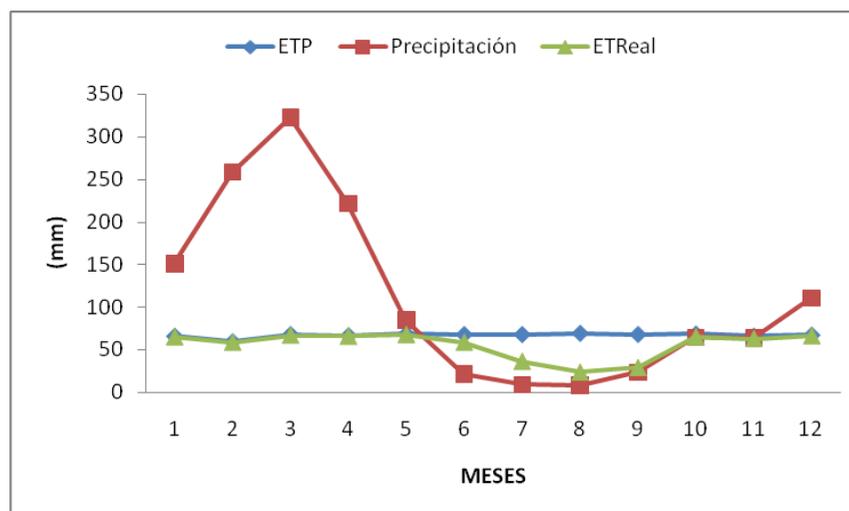
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	80	80	91	90	81	77	79	84	84	87	80	83	998
<b>Precipitación</b>	91	135	136	106	47	24	15	13	28	86	69	94	843
<b>(P - ETP)</b>	11	55	45	15	-34	-53	-64	-72	-57	-1	-11	10	-155
<b>Sum (P - ETP)</b>					-34	-87	-151	-223	-280	-281	-292		
<b>Almacenaje</b>	26	81	100	100	70	41	21	10	6	6	5	15	481
<b>Δ almacenaje</b>	11	55	19	0	-30	-29	-20	-11	-4	0	-1	10	±95
<b>ETReal</b>	80	80	91	90	77	53	35	24	32	86	70	83	801
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	4	24	44	61	53	1	10	0	196
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	26	15	0	0	0	0	0	0	0	0	41
<b>Escurrimiento Total</b>	0	0	13	14	7	4	2	1	0	0	0	0	41
<b>Humedad Total Retenida</b>	26	81	113	114	77	45	23	11	6	6	5	15	522
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	95	69	44	28	38	99	87	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	30	21	14	9	11	31	26	31	292



**Anexo 50. Balance hídrico de la estación meteorológica Cariamanga - M146**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 4 20 0 S LONGITUD: 79 33 16 W ELEVACION: 1950

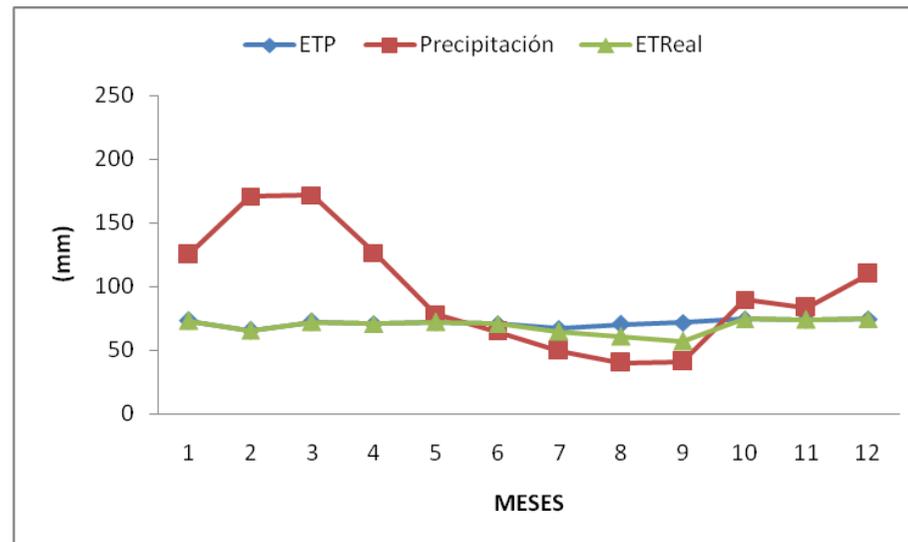
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	65	59	68	66	68	68	68	69	68	68	66	67	799
<b>Precipitación</b>	150	258	322	221	85	21	9	8	24	65	64	111	1337
<b>(P - ETP)</b>	85	199	255	155	17	-46	-59	-61	-44	-4	-2	44	538
<b>Sum (P - ETP)</b>						-46	-105	-166	-210	-214	-216		
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	62	34	18	12	11	11	55	703
<b>Δ almacenaje</b>	45	0	0	0	0	-38	-28	-16	-6	-1	0	44	±89
<b>ETReal</b>	65	59	68	66	68	59	37	24	30	66	64	67	672
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	8	31	45	38	3	2	0	127
<b>Exceso de Agua</b>	40	199	255	155	17	0	0	0	0	0	0	0	665
<b>Escorrimento Total</b>	0	99	177	166	91	46	23	11	6	3	1	1	625
<b>Humedad Total Retenida</b>	100	199	277	266	191	108	57	29	18	14	12	56	1328
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	88	54	35	44	96	97	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	26	17	11	13	30	29	31	308



**Anexo 51. Balance hídrico de la estación meteorológica Yangana - M147**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 4 22 5 S LONGITUD: 79 10 29 W ELEVACION: 1835

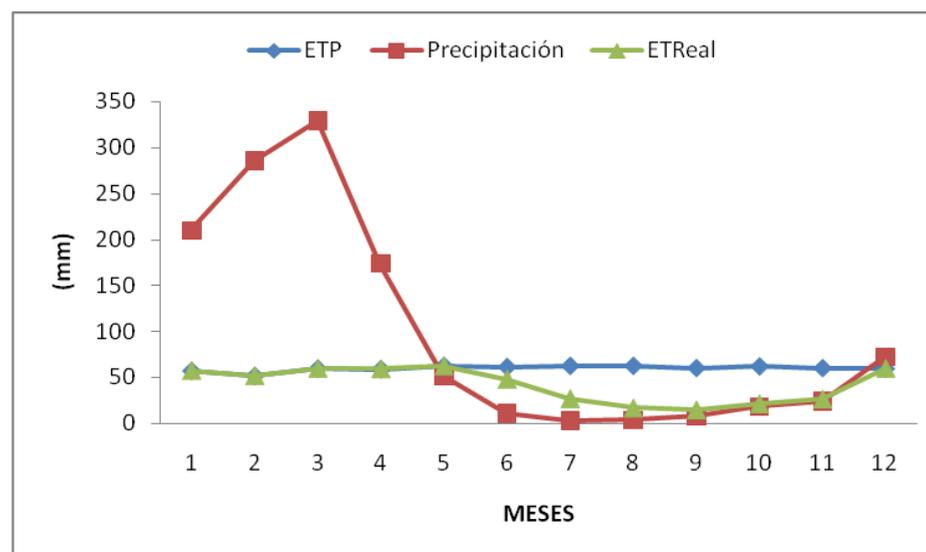
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	73	65	72	71	72	71	67	70	72	75	74	75	856
<b>Precipitación</b>	125	171	172	126	78	65	50	40	41	90	83	110	1151
<b>(P - ETP)</b>	52	105	100	55	6	-6	-17	-30	-31	15	9	35	294
<b>Sum (P - ETP)</b>						-6	-23	-53	-84				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	94	79	58	42	57	66	100	996
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-6	-15	-21	-16	15	9	34	±58
<b>ETReal</b>	73	65	72	71	72	71	65	61	57	75	74	75	830
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	2	9	15	0	0	0	26
<b>Exceso de Agua</b>	52	105	100	55	6	0	0	0	0	0	0	1	320
<b>Escorrimento Total</b>	52	79	89	72	39	20	10	5	2	1	1	1	371
<b>Humedad Total Retenida</b>	152	179	189	172	139	114	89	63	44	58	67	101	1367
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	96	87	80	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	30	27	24	31	30	31	354



**Anexo 52. Balance hídrico de la estación meteorológica Celica - M148**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 4 6 17 S LONGITUD: 79 57 5 W ELEVACION: 1904

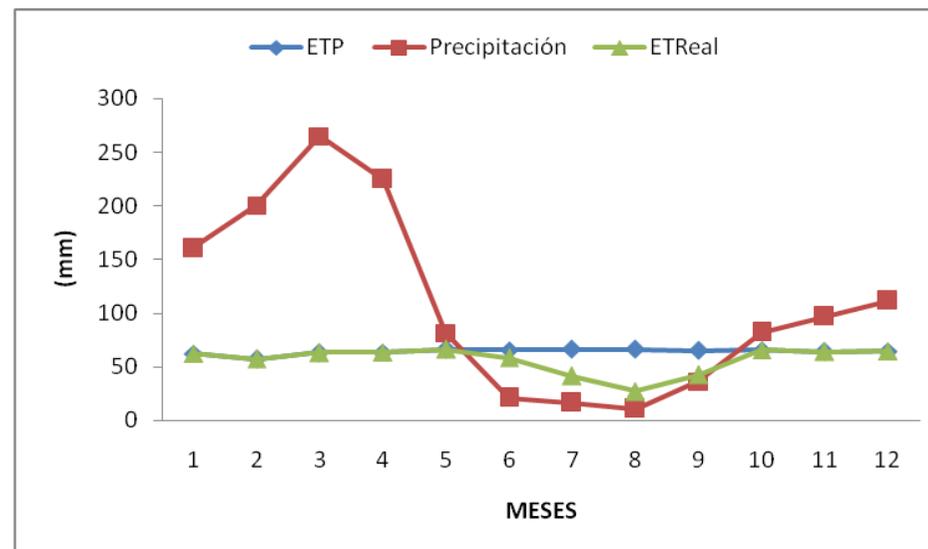
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	57	52	60	59	63	62	63	63	60	62	60	60	722
<b>Precipitación</b>	210	286	330	174	52	11	3	4	8	19	25	73	1194
<b>(P - ETP)</b>	153	234	270	115	-10	-51	-60	-59	-53	-44	-36	13	473
<b>Sum (P - ETP)</b>					-10	-61	-120	-179	-232	-276	-312		
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	90	53	29	16	9	6	4	17	624
<b>Δ almacenaje</b>	83	0	0	0	-10	-37	-24	-13	-7	-3	-2	13	±96
<b>ETReal</b>	57	52	60	59	62	48	27	17	15	22	27	60	506
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	14	36	46	46	41	34	0	216
<b>Exceso de Agua</b>	70	234	270	115	0	0	0	0	0	0	0	0	689
<b>Escorrimento Total</b>	70	152	211	163	81	41	20	10	5	3	1	1	758
<b>Humedad Total Retenida</b>	170	252	311	263	171	94	49	26	14	9	5	18	1382
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	99	78	43	27	24	35	44	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	23	13	8	7	11	13	31	258



**Anexo 53. Balance hídrico de la estación meteorológica Gonzanama - M149**

PERIODO: 1963 - 2009 LATITUD: 4 13 49 S LONGITUD: 79 25 52 W ELEVACION: 2042

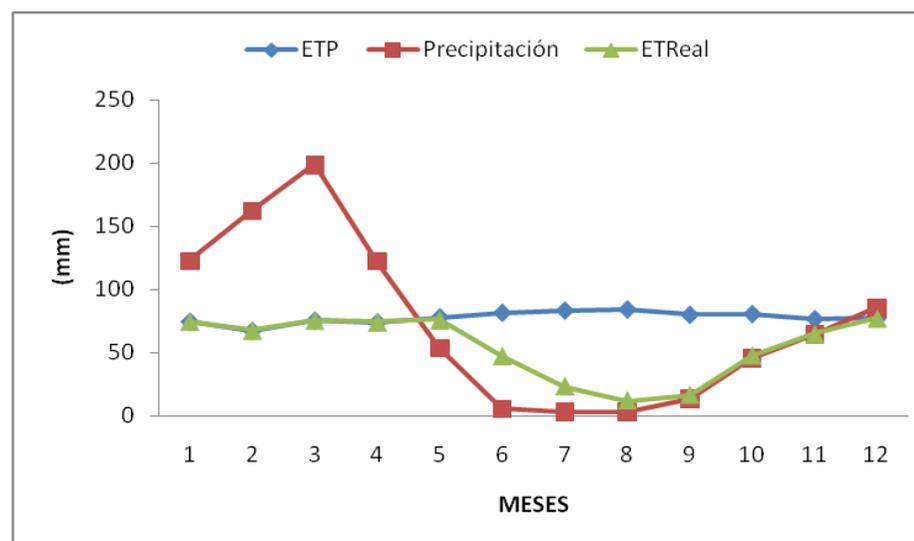
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	62	57	63	63	66	66	66	66	65	66	64	64	769
<b>Precipitación</b>	161	201	265	225	82	21	17	11	36	82	97	111	1308
<b>(P - ETP)</b>	98	144	202	162	15	-45	-50	-56	-29	16	33	47	538
<b>Sum (P - ETP)</b>						-45	-95	-150	-179				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	63	38	22	16	32	65	100	836
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-37	-25	-16	-6	16	33	35	±84
<b>ETReal</b>	62	57	63	63	66	58	42	27	42	66	64	64	674
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	8	25	40	23	0	0	0	95
<b>Exceso de Agua</b>	98	144	202	162	15	0	0	0	0	0	0	12	633
<b>Escorrimento Total</b>	98	121	161	162	88	44	22	11	6	3	2	7	724
<b>Humedad Total Retenida</b>	198	221	261	262	188	107	60	33	22	35	67	107	1560
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	88	63	40	65	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	26	19	13	19	31	30	31	321



### Anexo 54. Balance hídrico de la estación meteorológica Amaluza – M150

PERIODO: 1975 - 2009 LATITUD: 4 35 5 S LONGITUD: 79 25 50 W ELEVACION: 1672

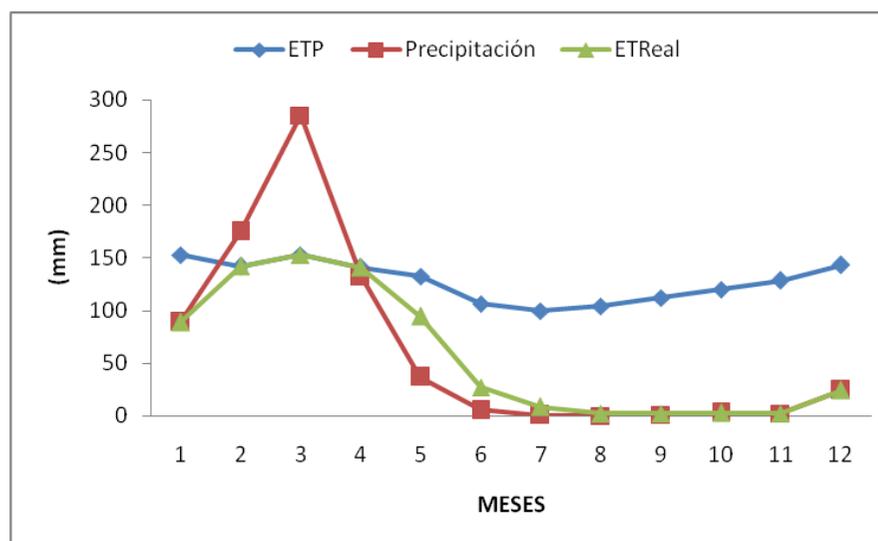
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	75	67	75	74	78	81	83	84	80	80	77	77	932
<b>Precipitación</b>	123	163	199	123	54	5	3	3	13	46	65	86	881
<b>(P - ETP)</b>	48	95	124	48	-24	-76	-80	-81	-67	-35	-12	9	-51
<b>Sum (P - ETP)</b>					-24	-100	-180	-261	-328	-362	-374	-366	
<b>Almacenaje</b>	50	100	100	100	78	36	16	7	4	2	2	2	497
<b>Δ almacenaje</b>	48	50	0	0	-22	-42	-20	-9	-3	-2	0	0	±98
<b>ETReal</b>	75	67	75	74	76	47	23	12	16	48	65	77	655
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	2	34	60	72	64	33	12	0	276
<b>Exceso de Agua</b>	0	45	124	48	0	0	0	0	0	0	0	9	226
<b>Escorrimento Total</b>	0	23	73	61	30	15	8	4	2	1	0	4	221
<b>Humedad Total Retenida</b>	50	123	173	161	108	51	24	11	6	3	2	6	718
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	97	58	28	14	20	59	84	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	30	17	9	4	6	18	25	31	261



**Anexo 55. Balance hídrico de la estación meteorológica Zapotillo - M151**

PERIODO: 1970 - 2009 LATITUD: 4 22 57 S LONGITUD: 80 14 11 W ELEVACION: 223

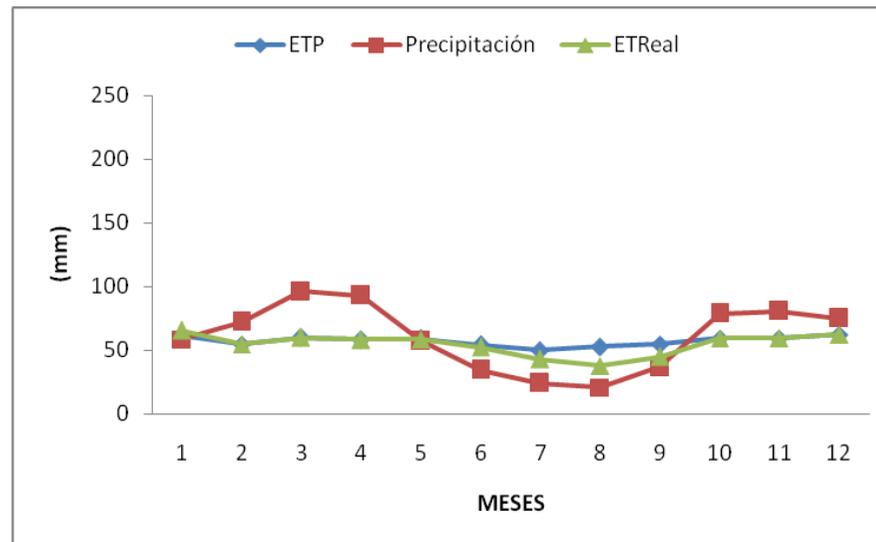
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	153	142	153	141	132	106	100	104	112	120	128	143	1536
<b>Precipitación</b>	89	175	285	133	37	5	1	0	1	3	2	24	754
<b>(P - ETP)</b>	-64	33	132	-8	-96	-101	-99	-104	-111	-118	-126	-119	-782
<b>Sum (P - ETP)</b>	-946			-8	-104	-205	-304	-408	-519	-637	-763	-882	
<b>Almacenaje</b>	1	34	100	92	34	12	4	2	1	1	1	1	283
<b>Δ almacenaje</b>	0	33	66	-8	-58	-22	-8	-2	-1	0	0	0	±99
<b>ETReal</b>	89	142	153	141	95	27	9	2	2	3	2	24	688
<b>Déficit de Agua</b>	64	0	0	0	38	79	91	102	110	118	126	119	848
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	33	17	8	4	2	1	1	0	0	0	66
<b>Humedad Total Retenida</b>	1	34	133	109	42	16	6	3	2	1	1	1	349
<b>ETR/ETP*100</b>	58	100	100	100	72	26	9	2	2	2	2	17	
<b>Días humedad/mes</b>	18	28	31	30	22	8	3	1	1	1	1	5	147



**Anexo 56. Balance hídrico de la estación meteorológica Jacarín - M197**

PERIODO: 1974 - 2009 LATITUD: 2 49 16 S LONGITUD: 78 56 0 W ELEVACION: 2700

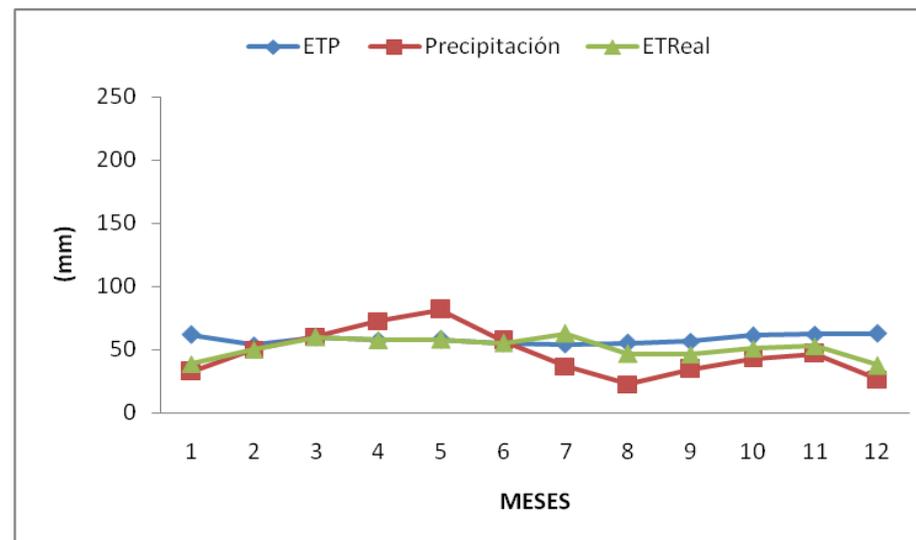
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	61	55	60	58	59	54	50	53	55	59	59	62	685
<b>Precipitación</b>	59	72	96	93	57	35	24	21	37	79	81	75	728
<b>(P - ETP)</b>	-3	17	36	35	-1	-20	-26	-32	-18	19	21	13	42
<b>Sum (P - ETP)</b>	-3				-1	-21	-47	-78	-96				
<b>Almacenaje</b>	97	100	100	100	99	81	62	45	37	56	77	90	944
<b>Δ almacenaje</b>	7	3	0	0	-1	-18	-19	-17	-8	19	21	13	±63
<b>ETReal</b>	66	55	60	58	58	53	43	38	45	59	59	62	656
<b>Déficit de Agua</b>	4	0	0	0	0	2	7	15	10	0	0	0	38
<b>Exceso de Agua</b>	0	14	36	35	0	0	0	0	0	0	0	0	86
<b>Escorrimento Total</b>	0	7	22	28	14	7	4	2	1	1	1	0	86
<b>Humedad Total Retenida</b>	97	107	122	128	113	88	66	47	38	57	78	90	1030
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	99	97	86	72	82	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	29	27	22	24	31	30	31	345



**Anexo 57. Balance hídrico de la estación meteorológica Pungales - M243**

PERIODO: 1980 - 2001 LATITUD: 1 35 0 S LONGITUD: 78 34 0 W ELEVACION: 2550

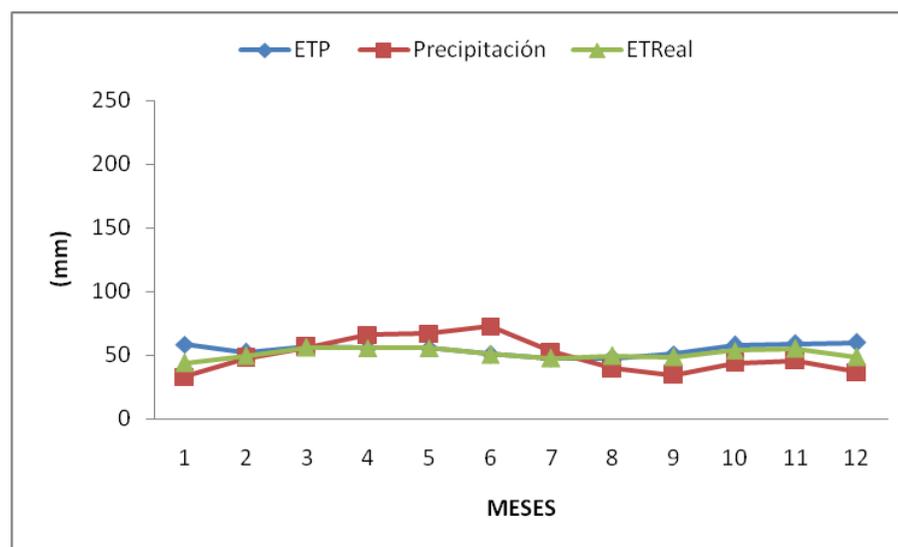
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	62	54	60	58	58	55	54	55	56	61	62	63	698
<b>Precipitación</b>	33	50	60	73	82	57	37	23	34	43	47	27	564
<b>(P - ETP)</b>	-29	-4	1	15	23	2	-17	-33	-22	-18	-15	-36	-134
<b>Sum (P - ETP)</b>	-171	-175					-17	-50	-72	-90	-106	-142	
<b>Almacenaje</b>	17	17	18	33	56	58	84	60	48	40	34	23	488
<b>Δ almacenaje</b>	-6	0	1	15	23	2	26	-24	-12	-8	-6	-11	±67
<b>ETReal</b>	39	50	60	58	58	55	63	47	46	51	53	38	616
<b>Déficit de Agua</b>	23	4	0	0	0	0	9	9	10	10	9	25	100
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Humedad Total Retenida</b>	17	17	18	33	56	58	84	60	48	40	34	23	488
<b>ETR/ETP*100</b>	62	93	100	100	100	100	100	84	82	83	85	60	
<b>Días humedad/mes</b>	19	26	31	30	31	30	31	26	25	26	25	18	319



**Anexo 58. Balance hídrico de la estación meteorológica Querochada - M258**

PERIODO: 1985 - 2008 LATITUD: 1 24 0 S LONGITUD: 78 35 0 W ELEVACION: 2850

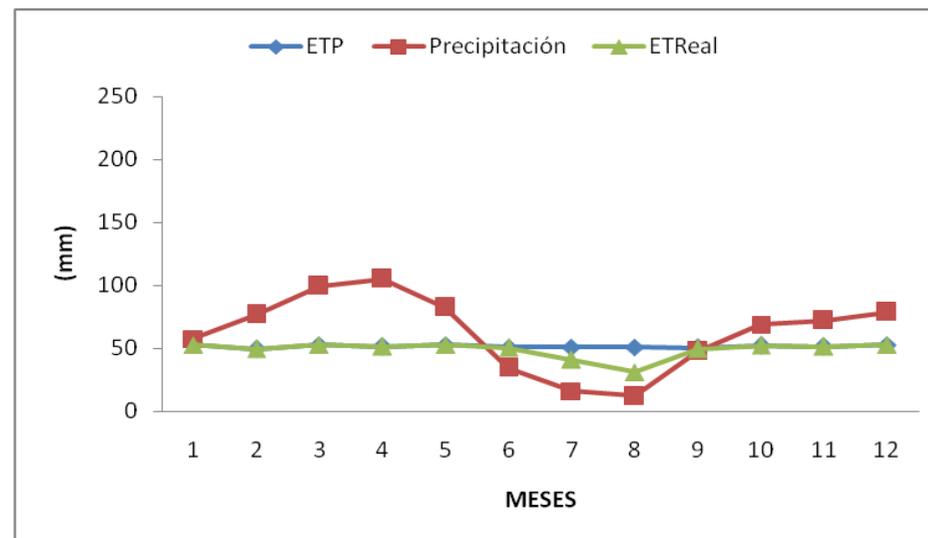
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	58	52	57	56	56	51	47	47	51	58	59	60	652
<b>Precipitación</b>	33	48	56	66	67	73	53	40	35	44	46	37	596
<b>(P - ETP)</b>	-25	-5	-1	10	11	22	5	-8	-16	-14	-13	-23	-56
<b>Sum (P - ETP)</b>	-99	-104	-105					-8	-24	-38	-51	-74	
<b>Almacenaje</b>	36	34	34	44	55	77	82	92	78	68	59	47	706
<b>Δ almacenaje</b>	-11	-2	0	10	11	22	5	10	-14	-10	-9	-12	±58
<b>ETReal</b>	44	50	56	56	56	51	47	50	49	54	55	49	614
<b>Déficit de Agua</b>	14	3	1	0	0	0	0	2	2	4	4	11	42
<b>Exceso de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Escorrimento Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Humedad Total Retenida</b>	36	34	34	44	55	77	82	92	78	68	59	47	707
<b>ETR/ETP*100</b>	75	95	98	100	100	100	100	100	96	93	93	81	
<b>Días humedad/mes</b>	23	27	30	30	31	30	31	31	29	29	28	25	344



**Anexo 59. Balance hídrico de la estación meteorológica Cotopilalo - MA1V**

PERIODO: 1988 - 2008 LATITUD: 0 41 0 S LONGITUD: 78 42 0 W ELEVACION: 3250

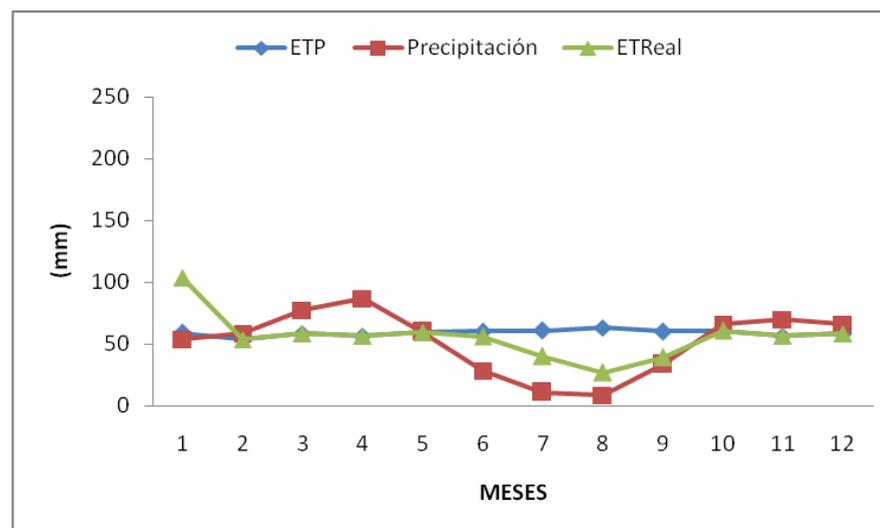
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	53	49	53	51	53	51	51	51	50	52	51	53	620
<b>Precipitación</b>	58	77	99	105	83	34	16	12	47	69	72	79	751
<b>(P - ETP)</b>	5	27	46	54	30	-17	-35	-39	-3	16	20	26	131
<b>Sum (P - ETP)</b>						-17	-51	-90	-93				
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	84	59	40	38	54	74	100	949
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	-16	-25	-19	-2	16	20	26	±62
<b>ETReal</b>	53	49	53	51	53	50	41	31	49	52	51	53	588
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	1	10	20	1	0	0	0	31
<b>Exceso de Agua</b>	5	27	46	54	30	0	0	0	0	0	0	0	163
<b>Escorrimento Total</b>	5	16	31	43	36	18	9	5	2	1	1	0	168
<b>Humedad Total Retenida</b>	105	116	131	143	136	102	68	45	40	55	75	100	1117
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	99	81	61	98	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	25	19	29	31	30	31	346



**Anexo 60. Balance hídrico de la estación meteorológica Tomalón Tabacundo - MA2T**

PERIODO: 1990 - 2008 LATITUD: 0 2 0 N LONGITUD: 78 14 0 W ELEVACION: 2790

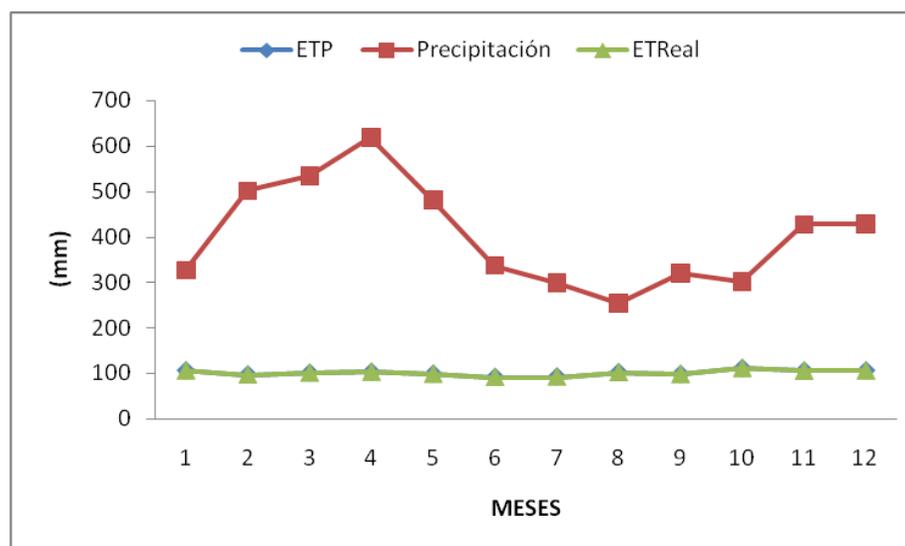
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	59	54	58	57	59	60	61	63	60	61	57	58	707
<b>Precipitación</b>	54	58	77	87	60	28	11	9	33	66	70	66	619
<b>(P - ETP)</b>	-5	4	19	30	0	-32	-50	-54	-27	5	13	8	-88
<b>Sum (P - ETP)</b>	-5					-32	-82	-136	-163				
<b>Almacenaje</b>	95	100	100	100	100	72	43	25	19	24	37	45	760
<b>Δ almacenaje</b>	50	5	0	0	0	-28	-29	-18	-6	5	13	8	±81
<b>ETReal</b>	104	54	58	57	59	56	40	27	39	61	57	58	669
<b>Déficit de Agua</b>	45	0	0	0	0	40	21	36	21	0	0	0	163
<b>Exceso de Agua</b>	0	1	19	30	0	0	0	0	0	0	0	0	51
<b>Escurrimiento Total</b>	0	1	10	20	10	5	3	1	1	0	0	0	51
<b>Humedad Total Retenida</b>	95	101	110	120	110	77	46	26	20	24	37	45	811
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	94	66	42	65	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	28	20	13	20	31	30	31	324



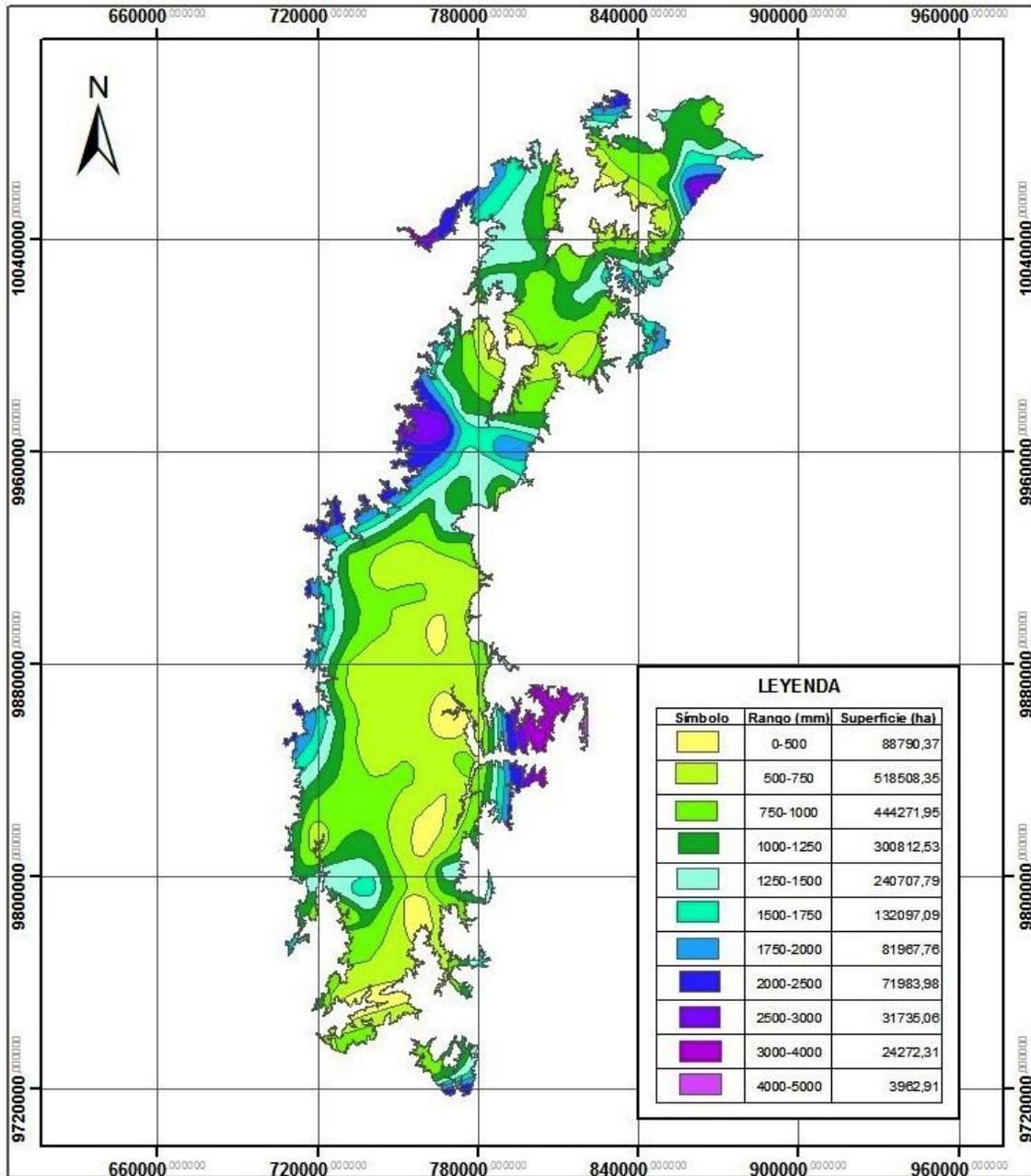
**Anexo 61. Balance hídrico de la estación meteorológica de Lumbaqui - MB77**

PERIODO: 1997 - 2008 LATITUD: 0 2 19 S LONGITUD: 77 20 2 W ELEVACION: 580

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ETP</b>	106	97	101	103	98	92	92	102	98	111	105	106	1211
<b>Precipitación</b>	326	502	535	620	482	337	299	253	320	302	428	429	4831
<b>(P - ETP)</b>	220	405	434	517	383	245	206	151	222	190	322	323	3619
<b>Sum (P - ETP)</b>													
<b>Almacenaje</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
<b>Δ almacenaje</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETReal</b>	106	97	101	103	98	92	92	102	98	111	105	106	1211
<b>Déficit de Agua</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Exceso de Agua</b>	220	405	434	517	383	245	206	151	222	190	322	323	3619
<b>Escurrimiento Total</b>	220	312	373	445	414	330	268	209	216	203	263	293	3546
<b>Humedad Total Retenida</b>	320	412	473	545	514	430	368	309	316	303	363	393	4746
<b>ETR/ETP*100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
<b>Días humedad/mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



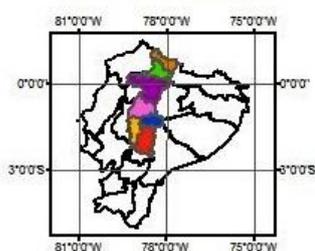
Anexo 62. Mapa de precipitación media anual para el periodo 1980 – 2008.



ESCALAGRÁFICA: 1:50.000



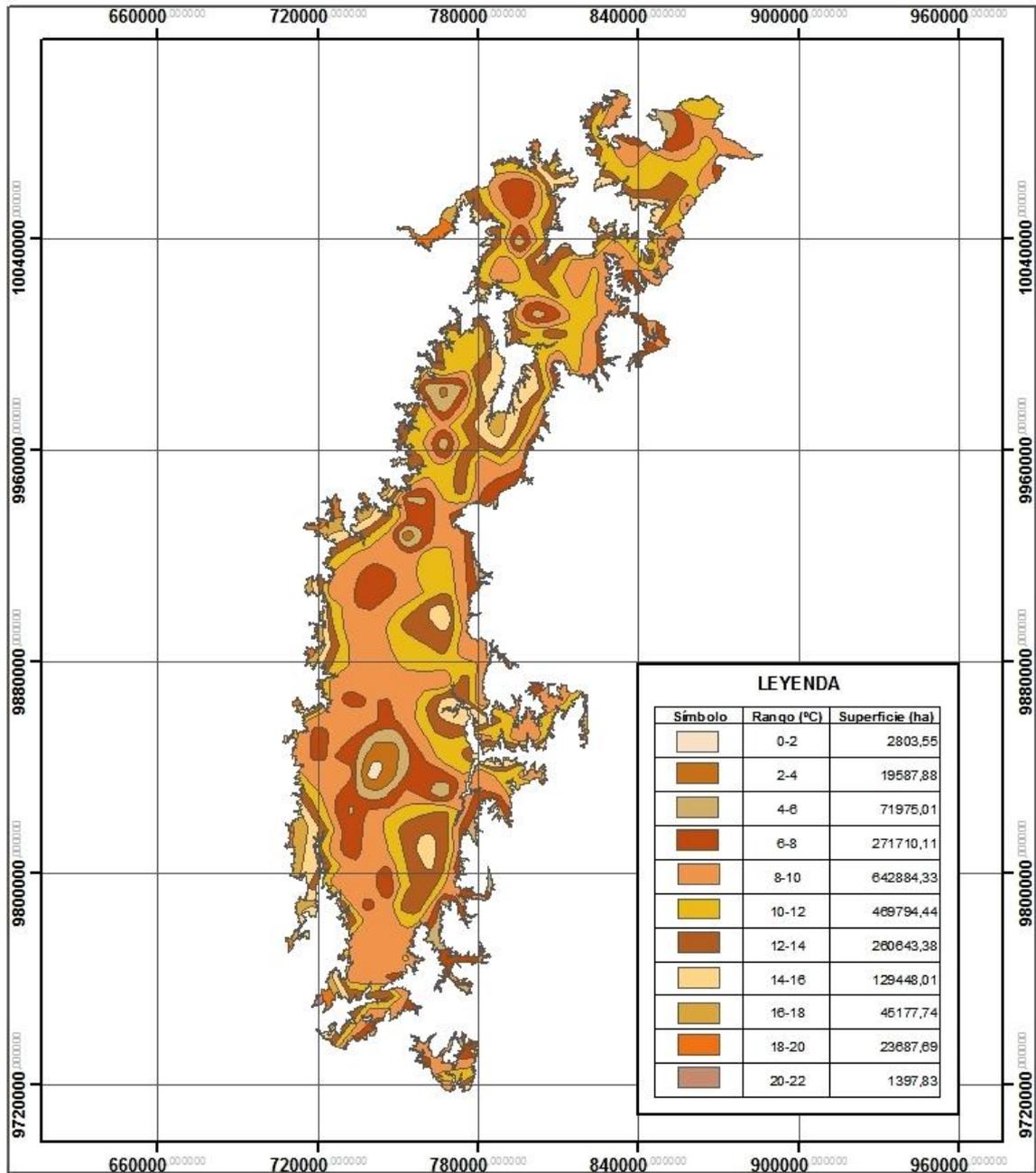
MAPA DE UBICACION



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 DATUM HORIZONTAL WGS84  
 DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR, ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD  
 ZONA 17 SUR

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DE LA PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA		
Mapa de Isoyetas		
Fecha: Diciembre 2010	Elaborado por: Gissela Díaz	

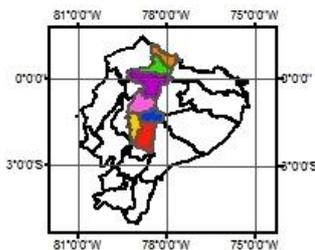
Anexo 63. Mapa de temperatura media anual para el periodo 1980 – 2008.



ESCALAGRÁFICA: 1:50.000



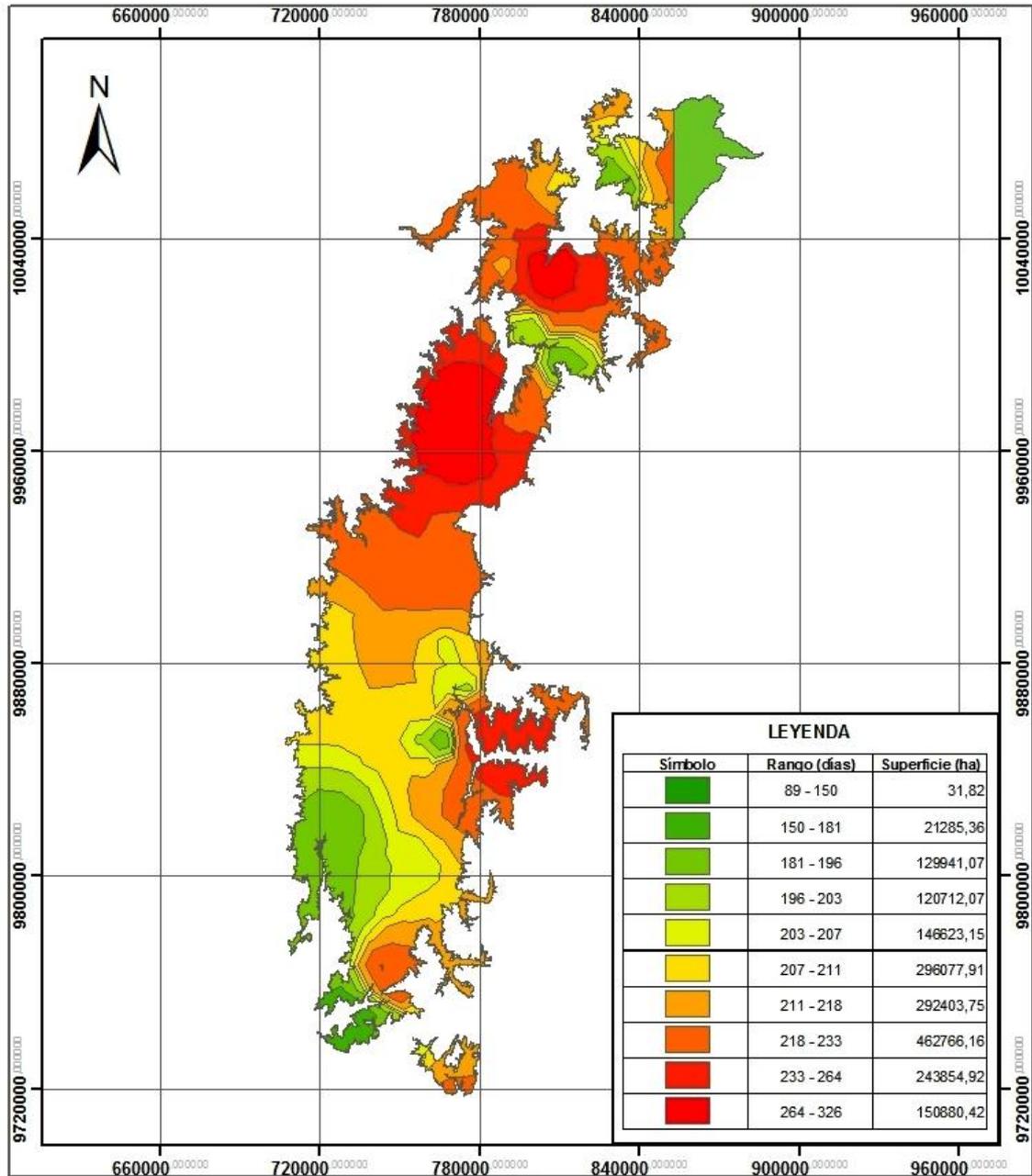
MAPA DE UBICACION



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 DATUM HORIZONTAL WGS84  
 DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR, ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD  
 ZONA 17 SUR

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DE LA PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA		
Mapa de Isotermas		
Fecha: Diciembre 2010		Elaborado por: Gissela Díaz

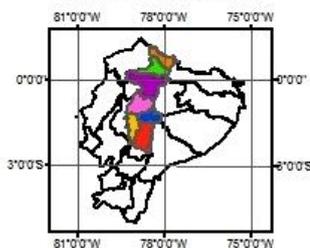
Anexo 64. Mapa del periodo vegetativo para el área de estudio (1980 – 2008).



ESCALAGRÁFICA: 1:50.000



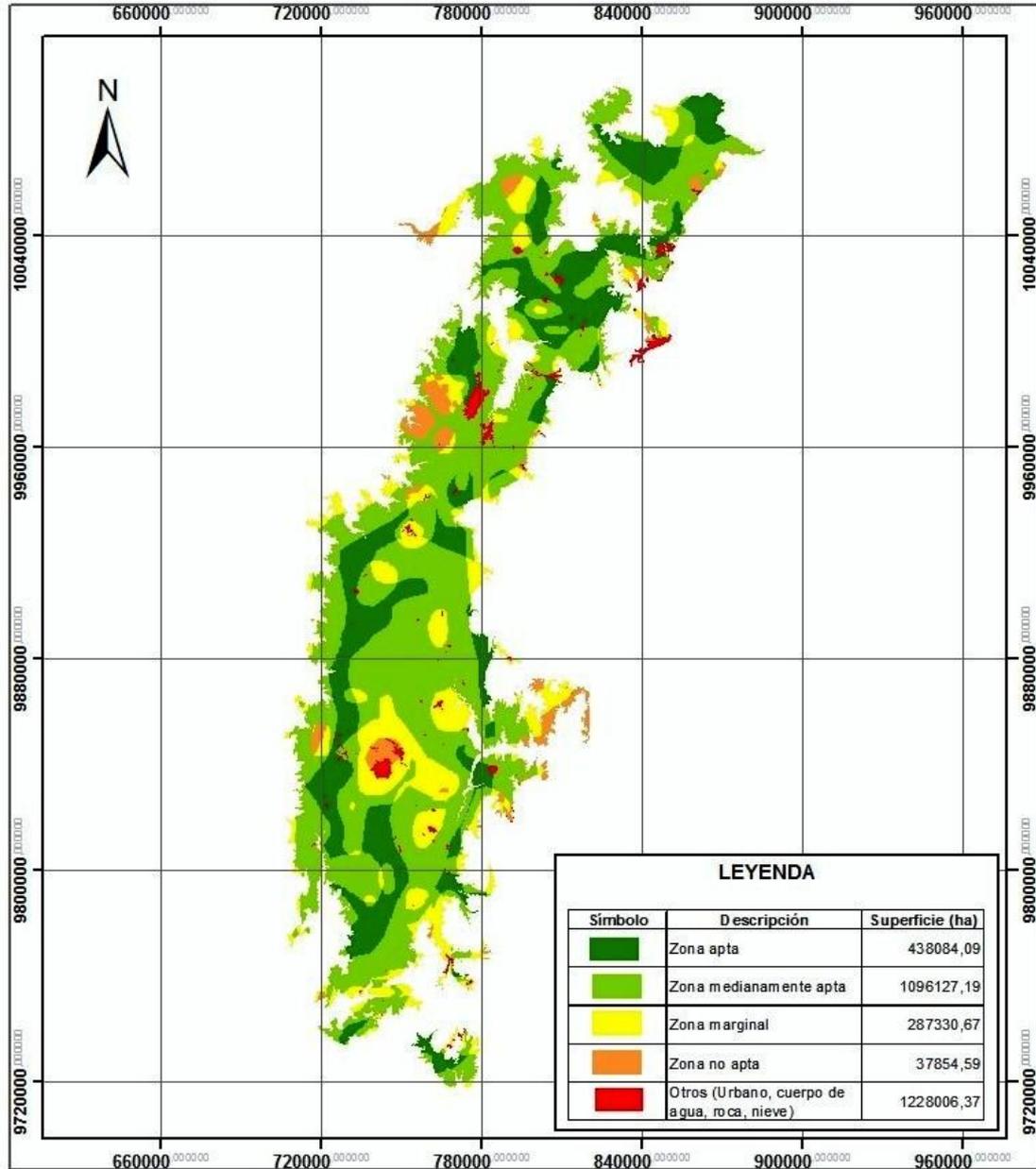
MAPA DE UBICACION



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 DATUM HORIZONTAL WGS84  
 DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR, ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD  
 ZONA 17 SUR

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DE LA PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA		
Mapa de periodo vegetativo		
Fecha: Diciembre 2010	Elaborado por: Gissela Díaz	

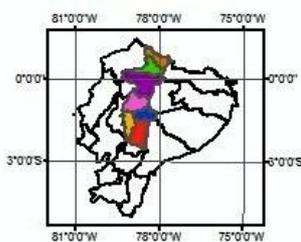
**Anexo 65. Mapa de zonificación agroecológica del cultivo de papa en las provincias del centro – norte de la Sierra ecuatoriana. 2011.**



ESCALAGRÁFICA: 1:50.000



**MAPA DE UBICACION**



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 DATUM HORIZONTAL WGS84  
 DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR, ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD  
 ZONA 17 SUR

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DE LA PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) EN EL CENTRO NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA		
Mapa de Zonificación Agroecológica		
Fecha: Diciembre 2010	Elaborado por: Gissela Díaz	