

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“EVALUACION DEL MODELO DE HUMEDAD DEL
SUELO DEL SISTEMA GUIA DE INUNDACIONES
PRODUCIDAS POR CRECIDAS REPENTINAS”**

PRESENTADO POR:

NELSON ANTONIO ESCALANTE MIJANGO

GLENDIA MARGARITA MAGAÑA RETANA

HORTENSIA DEL CARMEN MIRANDA SANTOS

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título :

**“EVALUACION DEL MODELO DE HUMEDAD DEL
SUELO DEL SISTEMA GUIA DE INUNDACIONES
PRODUCIDAS POR CRECIDAS REPENTINAS”**

Presentado por :

**NELSON ANTONIO ESCALANTE MIJANGO
GLENDA MARGARITA MAGAÑA RETANA
HORTENSIA DEL CARMEN MIRANDA SANTOS**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

**ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES
ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO
ING. ROBERTO ADOLFO CERÓN PINEDA**

San Salvador, Septiembre de 2015

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES

ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO

ING. ROBERTO ADOLFO CERÓN PINEDA

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios en primer lugar por ser el que nos permitió culminar esta etapa de nuestras vidas, por ser esa esperanza y esa fortaleza en todo momento.

Agradecemos a nuestros docentes directores al ing. Edgar Alfredo Gavidia Paredes, ing. Joaquín Mariano Serrano Choto, Ing. Roberto Adolfo Cerón Pineda. Les damos las gracias por apoyarnos en este camino, por su tiempo, consejos, conocimientos y opiniones. Para lograr el desarrollo de esta investigación, Dios les multiplicara cada detalle en bendiciones.

Les agradecemos a las instituciones que nos proporcionaron información necesaria para lograr culminar este trabajo de investigación, gracias por su confianza y tiempo.

- Universidad de El Salvador (UES)
- Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA)
- FC S.A. DE C.V. (Laboratorio de suelos y Materiales)

Así también agradecemos a las personas que nos colaboraron en incondicionalmente gracias por creer en esta investigación y por creer en nosotros.

- ✓ Ing. Ignacio Frances Fadon
- ✓ Ing. Jacqueline Yamileth Rivera Ayala
- ✓ Ing. Celina kattan
- ✓ Ing. Jose Valles Leon

DEDICATORIAS

Mi trabajo de graduación se lo dedico a Dios todo poderoso por pelear todas mis batallas EXODO 14:14, por permitirme alcanzar esta meta y por acompañarme en este proceso. Gracias Dios tu eres el número uno en mi vida te alabo y glorifico; Sé que sin duda que la santísima trinidad me acompañó en todo instante, la fe en ti me mantuvo firme en todo momento, contigo todo lo puedo.

A la virgencita María por ser mi modelo a seguir una mujer de fe, gracias por tu acompañamiento como madre celestial, bendita seas por ser el primer sagrario.

A mis padres y en especial a mi mamá por ser ese gran ángel que Dios me dio aquí en la Tierra te amo mami, gracias por ser ese ejemplo, por transmitir esa fe y amor de Dios, gracias por cada alegría y tristeza que hemos compartido, por ser mi mejor amiga, una mujer luchadora y que a pesar de tanta dificultad la sobrellevaste por tus hijos, mamá este logro te lo dedico con mucho amor te amo.

A mis hermanos Roxana, Wilber e Ingrid gracias, sé que sin su ayuda no estuviera aquí gracias por su apoyo incondicional, Dios les multiplicara al ciento por uno cada detalle que han tenido conmigo les amo mucho.

A mis amigos y familia que han estado siempre pendientes de mí, gracias por cada consejo y palabras de fe, gracias por su apoyo Dios me los bendiga siempre.

A mis compañeros de Tesis:

Hortensia y Nelson gracias por lograr superar todas las etapas difíciles de este proceso que ahora culminamos con éxito.

A mis asesores por depositar su confianza en el desarrollo de esta investigación: Ing. Edgar Gavidia, Ing. Joaquin Serrano e Ing. Roberto Cerón, gracias por compartir su sabiduría con nosotros.

GLEND A MAGAÑA.

Deseo dedicar mi agradecimiento principalmente a Dios que me proporcionó la sabiduría he inteligencia, paciencia y fortaleza para salir adelante.

A MI FAMILIA: A mi papá Carlos Alberto Escalante que me apoyo en todo tiempo que estuvo con vida y que nunca desmayo en su intento de hacerme cumplir las metas que ahora estoy por culminar, a mi madre Rosa Elvira Mijango que ha sido la mejor madre del mundo apoyándome siempre brindándome ese aliento y apoyo necesario para finalizar mi carrera, a mi abuelo Carlos Escalante que me ha sido un amigo incondicional ayudándome en momentos de crisis.

A MIS AMIGOS: Yaider Heraldo Espinoza, Sergio Galvez Orellana, Edgar Tobar, por ayudarme en los momentos difíciles por estar conmigo luchando en esta constante lucha por lograr nuestras metas, en especial a Diego Alberto Lopez que ahora está conmigo acompañándome desde el cielo y que me mostro la mejor escuela de la vida.

A MIS COMPAÑERAS DE TESIS: Glenda Margarita Magaña, y Hortensia del Carmen que me ayudaron con su constante apoyo, que a pesar de muchas diferencias que se suscitaron en el trabajo pudimos culminar con éxito esta meta tan importante en nuestras vidas gracias a ustedes lo hemos logrado.

A MIS ASESORES: ING. Edgar Gavidia Paredes, ING. Joaquín Serrano Choto y ING. Roberto Cerón que depositaron la confianza en nosotros para poder

finalizar este proyecto, muchas gracias por su valioso y tan preciado conocimiento así como su valioso tiempo.

AL PERSONAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL: Por su valiosa colaboración Ing. Jacquelin Rivera, Ing. José Valles y Ing. Roberto Ceron gracias por hacer posible la culminación de este proyecto.

NELSON ESCALANTE

Estoy muy agradecida con Dios por darme la fuerza, la sabiduría, la perseverancia e inteligencia para poder culminar con éxito mi carrera.

A mis padres, Ernesto Miranda y Eva Deodanes por ser ese apoyo incondicional. A mi Hermana Amelia Miranda por siempre brindarme ese apoyo en todo momento para poder seguir adelante a pesar de todas las adversidades, Muchísimas Gracias!!!

A la Familia Aguillón Flores, por brindarme ese apoyo incondicional y recibirme como un miembro más de su familia. En especial a Walter Aguillón por estar a mi lado a lo largo de esta etapa, formar parte de mi vida y darme ese apoyo incondicional a pesar de nuestras dificultades; gracias de todo corazón!!!

A mis compañeros de Tesis, Glenda Magaña y Nelson Escalante, que a pesar de nuestros desacuerdos pudimos culminar con éxito nuestro Trabajo de Graduación.

A mis Asesores de tesis, Ing. Edgar Gavidia Paredes, Ing Joaquín Serrano Choto e Ing. Roberto Cerón, por tener esa paciencia y dedicación de explicarnos el rumbo correcto de nuestra investigación.

HORFENSIJA MIRANDA

CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES	12
1.1 INTRODUCCION.....	2
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.4.2 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
1.5 ALCANCES.....	17
1.6 LIMITACIONES	19
1.7 JUSTIFICACION	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO	22
2.1 CONDICIONES LOCALES EN EL SALVADOR	23
2.1.1 ANTECEDENTES DE INUNDACIONES POR CRECIDAS REPENTINAS EN EL PAIS	23
2.1.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE EL SALVADOR.....	45
2.1.3 TIPO Y USO DE SUELOS	51
2.2 BASE TEÓRICA DEL SISTEMA CAFFG.....	62
2.3 PRODUCTOS OBTENIDOS CON EL SISTEMA CAFFG.....	67
2.3.1 SATELITE: PRECIPITACIONES SEGUN SATELITE DEL HIDROESTIMADOR	68
2.3.2 MAPA MEDIDOR: MEDIDOR DE LA PRECIPITACION MEDIA AREAL.	70
2.3.3 MAPA COMBINADO	70
2.3.4 ASM PROMEDIO DE HUMEDAD DEL SUELO (AVERAGE SOIL MOISTURE)	73
2.3.5 FFG GUIA DE INUNDACIONES REPENTINAS (FLASH FLOOD GUIDANCE)	76
2.4 MODELOS UTILIZADOS.....	78
2.4.1 MODELO DE HUMEDAD DEL SUELO O MODELO SACRAMENTO	78
2.4.2 MODELO UMBRAL DE ESCORRENTIA.....	92

2.4.3 MODELO DE LA GUIA DE INUNDACIONES REPENTINAS (FFG).....	99
CAPITULO III: VALIDACION DEL MODELO HUMEDAD DEL SUELO.	101
3.1 MANEJO DE LOS DATOS: ANALISIS GENERAL	102
3.1.1 DATOS GENERALES.....	102
3.1.1.1 VARIACION DE LLUVIA Y HUMEDAD DEL SUELO PARA LOS AÑOS 2011,2012, 2013 Y 2014.....	108
3.1.1.2 COMPARACION DE PARAMETROS.	114
3.2 MANEJO DE LOS DATOS: DATOS DE LABORATORIO Y DATOS DEL CAFFG.....	172
3.2.1 DETERMINACIÓN DE DATOS DE HUMEDAD ESTIMADOS POR EL SISTEMA.....	177
3.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE HUMEDAD DE SUELO (RECOLECCIÓN DE DATOS).....	177
3.2.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS DATOS	178
3.2.4. COMPARACIONES GRAFICAS ENTRE LOS VALORES DEL MAP Y LOS VALORES DE LLUVIA DE LAS ESTACIONES.	181
3.2.5 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACION Y COMPARACION DE VALORES DE HUMEDAD Y PRECIPITACION.....	184
3.2.6 ANALISIS DE RESULTADOS ESTADISTICOS.....	186
3.2.7 ANALISIS DE COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD DE SUELO	187
CAPITULO IV: EVALUACION DEL CASO PUNTUAL	238
4.1 DESCRIPCION DE LA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS	239
4.2 DETERMINACION DE LOS VALORES DE LLUVIA MEDIA PARA LA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS Y ESTIMADAS POR ESTACIONES METEOROLOGICAS.	241
4.3 DETERMINACION DE LOS VALORES DE LLUVIA MEDIA EN MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS, ESTIMADA POR EL CAFFG.	243
4.3.1 COMPARACION DE MAP Y LLUVIA ESPACIAL.....	245
4.3.2 ANALISIS DE COMPARACIONES GRAFICA ENTRE LOS VALORES DEL MAP Y LLUVIA MEDIA DE LAS ESTACIONES.....	248
4.4 DETERMINACION DE LOS VALORES HUMEDAD (ASM) PARA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS, ESTIMADA POR EL CAFFG.	249

4.5 DETERMINACION DE LOS VALORES HUMEDAD DE CAMPO PARA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS.....	251
4.5.1 COMPARACION DEL ASM Y HUMEDAD DE SUELO OBTENIDA EN CAMPO PARA LA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS CON BASIN 2008201938.....	253
4.5.2 RESULTADOS DE LA EVALUACION Y COMPARACION.....	257
4.6 ANALISIS DE COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD DE SUELO	259
4.6.1 TIPO Y USO DE SUELO	259
4.6.2 USO DE SUELO.....	268
4.6.3 COBERTURA VEGETAL	269
4.6.4 RELIEVE.....	271
4.6.5 EVAPOTRANSPIRACION.....	272
4.7 ANALISIS DE PARAMETROS DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	276
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	278
5.1 CONCLUSIONES.....	279
5.2 RECOMENDACIONES.....	288
GLOSARIO.....	290
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	297
ANEXO 3.1: FUNCIÓN DEL KRIGING	300
ANEXO 3.2: TABLAS RESUMEN DE REGIONES HIDROGRÁFICAS DE EL SALVADOR.....	316
ANEXO 3.3: IMÁGENES PRECIPITACIÓN, HUMEDAD DEL SUELO Y PARÁMETROS	369
ANEXO 4.1: DATOS DE PRECIPITACIÓN MAP, ASM, LLUVIA DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y HUMEDAD DE CAMPO.....	385
ANEXO 4.2: TABLAS RESUMEN DE DATOS DE CAMPO	391
ANEXO 4.3: ENSAYOS DE LABORATORIO	399
ANEXO 4.4: REGISTRO FOTOGRÁFICO	434

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I: GENERALIDADES

Figura 1. 1- Precipitación Orográfica	6
Figura 1. 2- Precipitación Convectiva	7
Figura 1. 3- Precipitación Ciclónica.....	8

CAPITULO II: MARCO TEORICO

Figura 2. 1- Esquema ilustrativo de la trayectoria del huracán FIFI	28
Figura 2. 2- Imágenes ilustrativas de huracán Mitch	29
Figura 2. 3- Imágenes de tormenta tropical Stan	30
Figura 2. 4- Imágenes del origen del huracán Ida y desastres que esta causo	31
Figura 2. 5- Fuente de imagen satelital observatorio Ambiental de la tormenta 12 E y los estragos causados por esta	32
Figura 2. 6- Esquema de formación de vientos tipo Foehn	39
Figura 2. 7- Mapa de el salvador de elevaciones y relieve fuente MARN	40
Figura 2. 8- Mapa tipos de Suelos de El Salvador	56
Figura 2. 9- Imagen ilustrativa de uso de suelos	57
Figura 2. 10- Productos generados por el sistema CAFFG, Se resalta las imágenes del hidroestimador.	69
Figura 2. 11- Productos generados por el sistema CAFFG, donde se muestran las columnas relacionadas a los datos de la MAP	72
Figura 2. 12- Productos generados por el sistema CAFFG, donde se muestran las columnas relacionadas a los datos ASM.	75
Figura 2. 13- Productos generados por el sistema CAFFG, donde se muestran la columna relacionadas a los datos FFG.	77
Figura 2. 14- Representación del modelo SACSMA	79

Figura 2. 15- Ilustración comportamiento del Modelo SACSMA	87
Figura 2. 16- Diagrama Representativo del modelo SACSMA	89
Figura 2. 17- Representación del umbral de escorrentía.	92
Figura 2. 18- Representación del diagrama de escorrentía directa y caudal base.	93

CAPITULO III: VALIDACIÓN DEL MODELO HUMEDAD DEL SUELO

Figura 3. 1- Poligonos de thiessen del pais en ARCGIS.....	103
Figura 3. 2- Regiones Hidrográficas de El Salvador	104
Figura 3. 3- Mapa de ubicación de región A	105
Figura 3. 4- División de la Región del Río Lempa	107
Figura 3. 5- Valores de lluvia y Humedad del Suelo del año 2011.....	109
Figura 3. 6- valores de lluvia y humedad del suelo del año 2012	111
Figura 3. 7- Valores de lluvia y Humedad del Suelo del año 2013.....	112
Figura 3. 8- Valores de lluvia y Humedad del Suelo del año 2014.....	113
Figura 3. 9- Formación Geológica de la Región A.	114
Figura 3. 10- Tipos de Suelo de Región Río Lempa	115
Figura 3. 11- Textura de Región A.....	117
Figura 3. 12- Ocupación del Suelo de Región	118
Figura 3. 13- Leyenda de Ocupación del Suelo de Región A	119
Figura 3. 14- Cobertura Vegetal Registrada en la Región.	120
Figura 3. 15- Leyenda de Cobertura Vegetal Registrada en la Región.....	121
Figura 3. 16- Altitud de la Región A	122
Figura 3. 17- Raster de Evapotranspiración Potencial promedio de los meses Septiembre, Octubre y Noviembre.....	123
Figura 3. 18- Mapa de ubicación de región B	129
Figura 3. 19- Mapa de ubicación de región C	134
Figura 3. 20- Mapa de ubicación de región D	137

Figura 3. 21- Mapa de ubicación de región E	142
Figura 3. 22- Mapa de ubicación de región F.	146
Figura 3. 23- Mapa de ubicación de región G	150
Figura 3. 24- Mapa de ubicación de región H	155
Figura 3. 25- Mapa de ubicación de región I.....	159
Figura 3. 26- Mapa de ubicación de región J.....	163
Figura 3. 27- Mapa de Ubicación de región K.....	167
Figura 3. 28- Mapa de lluvia de las Estaciones y del Mapa de Cuencas del País por medio del sistema CAFFG, con valores estimados por el satélite de lluvia	176
Figura 3. 29- Imagen de ASM del sistema CAFFG del día 1 de Octubre de 2013	176
Figura 3. 30- Litología de San Salvador y Puntos de Laboratorio.....	187
Figura 3. 31- Litología del departamento de San Salvador	188
Figura 3. 32- Edad del Suelo de San Salvador	189
Figura 3. 33- Formación de Suelo de San Salvador	190
Figura 3. 34- Litología de Chalatenango y Puntos de Laboratorio	191
Figura 3. 35- Leyenda de Litología del Departamento de Chalatenan.....	192
Figura 3. 36- Edad del Suelo del Departamento de Chalatenango.....	193
Figura 3. 37- Formación del Departamento de Chalatenango	194
Figura 3. 38- Litología de La Libertad y Puntos de Laboratorio	195
Figura 3. 39- Leyenda de Litología del Departamento de La Libertad	196
Figura 3. 40- Edad del Suelo del Departamento de La Libertad	197
Figura 3. 41- Formación del Suelo del Departamento de La Libertad.....	198
Figura 3. 42- Litología de San Miguel y Puntos de Laboratorio	199
Figura 3. 43- Litología del Departamento de San Miguel	200
Figura 3. 44- Edad del Suelo del Departamento de San Miguel	201
Figura 3. 45- Formación del Suelo del Departamento de San Miguel.....	202
Figura 3. 46- Litología de Santa Ana y Puntos de Laboratorio	203

Figura 3. 47- Litología del Departamento de Santa Ana	204
Figura 3. 48- Edad y Formacion del Departamento de Santa Ana.....	205
Figura 3. 49- Edad del Suelo del Departamento de Santa Ana	206
Figura 3. 50- Litología del Departamento de Sonsonate.....	207
Figura 3. 51- Edad del Suelo del Departamento de Sonsonate	208
Figura 3. 52- Formación del Suelo del Departamento de Sonsonate	209
Figura 3. 53- Tipo de suelo para el departamento de La Libertad	210
Figura 3. 54- Tipo de suelo para el departamento de Chalatenango	211
Figura 3. 55- Tipo de suelo para el departamento de San Miguel	212
Figura 3. 56- Tipo de suelo para el departamento de San Salvador.....	213
Figura 3. 57- Tipo de suelo para el departamento de Sonsonate	214
Figura 3. 58- Tipo de suelo para el departamento de Santa Ana	215
Figura 3. 59- Tipo de Cobertura Vegetal en San Salvador	216
Figura 3. 60- Leyenda de Tipo de Cobertura Vegetal en San Salvador.....	217
Figura 3. 61- Tipo de Cobertura Vegetal en Chalatenango	218
Figura 3. 62- Tipo de Cobertura Vegetal en La Libertad	219
Figura 3. 63- Cobertura Vegetal en San Miguel.....	220
Figura 3. 64- Leyenda del Tipo de Cobertura Vegetal en San Miguel	221
Figura 3. 65- Tipo de Cobertura Vegetal en Santa Ana	222
Figura 3. 66- Tipo de Cobertura Vegetal en Santa Ana	223
Figura 3. 67- Tipo de Cobertura Vegetal en Sonsonate.....	224
Figura 3. 68- Altitud del Departamento de San Salvador.....	226
Figura 3. 69- Altitud del Departamento de Chalatenango	227
Figura 3. 70- Altitud del Departamento de La Libertad	228
Figura 3. 71- Altitud del Departamento de San Miguel	229
Figura 3. 72- Altitud del Departamento de Santa Ana.....	230
Figura 3. 73- Altitud del Departamento de Sonsonate	231
Figura 3. 74- Mapa de Evapotranspiración Anual año 2013.....	232

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DEL CASO PUNTUAL

Figura 4. 1- Ilustración de puntos a muestrear de microcuenca Fuente Google Earth	239
Figura 4. 2- Ubicación de microcuenca Arenal de Mejicanos ubicando el río San Antonio del departamento de San Salvador.	240
Figura 4. 3- Imagen de distribución espacial de lluvia máxima del día 24 de septiembre de 2014, precipitación 10 mm en microcuenca Arenal de Mejicanos.....	242
Figura 4. 4- Imagen de lluvia estimada por el satélite del CAFFG para día 24 de septiembre 2014, 75.51mm para cuenca 2008201938.....	244
Figura 4. 5- Mapa de humedad ASM (92%) del sistema CAFFG día 24 septiembre de 2014.	250
Figura 4. 6- Puntos de muestreo de humedad del suelo en microcuenca Arenal de Mejicanos.....	251
Figura 4. 7- Determinación de contenidos de humedad bajo norma ASTM D4959	252
Figura 4. 8- Tipo de suelo de San Salvador y de la microcuenca Arenal de Mejicanos.....	260
Figura 4. 9- Geología de microcuenca Arenal de Mejicanos: formación de San Salvador.....	261
Figura 4. 10- Geología de microcuenca Arenal de Mejicanos: edad (Holoceno)	262
Figura 4. 11- Textura de suelos de El Salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos.....	263
Figura 4. 12- Profundidad de suelos de El Salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos	264
Figura 4. 13- Pendientes de suelos de El Salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos	265

Figura 4. 14- Erosión de suelos de el salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos.....	266
Figura 4. 15- Drenaje de suelos de el salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos.....	267
Figura 4. 16- Uso de suelo en área comprendida la microcuenca Arenal de Mejicanos.....	268
Figura 4. 17- Vegetación de microcuenca arenal tramo comprendido dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador.....	269
Figura 4. 18- Imagen de vegetación ubicando el punto en estudio fuente shapefile de vegetación de El Salvador.....	270
Figura 4. 19- Imagen de elevación de microcuenca Arenal de Mejicanos.....	271
Figura 4. 20- Imagen de interpolación de datos de evapotranspiración mes de septiembre del año 2014	274

INDICE DE TABLAS

CAPITULO III: VALIDACIÓN DEL MODELO HUMEDAD DEL SUELO

Tabla 3. 1-Tabla resumen de región A.....	126
Tabla 3. 2- Tabla resumen de región B.....	130
Tabla 3. 3- Tabla resumen de región C	135
Tabla 3. 4- Tabla resumen de región D	139
Tabla 3. 5- Tabla resumen de región E.....	144
Tabla 3. 6- Tabla resumen de región F.....	148
Tabla 3. 7- Tabla resumen de región G	152
Tabla 3. 8- Tabla resumen de región H	156
Tabla 3. 9- Tabla resumen de región I.....	161
Tabla 3. 10- Tabla resumen de región J.....	165
Tabla 3. 11- Tabla resumen de región k.....	169

Tabla 3. 12- Fuente Plan Invernal De Protección Civil Concepción Quezaltepeque	172
Tabla 3. 13- Fuente Plan Invernal De Protección Civil Concepción Quezaltepeque	172
Tabla 3. 14- Resumen de datos.....	175
Tabla 3. 15- Datos de Laboratorio (VER ANEXO)	176
Tabla 3. 16- Datos de Laboratorio con sus coordenadas	177
Tabla 3. 17- Datos de Humedad.....	178
Tabla 3. 18- Datos de Lluvia registrada	181
Tabla 3. 19- Resumen de Análisis Estadístico.....	186
Tabla 3. 20- Descripción obtenida de El Mapa de Cobertura Vegetal	225
Tabla 3. 21- Elevaciones para cada punto de Laboratorio.....	226
Tabla 3. 22- Elevaciones para cada punto de Laboratorio.....	227
Tabla 3. 23- Elevaciones para cada punto de Laboratorio.....	228
Tabla 3. 24- Elevaciones para cada punto de Laboratorio.....	229
Tabla 3. 25- Elevaciones para cada punto de Laboratorio.....	230
Tabla 3. 26- Elevaciones para cada punto de Laboratorio.....	231
Tabla 3. 27- Datos de Evapotranspiración para los puntos de laboratorio.....	232

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DEL CASO PUNTUAL

Tabla 4- 1-Tabla resumen de microcuenca Arenal De Mejicanos.....	241
Tabla 4- 2- Contenidos de humedad en campo del 24 de septiembre de 2014	253
Tabla 4- 3- Tabla resumen de la estadística descriptiva de los valores de diferencia entre ASM y los registros de humedad de campo de la microcuenca Arenal de Mejicanos.	258

Tabla 4- 4- Tabla resumen de información proporcionada por mapas de geología, vegetación, pedología, curvas, evapotranspiración tipo y uso de suelos.....	275
Tabla 4- 5- Tabla resumen de información obtenida en zona de estudio	275

INDICE DE GRAFICOS

CAPITULO III: VALIDACIÓN DEL MODELO HUMEDAD DEL SUELO

Grafico 3. 1- Datos de Humedad de suelo.....	179
Grafico 3. 2- Diferencia de valores de Humedad de Suelo	180
Grafico 3. 3- Datos de lluvia.....	182
Grafico 3. 4- Diferencia de valores de Precipitación	183

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DEL CASO PUNTUAL

Grafico 4. 1- MAP vrs lluvia espacial registrada por estaciones para los días descritos sección 4.1.2	245
Grafico 4. 2- Comparación de lluvia espacial de estaciones y el MAP	247
Grafico 4. 3- ASM vrs humedad de campo registradas para los días descritos sección 4.1.2.....	254
Grafico 4. 4- Comparación de humedad del suelo obtenida en campo y estimada por el ASM.....	255
Grafico 4. 5- Diferencia de humedad del suelo registrado en campo y ASM..	256

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Ante **fenómenos** naturales que representan amenaza y la vulnerabilidad existente en el territorio, la carrera de ingeniería civil le apuesta a realizar investigaciones que ayuden a minimizar los impactos que estos generan, por lo cual son de suma importancia las investigaciones que aporten a las diferentes entidades de alerta temprana para mejorar la calidad de información que estos manejan, surgiendo así el desarrollo del trabajo de graduación “EVALUACION DEL MODELO DE HUMEDAD DEL SUELO DEL SISTEMA GUIA DE INUNDACIONES PRODUCIDAS POR CRECIDAS REPENTINAS”.

El presente documento se enfoca en evaluar el modelo de humedad del suelo, el cual es la parte principal del Sistema Guia de Crecidas Repentinas, para Centroamérica (CAFFG, por sus siglas en Inglés), siendo este importante ya que en El Salvador este sistema es uno de los utilizados para alerta temprana.

En la investigación se pretende hacer comparaciones de humedades estimadas por el sistema CAFFG y valores de humedad obtenidos en campo, determinadas mediante pruebas de laboratorio. Con dichos valores se realizará un análisis comparativo de los mismos, lo cual permitirá sustentar la aportación de datos del CAFFG. Los datos provistos por el sistema son obtenidos por medio de estimaciones con base histórica y estadística.

La aportación de datos de humedad del suelo (Sociedad Americana Meteorológica, ASM) del sistema CAFFG, tiene como base teórica el Modelo

Sacramento (Sacramento- Soil Moisture Accounting, SAC-SMA), éstos son aportados cada 6 horas; sin embargo, para el presente estudio, el análisis se realizara cada 12 horas. De acuerdo a evaluación preliminar, los valores que se tomaran en cuenta son los aportados por el programa a las 00:00 y 12:00 UTC (tiempo universal coordinado) siendo estas las (6:00pm y 6:00am hora local).

Se ha establecido hacer las pruebas de campo en la microcuenca del Arenal Mejicanos en el tramo comprendido dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador, que pertenece a la cuenca del río Acelhuate. Entre las pruebas estimadas a realizar se incluirán: muestreos mediante pruebas de penetración estándar (SPT), análisis granulométrico de las muestras, índice de plasticidad y la permeabilidad del suelo. Así mismo se analizaran datos provistos por empresas de laboratorios de suelo los cuales nos permitirán conocer la variación de los parámetros físicos en diferentes zonas del país y para distintos tipos de suelo.

El trabajo de graduación se desarrollará en diferentes capítulos, iniciando con información general del tema, el marco teórico, antecedentes de crecidas repentinas y características de los suelos del país.

Mediante los ensayos de laboratorio se obtendrán datos que ayuden a generar conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

1.2 ANTECEDENTES

En el Salvador las inundaciones causadas por exceso de lluvia son un problema recurrente; riesgo que en muchos casos se vuelven catastróficos. Las inundaciones y muertes debido a este tipo de crecidas repentinas en El Salvador, se han dado con mayor frecuencia. Actualmente se cuenta con un registro recopilado a partir del año de 1980 por documentos de prensa, y estos se encuentran disponible en la página web del Servicio Nacional de Estudios Territoriales, actualmente Dirección General del Observatorio Ambiental.

Una de las causas principales de las inundaciones es el incremento sustancial de la precipitación fluvial; en muchos casos, este incremento es causado por la presencia de huracanes, tormentas o ciclones tropicales que en forma recurrente se presentan en la región centroamericana. Cuando la escorrentía de una cuenca aumenta en forma considerable entonces se produce una inundación; esta situación, a su vez, se da por la combinación de factores climáticos y fisiográficos presentes en una cuenca hidrográfica.

Algunos factores que afectan la escorrentía de una cuenca son:

Factores climáticos:

- Precipitación, intercepción, evaporación, transpiración.

Factores Fisiográficos:

- Características de la Cuenca según (tamaño, forma, pendiente); y características físicas.

A continuación se conocerán cada uno de los factores que influyen en estas inundaciones de forma general.

VEGETACION: La vegetación en el territorio nacional varía dependiendo de las condiciones climáticas de cada zona, constituyéndose por bosques húmedos tropicales y subtropicales, en los cuales existe una diversidad árboles y plantas. Entre los arboles más predominantes se encuentran madre cacao, níspero, ceiba, roble, cedro, pino, pepeto, ojushte, manzana rosa, cipres, laurel, capulín del monte, caulote, aceituno y morro.

Entre las diversidades de cultivo tenemos: Maíz. Frijol, arroz, café, hortalizas y pastizales, variando así por cada departamento.

RELIEVE: El relieve actual es producto de los movimientos orogénicos, así como de la actividad volcánica durante su historia geológica. Estos procesos dinámicos naturales han dado origen a la diversidad de unidades geomorfológicas del país. Alrededor del 13 % del total del territorio, está conformado por planicies costeras, el 49% por áreas montañosas, y el 38 % consiste en zonas de relieve bajos, pequeñas lomas y valles.

CLIMA: En el país se distinguen dos temporadas climáticas, la época seca y la época lluviosa con sus respectivos periodos de transición. La primera, se presenta entre los meses de noviembre a abril y la segunda de mayo a octubre con un intervalo de reducción de las lluvias ente julio y agosto llamado canícula. El mes más lluvioso es septiembre, seguido por el mes de junio. Los tipos de lluvia que se presentan son de origen: orográfico, convectivo y ciclónico. La precipitación orográfica se origina en la zona de barlovento de las cadenas montañosas del norte y costera.



Figura 1. 1- Precipitación Orográfica

La precipitación convectiva se genera debido al calentamiento de masa de aire lo que origina precipitaciones fuertes y rápidas generalmente en horas de la tarde, especialmente en los primeros meses de la época lluviosa.



Figura 1. 2- Precipitación Convectiva

Las precipitaciones ciclónicas son originadas por sistemas atmosféricos como ondas tropicales, bajas presiones y vaguadas, así como por la influencia o acercamiento de la zona de convergencia intertropical, que afectan al país especialmente en los últimos meses de la época lluviosa, generando temporales de varios días consecutivos. Por otro lado, el país es afectado periódicamente por el fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (ENOS).

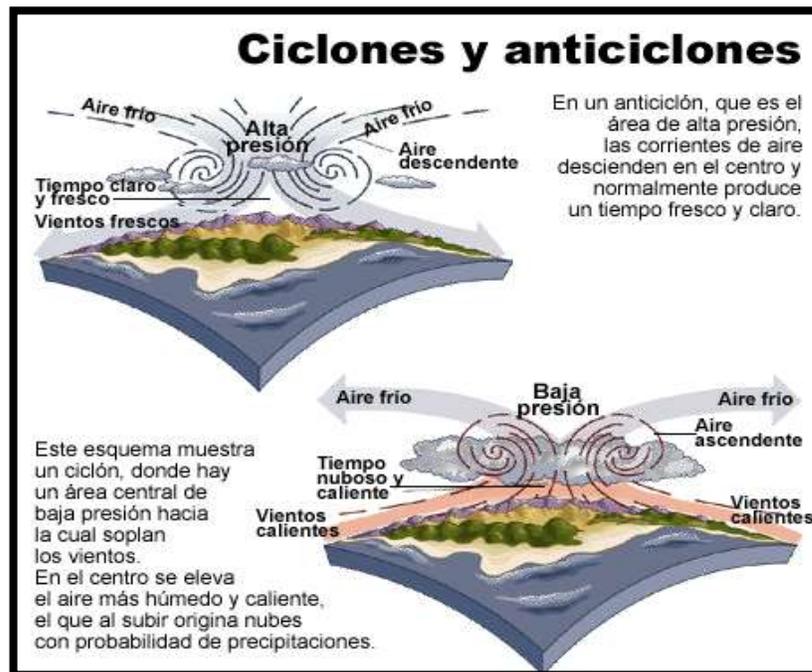


Figura 1. 3- Precipitación Ciclónica

De acuerdo a la base histórica de inundaciones del Observatorio Ambiental, desde los años 90 al presente año los problemas producidos por crecidas se presentan con mayor recurrencia cuando las intensidades debido a precipitaciones rondan alrededor de un promedio de 50 milímetros por hora, no generalizando este valor, porque las inundaciones dependen de muchos factores, tanto físicos (infraestructura del alcantarillado), Humedad del suelo, tamaño del cauce, y otros factores como cantidad poblacional etc., también se toman en cuenta los factores meteorológicos y es por ello que en muchas ocasiones, precipitaciones menores a la establecida anteriormente han generado inundaciones ocasionando graves daños.

La humedad en el Territorio Nacional depende del tipo de suelo que exista en cada cuenca, generalmente es tomada como promedios del suelo predominante.

MODELO HUMEDAD DE SUELO

El Modelo Sacramento (Sacramento- Soil Moisture Accounting, SAC-SMA), es un modelo de simulación continua desarrollado originalmente por el Centro Federal y Estatal de Proyectos de Río, el Servicio Meteorológico Nacional, y el Departamento de Estado de California de Recursos Hídricos. Su versión original, titulada Sistema de Simulación de Corriente de Flujo Generalizada, data de 1973. Una versión apenas modificada del modelo fue incorporada en el Sistema de Proyectos de Ríos del Servicio Meteorológico Nacional en 1976.

Este modelo es un sistema paramétrico conceptual que puede ser usado para simular la porción de escorrentía del ciclo hidrológico. El sistema consiste de un conjunto de parámetros para representar los procesos hidrológicos de percolación, almacenaje- humedad de suelo, drenaje, y características de evapotranspiración. El cálculo del escurrimiento de la lluvia depende de un procedimiento de conteo de suelo-humedad, por ello el nombre Modelo Sacramento de conteo suelo-humedad.

En vista de las constantes crecidas que se estaban presentando en nuestro país y a raíz del Huracán Mitch, ocurrido en octubre de 1998 y en función de los

incesantes desastres que Centroamérica estaba sufriendo debido a las precipitaciones, el Centro de Evaluación Hidrológica de los Estados Unidos desarrolló un programa regional denominado “Guía para Inundaciones Producidas por Crecidas Repentinas en Centroamérica” (Central América Flash Flood Guidance, CAFFG).

El sistema fue diseñado para producir la información sobre las inundaciones en tiempo real, relevante para los siete países de América Central con una resolución espacial de 130 km². El sistema CAFFG utiliza estimaciones de la precipitación y la telemetría por satélite en el lugar de las observaciones del indicador de lluvia, tanto en tiempo real, como cada 1, 3 y 6 horas las estimaciones de la precipitación media real; cada 6 horas estimaciones de humedad del suelo, y cada 1, 3 y 6 horas de estimación de crecidas repentinas, además se encuentra basado en los diferentes modelos como lo son:

Modelo de Humedad del suelo, que se basa en el SACSMA, el cual tiene como base teórica del Modelo Sacramento, Modelo de Umbral de Escorrentía, Modelo de la Guía de Inundaciones Repentinas.

Inicialmente el sistema funcionaba por medio de dos servidores que se instalaron en Costa Rica en junio del 2004, por el personal del Centro de Investigación Hidrológica (HRC) de San Diego, California y del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica. Los mismos fueron reemplazados

en el 2007 por otros con mayor capacidad de almacenaje y con más velocidad. Estos operan como un sistema de guía regional, recolectando y produciendo información para cada país del área centroamericana. Se reemplazaron y actualizaron los servidores del CAFFG, tanto el Servidor Computacional y el Servidor de Difusión del IMN de San José Costa Rica, además de la actualización de las delimitaciones de cuenca con un mayor nivel de resolución.

Actualmente se tienen disponibles en tiempo real, datos de lluvias y meteorológicos de la superficie de la región. Se implementa la prevención de precipitaciones a partir la Investigación del Modelo de Previsión Meteorológica (Weather Research Forecasting, WRF), modelos numéricos de mesoescala, en la predicción del tiempo en el CAFFG. Instalando el servidor WRF en El Salvador, en La Dirección del Observatorio Ambiental.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En El Salvador el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha determinado que para emitir alertas tempranas producidas por inundaciones por crecidas repentinas, es necesario implementar sistemas que funcionen adecuadamente mediante eventos de lluvia que exceden la capacidad de infiltración del suelo, por lo que surgió la necesidad de implementar el sistema Guía para Inundaciones Producidas por Crecidas Repentinas en Centroamérica CAFFG, este sistema de alerta temprana permite conocer las cuencas hidrográficas de América Central que podrán estar en peligro de inundación ante un evento hidrometeorológico extremo, con un tiempo de anticipación de varias horas. La guía de crecida CAFFG está conformada por tres componentes: Modelo de humedad del suelo, el Modelo del Umbral de Escorrentía y el Modelo Guía de Inundaciones Repentinas.

El CAFFG tiene como función principal el Modelo de Humedad del suelo SAC SMA, por lo cual se recomendó realizar la evaluación de este modelo en el documento de investigación denominado “EVALUACIÓN DEL SISTEMA GUÍA PARA INUNDACIONES PRODUCIDAS POR CRECIDAS REPENTINAS EN AMÉRICA CENTRAL, CAFFG, PARA EVENTOS EXTREMOS EN EL SALVADOR”, se realizaran comparaciones entre los datos registrados por el sistema CAFFG y sondeos realizados en una microcuenca piloto tomando como base teórica del modelo de humedad del Suelo (SAC SMA).

Ensayos que se utilizaran para analizar la microcuenca piloto:

- Método de Ensayo Estándar para la Prueba de Penetración y muestreo de suelo con barreno partido (Basado en Norma ASTM D1586-99, SPT)
- Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos (BASADA EN ASTM 4318-00).
- Prueba para determinar la permeabilidad de suelo.

Para ayudar a la planificación y toma de decisiones de las alertas tempranas, se tomara en cuenta una proyección de valores promedios a corto y largo plazo de una estimación de la humedad del suelo para las cuencas hidrológicas; analizará el comportamiento de la variación de la humedad del suelo a cada 12 horas, día a día, días consecutivos, datos de humedad en campo, datos de precipitación de lluvia registrado por las estaciones telemétricas y automáticas, con el uso y tipo de suelo, el relieve del país, la cobertura vegetal y utilizando el mapa de evapotranspiración mensual; analizando estas condiciones podremos tener un estimado de cómo varía la humedad del suelo.

Realizando una estimación tanto histórica, real y proyectada, tomando un promedio de datos registrados a una profundidad de 30 cm de la superficie del suelo de las cuencas hidrológicas. Para lo cual se realizara un estudio de un caso en específico al cual se realizaran observaciones antes mencionadas para poder cuantificar los valores de variabilidad del comportamiento de la humedad suelo ante estas situaciones.

El modelo de humedad de suelo es de importancia ya que con el reproduciremos las características importantes del ciclo de precipitación y su variabilidad aun en casos extremos; siendo esto lo más importante de nuestro estudio y poder generar alertas tempranas y así poder prevenir a tiempo algún desastre que afecte a la población.

1.4 OBJETIVOS

1.4.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el Modelo de Humedad del suelo del Sistema Guía de Inundaciones producidas por crecidas repentinas, con el propósito de mejorar las alertas a la población.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Recolectar mediante ensayo estándar para la prueba de penetración, contenidos de humedad en campo.
- ✓ Establecer la varianza entre el Modelo Sacramento basado en datos del CAFFG y el Modelo Sacramento utilizando los resultados obtenidos en campo.
- ✓ Seleccionar casos reales de lluvias registradas por estaciones meteorológicas que permitan realizar el estudio del comportamiento de la humedad del suelo.
- ✓ Recolectar datos registrados por el hidroestimador y los datos obtenidos en campo para realizar un análisis estadístico.
- ✓ Elaborar un estudio comparativo de datos del SACSMA y los datos mensuales de la evapotranspiración.

- ✓ Recolectar los datos de humedad del suelo, obtenidos de los ensayos realizados por algunas empresas de laboratorio de suelo y materiales en el país, para hacer un análisis de su comportamiento en dicha zonas.
- ✓ Hacer un muestreo del suelo de la cuenca en estudio y un análisis teórico del uso de suelo, geológico, relieve del país; con el cual se realizaran conclusiones más detalladas del comportamiento de la humedad del suelo en el país.

1.5 ALCANCES

La utilización del Modelo de Humedad Del Suelo mediante el sistema guía de inundaciones producidas por crecidas repentinas, posee una amplia área en estudio ya que abarca todo el Territorio Nacional y Centroamericano, debido a que el sistema proporciona valores medios, generales para las diferentes cuencas y sub-cuencas del país y a nivel Centroamericano, se analizará la microcuenca Arenal de Mejicanos en el tramo comprendido dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador, que pertenece a la cuenca del río Acelhuate, ubicada en el Municipio de Mejicanos del Departamento de San Salvador, El Salvador.

Para poder obtener datos más precisos, se realizaran estudios al suelo referente al área a evaluar, para poder determinar los parámetros físicos correspondientes al suelo, que nos permitan hacer un análisis a fondo con las variables en las cuales se basa el modelo, con el objetivo de hacer una comparación física versus estimada de acuerdo al modelo en estudio.

Se tomará en cuenta la base de datos del Hidroestimador o estimador de lluvia, el Modelo de Humedad de suelo y el modelo de pronóstico de lluvia para dos fenómenos aislados y dos fenómenos continuos, así como también se tomará en cuenta la base de datos histórica para generar un mejor análisis y una mejor proyección de los mismos, obtenidos de la base de datos (DBF) de precipitación

y humedad de suelo en los cuales se basa el CAFFG y estos se someterán a estudio para compararlos con los datos obtenidos en campo generando un análisis más completo.

Se obtendrán los datos presentes y pasados de evapotranspiración de forma mensual para poder realizar la comparación con el modelo que utiliza el CAFFG en este caso el ASM, con el objetivo de poder efectuar el estudio correspondiente del modelo. Sumado a ello los datos obtenidos de forma física en campo y datos estadísticos de los años 2011, 2012, 2013 y el presente año proporcionados por el CAFFG.

Se tomaran en cuenta los datos de cultivo del suelo, datos demográficos, geología, relieve y uso de suelo con la finalidad de obtener datos más precisos de valores de humedad, resultados de análisis de laboratorios de muestras de campo y datos proporcionados por laboratorios particulares, para compararlo con los valores estimados por el CAFFG.

1.6 LIMITACIONES

- Esta investigación se realizará en la época lluviosa debido a que los niveles de humedad son mayores en relación a la época seca del país.
- La siguiente investigación trabajará con datos humedad, lluvia y evapotranspiración siendo estos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturaleza partir del 23 agosto del año 2011 al 2014 ya que a partir de esa fecha se cuenta con registros de estos datos.
- El análisis de evapotranspiración se realizará de forma mensual ya que la variación entre día a día es casi nula.
- La investigación se limita a realizar pruebas de campo a la microcuenca del Arenal Mejicanos en el tramo ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador, dicha microcuenca pertenece a la cuenca del río Acelhuate, limitándose así debido al amplio estudio que representa el analizar todas las cuencas del país.
- Se realizará un análisis de tipo de suelo y humedad en algunas zonas del país limitándose así a la información que los laboratorios nos proporcionen.
- La humedad que el sistema CAFFG proporciona será analizada a las 00:00 y 12:00 UTC (tiempo universal coordinado) se analizara en dichas horas debido a la variación en las horas intermedias no son significativas.

- La investigación tiene la limitación en la obtención de contenidos de humedad en campo ya que estos se realizaran en zonas puntuales a diferencia de la humedad que el sistema CAFFG proporciona es cual es distribuido en el área.

1.7 JUSTIFICACION

El realizar el estudio del Modelo de Humedad del Suelo (SACSMA) se deriva de la importancia que este modelo tienen en el CAFFG, debido a que es la herramienta esencial del sistema, y para ello es de importancia verificar los parámetros que se utilizan para modelar la humedad del suelo, así como la escorrentía superficial, los datos espaciales del terreno (uso de suelo y cobertura de este), tomando también en consideración la evapotranspiración, permeabilidad o percolación del terreno, características que son incluidas en el modelo SACSMA. Sin embargo es necesario realizar un estudio minucioso a fin de poder determinar su eficiencia en cuanto al valor que arroja el sistema CAFFG debido a que dicho valor, es un valor promedio o un valor medio de humedad de suelo, que el sistema calcula a partir del material predominante y humedad predominante en la cuenca o sub-cuenca, lo cual no garantiza poder establecer un valor real sino un valor aproximado, es por ello que con este estudio se pretende establecer una validación del sistema, comparada con datos obtenidos en campo por medio de ensayos y estudios realizados a partir de datos estadísticos, con lo que se pretende establecer una varianza entre el sistema CAFFG y los datos físicos sometidos a estudio para poder generar un rango en el que puedan establecer alertas tempranas con mayor confiabilidad que es la razón principal por la que se requiere el trabajo de investigación.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 CONDICIONES LOCALES EN EL SALVADOR

2.1.1 ANTECEDENTES DE INUNDACIONES POR CRECIDAS REPENTINAS EN EL PAIS

En el Salvador las inundaciones causadas por exceso de lluvia son un problema recurrente en el país. Una de las causas principales de las inundaciones es el incremento sustancial de la precipitación fluvial; en muchos casos, este incremento es causado por la presencia de huracanes y tormentas o ciclones tropicales que en forma recurrente se presentan en la región centroamericana. Cuando la escorrentía de una cuenca aumenta en forma considerable entonces se produce una inundación; esta situación, a su vez, se da por la combinación de factores climáticos y fisiográficos presentes en una cuenca hidrográfica.

Algunos factores que afectan la escorrentía de una cuenca son:

Factores climáticos: precipitación según (forma, intensidad, duración, distribución, humedad del suelo); intercepción según (tipo de vegetación, composición, edad y densidad de los estratos, estación del año); Evaporación según (temperatura, viento, presión atmosférica y forma de la superficie de evaporación); transpiración según la (temperatura, radiación solar, viento, humedad y vegetación).

Factores Fisiográficos: Características de la Cuenca según (tamaño, forma, pendiente); características físicas según (características del suelo, topografía del terreno, presencia de cuerpos de agua).

Los **factores de lluvia** no son afectados directamente por los procesos de urbanización, pero si influyen muchísimo en la generación de una inundación en cuencas pequeñas. Una lluvia más intensa (mm de lluvia por unidad de tiempo) concentra una mayor cantidad de agua en el suelo, y si la tasa de infiltración en el suelo o la velocidad de escurrimiento a los drenajes, es menor que la intensidad de la lluvia, se comienza a generar más cantidad de agua en los drenajes, desbordándolos y produciendo inundaciones.

Los cambios a nivel global están afectando los patrones de comportamiento de las lluvias en distribución temporal y espacial, incrementándose la frecuencia e intensidad de los extremos y produciéndose tormentas altamente convectivas.

En lo que respecta a los **factores de la cuenca** que pueden alterar el ciclo hidrológico y alterar los patrones de escorrentía generando mayor amenaza de inundación, básicamente es el uso del suelo, el factor clave. Cuando se reduce la cobertura vegetal el flujo de agua fluye más rápido lo cual hace que las tasas de infiltración sean mucho más lentas que la intensidad de la lluvia, lo cual genera mayor escurrimiento superficial y por lo tanto mayor cantidad de agua que pueda desbordar la capacidad de los drenajes.

Tipos de inundaciones en El Salvador

Los tipos de inundación que se genera en un territorio específico, depende del tamaño de la cuenca de recogimiento, su capacidad de respuesta, y del tipo de

evento hidrometeorológico que lo genera. En El Salvador se distinguen las siguientes:

- Inundaciones en cuenca baja de ríos medianos y grandes: Ocasionada por temporales, eventos hidrometeorológicos como Huracanes, principalmente en los meses de septiembre y octubre.
- Inundaciones en cuencas de respuesta rápida: Ocasionadas por precipitaciones altamente convectivas, intensas y localizadas, de 2 a 3 horas de duración, con ocurrencia principalmente en los meses de mayo y junio.
- Inundaciones en cuencas urbanas: También ocasionadas por precipitaciones altamente convectivas, la problemática es generada por deficiencias y limitaciones en el sistema de drenaje urbano, obras sin control en cauces de ríos y quebradas, basura en las quebradas y por supuesto, incremento de escorrentía por la impermeabilización de la cuenca alta.

Inundaciones en zonas urbanas

Las inundaciones urbanas pueden ser ocasionadas por:

- ✓ Drenaje urbano: la urbanización aumenta los caudales naturales debido a impermeabilización y la canalización del escurrimiento superficial. Aumenta

la frecuencia y la magnitud de las inundaciones. Ejemplo, colapso del drenaje del Arenal Montserrat que inunda las zonas aledañas.

- ✓ Inundación Ribereña: Inundaciones ocasionadas por la ocupación del cauce natural del río y de su planicie natural de inundación, esta zona es ocupada por la población durante períodos secos y durante las épocas lluviosas o los años húmedos, se ven inundados.
- ✓ Intervenciones en el Drenaje: Construcciones de obras en el cauce del río, tales como muros, diques, obras de paso que no han sido adecuadamente diseñadas. Ejemplo: Inundaciones de la Colonia Costa Rica por la construcción de muros en el cauce del río ISNA.
- ✓ Flujos de lodo por desprendimiento en zonas más altas. Ejemplo: Flujo de lodo que afecto viviendas en Caserío Istmapa y Colonia Los Ángeles.

Dada la frecuencia y gravedad con que se presentan las inundaciones en el país, se han realizado estudios que identifican las zonas que en forma recurrente se ven afectadas, dichos estudios señalan al área metropolitana de San Salvador, a la zona media y baja del río Lempa y las zonas media y baja del río Grande de San Miguel, las cuales con son las de mayor ocurrencia.

✓ Inundaciones en las zonas media y baja del río Lempa:

La zona media del bajo lempa se encuentra entre el Cerron Grande y la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, en donde el río Acahupa se une con el Lempa y se ubica en la zona limítrofe de los departamentos de San Vicente y Usulután.

La zona baja se localiza en la desembocadura del río en el océano pacifico y comprende parte de los departamentos de la Paz, San Vicente y Usulután. De acuerdo a los estudios realizados por el PNUD/GOES, acá es donde se presentan las inundaciones más importantes del país. Esta zona presenta similares condiciones topográficas a la del Lempa Acahuapa, pero además el suelo es altamente erosionable. Adicionalmente y quizás uno de los factores principales, el control del caudal circulante del río, ya que recibe afluencias de ríos muy importantes como el Torola, Mocal y Guarajambala.

✓ Inundaciones en las zonas media y baja del río Grande de San Miguel:

En su recorrido, el río Grande de San Miguel, pasa por los departamentos de San Miguel y Usulután, en estos departamentos se han identificado varias zonas críticas que se ven afectadas por inundaciones recurrentes, estas son, la Llanura de Olomega, El Transito, Concepción Batres, San Dionisio y Puerto parada. Ubicadas estas últimas en la zona de esteros donde desemboca el río. En estas zonas también se encuentran relieves planos, un material constituido por aluviones. El problema de inundaciones en la Llanura de Olomega se

presenta porque además de recibir descargar hídricas muy grandes, prácticamente solo tiene un desagüe: el desfiladero El Delirio. En la zona de esteros, además de los problemas edáficos y fisiográficos, el sistema de mareas altas que se produce en el país complica la situación, ya que estas, muchas veces dificultan la salida de agua del río al mar.

Los eventos hidrometeorológicos que más han marcado al territorio nacional:

Huracán FIFI

En 1974 El huracán Fifi dejó, principalmente, daños en la infraestructura vial y productiva. Provocó grandes inundaciones en el Bajo Lempa, resultando esta zona como una de las más afectadas. Muchas poblaciones costeras, casas, ranchos, embarcaciones artesanales y pequeños negocios fueron arrasados por las precipitaciones. Igual suerte corrieron los habitantes de las riberas del río Acelguate en la capital. La estación de Intipuca ubicada en el departamento de La Unión registro una precipitación máxima de 461 mm en un lapso de tiempo de 96 horas. El valor de precipitación máximo en 24horas es de 299 mm para la fecha 20 de septiembre de ese año.



Figura 2. 1- Esquema ilustrativo de la trayectoria del huracán FIFI

Huracán Mitch

En el año de 1998 esta tormenta tropical la cual en un lapso de tiempo de dos días se transformó en huracán ocasiono muchos desastres en el territorio nacional contabilizándose 240 muertos, 84,005 damnificados, 10,372 viviendas y 326 centros educativos afectados. Valor de precipitación registrado por la estación Finca Santa Adelaida ubicada en el departamento de Sonsonate fue de 861 mm durante un periodo de tiempo de 168 horas, dando como resultado un valor de precipitación máximo en 24 horas de 375 mm para la fecha 1 de Noviembre de ese año.



Figura 2. 2- Imágenes ilustrativas de huracán Mitch

Tormenta Stan

Cinco años más tarde de desastre provocado por el Huracán Mitch el país fue afectado por la tormenta tropical llamada "Stan". Durante la primera semana del mes de octubre, esta tormenta afectó amplias zonas del país y provocó inundaciones, deslizamientos y formaciones de cárcavas. Fueron tres días de intensas lluvias que provocaron que dos municipios del gran San Salvador

quedaran incomunicados a raíz de los hundimientos de las calles principales. Se trata de Panchimalco al sur de la capital y de Apulo al oriente del país.

El valor de precipitación máximo acumulado para 144 horas fue registrado por la estación los naranjos ubicada en el departamento de Sonsonate fue de 765mm. Valor acumulado para 24 horas el día 5 de octubre de dicho año fue de 320 mm.



Figura 2. 3- Imágenes de tormenta tropical Stan

Tormenta y baja presión del pacifico Ida

En 2009, los días 7 y 8 de noviembre, las intensas lluvias que cayeron en el país también provocaron desastres. Ida se formó a causa de las bajas presiones en el océano Pacífico y dejó 184 muertos y más de 14,000 damnificados en todo el territorio nacional. Además, miles de personas incomunicadas debido a que las fuertes correntadas que cortaron calles,

puentes y caminos. Valor de precipitación máximo acumulado para 72 horas fue de 483 mm, registrado por la estación San Vicente ubicada en el departamento de San Vicente. Precipitación Máximo para 24 horas fue de 355 mm para el día 8 de noviembre de ese año.



Figura 2. 4- Imágenes del origen del huracán Ida y desastres que esta causo

Depresión tropical 12 E

Entre las tragedias más recientes debido a las lluvias se cuenta la depresión tropical 12 E, que azotó al país en octubre de 2011. Es el evento más grande del que se tenga registro en el país, según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Dicho fenómeno se generó el 9 de ese mes al suroeste de Guatemala, tres días después tocó tierra y se debilitó, pero sus remanentes mantuvieron el clima inestable por 10 días. Durante ese período se contabilizaron 35 muertos, 31 lesionados, 59,854 personas evacuadas en 160 comunidades evacuadas.

Dada la frecuencia y gravedad con que se presentan las inundaciones en el país, se han realizado estudios que identifican las zonas que en forma más ocurrenciente se ven afectadas, dichos estudios señalan el área metropolitana de San Salvador; a la zona media baja de los ríos Lempa y las zonas media y baja del río Grande de San Miguel. Valor de precipitación máxima acumulada para 240 horas fue de 1513 mm, registrada por la estación de Huizúcar ubicada en el departamento de La Libertad. Máximo valor de precipitación para 24 horas es de 407 mm para 24 horas registrado por la estación Los Naranjos el día 12 de Octubre de ese año.



Figura 2. 5- Fuente de imagen satelital observatorio Ambiental de la tormenta 12 E y los estragos causados por esta

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO

El cambio climático está afectando al mundo, y El Salvador es uno de los países más vulnerables ante los desastres naturales, que debe prepararse para dar mejor respuesta ante estos eventos, no solo de parte de los organismos

gubernamentales, sino cuerpos de socorro, bomberos, policía, instituciones sin fines de lucro y finalmente la población civil.

CARACTERÍSTICAS DEL PAÍS

El Salvador se encuentra en el suroeste de América Central, entre Guatemala y Honduras al norte, y bañado por el Océano Pacífico en su costa sur (es el país más pequeño de la región, y el único que no posee litoral en el Atlántico). Su territorio está atravesado por sistemas montañosos volcánicos, lo que ha originado un terreno rico en cenizas y lava que resulta extraordinariamente fértil para plantaciones como las de café, mientras que las zonas del sur (cerca de la costa) son tierras bajas. Destacan por sus elevaciones los volcanes de Santa Ana (2.365 metros de altura), San Vicente (2.182 metros) y San Salvador (1.943 metros).

Clima: Desde el punto de vista meteorológico, existen dos estaciones y dos transiciones durante el año: la estación seca y la estación lluviosa; y las transiciones seca-lluviosa y lluviosa-seca. La estación seca dura en promedio 157 días y ocurre del 14 de noviembre al 19 de abril. La estación lluviosa es de 149 días y se estima del 21 de mayo al 16 de octubre. Las transiciones entre dichas estaciones ocurren así: transición de las estaciones seca-lluviosa del 20 de abril al 20 de mayo y la transición lluviosa-seca del 17 de octubre al 13 de noviembre.

En general el clima de El Salvador es cálido o tropical durante la mayor parte del año. El promedio anual de la temperatura es de 28.2° C, oscilando entre 23.9° C y 28.2° C. En el territorio es posible experimentar agradables variaciones en la temperatura. En las zonas costeras se experimentan temperaturas máximas de hasta 41° C, mientras en los volcanes o zonas montañosas es posible experimentar temperaturas tan bajas como de 10° C. En la época más caliente del año, en la capital se alcanzan temperaturas máximas de 35 ° C. Mientras que en la época más fría, usualmente diciembre y enero, la influencia de masas de aire frío de Norteamérica ocasiona una disminución de las temperaturas, registrándose temperaturas de hasta 12° C.

En función de ciertos elementos, como la **altitud, los vientos y el mar**, el país se subdivide en seis zonas climáticas:

Clima caluroso: tierras costeras donde la altitud no sobrepasa los 100 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas de entre 30 a 31°C.

Clima cálido: pequeñas mesetas donde la altitud no sobrepasa los 500 metros, con temperaturas de entre 27 a 30°C.

Clima cálido moderado: sabanas y extensas mesetas cuya altitud llega hasta los 1.000 metros, donde están los centros industriales, con temperaturas de entre 22 a 27°C.

Clima templado: localizado en laderas montañosas y serranías que llegan hasta los 1.500 metros. Clima apropiado para los cafetales, con temperaturas de entre 18 a 22°C.

Clima frío: cumbres y altiplanicies montañosas y volcánicas que alcanza los 2.000 metros. Posee clima relativamente frío durante todo el año, con temperaturas medias hasta 8°C.

Relieve: El Salvador es el país más pequeño de Centro América. Consiste de valles, altiplanos, volcanes, una zona costera plana, la cadena de montañas de la Sierra Madre y la Costa Pacífica que se extiende 320 kilómetros. El punto más alto es el Cerro El Pital a 2,730 metros sobre el nivel del mar. Llamado también como Tierra de Volcanes, se ve constantemente amenazado por fuertes terremotos y actividad volcánica.

Geología: Geológicamente hablando El Salvador es un país extremadamente joven. Una cuarta parte del territorio nacional es de edad pleistocénica y tres cuartas partes están cubiertas por rocas de edad terciaria, predominando la época pliocénica. Por eso, las capas de edad cretácica, que cubren aproximadamente un 5% del territorio salvadoreño no juegan un papel importante para la constitución geológica total de la República. Solamente estas últimas capas son de origen sedimentario marino, todas las demás rocas, con pocas excepciones, están originadas por fenómenos volcánicos. En otros lugares se conocen además rocas intrusivas que pertenecen a la época miocénica, es decir también son terciarias.

Tipo y uso de suelo: En nuestro país el suelo es muy utilizado para actividades de agricultura y dependiendo del tipo de suelo y de sus características este es beneficioso para dicha actividad. El tipo de suelo puede afectar las actividades de agricultura dependiendo de sus condiciones, permitiendo o no el paso del agua a través de él para poder proporcionar el agua que los cultivos necesitan. El agua de lluvia que escurre en la tierra desciende rápidamente hacia los cursos de los ríos, contribuyendo a los flujos máximos y es siempre motivo de preocupación. La escorrentía no es solamente un desperdicio del agua de lluvia que podría haber contribuido a la producción agrícola y al abastecimiento de las aguas subterráneas, sino que frecuentemente causa inundaciones o daños a los caminos y tierras agrícolas y erosiona el suelo que es redepositado en el cauce de los ríos y en los embalses aguas abajo.

El manejo del suelo puede afectar significativamente la escorrentía; La evaporación directa de la superficie del suelo; La cantidad de humedad del suelo disponible para las plantas dentro del alcance de sus raíces; La profundidad de penetración de las raíces.

CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA

El clima de El Salvador se caracteriza por una EPOCA SECA (de noviembre a abril) y una EPOCA LLUVIOSA (que abarca de mayo a octubre). El Salvador, como en el resto de los países centroamericanos, se ve afectado por los sistemas de alta presión como el anticiclón del Atlántico o de las Bermudas, los

vientos alisios y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) sobre el océano Pacífico del Este.

Durante la *Estación Seca* (noviembre a Abril) es decir durante el invierno del Hemisferio Norte, predomina la presencia de frentes fríos cercanos a la región centroamericana lo que permite que por su alta presión post-frontal se genere una cuña anticiclónica la que afecta a El Salvador con vientos Nortes los cuales varían en sus velocidades, refrescando el ambiente y manteniendo en algunos lugares altos y montañosos el descenso de la temperatura.

En la *Época Lluviosa* (mayo a octubre) se presentan los alisios con contenido de humedad moderado y alto provenientes del Mar Caribe, con ondas tropicales que determinan el régimen de lluvias para El Salvador. En el mes de junio y hasta septiembre, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) resulta en variaciones climáticas desde el Pacífico hasta nuestro país, produciendo temporales, es decir precipitaciones de poca intensidad y de carácter continuo o intermitente.

Los movimientos latitudinales de la ZCIT son de fundamental importancia para comprender la marcha de las estaciones del año con respecto a Centro América y El Salvador.

En gran medida, la estación seca o lluviosa es el resultado de la posición de la ZCIT. Entre noviembre y Abril, la ZCIT se desplaza hacia el ecuador geográfico

por lo que sobre El Salvador disminuye la humedad y la circulación atmosférica descendente inhibe la formación de nubes, resultando en la temporada seca. De junio a septiembre, ésta se ubica entre los 10 y 12° N con lo que la humedad, las nubes y las lluvias se aproximan a El Salvador, produciendo la temporada de lluvias. En ciertos años, la ZCIT puede permanecer cercana del ecuador geográfico aun en los meses de junio a septiembre, como sucede en años El Niño. Estos años pueden resultar en sequías meteorológicas. Durante la mayor parte del año, Centroamérica se encuentra bajo el régimen de los vientos alisios del Noreste (NE) que vienen del mar Caribe. También pueden afectar el clima de El Salvador los alisios del suroeste (SW) del Pacífico. En los meses secos, los vientos cerca de la superficie vienen desde el noroeste (NW), en relación con anticiclones migratorios que se desplazan hacia Centroamérica, trayendo aire relativamente frío desde latitudes medias, que originan vientos con componente Norte (N).

En los meses de Julio y Agosto, se presenta un mínimo relativo en las lluvias que se conoce como canícula y está asociado con cambios en las circulaciones atmosféricas que se extienden por la mayor parte de Mesoamérica.

Influencia del Relieve

Uno de los factores más importantes en la determinación del clima es la topografía, es decir, la distribución de las alturas del terreno. Las características

del suelo también pueden llevar a determinar el tipo de clima local que se observa. La presencia de sistemas montañosos influye en la diferenciación de los climas y las estaciones del año, en ambas vertientes del Istmo Centroamericano. Las montañas actúan principalmente sobre los vientos, que son transportadores de calor, humedad y contaminantes. Muy importante es la llamada componente orográfica de la lluvia, que resulta de vientos forzados verticalmente que a su vez producen una tendencia a lluvias intensas. Por otro lado, vientos descendientes de la montaña tienden a producir ausencia o disminución en la intensidad de las lluvias.

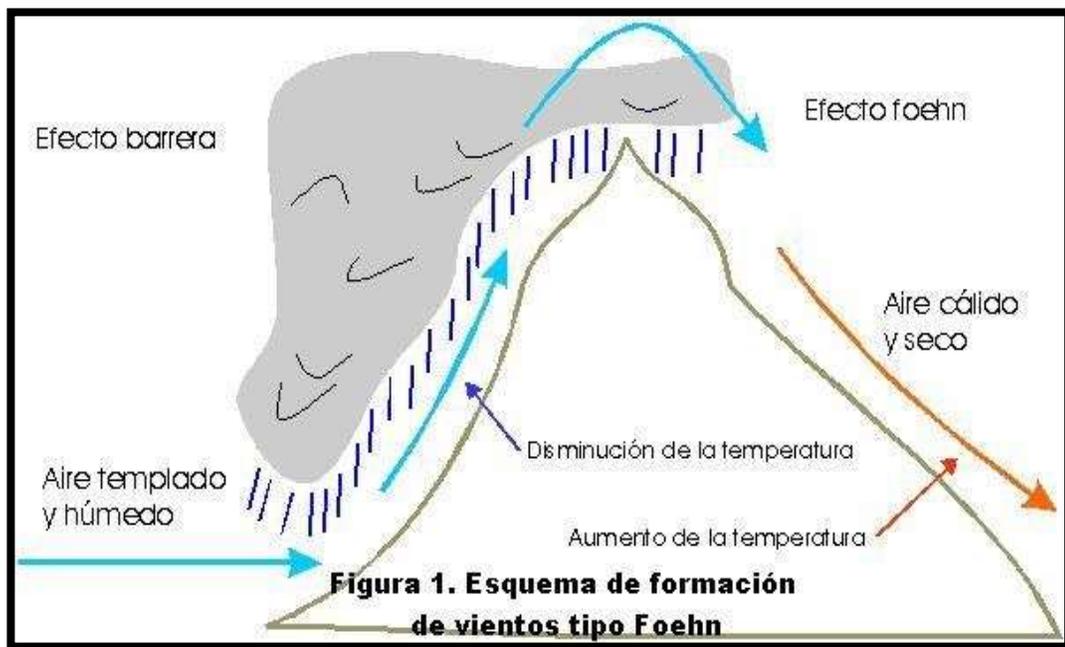


Figura 2. 6- Esquema de formación de vientos tipo Foehn

Como se muestra esquemáticamente en la figura 2.6, a ambos lados de la montaña la intensidad de la lluvia es contrastante, con más precipitación al lado

que da el viento (barlovento), por obligar al aire a subir y enfriarse. En la falda protegida del viento (sotavento), el aire desciende, se calienta y reseca.

El efecto orográfico explica así las mayores precipitaciones en la parte atlántica de Centro América, ya que los vientos vienen del Atlántico y del Caribe (NE) perpendiculares a la cadena montañosa central.

Para El Salvador, el norte está protegido por una cadena montañosa donde la altura máxima es de más de 2730 msnm, en el cerro el Pital en el Departamento de Chalatenango. Las montañas centroamericanas producen un efecto parecido al descrito en la Figura 2-6, por lo que al aire que viene del noreste o norte, resulta en lluvias más intensas en la parte del Caribe de Honduras, y lluvias menos intensas en El Salvador. Este fenómeno se denomina EFECTO FOEHN.



Figura 2. 7- Mapa de el salvador de elevaciones y relieve fuente MARN

Al sur, se tiene otra cadena montañosa con una altura máxima de 2381 msnm, en el volcán de Santa Ana en el Departamento de Santa Ana. Cuando ésta es alcanzada por las brisas marinas en los meses de Mayo a Octubre. Tiende a producirse nubosidad y lluvias en horas de la tarde.

La temperatura del mar frente a la costa de El Salvador es de alrededor de 28°C y sus efectos se sienten varios kilómetros tierra adentro. En términos climáticos, las temperaturas de superficie del mar mayores a 28°C favorecen el desarrollo de nubes convectivas y precipitaciones. El resultado de los factores anteriores determina las características de la temporada de lluvias.

Comportamiento temporal de los factores climáticos durante el año

Enero: El primer mes del año pertenece a la denominada época seca y se caracteriza por cielos despejados y por ingreso de frentes fríos, con pequeñas posibilidades de lluvia al norte del país, así como las temperaturas más bajas del año.

Febrero: Durante este mes continúa el desplazamiento de las altas presiones sobre México y el Mar Caribe, originadas principalmente por algunos frentes fríos que aún se desplazan sobre esas regiones, los cuales son menos frecuentes y menos intensos que en el mes de Enero, tanto para la región centroamericana como para El Salvador.

Marzo: Durante este mes, en el territorio salvadoreño, el incremento de las temperaturas es sensible, considerándose como uno de los meses más cálidos, estadísticamente hablando. La presencia de frentes fríos en este mes es baja, por lo que los días con vientos Nortes sobre el país son escasos, ocasionando baja ventilación. Esto produce que la atmósfera alcance un alto grado de turbiedad producida por la concentración de polvo, bruma y humo que generalmente procede de las emisiones de automotores y quemas que realizan los agricultores para preparar la tierra de cultivo previo al inicio de la estación lluviosa. Por otro lado la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), se mantiene alejada de las costas Salvadoreñas.

Abril: Durante este mes se registran las más altas temperaturas sobre El Salvador mientras la posibilidad del ingreso de frentes fríos es casi nula, por lo que los vientos Nortes ya no se hacen presentes, permitiendo así el ingreso de brisas marinas al territorio salvadoreño, iniciándose por tanto la transición de la época seca a la lluviosa, presentándose por lo general 4 a 5 días con lluvia.

Mayo: Mayo es el mes en el que estadísticamente hablando se presenta el inicio de estación lluviosa en El Salvador. El inicio está asociado con mayor actividad de ondas del Este que se trasladan desde el Caribe hacia la región centroamericana y por ende al territorio Salvadoreño. Estas ondas producen ascenso orográfico, formación de nubes, tormentas eléctricas y chubascos, aun y cuando las ondas del Este no están bien definidas. La presencia de la brisa marina es más clara, desde horas de mediodía hasta horas de la noche.

La posibilidad de ingreso de frentes fríos sobre El Salvador es remota, aunque no nula. Por ello, el barrido de la atmósfera por el movimiento horizontal (vientos) deja de ser de Norte a Sur para convertirse de Este a Oeste.

Junio: es en El Salvador, uno de los meses más lluviosos del año, el movimiento horizontal se debe exclusivamente al flujo de Este y a la brisa marina. El movimiento vertical es continuo hasta altos niveles de la atmósfera por efecto de nubes cumulonimbus.

Julio: En este mes, se produce una disminución de lluvias, y algunas variables atmosféricas cambian de valor; en relación con la denominada canícula que ocurre durante los últimos días de Julio o los primeros de Agosto. En este periodo se producen corrientes descendentes que inhiben la formación de nubes profundas, productoras de lluvias.

Agosto: El mes de Agosto es similar en su comportamiento climatológico a Julio, es decir por lo general se tienen días despejados, con temperaturas cálidas en horas de la tarde, mientras que por las madrugadas éstas disminuyen ligeramente.

Septiembre: El mes de Septiembre para El Salvador, corresponde a las precipitaciones más intensas, considerándose el mes más lluvioso del año. En este periodo es característico el desplazamiento de Ondas Tropicales y la activación de la Zona de Convergencia Intertropical, condiciones que se combinan para favorecer lluvias de moderadas a fuertes y a toda hora del día. El paso de Sistemas como Tormentas Tropicales o Huracanes, por el Mar

Caribe, que inducen bajas presiones en las costas Centroamericanas, generan condiciones propicias para uno o dos temporales en el mes sobre El Salvador.

Octubre: En este mes comienza la transición de la época lluviosa a la seca en nuestro país, en correspondencia con el comienzo del Otoño para regiones de latitudes más altas. El traslado de masas de aire frías y secas de latitudes media rara vez alcanza la región centroamericana. Las altas presiones limitan la formación de nubes en nuestro y por ende se reducen también las lluvias, disminuyendo la humedad del aire.

Noviembre: Este mes inicia propiamente la estación seca, pero aún se mantienen algunas precipitaciones en los primeros 15 días, la mayoría de las cuales son débiles o moderadas sobre el país. La ocurrencia de lluvias se prolonga en la zona oriental del país, donde la estación lluviosa generalmente finaliza más tardíamente. Además, en este mes, los descensos de frentes fríos y el acercamiento de los mismos a la región centroamericana resulta en temperaturas menores y disminución en la humedad, principalmente en horas de la tarde. El cielo por lo general se mantiene despejado.

Diciembre: Este mes se caracteriza en El Salvador, en lo general por presentar cielos despejados y vientos NORTES, los cuales poseen intensidades moderadas a fuertes y producen temperaturas disminuidas. Los sistemas frontales pueden resultar en algunas precipitaciones débiles en las zonas montañosas del Norte de nuestro país

2.1.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE EL SALVADOR

Los elementos geológicos más importantes de El Salvador son:

Formaciones Sedimentarias: Existen rocas sedimentarias marinas solamente en el extremo NW cerca de Metapán, donde cubren un área aproximada de 200 km². Se trata de una sucesión litológica que lleva de rocas clásticas por una serie de calizas a otra serie de rocas clásticas. Fuera de estas series marinas, en el país solamente se conocen rocas sedimentarias lacustres y fluviales que tienen extensiones muy limitadas. Se trata de productos piroclásticos redepositados de menor importancia y algunos depósitos de diatomita y lignito de carácter calcáreo. Estos sedimentos lacustres y fluviales cuentan con intercalaciones de productos piroclásticos, lo que indica que son contemporáneos con la actividad volcánica joven. También se encuentran aluviones a lo largo de los ríos más importantes y en depresiones locales, sobre todo en las planicies costeras de la parte SW y SE donde cubren un área aproximada de 3500 km².

Formaciones Volcánicas: La mayor parte del territorio nacional está cubierta por rocas de origen volcánico de carácter riolítico hasta basáltico. Al Norte de los ríos Lempa y Torola afloran rocas de carácter ácido. Se trata de productos piroclásticos de colores claros los cuales se deben considerar litológicamente como riolitas hasta dacitas.

Una gran parte de El Salvador está cubierta por una serie volcánica que consiste en una sucesión que lleva de andesitas a basaltos hasta aglomerados de carácter andesítico; el espesor de esta sucesión es mayor de 1500 m.

Con estos tipos de rocas están formadas algunas regiones como la Sierra Tacuba, Cordillera del Bálsamo, Cordillera Jucuarán-Intipucá y la parte Norte de Santa Ana.

También existen en El Salvador formaciones volcánicas que se deben a volcanismo individual, donde es fácil localizar el centro de actividad. Se distinguen dos zonas volcánicas de este tipo: Una al Sur de las montañas norteñas con una faja de volcanes individuales que atraviesa toda la República. A esta faja pertenecen, por ejemplo, el Volcán de Guazapa y el Volcán Cacahuatique. Éstos se caracterizan por su alto grado de erosión; sus productos efusivos son lavas de carácter predominantemente basáltico y tobas de diferente grado de consolidación. La otra zona de volcanes individuales existe más al Sur y corre paralela a la anterior; a esta faja pertenecen más de 50 volcanes, tales como: Laguna Verde, Santa Ana, Izalco, San Salvador, San Vicente, Tecapa, San Miguel y Conchagua; algunos de ellos todavía se encuentran activos. El carácter de las lavas producidas es basáltico y la mayoría de los productos piroclásticos son de carácter dacítico; existen también depresiones volcano-tectónicas, tales como los Lagos de Ilopango y Coatepeque. También se conocen productos piroclásticos de erupciones

lineares (fisurales) como los que se encuentran cerca de Zaragoza y Comalapa; el volcanismo Sur es más variado que el de la zona Norte, sin embargo, en ambas zonas el tipo de estructura volcánica predominante es la de estratovolcanes.

Formaciones Intrusivas: En las montañas Norteñas, cerca de Metapán y Chalatenango, se conocen rocas intrusivas de carácter granítico- diorítico. Donde éstas últimas están en contacto con las series sedimentarias marinas se nota un metamorfismo de contacto el cual puede ser observado en las capas calcáreas. Al Sur, desde San Miguel hasta San Isidro, se encuentran afloramientos de carácter muy ácido. Lo característico de estos afloramientos es que corren paralelos a las fajas volcánicas y están conectados a yacimientos metalíferos sub-volcánicos que se encuentran bajo las cubiertas basalto-andesíticas.

ELEMENTOS ESTRATIGRÁFICOS

Un perfil esquemático de la sucesión estratigráfica de El Salvador, desde la superficie hacia el fondo, son los siguientes:

Aluvión (Reciente): Compuesto por gravas, arenas y arcillas a lo largo de los ríos y en depresiones locales. Depósitos de este material se encuentra en gran escala en las planicies costeras al SW y SE del país.

Estratos de San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno): Se encuentran en la cadena volcánica joven que atraviesa la parte Sur del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales. Estos productos son: corrientes de lava, cúpulas de lava, tobas fundidas, tobas, pómez, escoria y cenizas volcánicas, que se encuentran a veces con intercalaciones de sedimentos lacustres. El espesor de los estratos y la sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles color café y negro.

Estratos de Cuscatlán (Pleistoceno Inferior hasta Plioceno Superior): Se encuentran en la cadena volcánica vieja que atraviesa la parte Norte del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales. Estos productos son: corrientes de lava, aglomerados, tobas, escorias y cenizas volcánicas endurecidas y tobas fundidas con intercalaciones de sedimentos lacustres y fluviales.

Estratos de la Cordillera del Bálsamo (Plioceno): Compuestos por productos volcánicos en los cuales abundan los aglomerados con intercalaciones de tobas volcánicas endurecidas y corrientes de lava basáltica-andesítica con un espesor aproximado de 500 m. También hay suelos fósiles de color rojo de gran profundidad (hasta 20 m). Además se encuentran rocas extrusivas con pocas intercalaciones de tobas volcánicos y aglomerados; la parte inferior es de carácter andesítico y en la parte superior, basáltico. Hay algunos afloramientos

más ácidos (hasta riolíticos) sobre todo en el Este del país. Estratos de Morazán (Mioceno): Compuestos por rocas extrusivas, básicas intermedias; ácidas, piroclásticas, tobas fundidas, riolitas y epiclásticas volcánicas.

Estratos de Metapán (Mioceno Inferior hasta Cretácico Inferior): Al Mioceno Inferior pertenecen areniscas finas de color rojo violeta, con bancos de conglomerados cuarcíticos; hacia abajo se encuentran conglomerados rojos de caliza con capas de areniscas. Esta serie representa los productos de erosión de las capas más inferiores; su espesor es mayor de 400 m.

ELEMENTOS TECTÓNICOS

Los únicos elementos tectónicos que se conocen en el país son los de fractura, sin indicios de plegamientos. Se conocen tres sistemas de debilidad tectónica, siendo el más importante el sistema tectónico con dirección WNW; se caracteriza por desplazamientos verticales considerables que atraviesan la República, formándose un graben o fosa tectónica. Se reconocen cinco ejes principales dentro de este sistema:

Primer eje: Forma el límite Sur de las montañas Norteñas y esta representado por dislocaciones verticales de alrededor de 1000 m.

Segundo eje: Se caracteriza por un volcanismo individual apagado en la parte Norte del país.

Tercer eje: Está situado más al Sur; es el más prominente, con dislocaciones tectónicas (La más importante de ellas atraviesa el país, la fosa central) y con un volcanismo individual joven, en parte todavía activo. También se encuentran depresiones volcano-tectónicas y cúpulas de lava. Los eventos sísmicos que aún ocurren en esta zona, indican que los movimientos tectónicos.

Cuarto eje: Se localiza en el Océano Pacífico a una distancia de 25 km de la costa salvadoreña y se caracteriza por una actividad sísmica frecuente.

Quinto eje: Se encuentra más al Sur, formando una fosa marina que corre paralela a la costa salvadoreña y muestra cierta actividad sísmica. Existen elevaciones de forma cónica que se levantan desde más de 3000 m de profundidad hasta el nivel del mar, considerándose estos como volcanes.

2.1.3 TIPO Y USO DE SUELOS

TIPO DE SUELO EN EL SALVADOR

Se clasifican en la forma siguiente:

Aluviales: Son suelos de materiales transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores. Son aluviones estratificados de textura variable. Son suelos recientes o de reciente deposición y carecen de modificaciones de los agentes externos (agua, clima, etc.). Se ubican en áreas ligeramente inclinadas o casi a nivel en las planicies costeras y valles interiores en donde el manto freático está cerca de la superficie y el drenaje por lo general es pobre. Son suelos de alta productividad permitiendo agricultura intensiva y mecanizada, aptos para toda clase de cultivos. Es factible el uso de riego.

Andisoles: Suelos originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular. Su capacidad de producción es de alta a muy alta productividad, según la topografía es apta para una agricultura intensiva mecanizada para toda clase de cultivos.

Grumosoles: Suelos muy arcillosos de color gris a negro, cuando están muy mojados son muy pegajosos y muy plásticos. Cuando están secos son muy duros y se rajan. En la superficie son de color oscuro pero con poco humus o

materia orgánica. El subsuelo es gris oscuro. Son muy profundos poco permeables por lo que la infiltración de agua lluvia es muy lenta. Su uso potencial es de moderada a baja, no apta para cultivos permanentes de alto valor comercial porque al rajarse rompen las raíces de las plantas.

Halomórficos: Suelos salinos de los manglares de colores grises debido a la condiciones anaeróbicas existentes durante su formación por permanecer inundados frecuentemente. Su textura es variable, es decir, de texturas limosas, arenosas y arcillosas de estratos en diferente posición.

Latosoles arcillosos ácidos: Son suelos similares a los Latosoles arcillo rojizos, pero más profundos, antiguos y de mayor acidez; por lo tanto más empobrecidos en nutrientes. Se localizan en la zona norte y en tierras altas y montañosas. Su capacidad de producción es de moderada a baja, requieren de altas fertilizaciones. Su principal uso es para reforestación.

Latosoles arcillo - rojizos: Suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La textura superficial es franco arcilloso y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro

aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos pudiendo se utilizar maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.

Litsoles: Suelos de muy poca profundidad sobre roca pura, son suelos muy complejos. La mayoría son suelos cuyos horizontes superficiales han sido truncados a causa de una severa erosión laminar o sea que la erosión ocurre en láminas y no en forma de cárcavas, son suelos arcillosos como los latosoles pero muy superficiales. Las texturas varían de gruesa, arenas y gravas hasta muy pedregosos sobre la roca dura. El uso potencial es muy pobre de bajo rendimiento. Sin embargo en algunos lugares muy pedregosos por la gran cantidad de piedras reduce la erosión, por lo cual pudieran generar buenos rendimientos por mata si el cultivo se hace con chuzo.

Regosoles: Suelos profundos, jóvenes de material suelto o no consolidado. El horizonte superficial, es único evidente a la vista, suele ser de unos 10 a 20 centímetros de espesor, con alto contenido de materia orgánica. En El Salvador se encuentra siempre en material arenoso fino de color gris, suelto. Dada su precaria capa superficial en las cimas de las ondulaciones de los cordones litorales, se recomienda utilizar los regosoles únicamente para vegetación permanente como el cocotero, el marañón o el pasto.

Alfisoles: Son suelos formados en superficies suficientemente jóvenes como para mantener reservas notables de minerales primarios, arcillas, que han permanecido estables, esto es, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas, cuando menos a lo largo del último milenio.

Molisoles: son los suelos de los ecosistemas de pastizales. Se caracterizan por tener una superficie oscura.

Ultisoles: son suelos propios de climas cálidos y húmedos (zonas tropicales) que presentan una infiltración deficiente y se localizan en posiciones geomorfológicas viejas, en donde haya densa vegetación, principalmente bosques, donde existe presencia de vegetación forestal.

Entisoles: Son suelos muy poco evolucionados, sus propiedades están ampliamente determinadas (heredadas) por el material original. Su escaso desarrollo se debe al clima muy severo, erosión muy intensa y a la degradación.

Inceptisoles: son un poco menos jóvenes que los entisoles, no presentan acumulación de materia orgánica, hierro y arcilla.

Vertisoles: Tienen un alto grado de fertilidad y son buenos para el pastoreo, Dado su alto contenido de arcilla forman grietas durante la época seca, las cuales se sellan cuando llueve.

MAPA PEDOLOGICO DE EL SALVADOR

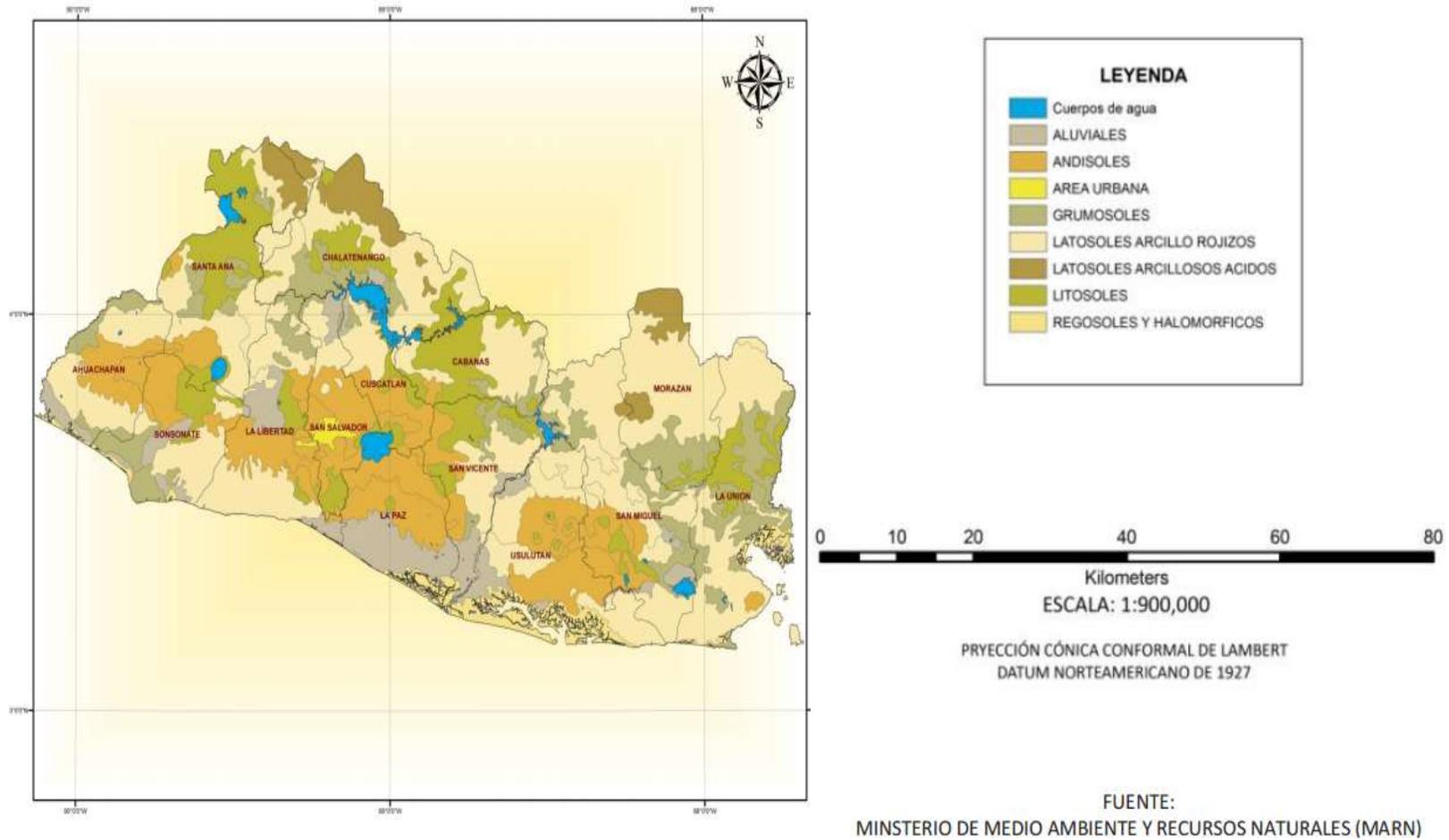


Figura 2. 8- Mapa tipos de Suelos de El Salvador

USO DE SUELOS POR DEPARTAMENTOS

El suelo en El Salvador está destinado a la actividad productiva, como la agricultura, ganadería. Todo ellos para contribuir a una mejor calidad de vida de las personas y es por ello se analiza a continuación el uso de suelos por departamentos.

- USO AGRICOLA

Departamento	Uso Agrícola más común en el país
Ahuachapán	<p>Café Maíz</p> <p>Caña de Azúcar</p> <p>Arboles</p> <p>Frutales</p> <p>Pastizales</p>
Cabañas	
Chalatenango	
Cuscatlán	
Libertad	
La Paz	
La Unión	
Morazán	
San Miguel	
San Salvador	
San Vicente	
Santa Ana	
Sonsonate	
Usulután	



Figura 2. 9- Imagen ilustrativa de uso de suelos

Tabla 2. 1- Uso de suelo agrícola por departamentos.

- USO GANADERO

Departamentos	Uso ganadero
Ahuachapán	Vacuno Caballar Caprino
Cabañas	
Chalatenango	
Cuscatlán	
Libertad	
La Paz	
La Unión	
Morazán	
San Miguel	
San Salvador	
San Vicente	
Santa Ana	
Sonsonate	
Usulután	

Tabla 2. 2- Uso de suelo Ganadero por departamentos. Fuente monografías de los departamentos del país

Departamentos	Otros usos
Cuscatlán	Avicultura
San Vicente	
Libertad	Aves de corral
La paz	
La unión	
Sonsonate	
San Salvador	
San miguel	Apicultura y avicultura
Santa Ana	
Usulután	

Tabla 2. 3- Otros usos representativos por departamentos. Fuente monografías de los departamentos del país.

VEGETACION ARBUSTIVA MÁS COMUNES DEL PAIS

Árbol De Madrecacao (Nombre científico: Gliricidia sepium): Es la especie de más rápido crecimiento, crece en las zonas altas (1800 m.s.n.m) aunque crece 2 a 3 veces más lento que en las zonas más bajas (800-1100 m.s.n.m). Se da en gran variedad de suelos, menos aquellos con mal drenaje interno.

Arbol de Nispero (Nombre científico: Mespilus germánica): La siembra de este árbol frutal es de importancia en la conservación del medio ambiente por su abundante follaje. Crece bien en suelos calizos, rocosos, arenosos o arcillosos. Requiere de suelos drenados y fértiles.

Árbol de Ceiba: Es el gigante de la vegetación arbórea del territorio Salvadoreño que destaca en valles y principalmente en la planicie costera.

Árbol de Roble (Nombre científico: Quercus robur): Se encuentra desde arbustos de 1 m hasta árboles de 40 m. Se halla en zonas tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta unos 1000 m de altitud, se halla en los suelos profundos y frescos un clima húmedo, oceánico y es algo resistente al frío.

Árbol de Cedro: Los cedros son grandes árboles de 25 a 50 metros de altura y un diámetro de más de 2 m. Crece en altitudes entre 1300-3500 m, Se da bien en todo tipo de suelos, aunque no aguanta los muy húmedos.

Árbol de Pino (Nombre científico: *pinussylvestris*): Están adaptados para sobrevivir en una variedad de condiciones, desde el caluroso y seco clima al frío extremo. Las hojas de los pinos están diseñadas para ahorrar la humedad. Algunos pinos, tienen raíces primarias muy profundas, lo que les permite llegar más profundo a las aguas subterráneas, y ser capaces de soportar la sequía.

VEGETACION ARBUSTIVA DE MICROCUENCA DEL ARENAL MEJICANOS

Árbol de Higuera del Diablo: Es un arbusto o árbol pequeño de 3 a 10 m de altura. Se cultiva en todo tipo de suelos es resistente a la sequía.

Árbol Almendro de Rio: Crece en sitios húmedos y en las riberas de ríos. Puede alcanzar una altura de 27 m y un diámetro de 1.7 m.

Árbol de Guarumo:(Nombre científico: *cecropia peltata L.*): Es un árbol de hasta 21 m de altura. Se da en todo tipo de suelos.

Árbol de San Andres (Nombre científico: Tecoma Stans): Es un árbol pequeño, siempre verde, que puede alcanzar una altura de 6 a 20 metros y un diámetro de 0.25 m. Se puede cultivar en un clima semi - húmedo, crece bien en sitios secos, con suelos pobres pero bien drenados.

Árbol de Mango (Nombre científico: Mangífera indica): El árbol del mango puede superar los 30 m de altura. Es una fruta de la zona intertropical, se cultiva en países de clima cálido

2.2 BASE TEÓRICA DEL SISTEMA CAFFG

Según el Centro de Evaluación Hidrológica de los Estados Unidos, a raíz de la llegada del Huracán Mitch en Centroamérica en octubre de 1998, se desarrolló un programa regional denominado “Guía para Inundaciones Producidas por Crecidas Repentinas en Centroamérica”, CAFFG. El sistema fue diseñado para producir la información sobre las inundaciones en tiempo real relevante para los siete países de América Central con una resolución espacial de 130 km². El sistema CAFFG utiliza estimaciones de la precipitación y la telemetría por satélite en el lugar de las observaciones del indicador de lluvia, tanto en tiempo real, como cada 1, 3 y 6 horas las estimaciones de la precipitación media areal, cada 6 horas estimaciones de humedad del suelo, y cada 1, 3 y 6 horas de estimación de crecidas repentinas. La información se transmite a los organismos de previsión nacionales para ayudar con el pronóstico a corto plazo de las inundaciones repentinas.

Descripción General del Sistema CAFFG

La guía para crecidas por inundaciones repentinas en Centroamérica funciona como una herramienta útil en la alerta temprana de inundaciones, fue desarrollada por el Centro de Investigaciones Hidrológicas de San Diego (California), en colaboración con los gobiernos de los países Centroamericanos.

Permite detectar, con varias horas de anticipación (1-6 horas), las cuencas hidrográficas en peligro de inundación ante fenómenos hidrometeorológicos extremos. Estas cuencas tienen en promedio un área de 130 km².

El sistema funcionaba por medio de dos servidores que se instalaron en Costa Rica en junio del 2004, por el personal del Centro de Investigación Hidrológica (HRC, por sus siglas en inglés) de San Diego, California y del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica. Los mismos fueron reemplazados en el 2007 por otros con mayor capacidad de almacenaje. Estos operan como un sistema de guía regional, recolectando y produciendo información para cada país del área centroamericana. Se reemplazaron y actualizaron los servidores del CAFFG, tanto el Servidor Computacional y el Servidor de Difusión ambos localizados en el IMN de San José de Costa Rica, además de la actualización de las delimitaciones de cuenca con un mayor nivel de resolución.

Actualmente se tienen disponibles en tiempo real, datos de lluvias y meteorológicos de la superficie de la región. Se implementa la prevención de precipitaciones a partir del WRF, modelos numérico de meso escala, en la predicción del tiempo en el CAFFG. Instalando el servidor WRF en El Salvador, en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Únicamente a los representantes autorizados de las agencias que participaron tienen acceso a esta información, obteniendo cada una de éstas acceso solo a los datos correspondientes a su país.

Descripción del Servidor de Difusión (CDS) del CAFFG

Este servidor fue diseñado para brindar a las instituciones representantes de cada uno de los países de Centroamérica una herramienta que permita revisar y descargar los productos de datos disponibles de su país y para agilizar la adquisición de datos a distancia, generados por el sistema. Estos se guardan en una tabla de datos en formato compatible con ArcView, lo cual facilita los procedimientos de descarga, la ingesta local, el control de calidad y la manipulación de los productos de datos, el objetivo de la descripción del Servidor de Difusión(CDS) es sólo la difusión, por tanto no está diseñado para servir como un depósito permanente de datos en línea de productos históricos, pero guarda la información de hasta seis meses aproximadamente de todos los productos e imágenes del CAFFG.

Descripción del Servidor de procesamiento (CPS) del CAFFG

El Servidor de procesamiento (CPS) es el segundo subsistema de la CAFFG y es el responsable de la recolección, procesamiento y publicación de la información. La función de este servidor es el procesamiento inicial de datos de entrada en tiempo real, el valor del CPS se relaciona con los módulos de

procesamiento que estandarizan, sincronizan y organizan todos los productos en unidades, resolución temporal, e intervalos comunes. Las diferentes tareas del CPS se realizan en forma automática.

El CPS recurre a los diferentes paquetes de software que complementan el sistema: los modelos de la CAFFG, los programas de procesamiento de datos y el sistema de control de procesamiento (todos desarrollados por el HRC), una base de datos regional (Proyecto del PostgreSQL Global Development Group o Grupo Global de Desarrollo del PostgreSQL), el sistema de información geográfico (SIG) GRASS de los Laboratorios de Investigación en Ingeniería de la Construcción del Ejército de E.U.A y el DCS Internet Toolkit, el sistema DCP de adquisición de datos disponible comercialmente de Ilex Engineering, Inc.

Al integrar muchas características de estos diferentes recursos de software dentro del ambiente Linux, el sistema CAFFG puede producir información operacional en tiempo real sobre toda la región de Centro América, de una forma que está completamente automatizada, requiriendo solo el mínimo de mantenimiento y administración de rutina.

Las etapas de procesamiento de la CAFFG son tres (esto de manera general): adquisición y procesamiento previo; procesamiento y modelaje; y finalmente procesamiento posterior y publicación.

La obtención, procesamiento previo y modelaje, comprenden programas para recuperar los datos de entrada en tiempo real de diversas fuentes, utilizando varios métodos para cargar los archivos en tiempo real adquiridos y sus valores internos en la base de datos previamente procesada. Durante esta etapa, todos los valores son manejados sin estandarizar ni modificar, simplemente se preparan números datos de entradas de productos y se cargan en la base de datos en preparación para la etapa de procesamiento. Primero se estandarizan las fuentes de datos de entrada en tiempo real a un conjunto común de unidades y a un huso horario. Esto debido a que algunos conjuntos de datos son adquiridos teniendo unidades y resoluciones temporales mixtas, dadas de acuerdo con los diferentes horarios e intervalos de observación. Cada una de estas contingencias debe ser manipulada para proporcionar un conjunto uniforme de datos apropiados para la ejecución de los modelos de la CAFFG. Una vez que la segunda etapa del procesamiento de la CAFFG ha producido los diferentes productos de salida de los modelos, entonces se preparan los productos de datos e informes para la publicación en la web, cargando imágenes, datos e informes de los productos en las tablas de texto formateadas para ArcView.

2.3 PRODUCTOS OBTENIDOS CON EL SISTEMA CAFFG

El CAFFG es un componente fundamental del sistema de prevención de desastres dentro de la operatividad de las instituciones meteorológicas e hidrológicas de los países de la región centroamericana. Para alcanzar su objetivo, el sistema realiza diferentes procesos e integra varios productos que a lo largo de varios años se han ido incorporando a la labor cotidiana en gestiones de análisis y de predicción.

Uno de estos productos lo constituyen las imágenes digitales satelitales, que se reciben directamente del satélite geoestacionario GOES, desde julio de 2001. Haciendo uso de imágenes digitales se desarrolló uno de los principales insumos de la Guía para crecidas: el hidroestimador, que estima la cantidad de lluvia por medio de la información digital del satélite (canal infrarrojo) basándose en la temperatura del tope de las nubes. El sistema CAFFG ofrece una colección de productos en tiempo real de datos en formatos de archivo de texto, imagen y DBF, los cuales se describen a continuación.

2.3.1 SATELITE: PRECIPITACIONES SEGUN SATELITE DEL HIDROESTIMADOR

Las imágenes del satélite muestran cuadrícula de 1 hora, 3 horas, las acumulaciones de 6 horas y 24 horas de precipitación (mm) para concluir en la hora actual según la estimación en tiempo real del algoritmo Hidroestimador NOAA-NESDIS.

Las estimaciones de la precipitación por satélite se proporcionan en una cuadrícula que se muestra sobre un fondo de CAFFG sistema de sub-cuenca límites. Los productos de datos se actualizan cada hora con una latencia de menos de 15 minutos y no es el sesgo corregido (ver producto fusionado MAPA). Este producto se proporciona para la evaluación visual de control de calidad de la entrada de satélite. El formato de salida es tipo imagen.

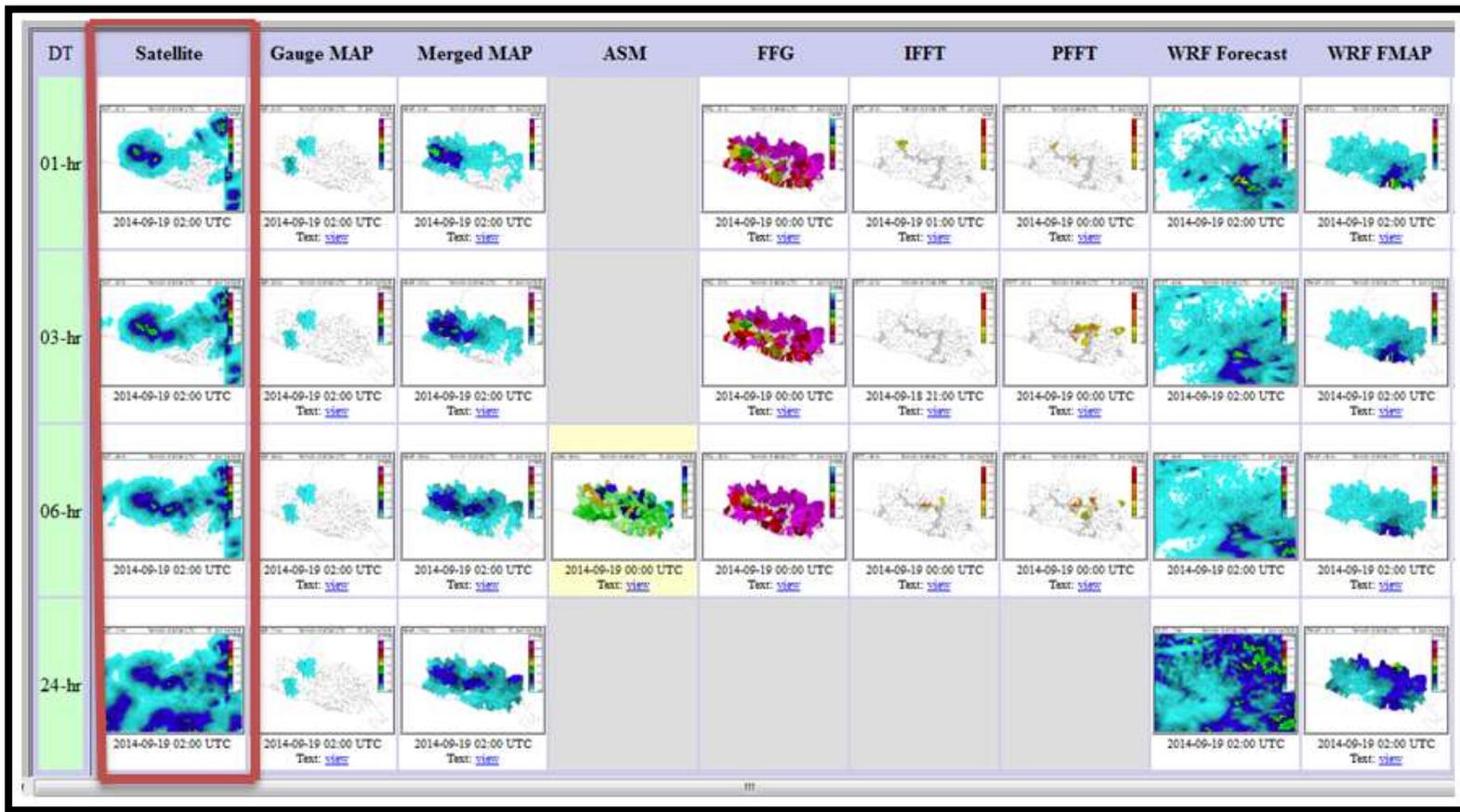


Figura 2. 10- Productos generados por el sistema CAFFG, Se resalta las imágenes del hidroestimador.

2.3.2 MAPA MEDIDOR: MEDIDOR DE LA PRECIPITACION MEDIA AREAL.

MAPA posee un formato de salida tipo texto e imágenes. Tablas de texto y las imágenes de cada hora, cada 3 horas, los totales de 6 horas y 24 horas-de la precipitación media areal en (mm) producido a partir de la interpolación de los datos de pluviómetros por hora para cada cuenca, es decir mide la precipitación media areal según los datos que registran los pluviómetros en tierra, y los transforma en cantidad de lluvia. Los datos del producto MAPA Medidor se actualizan cada hora y reflejan la acumulación de la cuenca media de la precipitación de una duración determinada que termina en la hora de navegación actual.

2.3.3 MAPA COMBINADO

Las tablas de texto y las imágenes de 1 hora, 3 horas, y los totales de 6 y 24 horas de la media fusionada para la precipitación Areal en (mm) de los valores que proporciona el CAFFG para cada subcuenca.

Este producto incluye en tiempo real la dinámica o circunstancia climática ajustada por satélite de la precipitación media areal (NOAA-NESDIS Hidroestimador), es decir que el Merged MAP es el resultado de la precipitación media areal corregida del satélite a través del hidroestimador y los pluviómetros, es la unión corregida de estos.

Los datos del producto MAPA Combinados se actualizan cada hora y reflejan la acumulación de la cuenca media de la precipitación de una duración determinada que termina en la hora de navegación actual. El MAP fusionado 06 horas, producto de la acumulación se aplica durante el procesamiento del modelo CAFFG como la entrada de la precipitación en el modelo de suelo Sacramento.

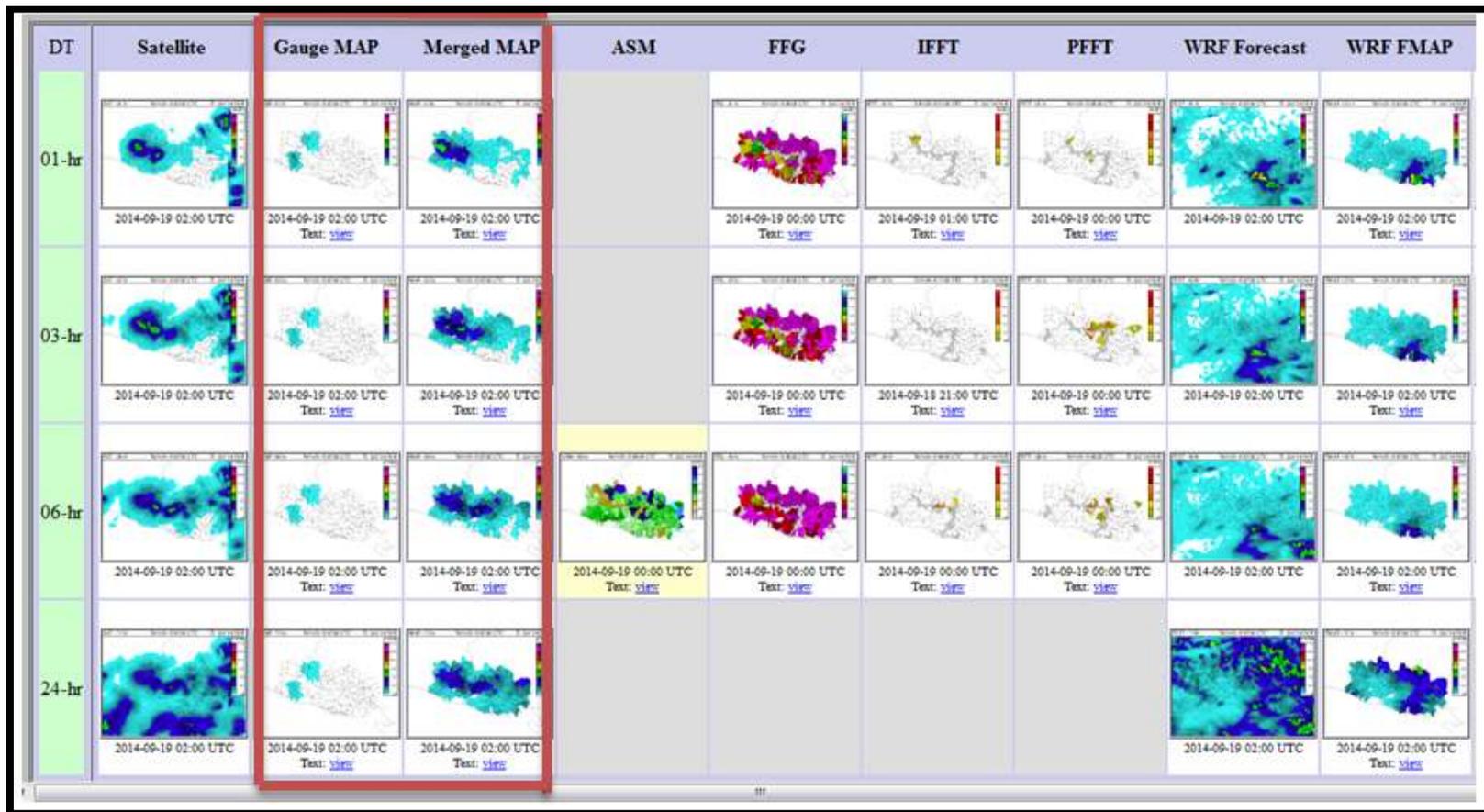


Figura 2. 11- Productos generados por el sistema CAFFG, donde se muestran las columnas relacionadas a los datos de la MAP

2.3.4 ASM PROMEDIO DE HUMEDAD DEL SUELO (AVERAGE SOIL MOISTURE)

ASM o bien llamado Promedio de Humedad del Suelo es el producto donde se muestran los resultados del modelo de humedad del suelo, los cuales se representan en mapas de valores de la humedad del suelo promedio (ASM por sus siglas en inglés); solo para el intervalo de 6 horas. Tablas e imágenes proporcionan el agua del suelo fracción de saturación (relación adimensional de contenidos a través de la capacidad) para la zona superior (20-30 cm de profundidad) del Modelo de Contabilidad de la humedad del suelo Sacramento para cada una de las sub-cuencas. Los productos se actualizan cada seis horas a la hora del procesamiento del modelo (00, 06, 12 y 18 UTC).

Los valores que se muestran en los mapas corresponden a la razón de humedad del suelo por cuenca.

Los modelos de humedad del suelo y de guía de inundación instantánea emplean datos paramétricos y de series de tiempo hidrometeorológicas en forma coordinada por el núcleo del modelo del proceso CAFFG a través de una interacción bidireccional con el sistema de la base de datos (DB). La DB almacena todos los datos paramétricos, históricos y de tiempo real, incluyendo los parámetros geométricos, hidrológicos e hidráulicos de vertientes pequeñas con un área de 150-200 km² que cubre el área entera de Centroamérica (aproximadamente 500,000 km²).

La DB almacena los datos horarios de lluvia en tiempo real junto con los datos hidrometeorológico diarios e históricos. La serie de tiempo de datos hidrometeorológicos no procesados atraviesa un proceso preliminar para quitar los valores erróneos y desviaciones que puedan encontrarse en el producto de lluvia satelital en tiempo real. Los productos de precipitación media areal y temperatura diaria se almacenan en la DB como valores medios areales para cada pequeña vertiente. Se ejecutan funciones periódicas de archivado a través de un procedimiento automático de extracción para crear sistemas de archivo regulares con datos y productos. El núcleo del modelo del proceso CAFFG usa los resultados de los modelos de humedad del suelo y de guía de inundaciones instantáneas para desarrollar productos y volverlos disponibles para el proceso de difusión.

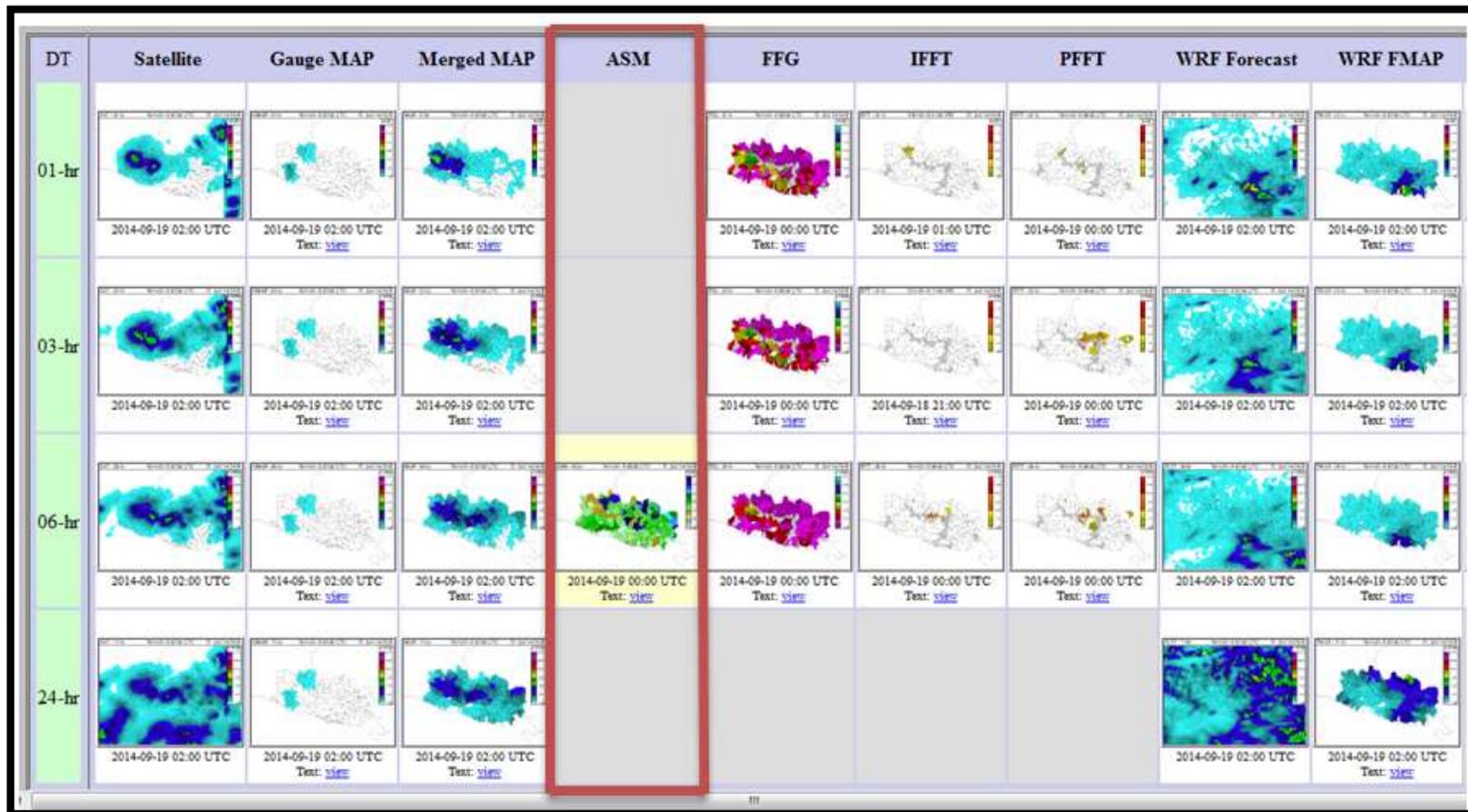


Figura 2. 12- Productos generados por el sistema CAFFG, donde se muestran las columnas relacionadas a los datos ASM.

2.3.5 FFG GUIA DE INUNDACIONES REPENTINAS (FLASH FLOOD GUIDANCE)

La Guía de Inundaciones Repentinas (FFG, por sus siglas en inglés) es la cantidad de lluvia real total de una duración dada, la cual es requerida para generar inundación en la salida de la cuenca, bajo ciertas condiciones de humedad del suelo.

Tablas de texto y las imágenes de 1 hora, 3 horas y 6 horas de orientación para inundaciones repentinas (mm) para cada subcuencas se proporcionan. Para una determinada sub-cuenca y duración (1-hora, 3-horas o 6-hora), el valor FFG indica el volumen total de precipitación durante la duración dado que es justo lo suficiente para provocar un flujo a cauce lleno en la salida de la corriente de drenaje. En consecuencia, los volúmenes de precipitación de la misma duración que son mayores que el valor FFG indican una probabilidad de los flujos de desbordamiento en la salida del flujo de drenaje. Cada uno de los productos de FFG se actualiza cada seis horas a la hora del procesamiento del modelo (00, 06, 12 y 18 UTC).

Este producto es apropiado para usar en tiempo real con informaciones actuales y previsiones de lluvias y otra información local para estimar el riesgo de inundaciones repentinas en las sub-cuencas. El producto de la FFG se presenta en el formato de archivo de texto (.txt) y en mapas digitales, es uno de los principales productos que son evaluados en esta investigación.

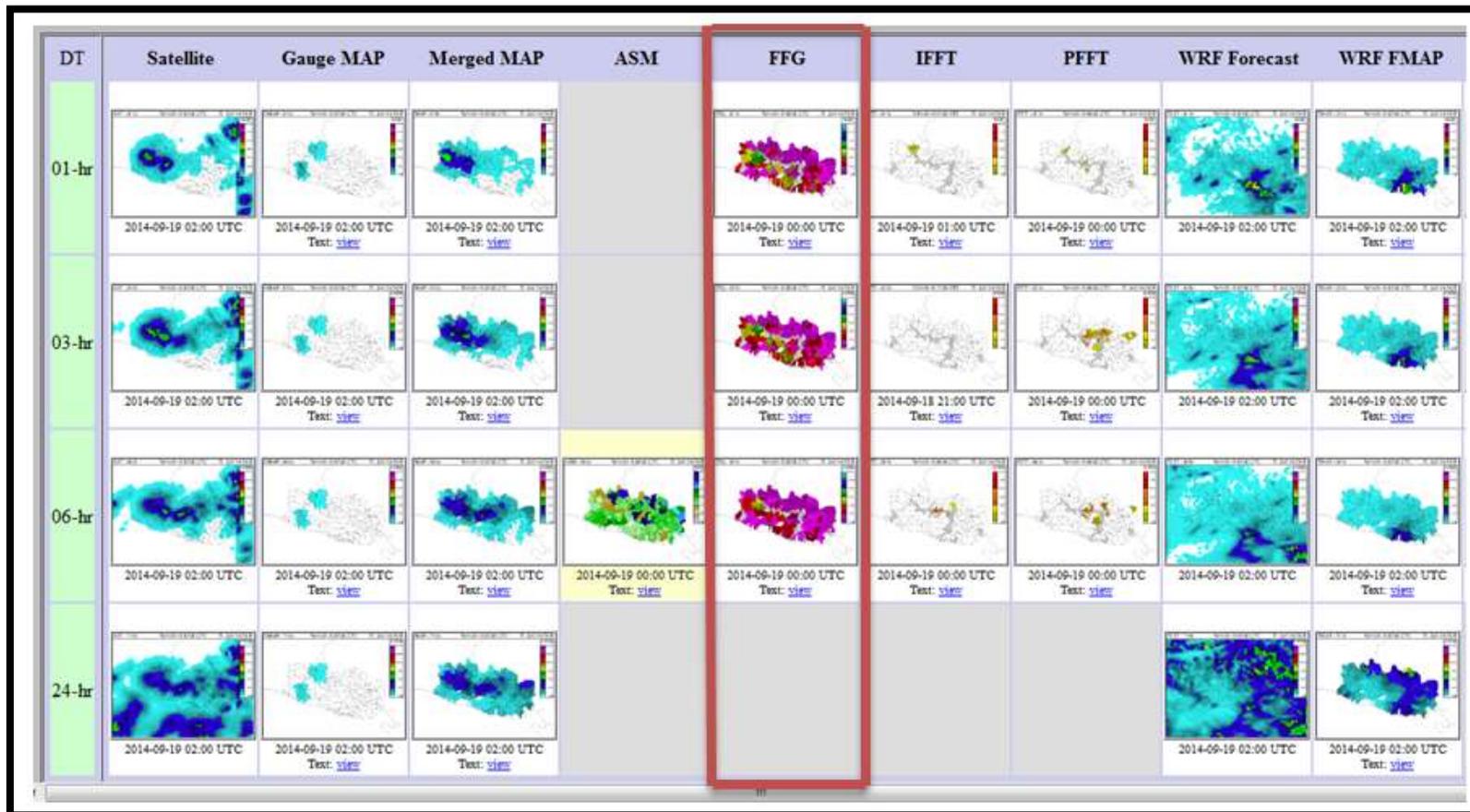


Figura 2. 13- Productos generados por el sistema CAFFG, donde se muestran la columna relacionadas a los datos FFG.

2.4 MODELOS UTILIZADOS

2.4.1 MODELO DE HUMEDAD DEL SUELO O MODELO SACRAMENTO

El Modelo Sacramento de Humedad del suelo (*Sacramento-Soil Moisture Accounting, SACSMA*), es un modelo conceptual que tiene en cuenta la humedad del suelo. Es un intento de parametrizar las características de la humedad del suelo en una forma que distribuya lógicamente la humedad aplicada en varias profundidades y estados de energía en el suelo y que tenga características racionales de percolación.

El uso adecuado de este sistema requiere interpretaciones de los mecanismos primarios (precipitación, evapotranspiración y la humedad del suelo) en una manera físicamente razonable. Una distorsión en cualquiera de estas características producirá una distorsión en otro elemento. Tal distorsión puede aparecer para producir una simulación de caudal eficaz durante el período de ajuste, pero puede destruir la eficacia del sistema durante extremos de sequía o humedad no representados en la figura.

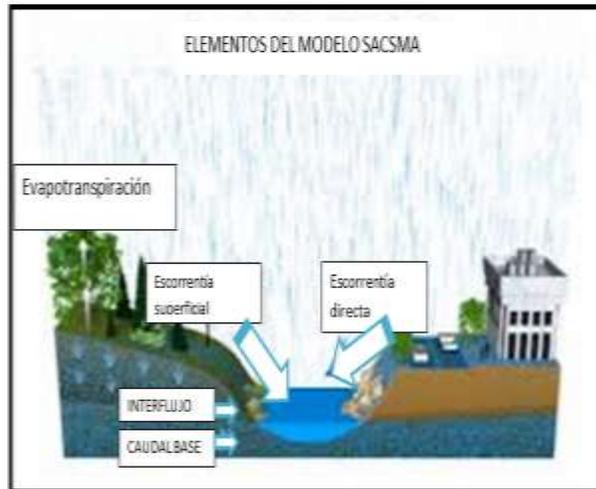


Figura 2. 14- Representación del modelo SACCSMA

MODELO SACRAMENTO

El modelo Sacramento es un modelo de simulación continua desarrollado por el Centro Federal y Estatal de Proyectos de Río, el Servicio Meteorológico Nacional, y el Departamento de Recursos Hídricos del Estado de California. Su versión original, titulada Sistema de Simulación de corriente de Flujo Generalizada, data de 1973. Una versión apenas modificada del modelo fue incorporada en el Sistema de Proyectos de Río del Servicio Meteorológico Nacional en 1976.

Este modelo es un sistema de parámetro global conceptual que puede ser usado para simular la porción de cabeza de agua del ciclo hidrológico. El sistema consiste de un set de percolación, almacenaje de suelo-humedad, drenaje, y características de evapotranspiración que intentan representar los

procesos hidrológicos relevantes de un modo consistente y lógico. El cálculo del escurrimiento de la lluvia depende de un procedimiento de conteo de suelo-humedad, por ello el nombre Modelo Sacramento de conteo suelo-humedad.

La capa de suelo es dividida en zonas de almacenaje superior e inferior.

El almacenaje de la zona superior cuenta para la humedad retenida en la intercepción y la capa de suelo superior, la zona baja cuenta para el volumen de humedad del suelo y almacenaje de agua subterránea. Cada zona, superior e inferior, tiene dos sub-almacenajes, uno que contiene el agua en tensión y otro que contiene agua libre. El agua en tensión es la que está ligada a las partículas del suelo, y por el contrario el agua libre no está ligada a las partículas del suelo, estando libre de moverse hacia arriba o abajo o lateralmente. Para cualquier zona, las cantidades máximas de agua en tensión y agua libre que pueden contener son especificadas como parámetros del modelo. La cantidad de agua en cualquier tiempo en cada almacenaje es una variable del modelo.

El desagüe o la cuenca son divididos en dos tipos de áreas: (1) un área permeable, que produce escurrimiento solo cuando el valor de la lluvia excede una cierta cantidad, y (2) un área impermeable (esto es: corrientes, superficies de lagos, ciénagas, y otras áreas impermeables conectadas directamente con el sistema del canal), lo que produce escurrimiento con cualquier cantidad de lluvia.

Áreas permeables

En el área permeable, la humedad entra inicialmente en el almacenaje de tensión de agua zona superior (UZTWS), que debe ser totalmente llenada antes de que la humedad esté disponible para entrar a otros almacenajes. El agua que va por UZTWS provee humedad suficiente a la capa superior del suelo de modo que la percolación a zonas profundas y drenaje horizontal pueda comenzar. Cuando el UZTWS ha sido llenada, el exceso de humedad es acumulada temporalmente en el almacenaje de agua libre zona superior (UZFWS).

El agua almacenada en UZFWS se puede mover verticalmente (percolando a zonas profundas) y horizontalmente (moviéndose lateralmente y generando interflujo). Las demandas en UZFWS son una función de humedad disponible. El valor del drenaje vertical es una función de humedad disponible en UZFWS y almacenajes de zonas bajas. El patrón preferido para el movimiento de la humedad almacenada en UZFWS es la percolación.

El interflujo puede ocurrir solo cuando el valor de humedad excede el valor en el cual la humedad está percolando desde el agua almacenada en UZFWS. El interflujo es proporcional al UZFWS disponible luego de la percolación:

$$INTER = (UZK) * (UZFWC)$$

En donde: INTER = Interflujo, UZK = el coeficiente de depleción UZFWS, y

UZFWC = UZFWS disponible.

El escurrimiento de superficie puede ocurrir solo cuando el valor de humedad excede la suma del valor de percolación y el valor del interflujo máximo. De allí que, la cantidad del escurrimiento de superficie varía con el valor de humedad y el grado de sequedad de las diversas zonas.

En la zona inferior, la humedad contenida luego del mojado y drenaje es referida al almacenaje de tensión de agua zona baja (LZTWS). La humedad disponible para el drenaje como flujo de base es referida al almacenaje de agua libre zona baja (LZFWS). La humedad en LZFWS es contenida en dos diferentes compartimientos:

(1) Almacenaje primario, que simula el flujo de base de drenaje lento, y (2) almacenaje suplementario, que simula el flujo de base de drenaje rápido. Estos dos almacenajes se llenan simultáneamente desde el agua percolada pero drenan independientemente a diferentes valores, permitiendo la simulación de la recesión de agua subterránea.

La humedad en LZTWS es la que demanda partículas de suelo seca cuando la humedad del frente mojado alcanza esa profundidad. Antes de que se llene LZTWS, una fracción del agua percolada va a LZFWS. Cuando LZTWS está lleno, la percolación continua es dividida entre los volúmenes primario y

suplementario de LZFWS. El agua disponible para entrar a estos almacenajes es distribuida entre ellos en respuesta a sus deficiencias de humedad relativa. Este proceso de percolación en el modelo Sacramento sigue el patrón observado de movimiento de humedad a través del manto del suelo, incluyendo la formación y las características de transmisión del frente mojado. La transferencia de la humedad desde el almacenaje de la zona superior al almacenaje de la zona inferior está basada en la computación de la demanda de percolación de una zona inferior (LZPD). Cuando el almacenaje de la zona inferior es llenado, el valor de percolación es igual al valor de drenaje. Este valor de drenaje limitante es computado como la suma de los productos de cada uno de los dos almacenajes de agua libre de zona inferior (primario y suplementario) y sus respectivos coeficientes de deplección.

$$PBASE = (LZFM_s) (LZSK) + (LZFM_p) (LZPK)$$

En la cual PBASE = valor de drenaje limitante de la acción combinada de LZFWS primario y suplementario

LZFM_s = volumen máximo suplementario LZFWS

LZSK = coeficiente de deplección de almacenaje suplementario

LZFM_p = volumen máximo primario LZFWS, y LZPK = coeficiente de deplección de almacenaje primario.

El uso de los tres volúmenes de almacenaje de agua libre, uno en la zona superior y dos en la zona baja, permiten la generación de una amplia variedad de curvas de recesión y son generalmente consistentes con las características del flujo de corriente observado.

Área impermeable variable

Una porción de agua que entra a la cuenca se asume como que es depositada en áreas impermeables ya sea directamente conectada o adyacente al sistema del canal y se vuelve flujo de canal. Esta porción es definida por dos parámetros que representan sus valores mínimos y máximos. El área actual usada en la computación varía entre dos límites como una función de cantidad de agua en almacenaje.

Evaporación y evapotranspiración

El PET puede ser computado a partir de las variables meteorológicas o mediciones de pan evaporación. La curva de demanda de evapotranspiración es un producto de la PET computada y un coeficiente de ajuste estacional que refleja el tipo de vegetación y valor de crecimiento.

Para áreas cubiertas por agua de superficie, la evaporación es computada al valor potencial. Para áreas de superficie no cubiertas con agua, la evapotranspiración es una función del valor potencial y el volumen y distribución del almacenaje de agua en tensión. Como la manta de suelo seca a partir de la

evapotranspiración, la humedad es separada de la zona superior al valor potencial multiplicada por la carga proporcional de UZTWS.

En la zona baja, la evapotranspiración toma lugar en el valor de potencial insatisfecho (fracción de evapotranspiración potencial insatisfecha por evapotranspiración de la zona superior) multiplicada por la relación (radios) de contenidos a la capacidad de almacenaje de agua en tensión. Si la evapotranspiración ocurre a un valor tal que la relación de contenidos a la capacidad de almacenaje de agua libre excede la relación de contenidos a la capacidad de almacenaje de agua en tensión, la humedad es transferida desde el almacenaje de agua libre al almacenaje de agua en tensión, y las cargas relativas son balanceadas en orden de mantener un perfil de humedad consistente. Dependiendo de las condiciones de la cuenca, la fracción de agua libre de la zona baja puede ser considerada estar, por debajo de la zona raíz, y por ello no es disponible para tales transferencias.

“Pan evaporación”

Pan evaporación es una medida que combina o integra los efectos de varios elementos climáticos: temperatura, humedad, radiación solar y eólica. La evaporación es mayor en los días de viento, secos y calurosos; y se reduce considerablemente cuando el aire es fresco, tranquilo, y húmedo. Mediciones de evaporación Pan permiten a los Agricultores y Ganaderos para entender cuánta agua necesitan sus cultivos.

Corriente de flujo

La corriente de flujo es el resultado de la precipitación de procesamiento a través de una representación de la manta de suelo superior y de las zonas bajas. Este algoritmo produce escurrimiento de cinco maneras:

1. Escurrimiento directo desde áreas impermeables variables.
2. Escurrimiento de superficie debido a la precipitación que ocurre a un valor más rápido que la percolación y el interflujo puede tomar lugar, cuando ambos UZTWS y UZFWS están llenos
3. El interflujo resultante del drenaje lateral de UZFWS
4. Flujo de base suplementario que se origina en el drenaje lateral del LZFWS suplementario.
5. Base de flujo primario que se origina en el drenaje lateral desde LZFWS primario.

Los primeros dos tipos cuentan ampliamente para el escurrimiento de superficie, mientras que los tres tipos restantes cuentan para escurrimiento de subsuperficie (interflujo y flujo de base).

Componentes del modelo

Las características del escurrimiento son una función del valor de precipitación y las condiciones de humedad del suelo. El modelo representa la cuenca como un grupo de volúmenes de almacenajes de capacidades especificadas, que contienen agua temporariamente y que retrocede gradualmente a medida que sus contenidos son agotados por evapotranspiración, percolación o drenaje lateral. Los componentes básicos del modelo se muestran en forma esquemática en la figura siguiente.

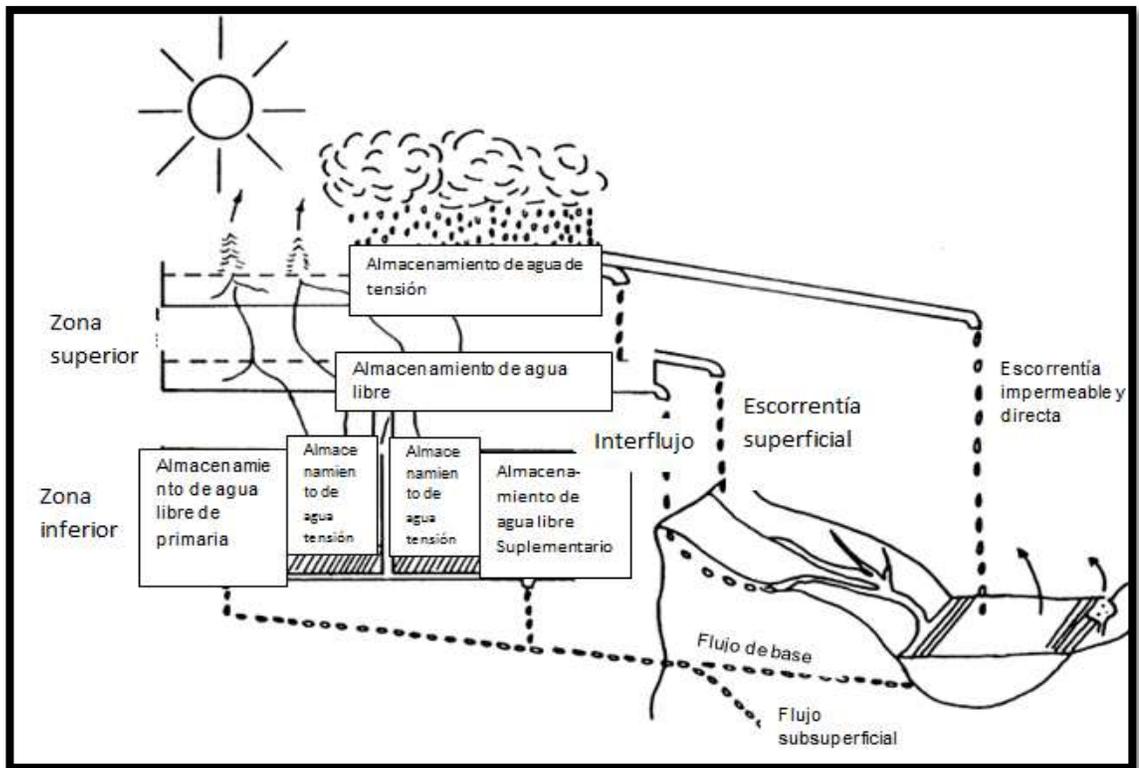


Figura 2. 15- Ilustración comportamiento del Modelo SAC SMA

Técnica computacional

El movimiento de humedad a través de la manta del suelo es un proceso continuo. El valor del flujo a varios puntos es una función del valor de abastecimiento y contenidos de varios almacenajes. Para un intervalo de tiempo, todas las computaciones de humedad están basadas en la asunción de que el movimiento de humedad es definido por las condiciones al inicio del intervalo de tiempo. El intervalo de tiempo es configurado internamente de modo que los cambios en el almacenaje de agua son mantenidos dentro de los 5 mm.

Parámetros del modelo

El componente suelo-humedad del modelo Sacramento, exclusivo de la curva de demanda de evapotranspiración, involucra 17 parámetros. La curva de demanda de evapotranspiración puede ser definida por una serie de 12 ordenadas o por una fórmula de 5 parámetros. La función de distribución temporal, que convierte los volúmenes de escurrimiento a un hidrograma de descarga está basada en una unidad hidrográfica, y en algunas aplicaciones, una función de direccionamiento del canal.

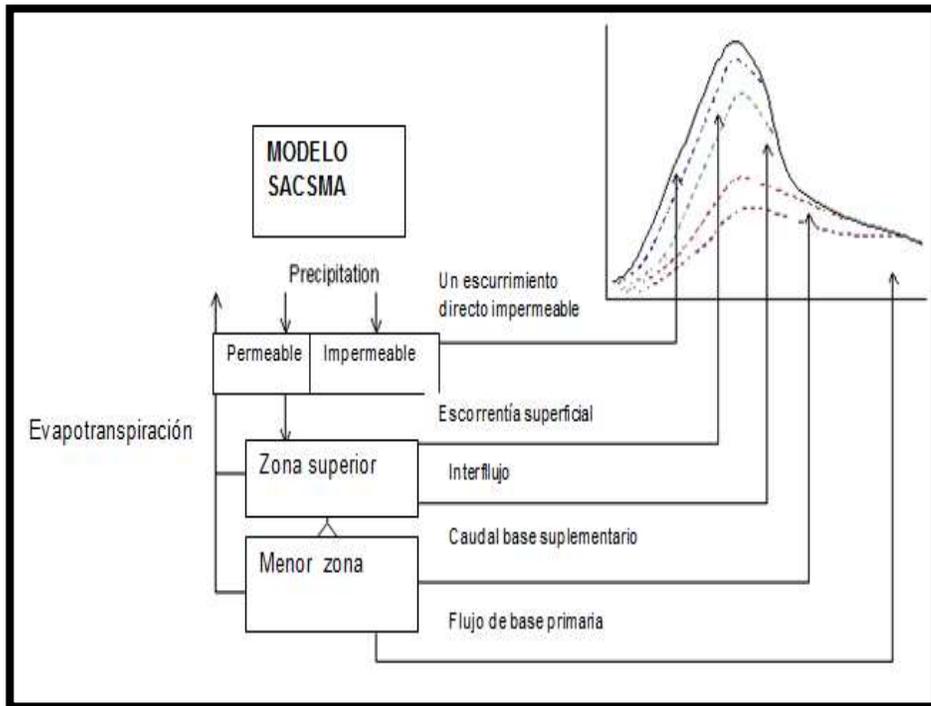


Figura 2. 16- Diagrama Representativo del modelo SAC SMA

Modificaciones del NWSRFS

El modelo original Sacramento aplica la unidad hidrológica a las liberaciones de flujo desde los tres primeros almacenajes. Los componentes de flujo de las dos zonas inferiores fueron agregados al flujo del canal en el período de tiempo en el cual fueron liberados de la zona inferior. En la versión del Sistema de Proyecto-Servicio Meteorológico Nacional de Río (NWSRFS, la unidad hidrológica es aplicada a la suma de todos los cinco componentes de flujo).

La versión NWSRFS requiere un intervalo de tiempo de entrada y salida de 6 horas. Aunque un intervalo de tiempo más pequeño puede ser usado

internamente para incrementar la exactitud, las computaciones son acumuladas por un período de 6 horas y usadas con una unidad hidrográfica de 6 horas.

Calibración del modelo

El Servicio Meteorológico Nacional usa una combinación de técnicas manuales y automáticas para la calibración del modelo. La calibración manual consiste en ajustes subjetivos a los parámetros del modelo sobre las bases de las características específicas de la salida del modelo previo. Las técnicas de calibración automática son aquellas en las cuales los valores de los parámetros del modelo son ajustadas basadas en los cambios en el valor de una función de error elegida.

Un buen grupo de parámetros puede ser usualmente obtenido por métodos naturales. Sin embargo, el procedimiento es arduo y requiere un considerable juicio. Los métodos automáticos, por el otro lado, son simples de usar y más rápidos, aunque tienen algunas desventajas. Entre ellos están (1) dependencia completa en la función de error, (2) fallo para lograr una solución óptima debido a la no convergencia del algoritmo de optimización, y (3) fallo para reconocer el efecto de perturbación simultánea de un grupo de parámetros. Lo peor que puede ocurrir es que la optimización automática pueda degenerar en una curva idónea, produciendo un grupo de parámetros que puedan adaptarse a los datos de calibración razonablemente bien pero que sean físicamente irreales.

En principio, los procedimientos de calibración manual y automática son aplicables. En la práctica, es mejor usar primero una calibración manual y luego seguir con una calibración automática luego de que se ha obtenido una adaptación inicial por medio manual. El largo de la base de datos requerida para la calibración del modelo es una función de las características meteorológicas del desagüe y la cantidad de actividad hidrológica durante el período de registro. Típicamente de 8 a 10 de datos son requeridos para adecuar la calibración del modelo.

2.4.2 MODELO UMBRAL DE ESCORRENTIA

El umbral de escorrentía es la cantidad de exceso de precipitación acumulada durante un período de tiempo determinado en una cuenca que es justo lo suficiente para provocar inundaciones en la salida de la corriente de drenaje.

Una inundación repentina es aquella que sucede en un período corto de tiempo después de una lluvia fuerte o excesiva sobre un área relativamente pequeña.

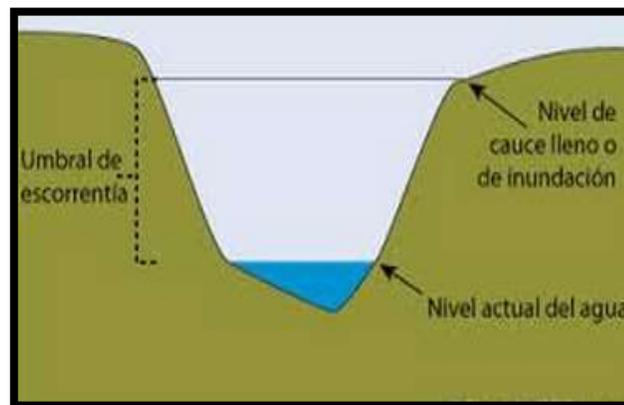


Figura 2. 17- Representación del umbral de escorrentía.

Las estimaciones de umbral de escorrentía son indicadores de máxima escorrentía superficial sostenible para una cuenca determinada, por lo que son un componente esencial de los sistemas de alerta de inundaciones repentinas.

La metodología seguida para el cálculo del umbral de escorrentía del modelo es la siguiente:

- a) El método de cálculo se basa en principios hidrológicos e hidráulicos robustos.
- b) Para el cálculo a escala regional es computacionalmente eficiente.
- c) Utiliza sistemas de información geográfica (SIG).
- d) Las estimaciones de los parámetros utilizados son estables y se calcularon en base a las bases de datos disponibles en cada uno de los países de Centroamérica.

La formulación matemática del modelo supone que las cuencas responden linealmente al exceso de lluvia. Por lo tanto, el umbral de escorrentía, R , puede encontrarse igualando el pico de escorrentía de la cuenca (determinado para el hidrograma unitario de una duración dada) al caudal asociado con inundación en la salida de la cuenca.

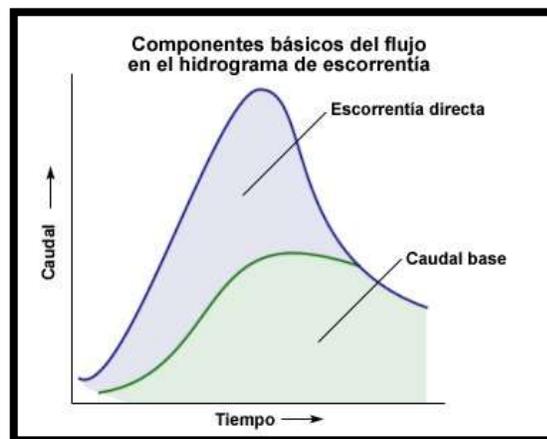


Figura 2. 18- Representación del diagrama de escorrentía directa y caudal base.

Lo anterior corresponde a la siguiente expresión:

$$Q_p = q_{pR}RA$$

Donde Q_p es el caudal de inundación ($m^3/s = cms$)

q_{pR} = es el pico del hidrograma unitario para un tiempo t_r determinado normalizado por el área de la cuenca ($cms/km^2/cm$).

A = Es el área de la cuenca (km^2)

R = Es el umbral de escorrentía (cm).

Despejando R de la ecuación anterior el resultado es:

$$R = \frac{Q_p}{q_{pR}A}$$

La solución se encuentra determinando los valores de Q_p , q_{pR} y A de tal forma que se puedan calcular con los datos disponibles en las bases de información locales.

El caudal de inundación Q_p : Es aquel caudal que llena la sección transversal del cauce a la salida de la cuenca. El caudal de inundación es considerado una medida consecutiva porque para ello se requiere que el flujo sobrepase la sección transversal del cauce para que ocasione daños.

Existe una base estadística la cual da una alternativa del flujo de inundación, la cual muestra una relación entre el caudal a sección transversal llena y caudal con un periodo de retorno entre 1 y 2 años (Herdenson, 1996)

El CAFFG, utiliza el caudal con un período de retorno de 2 años, el cual es denominado como Q_p , se usa como una medida alternativa del caudal a sección transversal llena, el cual se denominará como Q_{bf} .

Usando la fórmula de Manning, para un flujo estable y uniforme (Chow et al., 1994), se obtiene la siguiente igualdad:

$$Q_p = Q_{bf} = \frac{B_b S_c^{0.5} D_B^{5/2}}{n}$$

Dónde:

B_b = es la anchura del tope del canal cuando la sección transversal está llena (m).

D_B = es la profundidad hidráulica en esta misma condición (m).

S_c = es la pendiente del canal (adimensional) y n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Georgakakos et al. (1991).

Basado en los datos de Jarret (1984), usó el coeficiente de rugosidad para $n > 0.035$.

S_c La función de la pendiente del canal.

D_B La profundidad hidráulica, lo cual se muestra en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{0.43 S_c^{0.387}}{D_b^{0.15}}$$

El Pico del Hidrograma unitario, q_{pR} : determina la respuesta de una cuenca de una duración dada.

Se tienen dos opciones para determinar el pico del hidrograma unitario, q_{pR} .

La primera es utilizando el hidrograma unitario de Snyder (Chow. et al., 1988). En este caso, los coeficientes empíricos de la formulación de Snyder se deben calibrar con datos de campo de cuencas con capacidad de drenaje y almacenamiento similares. Esto requiere hidrogramas unitarios derivados de caudales observados y registros de precipitación, en las áreas propensas a inundaciones repentinas. En Centroamérica se tiene un alto grado de incertidumbre debido a que las observaciones en microcuencas es muy mínimo, por tal razón esta opción no es utilizada por el CAFFG.

La segunda es la teoría del hidrograma unitario geomorfológico (GUH, por sus siglas en inglés) En este caso, la respuesta de la cuenca se relaciona con las características de la misma y el canal, que se puede determinar con SIG y datos digitales del terreno. Por esta razón, en el CAFFG se utilizó esta metodología para determinar la respuesta de las cuencas. Rodríguez-Iturbe y Valdés (1979) desarrollaron el hidrograma unitario geomorfológico con base en

la estructura geomorfológica de la cuenca, usando las leyes de geomorfología de Horton (e.g ver Bras, 1990).

La magnitud y el tiempo del pico del hidrograma unitario se obtienen con las siguientes fórmulas:

$$Q_p = \frac{2.42iAt_r}{\pi^{0.4} \left(1 - \frac{0.218t_r}{\pi^{0.4}}\right)}$$

$$Yt_{pR} = 0.585\pi^{0.4} + 0.75t_R$$

Donde

$$\pi = \frac{L^{2.5}}{iAR_L\alpha^{2.5}} \quad \alpha = \frac{S_c^{0.5}}{nB^{2/3}}$$

El umbral de escorrentía R es igual a la intensidad de la lluvia por su duración t_r por lo cual la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Q_p = \frac{2.42 RA}{\pi^{0.4} \left(1 - \frac{0.218t_r}{\pi^{0.4}}\right)}$$

- A = es el área de drenaje (km²)
- t_r = la duración de la lluvia efectiva (h)
- L = la longitud del cauce principal (km)
- i = la intensidad de la lluvia efectiva (cm/h)
- R = la razón de la longitud de Horton (adimensional)

S_c = la pendiente del canal (adimensional)

n = el coeficiente de rugosidad de Manning y B la anchura superior del canal (m).

Esta fórmula permite calcular los valores de escorrentía del CAFFG. Para el cálculo de R , en el caso del CAFFG, Q_p es el caudal con un período de retorno de 2 años o el caudal a sección transversal llena según se mencionó anteriormente.

Para el análisis del CAFFG hay que considerar un aspecto importante es la suposición de que las cuencas responden linealmente a la lluvia excesiva, es decir, la teoría del hidrograma unitario.

Según estudios realizados, las cuencas pequeñas son menos lineales que las grandes, especialmente con lluvia débil y moderada (Caroni et. al., 1986). Otra consideración a tomar en cuenta es que en algunos ríos, éstas varían mucho en distancias cortas y pueden cambiar en el tiempo con la ocurrencia de inundaciones. Por esta razón, el caudal Q_p es difícil de determinar en áreas con secciones transversales muy inestables.

2.4.3 MODELO DE LA GUIA DE INUNDACIONES REPENTINAS (FFG)

La Guía de Crecidas Repentinas (FFG, FLASH FOOD GUIDANCE por sus siglas en inglés) es definida como una estimación numérica de la lluvia promedio sobre un área específica y una duración de tiempo necesaria para iniciar inundaciones de pequeños arroyos. La Guía de Crecidas Repentinas es expresada en unidades de pulgadas por duraciones de 1, 3 y 6 horas. Para esta definición, el término “pequeños arroyos” se refiere a aquellos arroyos que drenan áreas de pequeñas cuencas.

Generalmente las crecidas repentinas ocurren en cuencas de menos de 30 millas cuadradas de área (menos de 77 km²) y a menudo en cuencas considerablemente más pequeñas. Como ejemplo, si la Guía de Crecidas Repentinas de 3 horas es de 1,50 pulgadas (38 mm), entonces una inundación debe comenzar en pequeños arroyos si la precipitación supera esa cantidad en un período de 3 horas.

La FFG es una cantidad estimada de lluvia controlada por el estado actual de la humedad del suelo y el umbral de escorrentía. El umbral de escorrentía es la escorrentía necesaria para iniciar una inundación. Es un valor fijo basado en características geográficas e hidrológicas de la cuenca o del canal del arroyo.

El estado de humedad del suelo cambia continuamente dependiendo de procesos de pérdidas y ganancias. Las ganancias en humedad provienen de la

precipitación mientras que las pérdidas resultan de evapotranspiración, escorrentía y percolación hacia suelos profundos o un acuífero. Una estimación del estado de humedad del suelo es usada en los modelos de pronóstico de ríos que se corren en los Centros de Pronósticos Fluviales.

La base de FFG es el cálculo de los valores de umbral de escorrentía, o la cantidad de lluvia efectiva de una duración determinada que es necesario para causar inundaciones menores. La lluvia efectiva son las precipitaciones residuales después de las pérdidas por infiltración, la detención y la evaporación, se han restado de la lluvia real en el nivel de captación.

La relación entre FFG y el umbral escorrentía es una función de la humedad del suelo actual, se estiman en tiempo real por operativa de la contabilidad de valores de humedad del suelo promediados.

CAPITULO III: VALIDACION DEL MODELO HUMEDAD DEL SUELO.

3.1 MANEJO DE LOS DATOS: ANALISIS GENERAL

3.1.1 DATOS GENERALES

Se descargaron las bases de datos diarias para las horas 0:00 y 12:00 UTC, para los años de 2011, 2012, 2013 y 2014, sin embargo se evaluaron solo los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de cada año, los archivos en formato (DBF) del sistema CAFFG se seleccionaron estos meses ya que no todos los años poseen los archivos de los 12 meses resultando estos 3 meses los que se tienen archivos en común, el proceso se realizó en la hoja de cálculo en Excel, donde se generó un promedio diario respectivamente para las horas 6:00 am y 6:00 pm del país, luego se generaron promedios mensuales, la razón generar un análisis más simplificado de los datos para su posterior realización en el sistema de información geográfica ARCGIS cabe destacar que el análisis también se pudo haber realizado por medio de software de uso libre como Qgis o gvGis, etc. Sin embargo se utilizó ARCGIS por la cantidad de herramientas que proporciona la facilidad de modelar la base de datos obtenida en archivos formato (DBF).

Se generaron archivos con valores delimitados por comas (.CVS) para el análisis en ARCGIS con las bases de datos ya procesadas las cuales se utilizaron para identificar las cuencas con ayuda de archivos georreferenciados (shape) donde se tenían establecidas las diferentes cuencas del país posteriormente se calcularon los centroides de cada cuenca y se asignaron los

valores promediados a dichos puntos, que con anterioridad se había tabulado en la hoja de cálculo en Excel.

Luego de la ubicación de los puntos se generaron polígonos de Thiessen para determinar la influencia de cada cuenca dentro del territorio Nacional con fin de asignar valores puntuales y corroborar los datos obtenidos en laboratorio ver figura 3.1

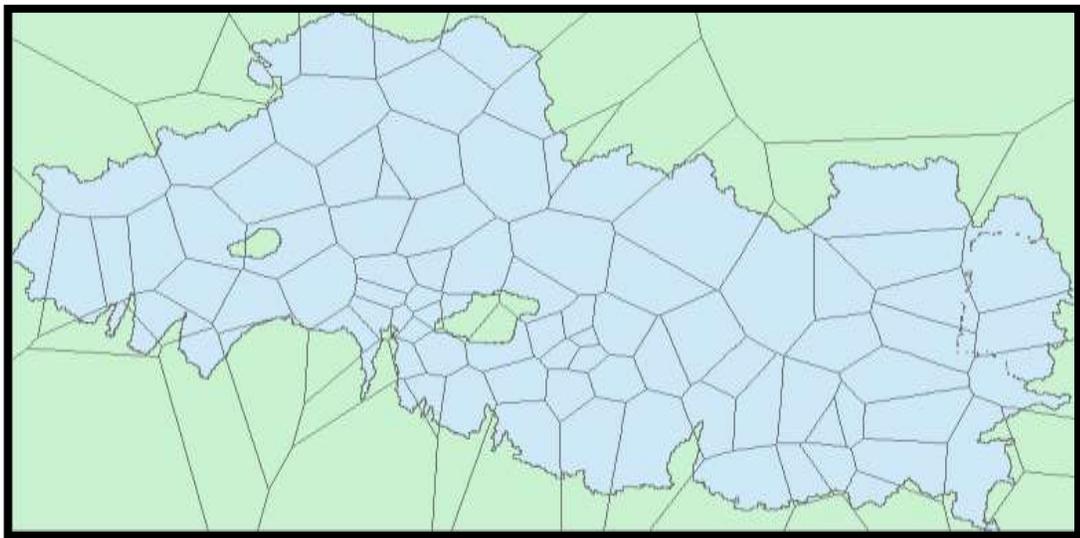


Figura 3. 1- Poligonos de thiessen del pais en ARCGIS

Con ayuda de base de datos en formato de archivos (shape) se ubicaron las 11 regiones hidrográficas de mayor importancia en el país, la de mayor influencia es la región río Lempa, denominado región “A”.



REGIONES HIDROGRAFICAS DE EL SALVADOR			
REGION A	RIO LEMPA	REGION G	ESTERO JALTEPEQUE
REGION B	RIO PAZ	REGION H	BAHÍA DE JIQUILISCO
REGION C	RIO CARA SUCIA	REGION I	RIO GRANDE DE SAN MIGUEL
REGION D	RIO GRANDE DE SONSONATE	REGION J	RIO SIRAMA
REGION E	RIO MANDINGA	REGION K	RIO GOASCORAN
REGION F	RIO JIBOA		

Figura 3. 2- Regiones Hidrográficas de El Salvador

Luego se generaron ráster por el método de interpolación Krigging modelo esférico (ver anexo 3.1) para todo el país, evaluándose los datos tabulados de la estimación de lluvia (MAP) Y la humedad del suelo (ASM) de los diferentes años así como la evapotranspiración teórica del país, se realizó la comparación de los parámetros de relieve, vegetación, tipo y uso del suelo.

Para las regiones hidrográficas se tomaron documentos del balance hídrico de El Salvador las cuales son: región “A” (Lempa), región “B” (rio Paz), región “C”

(cara sucia), región “D” (rio Grande de Sonsonate), región “E” (Mandinga), región “F” (rio Jiboa), región “G” (estero Jaltepeque), región “H” (bahía de Jiquilisco), región “I” (rio Grande de San Miguel), región “J” (Sirama), región “K” (Goascoran).

En este capítulo se desarrollara el análisis para la región “A” ya que aporta mayor información para El Salvador, el análisis de las regiones restantes ver desarrollo en anexo 3.1

REGIÓN “A” RIO LEMPA

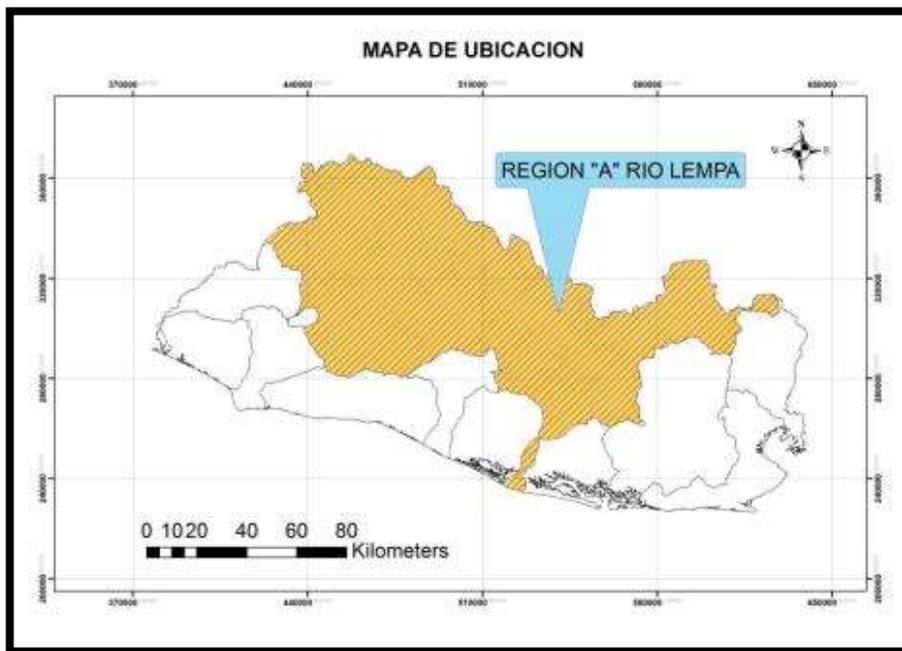


Figura 3. 3- Mapa de ubicación de región A

El río Lempa es un río perenne con vertiente al océano Pacífico. Con 422 km de longitud es uno de los ríos más largos de Centroamérica. Su cuenca abarca tres países: Guatemala, Honduras y El Salvador.

El Lempa nace entre las montañas volcánicas de las mesetas centrales de la región a una elevación aproximada de 1200-1500 m.s.n.m en el municipio de Esquipulas, Chiquimula en Guatemala, donde es la unión o confluencia de los ríos Chacalapa, Tepoctún, La Planta y Olopita, y discorre 30.4 km en territorio guatemalteco, ingresando a Honduras donde recorre el departamento de Ocotepeque por 31.4 km. Cruza la frontera con El Salvador al noreste del departamento de Chalatenango y sigue su recorrido por 360.2 km, desembocando en la planicie costera del océano Pacífico, entre los departamentos de San Vicente y Usulután. Caudal medio 175 m³/s en la desembocadura.

La Región del Río Lempa se extiende sobre la República de Guatemala, El Salvador y Honduras, teniendo un área de drenaje de 18,246 km². Es la más grande del país y ocupa el 49% del territorio salvadoreño (10,255 km²). De los 14 departamentos, solamente los de Ahuachapán, La Paz y La Unión quedan fuera de ella; los de Chalatenango y Cabañas, los comprende totalmente y los restantes los comparte con las demás Regiones Hidrográficas. En Guatemala abarca parte de los departamentos de Jutiapa y Chiquimula y, en Honduras los

de Lempira, La Paz y Ocotepeque. En esta Región se encuentran los núcleos poblacionales más grandes del país que son las áreas metropolitanas de San Salvador y Santa Ana. Además, existen otros núcleos menos importantes como Cojutepeque, Suchitoto, San Vicente, Sensuntepeque, Ilobasco, Chalatenango y Metapan.

Para tener un mejor análisis de esta región se realizó la división de la cuenca ver figura 3.4 la cual muestra la subdivisiones de esta región.



Figura 3. 4- División de la Región del Río Lempa

3.1.1.1 VARIACION DE LLUVIA Y HUMEDAD DEL SUELO PARA LOS AÑOS 2011,2012, 2013 Y 2014

PRECIPITACION (MAP) Y HUMEDAD DEL SUELO (ASM) AÑO 2011

Para el análisis humedad y precipitación se obtuvo la base de datos del sistema CAFFG, descargándose los archivos en formato DBF en los cual se trabajó la base de datos en el software Excel; los archivos descargados fueron para las 00:00 y 12:00 UTC para los meses de Septiembre, octubre y Noviembre de los años 2011, 2012, 2013 y 2014. Se descargaron los datos para los meses descritos anteriormente siendo estos los que se tienen en común para los 4 años, se realizaron promedios tanto de humedad como de precipitación para cada día, para cada mes y cada año, esto para verificar los cambios debido a eventos climatológicos evidentes o asociados a lluvia en cada región del país.

Se analiza la región “A” RIO LEMPA ya que esta es la cuenca más importante del país ver figuras 3.5, las regiones completas se presentan en anexo 3.1

PRECIPITACION (MAP) Y HUMEDAD DEL SUELO (ASM) AÑO 2011

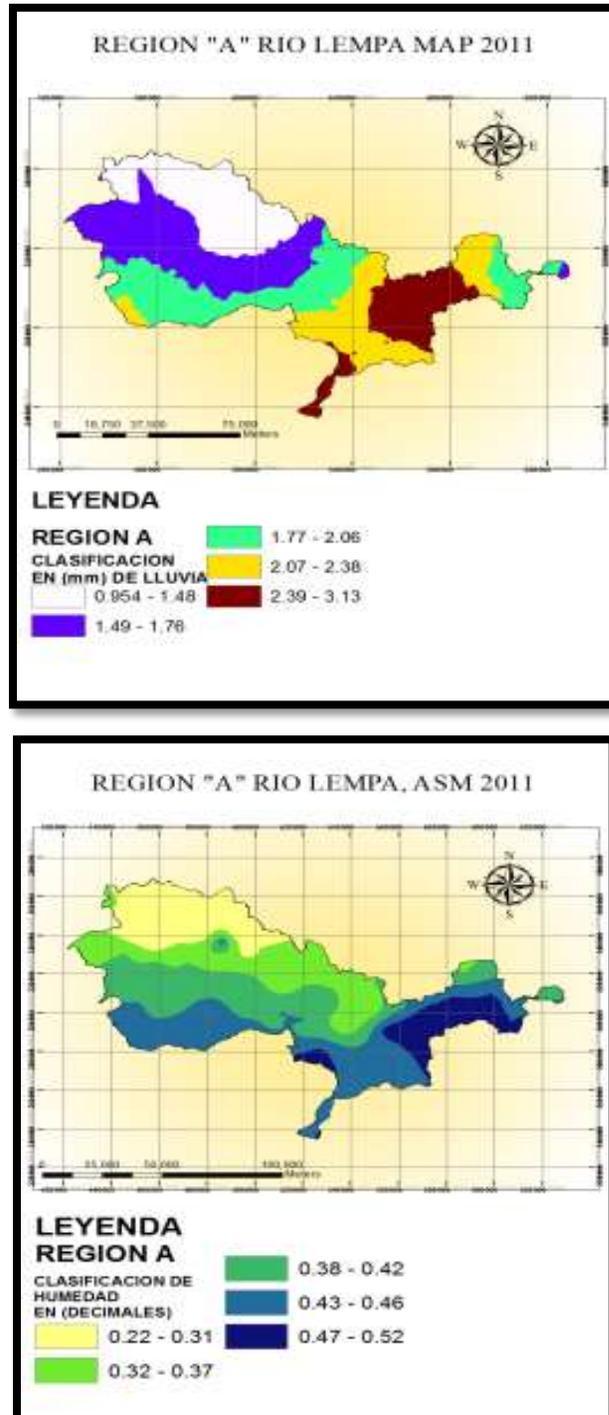


Figura 3. 5- Valores de lluvia y Humedad del Suelo del año 2011

El MAP (mapa medidor de la precipitación media areal) este posee un formato de salida tipo texto e imágenes de cada hora, cada 3 horas, los totales de 6 horas y 24 horas de la precipitación media areal en (mm) producido a partir de la interpolación de los datos de pluviómetros por hora para cada cuenca, es decir mide la precipitación media areal según los datos que registran los pluviómetros en tierra, y los transforma en cantidad de lluvia. Para la región A del año 2011 presenta una precipitación promedio máxima de 3.13 mm y una mínima de 0.954 mm, los rangos de precipitación que tienen mayor influencia en este año son de 1.49-1.76, 0.954-1.48, 1.77-2.06 mm, en cuanto al ASM tiene una humedad de suelo máxima de 0.52 y un mínimo de 0.22 , teniendo un los rangos de humedad de mayor influencia los que varían 0.32 - 0.37, 0.43 - 0.46, 0.38 - 0.42, 0.22 - 0.31 y 0.47 - 0.52 (decimales).

PRECIPITACION (MAP) Y HUMEDAD DEL SUELO (ASM) AÑO 2012

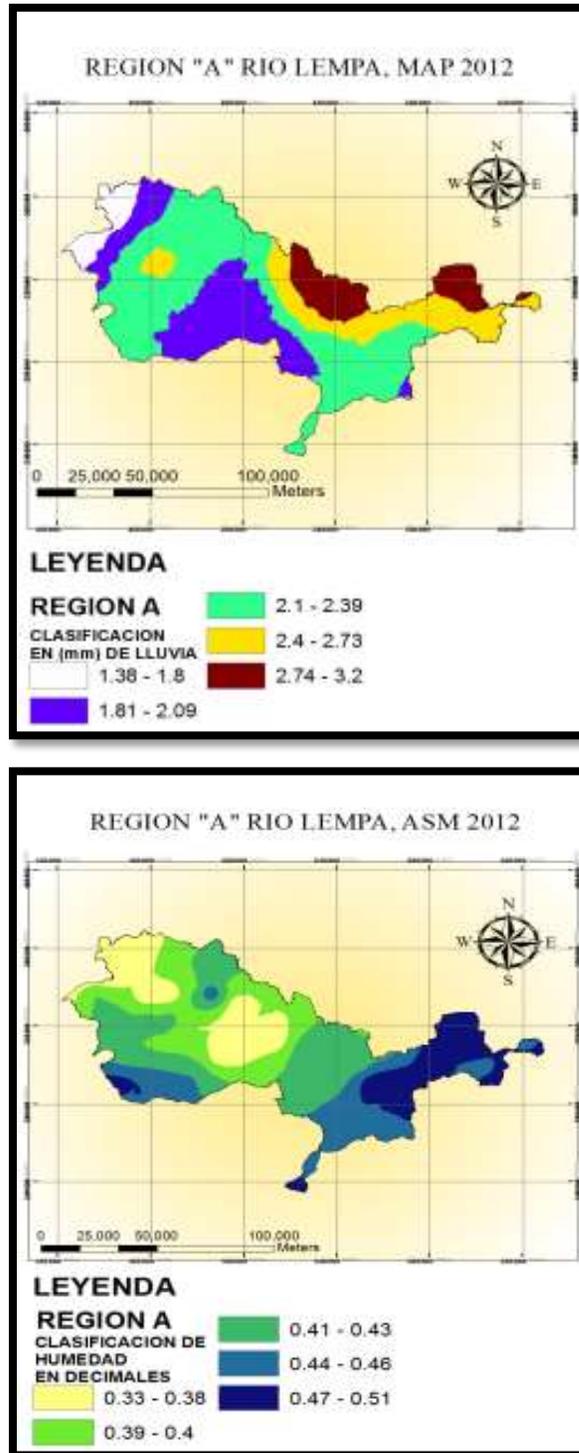


Figura 3. 6- valores de lluvia y humedad del suelo del año 2012

El MAP de la región A para el año 2012 presenta una precipitación promedio máxima de 3.2 mm y una mínima de 1.38 mm, los rangos de precipitación que tienen mayor influencia en este año son de 2.1-2.39 mm, 1.81-2.09, 2.4-2.73, 2.74- 3.2 y 1.38-1.8 mm, en cuanto al ASM tiene una humedad de suelo máxima de 0.51 y un mínimo de 0.33 , teniendo un los rangos de humedad del suelo de mayor influencia los que varían de 0.39 - 0.4, 0.41 - 0.43, 0.44 - 0.46, 0.33 -0.38, 0.47 - 0.51 (decimales).

PREPCIPITACION (MAP) Y HUMEDAD DEL SUELO (ASM) AÑO 2013

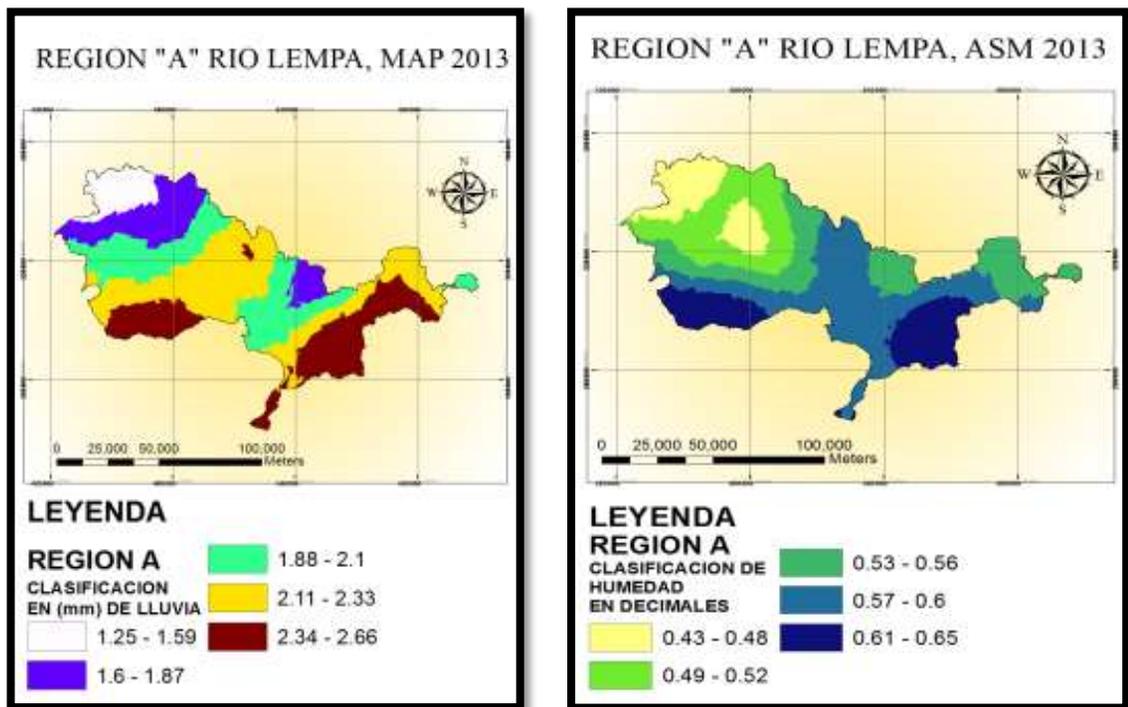


Figura 3. 7- Valores de lluvia y Humedad del Suelo del año 2013

El MAP de la región A para el año 2013 presenta una precipitación promedio máxima de 2.66 mm y una mínima de 1.25 mm, los rangos de precipitación que tienen mayor influencia en este año son de 2.11 - 2.33 mm, 1.88 - 2.1,

2.34 -2.66, 1.6 - 1.87 y 1.25 - 1.59 mm, en cuanto al ASM tiene una humedad de suelo máxima de 0.65 y un mínimo de 0.43, teniendo un los rangos de humedad del suelo de mayor influencia los que varían 0.57 - 0.6 (decimales).

PRECIPITACION (MAP) Y HUMEDAD DEL SUELO (ASM) AÑO 2014

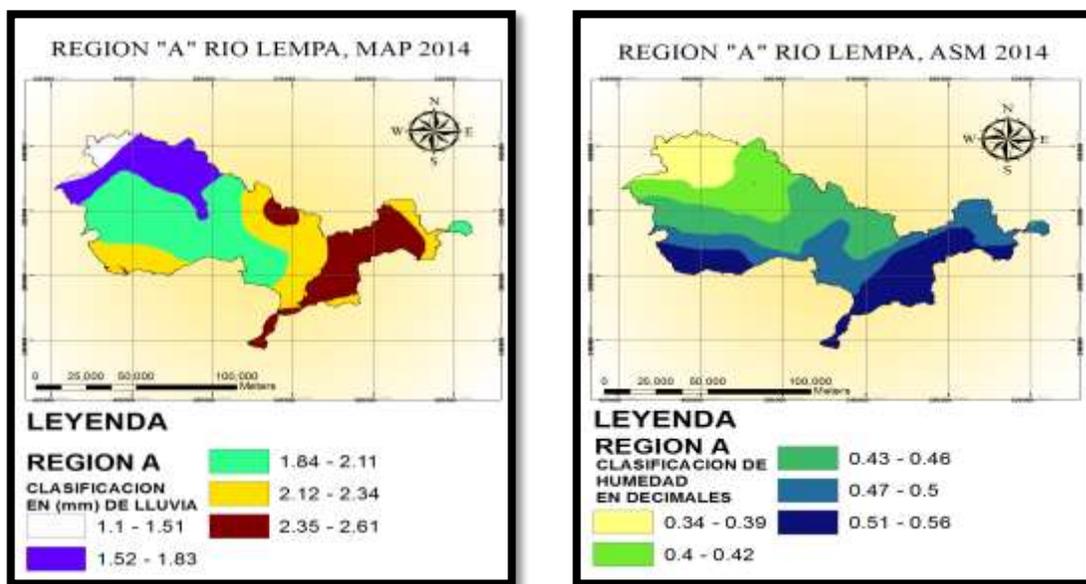


Figura 3. 8- Valores de lluvia y Humedad del Suelo del año 2014

El MAP de la región A para el año 2014 presenta una precipitación promedio máxima de 2.61 mm y una mínima de 1.1 mm, los rangos de precipitación que tienen mayor influencia en este año son de 1.84 - 2.11 mm, 2.12 - 2.34, 1.52 -1.83, 2.35 - 2.61 y 1.1 - 1.51 mm, en cuanto al ASM tiene una humedad de suelo máxima de 0.58 y un mínimo de 0.34 , teniendo un los rangos de humedad del suelo de mayor influencia los que varían 0.43 - 0.46, seguido de las variaciones de 0.51 - 0.56, 0.4 - 0.42, 0.47 - 0.5, 0.34 - 0.42 (decimales).

3.1.1.2 COMPARACION DE PARAMETROS.

GEOLOGIA, TIPO Y USO DE SUELO DE LA REGION "A" RIO LEMPA.

Aproximadamente se encuentra un 50 % de rocas epiclastitas volcánicas provenientes de lavas intercaladas y roca efusiva básica, intermedia de la edad cuaternaria, terciaria miocénica y pliocénica, perteneciente a los miembros contribuyentes de la formación del bálsamo.

En un 20 % se encuentran tobas poco compactadas y piroclásticos, suelos que descansan sobre lavas andesíticas y basálticas fracturadas, las cuales se presentan depósitos de grava y arena provenientes del cuaternario, pertenecientes a los miembros que constituyen la formación de San Salvador.

LAS FORMACIONES DE LA REGIÓN A



Figura 3. 9- Formación Geológica de la Región A.

La formación de San Salvador es la que cubre la mayor área de la región la cual cubre un área de 247,588.28 ha con un 24.65 % de las formaciones de la región “A”, seguida por la formación de Cuscatlán con un área de 220,247.46 ha y un 21.93%, Bálsamo con un área 207,669 ha con un 20.67%, Morazán con un área de 201,391.54 ha y un 20.05% y en menor área Chalatenango con un área de 98,922.24 ha el 9.85% de la región A.

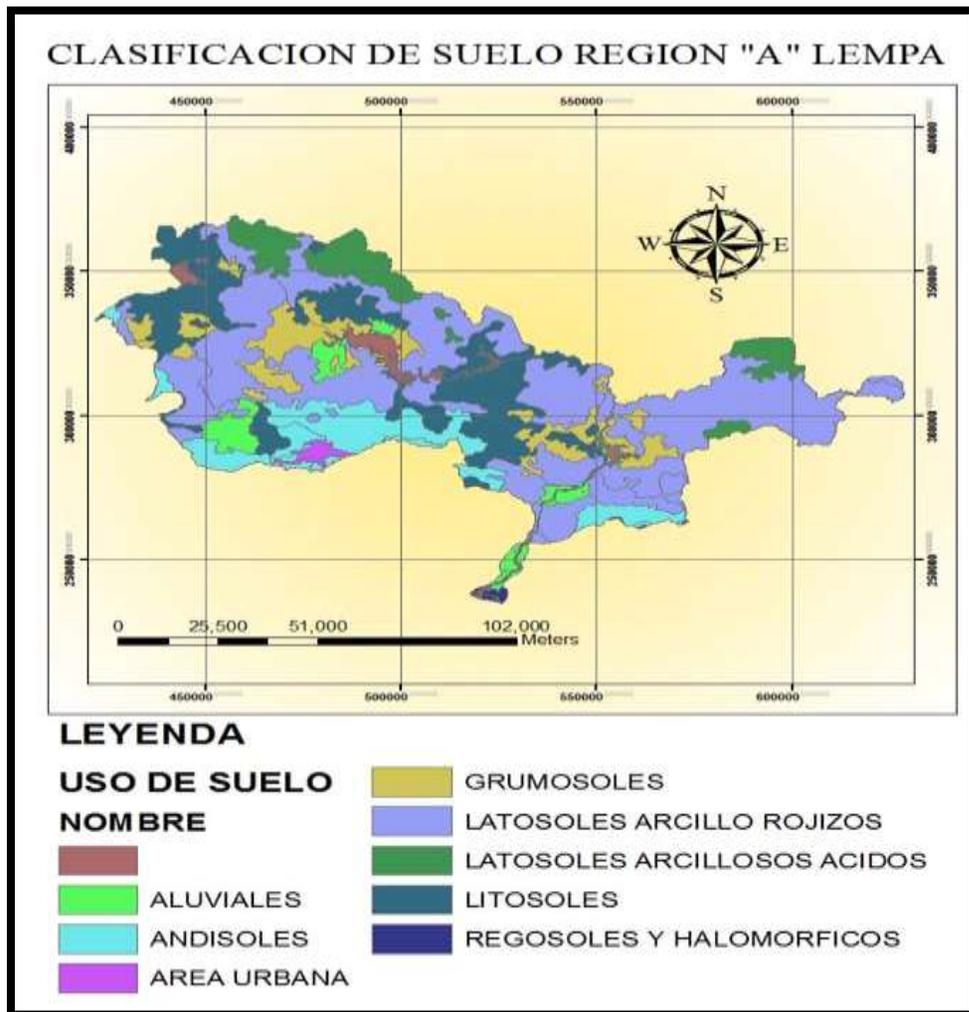


Figura 3. 10- Tipos de Suelo de Región Rio Lempa

Los tipos de suelo que predominan en la región del río Lempa son: Latosoles Arcillo Rojizos con un área de 455,222.8 hectáreas un 45.06 % del suelo de la región, siguiéndole los suelos Litosoles con un área de 194,984.84 ha y un 19.30 %, andisoles con un área de 107,169.72 ha y un 10.61 %, Grumosoles con área 96,152.55 ha y un 9.52 %, latosoles arcilloso Acido con un área de 78,890.18 ha y un 7.81 %, y en menor área el tipo de suelo Aluviales área 43,200.43 ha y un 4.28 %.

TEXTURA DE REGION "A"

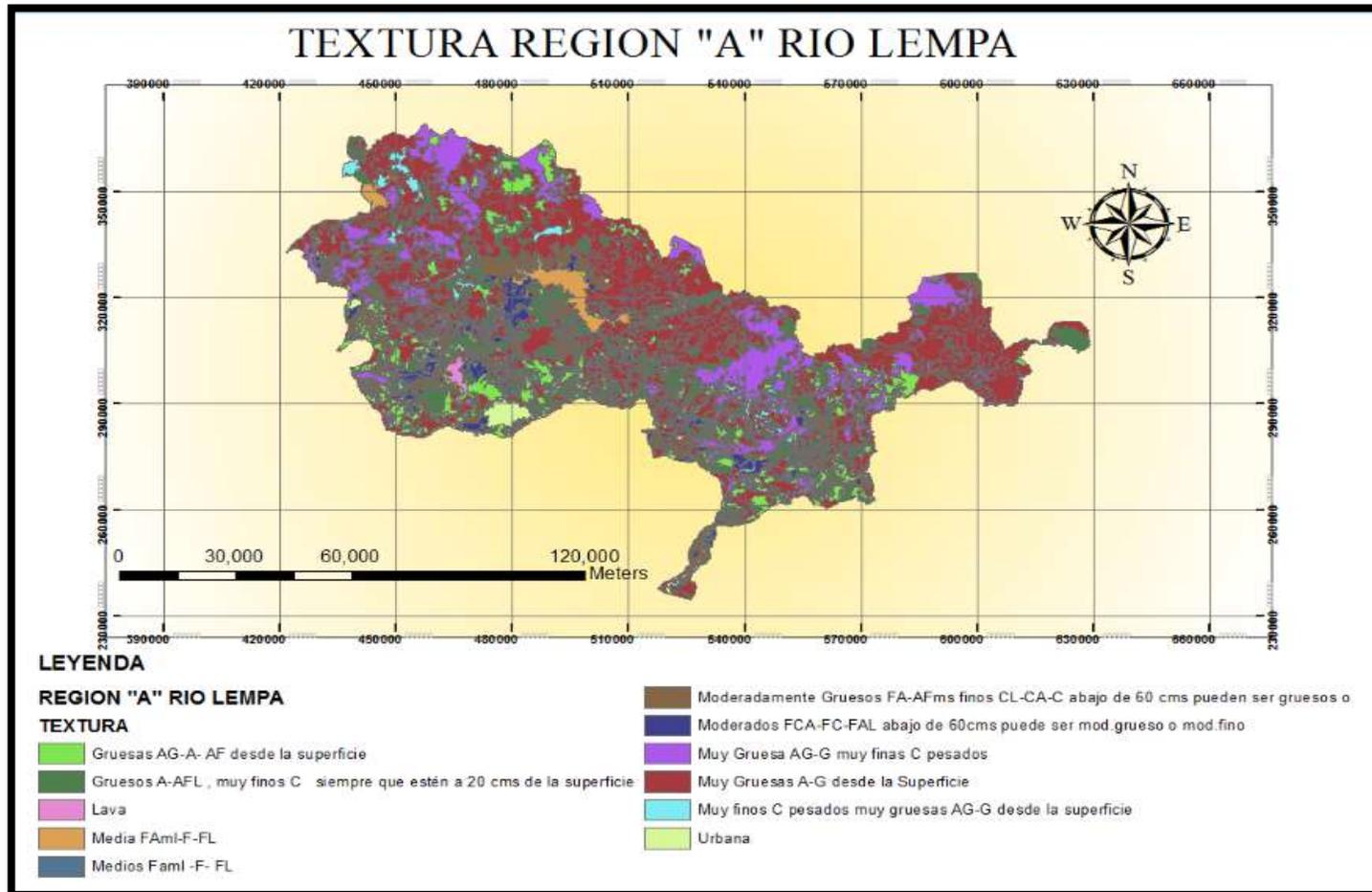


Figura 3. 11- Textura de Región A

En la región "A" la textura de más influencia es Muy Gruesas A-G desde la Superficie de la Tierra con un área de 462,019.03 ha y un 45.63 % de esta región, seguida de Gruesos A-AFL muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie de la tierra con un área de 152,149.08 ha y un 15.03 %, Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados con área 132,029.3 ha y un 13.04 %, Gruesas AG-A- AF desde la superficie con área 92,606.75 ha y un 8.95 %.

USO DEL SUELO DE REGION LEMPA

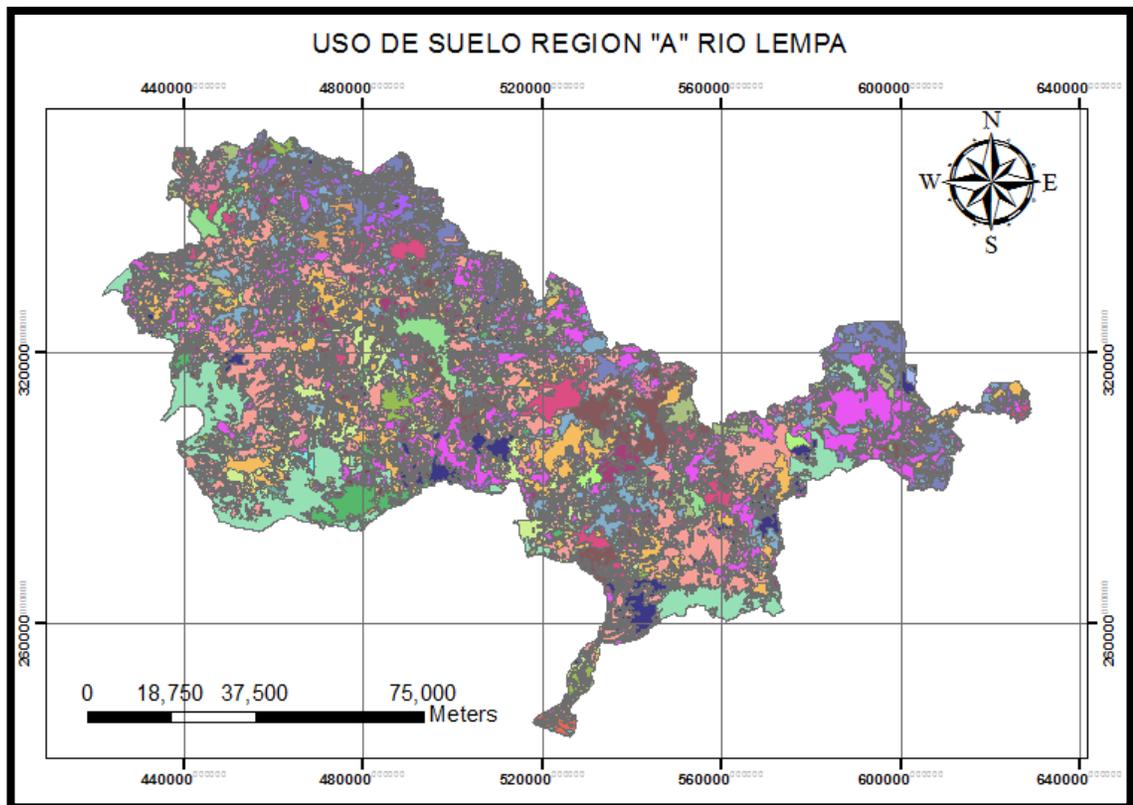


Figura 3. 12- Ocupación del Suelo de Región

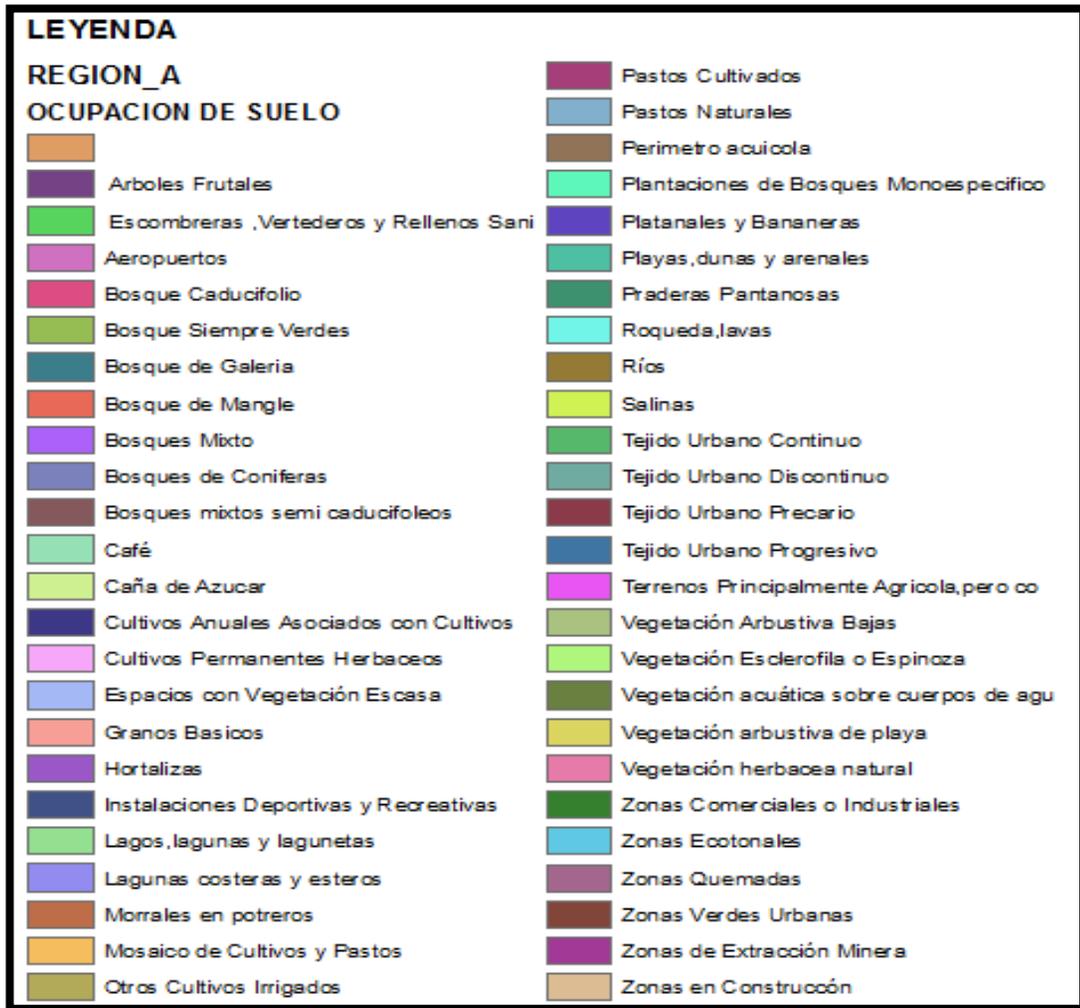


Figura 3. 13- Leyenda de Ocupación del Suelo de Región A

La ocupación del suelo en la región “A” que predomina más es el cultivo de granos básicos con un área de 204,489.64 ha y un 20.24 % de la región, seguida de terrenos principalmente agrícolas con un área de 145,518.43 ha y un 14.4 %, pastos naturales con un área de 100,051.4 ha y un 9.9 %, mosaico de cultivos y pastos con un área de 94,816.5 ha y un 7.63 %, Bosques de Coníferas con un área de 50,909.74 ha y un 5.04 %.

COBERTURA VEGETAL

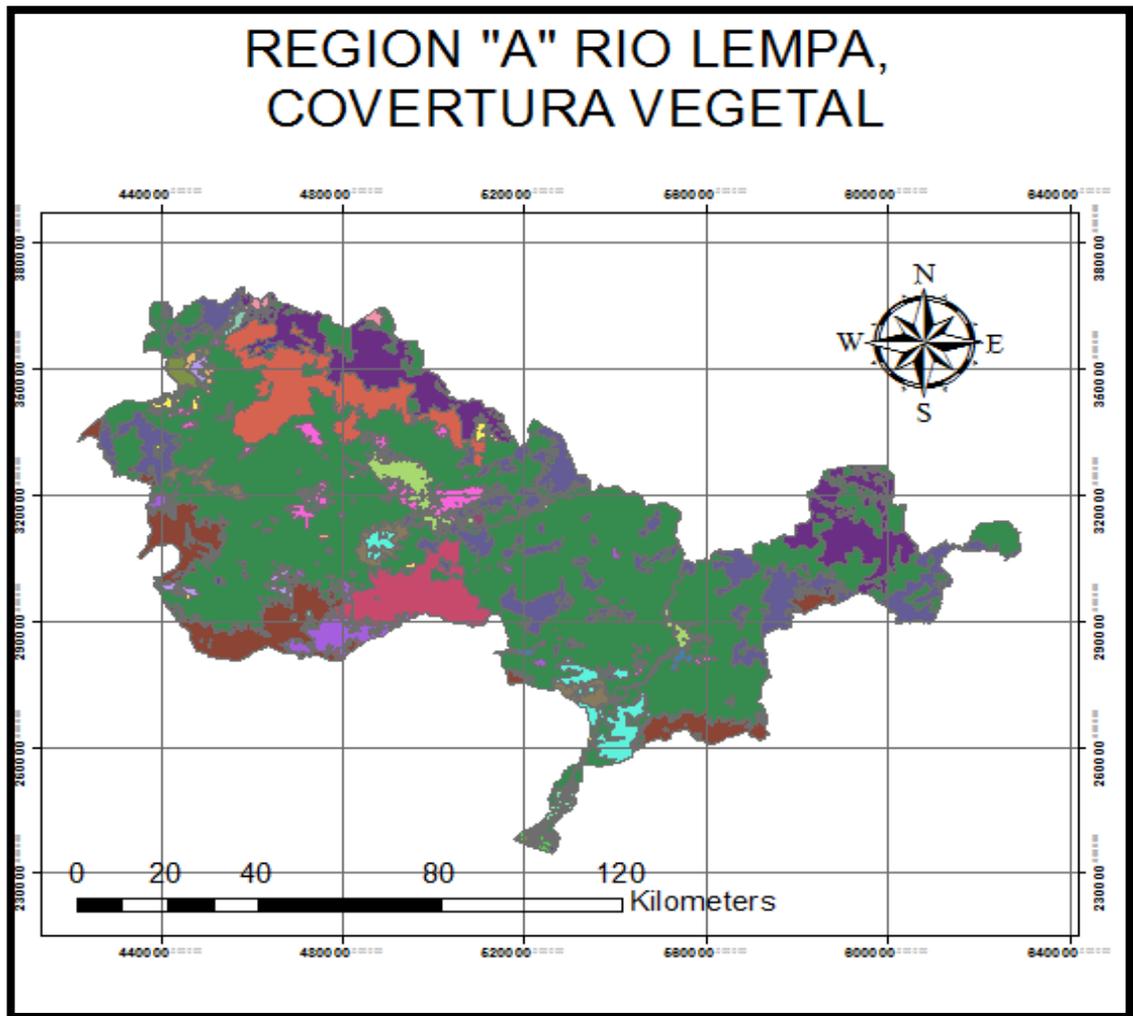


Figura 3. 14- Cobertura Vegetal Registrada en la Región.

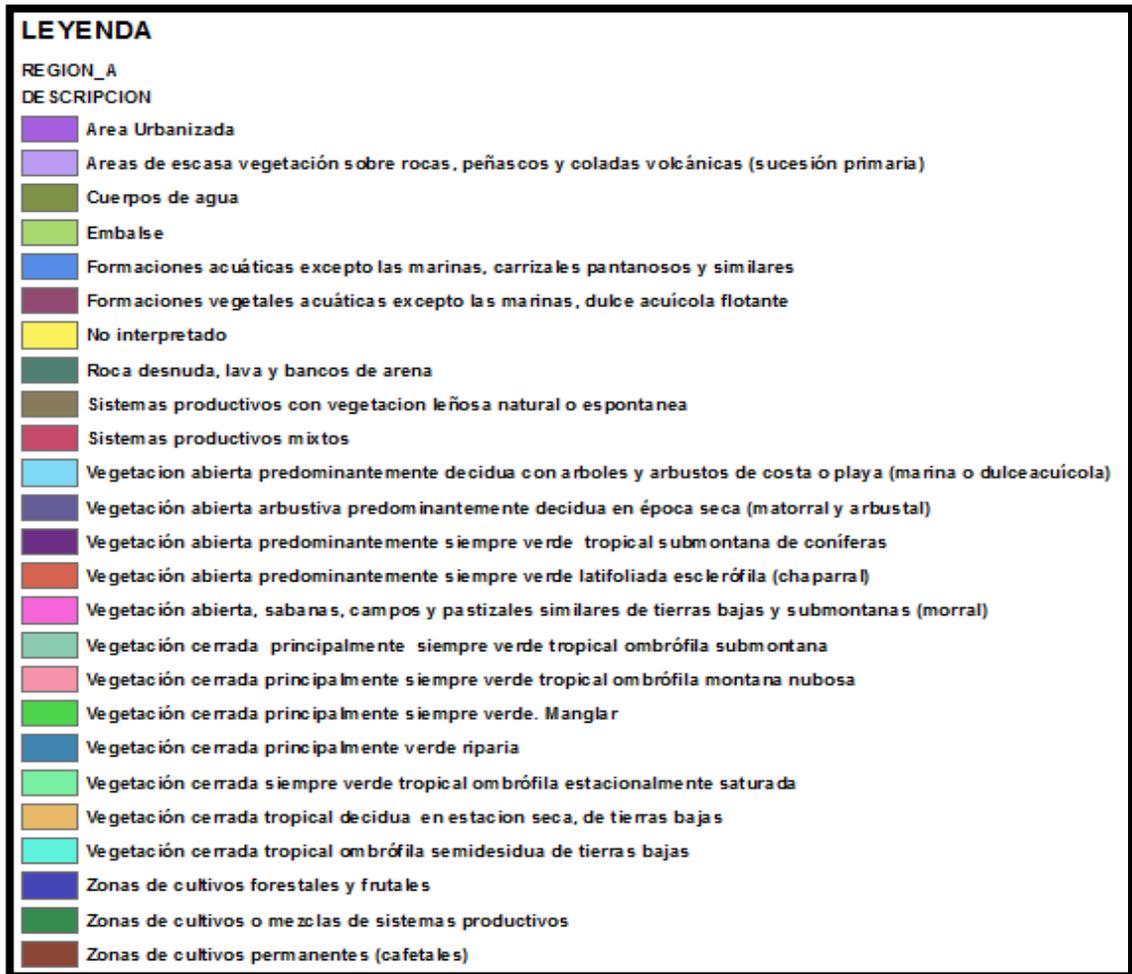


Figura 3. 15- Leyenda de Cobertura Vegetal Registrada en la Región.

La vegetaciones que tiene mayor área en la región A son las siguientes: Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos con un área de 553,578.85 ha y un 54.82 % de la región seguida de Vegetación abierta arbustiva predominantemente en época seca matorral y arbustal con un área de 101,930.04 ha y un 10.09 %, Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontaña de coníferas con un área de 79,273.8 ha y un 7.85 %, Zonas de cultivos permanentes (cafetales) la cual posee un área de

66,758.93 ha y un 6.61 %, Vegetación abierta predominantemente siempre verde latifoliada esclerófila (chaparral) con un área de 56693.23 ha y un 5.61 %.

RELIEVE DE LA REGION

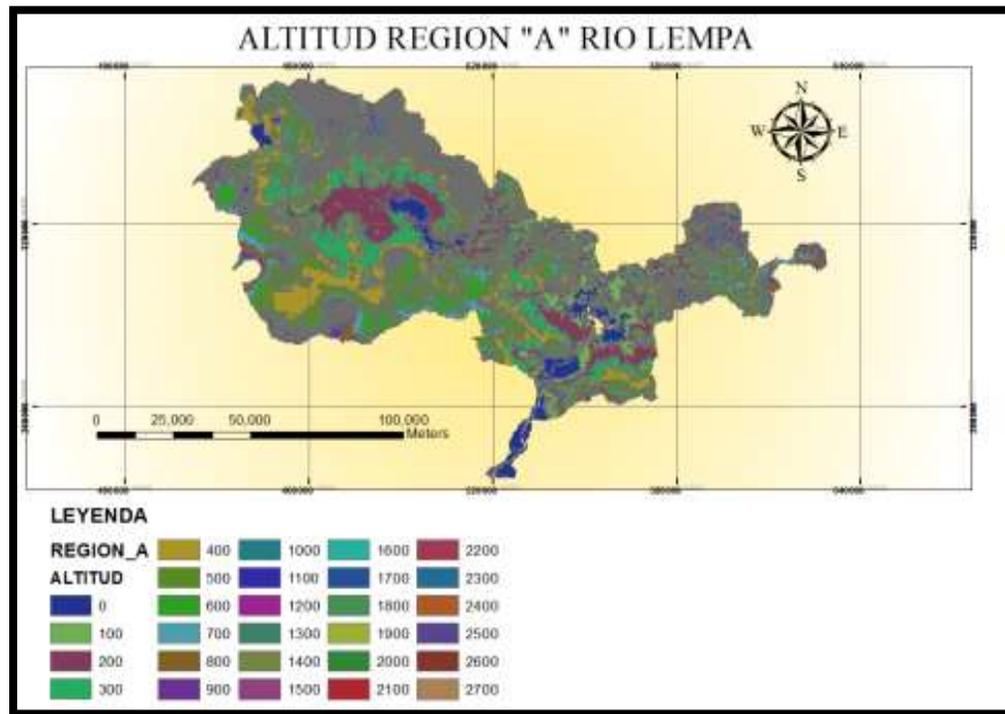


Figura 3. 16- Altitud de la Región A

La cuenca trinacional del río Lempa tiene un área total de 17.79 km² de los que 10.08 km² (56 %) corresponden a El Salvador, 5,251 km² a Honduras, y un área de 2,457 km² a Guatemala. La elevación máxima de la cuenca es de 2805 m.s.n.m en las montañas de Honduras. La longitud del cauce principal es de 422 km, de los cuales 360.2 km corren dentro de territorio salvadoreño

Para esta región la altitudes en la zona varían de 0 - 2700 m.s.n.m, abarcando mayor área la altitud de 400 m.s.n.m con una área de 154,498.83 ha y un 15.38 % de la región “A”. Seguida de las altitudes de 500 m.s.n.m con área de

135,888.29 ha y 13.53 %, 300 m.s.n.m con área de 135,200.25 ha y un 13.46 %, 200 m.s.n.m con área de 116,896.35 ha y un 11.64 %, 600 m.s.n.m con área de 110,807.3 ha y un 11.03 %.

EVAPOTRANSPIRACION

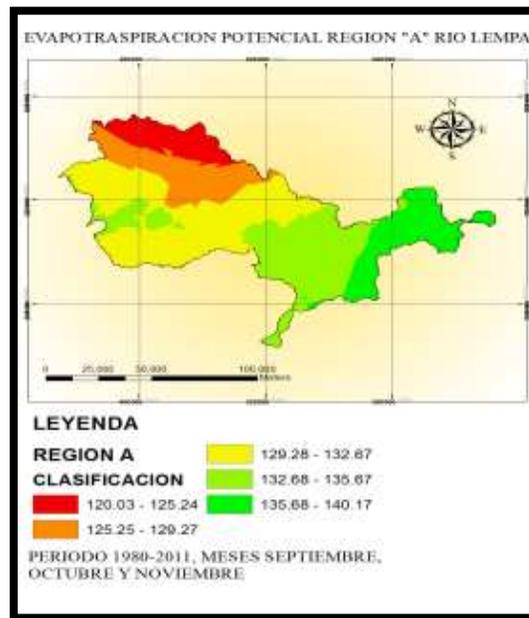


Figura 3. 17- Raster de Evapotranspiración Potencial promedio de los meses Septiembre, Octubre y Noviembre.

Evapotranspiración potencial a partir de la información de Evapotranspiración de Referencia calculada por Hargreaves en las 43 estaciones reales y 17 ficticias, se trazaron isólinas de Evapotranspiración de Referencia a nivel mensual y anual, las cuales fueron cruzadas con los mapas de cuencas del país, y se calcularon los datos de Evapotranspiración de Referencia media por cuenca y por región hidrográfica.

El análisis se realizó solo para los meses de septiembre, octubre y noviembre, con 29 estaciones con las cuales se procedió a la elaboración del raster para la región “A” con lo cual se puede tener una mejor idea de la representación de dichos valores por medio del método de interpolación kriging. Para estos meses se realizó el promedio de los tres meses los cuales se analizaron para la evaluación de humedad del suelo y la precipitación, para ello se registraron los valores de evapotranspiración en los rangos 129.28-132.67, 132.68-135.67, 135.68-140.17, 125.25-129.27, 120.03-125.24 mm/mes.

RESUMEN DE REGIONES DE EL SALVADOR.

PARAMETROS REGION “A”			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	400 msnm	154498.83	15.38%
	200	116896.35	11.64%
	500	135888.29	13.53%
	300	135200.25	13.46%
	600	110807.30	11.03%
Formación Geológica	San Salvador	247588.28	24.65%
	Cuscatlán	220247.46	21.93%
	Bálsamo	207669.00	20.67%
	Morazán	201391.54	20.05%
	Chalatenango	98922.24	9.85%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	462019.03	45.63%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	152149.08	15.03%

Texturas	Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	132029.30	13.04%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	90592.69	8.95%
Tipo de suelo	Latosoles Arcillo Rojizos	455222.80	45.06%
	Litosoles	194984.84	19.30%
	Andisoles	107169.72	10.61%
	Grumosoles	96152.55	9.52%
	Latosoles Arcilloso Acido	78890.18	7.81%
	Aluviales	43200.43	4.28%
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	553578.85	54.82%
	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	101930.04	10.09%
	Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontaña de coníferas	79273.8	7.85%
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	66758.93	6.61%
	Vegetación abierta predominantemente siempre verde latifoliada esclerófila (chaparral)	56693.23	5.61%
Ocupación del suelo	Granos Basicos	204489.64	20.24%
	Terrenos Principalmente Agricola	145518.43	14.4%
	Pastos Naturales	100051.4	9.9%
	Mosaico de Cultivos y Pastos	94816.50	9.38%
	Café	77078.15	7.63%
	Bosques de Coniferas	50909.74	5.04%
Clima	Sabana tropical caliente, sabana tropical calurosa o tierra templada, el clima tropical de las alturas o tierra templada, el clima tropical de las alturas o tierra fría.		
evapotranspiración	129.28-132.67 mm/mes. 132.68-135.67 135.68-140.17 125.25-129.27 120.03-125.24		

MAP	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	1.49-1.76 mm	2.10-2.39mm	2.11-2.33mm	1.84-2.11mm
	0.95-1.48	1.81-2.09	1.88-2.10	2.12-2.34
	1.77-2.06	2.40-2.73	2.34-2.66	1.52-1.83
	2.07-2.38	2.74-3.20	1.60-1.87	2.35-2.61
	2.39-3.13	1.38-1.80	1.25-1.59`	1.1-1.51
ASM	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	0.32-0.37 %	0.39-0.40%	0.57-0.60%	0.43-0.46 %
	0.43-0.46	0.41-0.43	0.53-0.56	0.51-0.56
	0.38-0.42	0.44-0.46	0.49-0.52	0.40-0.42
	0.22-0.31	0.33-0.38	0.61-0.65	0.47-0.50
	0.47-0.52	0.47-0.51	0.43-0.48	0.34-0.42.

Tabla 3. 1-Tabla resumen de región A

De acuerdo a las características expresadas en la tabla anterior se puede determinar que la región A, consta de texturas de suelo asociadas a materiales muy permeables lo cual en su gran mayoría lo conforman “arenas y gravas muy gruesas desde la superficie” con un 45.63% de esa región seguido de materiales clasificados como permeables a semi-permeables en su complemento como lo son arenas gruesas a muy finas como arcillas en un 15.03%, arenas muy gruesas a muy finas arcillas pesadas en 13.04%, moderadamente gruesa a muy finas como franco arenoso, arenas arcillosas, franco limosas, arcillas en un 8.95%, dichas características se encuentran superficialmente en relación a la textura de suelo, en lo que respecta al tipo de suelo la región A, está conformada por Latosoles Arcillo Rojizos el cual representa un 45.06% de la región y este tipo de suelo se puede encontrar a un metro de profundidad de la superficie, una propiedad en este tipo materiales es que la permeabilidad es muy poca, tiene gran capacidad de retención de agua cuando no se tienen lluvias intensas y no libera agua de forma rápida es decir

este tipo de suelo fomenta mucho a la generación de escorrentía superficial y puede retener la humedad de suelo por grandes periodos de tiempo, litosoles en un 19.30 %, este tipo de suelo son mezclas entre arcillas, arenas y gravas hasta muy pedregosas como es una mezcla de suelos su permeabilidad es muy variada, andisoles en un 10.61 % su característica es retención de agua y contenido orgánico hasta en un 20 % buenos para la siembra, grumosoles 9.62 % este tipo de suelo es de color gris muy poco permeable, retiene agua cuando se tienen lluvias poco intensas, latosoles arcilloso acido 7.81 % son suelos similares a los latosoles arcilloso rojizos con la diferencia que los nutrientes de este tipo de suelos son muy pobres, aluviales en un 4.28 %, este tipo de suelo es de muy pobre filtración, en relación a la vegetación es una zona la cual se da la mezcla de cultivos y sistemas productivos en 54.82 %, lo que representa que es una región altamente productiva que va de la mano con la ocupación de suelo la cual es muy variable ya que se dedica en un 20.24 % a lo que es el cultivo de granos básicos, y terrenos principalmente agrícolas en un 14.4 %, traducido al tema en estudio es una región la cual se puede observar bastante humedad en el suelo debido a las propiedades del mismo como textura, tipo de suelo, vegetación, ocupación del suelo, el relieve que es muy variado y el clima es de acuerdo a este, ya que puede ser caluroso en zonas con poca altura a templado en altitudes medias generalmente presenta un clima tropical.

De acuerdo a la evapotranspiración de referencia se tienen rangos de entre 120.03 a 140.17 mm/mes, dicha propiedad es atribuida a los parámetros antes descritos es por ello que se necesita conocer la proporción que se tiene de cada variable en la región para poder tener un mayor criterio del porqué de los valores de evapotranspiración, los rangos de mayor predominancia en la región varían entre 129.28 a 132.67 mm/mes.

La precipitación registrada para los años en estudio refleja un aumento en el año 2013, debido a ello también se tiene un incremento en la humedad del suelo que puede atribuirse a la lluvia y a las características de suelo de la región puesto que posee materiales muy finos así como también se posee mucha vegetación y la ocupación de suelo es bastante extensa.

REGION "B"

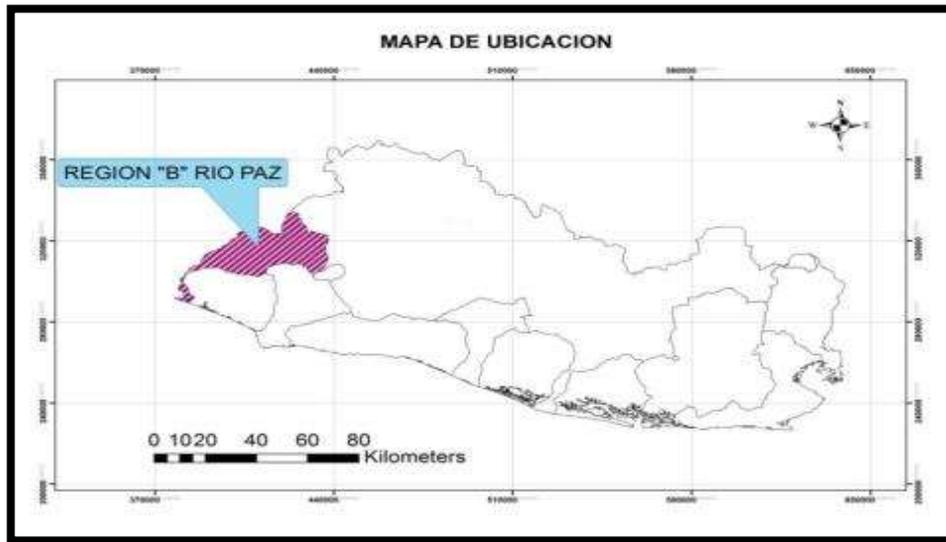


Figura 3. 18- Mapa de ubicación de región B

PARAMETROS REGION "B"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	600msnm	18448.35	20.06%
	700	15798.07	17.18%
	500	13464.19	14.64%
	800	8609.71	9.36%
	900	6609.20	7.19%
Formación Geológica	San Salvador	76515.8	83.33%
	Balsamo	13013.49	14.17%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	26014.85	28.34%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	24586.42	26.79%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie Moderados	17092.52	18.62%
	FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	9030.33	9.84%
	Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	6600.70	7.19%

Tipo de suelo	Latosoles Arcillo Rojizos	39380.15	42.83%	
	Andisoles	31114.36	33.84%	
	Grumosoles	15459.78	16.81%	
	Aluviales	2512.36	2.73%	
vegetación	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	37319.81	40.61%	
	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	36192.06	39.38%	
	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	13340.61	14.52%	
Ocupación del suelo	Café	35313.77	38.39%	
	Granos Básicos	18475.35	20.09%	
	Cultivos Anuales	7008.40	7.62%	
	Caña de Azúcar	5743.116	6.24%	
clima	Sabana tropical o tierra caliente: en esta zona abarca el 95% de la región, está comprendida entre las elevaciones de 0-800 m.s.n.m			
evapotranspiración	131.01-131.55 mm/mes 132.30-133.11 131.56-132.29 130.13-131.00 133.12-134.00 en menor escala			
MAP	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	1.89-2.07 mm	1.58-1.70 mm	2.10-2.16 mm	1.98-2.08 mm
	1.78-1.88	1.85-1.99	2.03-2.09	1.88-1.97
	2.08-2.31	1.71-1.84	1.91-2.02	1.77-1.87
	1.44-1.77	1.42-1.70	2.17-2.24	1.57-1.76
	2.32-2.64	2.00-2.20	1.74-1.90	2.09-2.22
ASM	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	0.33-0.36%	0.39-0.40 %	0.58-0.59%	0.45-0.46%
	0.37-0.38	0.41-0.42	0.56-0.57	0.47-0.48
	0.39-0.40	0.37-0.38	0.53-0.55	0.43-0.44
	0.41-0.43	0.33-0.36	0.60-0.61	0.39-0.42
	0.44-0.46	0.43-0.46	0.49-0.52	0.49-0.51

Tabla 3. 2- Tabla resumen de región B

La región “B” presenta una textura muy variada donde se encuentran en mayor porcentaje los suelos muy gruesos como los son gravas y arenas en un 28.34 %, moderadamente arenas de gruesas a finas en un 26.79 %, de gruesos

a muy finos en un 18.62 %, es decir la textura de la región varia de permeable, Semi-permeable a impermeables, en el caso de suelos muy finos, en cuanto al tipo de suelo se encuentran los Latosoles arcillo rojizo en un 42.43%, este tipo de suelo es generalmente arcilloso muy poco permeable y capaz de retener humedad por mucho tiempo, también se tiene Andisoles en un 33.84 %, los cuales son capaces de retener agua, son suelos orgánicos en un 20 % lo cual ayuda a la retención de agua, Grumosoles en 16.81 %, son suelos muy arcillosos de color gris poco permeables por lo que la infiltración lluviosa es muy lenta, se tiene aluviales en un 2.73 %, son suelos de muy mala filtración. En lo que respecta a la vegetación se tienen zonas de cultivos permanentes en un 40.61 %, zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos en un 39.38 %, Vegetación abierta arbustiva predominantemente en un 14.52 %, lo que significa que en cuanto a la vegetación y el tipo de suelo se aprovecha la humedad que provee el suelo para el cultivo del café y demás vegetación, la ocupación de suelo se encuentra relacionada con la vegetación ya que se cultiva café en un 38.39 %, granos básicos en un 20 %, y la demás ocupación de cultivos se da entre anuales en un 7.61%, y siembra de caña de azúcar en un 6.24 %.

El relieve en la región varia bastante y está dividido casi uniformemente pero mantiene una mayor parte entre los 600 msnm por ende se tiene un climas de Sabana tropical o tierra caliente: en esta zona abarca el 95 % de la región, está comprendida entre las elevaciones de 0 - 800 m.s.n.m

Los registros de lluvia en la región varían muy poco unos con otros sin embargo en el año 2011 se tiene el mayor registro para el promedio de los meses de septiembre, octubre y noviembre, no obstante el año que tiene el registro de mayor humedad es el año de 2013, esto se debe a que la lluvia en el año 2013 no fue muy intensa pero si de mayor cantidad de tiempo lo que implicaría que el suelo debido al tipo de suelo que se tiene retenga humedad por mucho tiempo.

La región "B" presenta una textura muy variada donde se encuentran en mayor porcentaje los suelos muy gruesos como los son gravas y arenas en un 28.34 %, moderadamente arenas de gruesas a finas en un 26.79%, de gruesos a muy finos en un en un 18.62 %, es decir la textura de la región varia de permeable, Semi-permeable a impermeables, en el caso de suelos muy finos, en cuanto al tipo de suelo se encuentran los Latosoles arcillo rojizo en un 42.43 %, este tipo de suelo es generalmente arcilloso muy poco permeable y capaz de retener humedad por mucho tiempo, también se tiene Andisoles en un 33.84 %, los cuales son capaces de retener agua, son suelos orgánicos en un 20 % lo cual ayuda a la retención de agua, Grumosoles en 16.81 %, son suelos muy arcillosos de color gris poco permeables por lo que la infiltración lluviosa es muy lenta, se tiene aluviales en un 2.73 %, son suelos de muy mala filtración.

En lo que respecta a la vegetación se tienen zonas de cultivos permanentes en un 40.61 %, zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos en un 39.38 %, Vegetación abierta arbustiva predominantemente en un 14.52 %, lo que significa que en cuanto a la vegetación y el tipo de suelo se aprovecha la

humedad que provee el suelo para el cultivo del café y demás vegetación, la ocupación de suelo se encuentra relacionada con la vegetación ya que se cultiva café en un 38.39 %, granos básicos en un 20 %, y la demás ocupación de cultivos se da entre anuales en un 7.61 %, y siembra de caña de azúcar en un 6.24 %.

El relieve en la región varia bastante y está dividido casi uniformemente pero mantiene una mayor parte entre los 600 msnm por ende se tiene un climas de Sabana tropical o tierra caliente: en esta zona abarca el 95% de la región, está comprendida entre las elevaciones de 0 - 800 m.s.n.m.

Los registros de lluvia en la región varían muy poco unos con otros sin embargo en el año 2011 se tiene el mayor registro para el promedio de los meses de septiembre, octubre y noviembre, no obstante el año que tiene el registro de mayor humedad es el año de 2013, esto se debe a que la lluvia en el año 2013 no fue muy intensa pero si de mayor cantidad de tiempo lo que implicaría que el suelo debido al tipo de suelo que se tiene retenga humedad por mucho tiempo.

REGION "C"

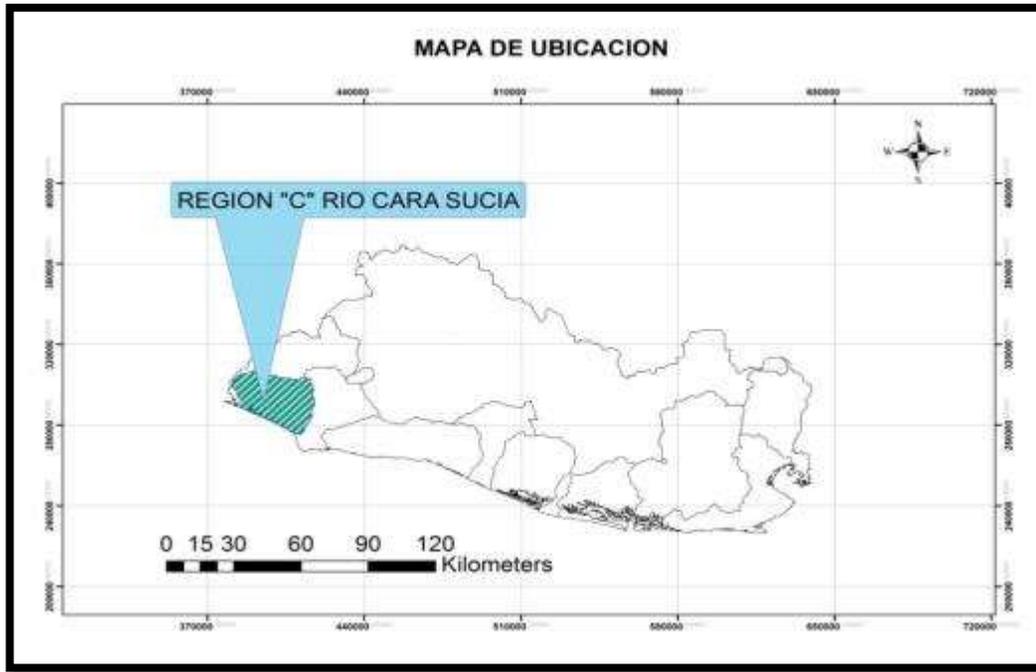


Figura 3. 19- Mapa de ubicación de región C

PARAMETROS REGION "C"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	28060.71	36.53%
	100	11597.60	15.10%
	200	8136.92	10.59%
	300	5966.92	7.77%
	400	4536.23	5.91%
	500	3564.15	4.64%
Formación Geológica	Bálsamo	57443.93	74.79%
	San Salvador	19116.95	24.89%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	25989.51	34.03%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	20594.98	26.97%

texturas	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	16402.9	21.48%	
	Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	3514.82	4.6%	
Tipo de suelo	Latosoles Arcillo Rojizos	32175.73	41.88%	
	Andisoles	18670.44	24.30%	
	Grumosoles	14899.14	19.39%	
	Aluviales	7485.04	9.74%	
	Regosoles Y Halomorficos	3574.12	4.65%	
vegetación	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	33477.72	43.77%	
	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	22300.06	29.15%	
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	11933.92	15.60%	
	Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontaña	5185.49	6.78%	
	Ocupación del suelo	Granos Basicos	26257.087	33.94%
	Café	11111.467	14.36%	
	Pastos Cultivados	8129.320	10.51%	
	Cultivos Anuales	6734.088	8.71%	
	Bosque Siempre Verdes	5887.555	7.61%	
clima	La sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones (0-800 m.s.n.m)			
evapotranspiración	132.66-133.44 mm/mes 131.02-131.54 132.08-132.65 130.09-131.01			
MAP	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	2.42-2.55 mm	2.13-2.24 mm	2.02-2.06 mm	2.31-0.35 mm
	2.14-2.41	2.25-2.34	2.07-2.11	2.36-2.41
	2.56-2.69	2.00-2.12	1.96-2.01	2.24-2.30
	1.68-1.85	2.12-2.17	2.16-2.23	
	1.86-1.99	2.18-2.24	2.03-2.15	
ASM	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	0.41-0.41%	0.40-0.40 %	0.60-0.60 %	0.47-0.47 %
	0.40-0.40	0.41-0.41	0.61-0.61	0.45-0.46
	0.42-0.43	0.37-0.39	0.58-0.59	0.48-0.48
	0.36-0.39	0.42-0.43	0.62-0.62	0.49-0.49
	0.44-0.46		0.50-0.51	

Tabla 3. 3- Tabla resumen de región C

La región "C" consta de suelos con texturas muy gruesas arenas y gravas desde la superficie con un 34.03 %, lo que indica que en su mayoría se tiene suelos superficialmente permeables, arenas gruesas a muy finas 26.97 %, moderadamente gruesos a muy finos 21.48 %, arenas gruesas y grabas finas 4.6 %, generalmente la textura es asociada a la superficie del suelo por ello dicha propiedad aproximadamente tiene un metro de espesor pero ello puede cambiar de acuerdo a la región, en relación al tipo de suelo esta región consta en su mayoría de latosoles arcillo rojizos en un 41.88 %, andisoles 24.30 %, grumosoles 19.39 %, aluviales 9.74 %, regosoles y halomorficos 4.65%, en función de la permeabilidad los suelos poco permeables en esta región son latosoles y grumosoles que conforman entre sí más del 50% de la región, los suelos orgánicos lo conforman regosoles y halomorficos con alto contenido de materia orgánica, y andisoles en menor cantidad de la misma aunque una característica propia de este suelo es que retiene agua, también se tiene aluviales que constituyen suelos de mala filtración, la vegetación en la región es abierta arbustiva con un 43.77 %, luego zonas destinadas a cultivos o mezclas de sistemas productivos 29.15 %, y zonas de cultivos permanentes 15.60%, la vegetación está ligada al uso de suelo por ende en la región se tiene cultivo de granos básicos en un 33.94 %, café en un 14.36%, pastos cultivados en 10.51 %, cultivos anuales 8.71 %, bosques siempre verdes en un 7.61 % se tiene que tener en cuenta que la ocupación siempre que sea de forma vegetal o agrícola aportará humedad al suelo.

El relieve en la zona está comprendido entre los rangos de 0 a 800 m.s.n.m, y la región se encuentra en mayor proporción a nivel del mar, es decir posee gran extensión de terreno a 0 m.s.n.m, de acuerdo a este se posee un clima de sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones (0 - 800 m.s.n.m).

De acuerdo a la precipitación registrada en los años en estudio se tiene que en el 2011, se obtuvo mayor precipitación, por ende se esperaría que también la humedad registrara un aumento sin embargo el aumento no se genera en ese año si no en el año 2013, por lo que podemos atribuir que la lluvia registrada en el año 2011 fue muy intensa pero no como para que el suelo absorbiera humedad y por el contrario en el año 2013 se registró menos cantidad de lluvia no obstante el suelo absorbió mejor la precipitación.

REGION "D"

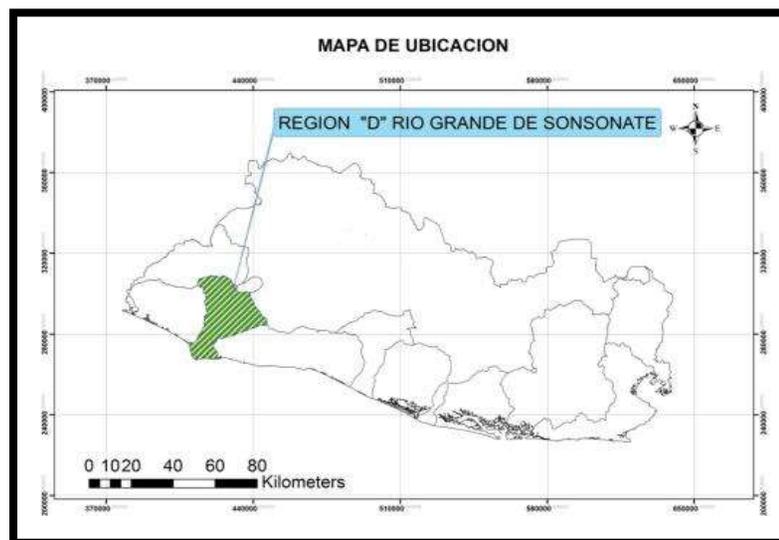


Figura 3. 20- Mapa de ubicación de región D

PARAMETROS REGION "D"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	13399.44	17.23%
	500	8555.55	11.00%
	200	6143.28	7.99%
	600	5689.72	7.31%
	400	5582.78	7.18%
	300	4668.21	6.00%
	700	4192.15	5.39%
Formación Geológica	San Salvador	59780.95	76.90%
	Bálsamo	17856.51	22.97%
Texturas	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	19306.46	24.91%
	Gruesas AG-A- AF desde la superficie	16254.36	20.97%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	13842.99	17.86%
	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	9836.81	12,69%
	Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	9720.51	12.54%
	Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	6105.91	7.88%
Tipo de suelo	Andisoles	26295.90	33.81%
	Latosoles Arcillo Rojizos	15853.52	20.39%
	Litosoles	15703.65	20.19%
	Grumosoles	9855.46	12.67%
	Aluviales	9368.10	12.05%
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	31491.05	40.54%
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	28883.25	37.18%

vegetacion	Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	7132.48	9.18%	
	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	2607.13	3.36%	
Ocupación del suelo	Café	24982.89	32.12%	
	Granos Básicos	11375.55	14.62%	
	Otros Cultivos Irrigados	6699.36	8.61%	
	Cultivos Anuales	4119.23	5.29%	
	Caña de Azúcar	3980.31	5.12%	
Clima	La sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones (0-800 m.s.n.m)			
Evapotranspiración	132.19-132.64 mm/mes. 132.65-133.25 131.42-132.18 133.26-134.15 130.06-131.41			
MAP	AÑO 2011 2.09-2.19 mm 2.45-2.63 2.30-2.44 1.92-2.08 2.20-2.29	AÑO 2012 2.26-2.3 mm 2.31-2.35 2.19-2.25 2.10-2.18 1.92-2.09	AÑO 2013 2.20-2.25 mm 2.16-2.19 2.11-2.15 2.01-2.10 2.26-2.34	AÑO 2014 2.32-2.35 mm 2.27-2.31 2.21-2.26 2.14-2.22 2.03- 2.13
ASM	AÑO 2011 0.43-0.45% 0.39-0.42 0.46-0.48 0.33-0.38 0.49-0.53	AÑO 2012 0.40-0.41% 0.35-0.39 0.42-0.43 0.47-0.5	AÑO 2013 0.61-0.61% 0.62-0.62 0.63-0.63 0.58-0.60	AÑO 2014 0.47-0.48% 0.49-0.50 0.43-0.46 0.51- 0.52 0.53-0.55

Tabla 3. 4- Tabla resumen de región D

En la región D se pueden observar texturas muy variadas como son, arenas gruesas a arenas muy finas en un 24.91 %, arenas gruesas a arenas finas en un 20.97 %, arenas moderadamente gruesas a muy finas 17.86 %, arenas muy gruesas a gravas 12.69 %, moderadamente grueso a moderadamente fino 12.54 %, arenas muy gruesas a muy finas pesadas 7.88 %, de lo que se puede deducir que se posee textura en su mayoría permeable a semi-permeable, en lo que respecta al tipo de suelo la región posee en su gran mayoría andisoles en

un 33.81 %, latosoles arcillo rojizos en un 20.39 %, litosoles en un 20.19 %, grumosoles en un 12.67 %, aluviales 12.05 %, los suelos que son poco permeables y al mismo tiempo retienen humedad por mucho tiempo, cuando se tienen lluvias poco intensas debido que la absorción es muy poca, son los suelos los cuales están conformados por arcillas y arenas muy finas en este caso son los latosoles arcillo rojizos, litosoles y grumosoles también se cuenta con suelos poco orgánicos como los son andisoles que tienen gran capacidad de retención de agua y suelos aluviales los cuales tienen muy pobre filtración. En cuanto a la vegetación se tienen zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos en un 40.54 %, zonas de cultivos permanentes (cafetales) en un 37.18 %, sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea en un 9.18 %, vegetación abierta arbustiva predominante en un 3.36 %, la vegetación fomenta un alto grado de humedad en el suelo sobre todo cuando son zonas de cultivos permanentes como los cafetales, sin embargo también las zonas de cultivos los cuales son parciales aportan humedad a la región, la ocupación de la región está relacionada directamente con el cultivo de café tal como se puede observar en la tabla anterior el cual es un 32.12 %, se posee cultivos de granos básicos con un 14.62 %, otros cultivos irrigados representan un 8.61 % este tipo de cultivos promueven la humedad en el suelo, cultivos anuales en un 5.29 %, caña de azúcar en un 5.12 % este cultivo absorbe gran cantidad de agua lo cual significa que es necesario que sea regado constantemente favoreciendo la humedad suelo, en relación al relieve se cuenta

con áreas las cuales las más predominantes están comprendidas entre 0 a 700 m.s.n.m lo cual induce un clima de sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones predominantes.

La evapotranspiración de referencia en la región se da entre rangos máximos y mínimos como los que se muestran a continuación 130.06 a 134.41 mm/mes de acuerdo a los datos observados se puede determinar que la evapotranspiración comparada con otras regiones es en alguna manera inferior sin embargo puede atribuirse este cambio a la vegetación y al ocupación de suelo en la región.

La precipitación en la región se genera de forma muy constante en relación a los registros efectuados en los años en estudio sin embargo en el año 2011, se obtuvieron los mayores registros de precipitación, no obstante los mayores valores de humedad se obtuvieron en el año 2013, lo que significa que la precipitación en la región no fue muy intensa sin embargo probablemente de mayor duración ocasionando que el suelo absorbiera mayor cantidad de agua por las características del suelo en el territorio.

REGION "E"

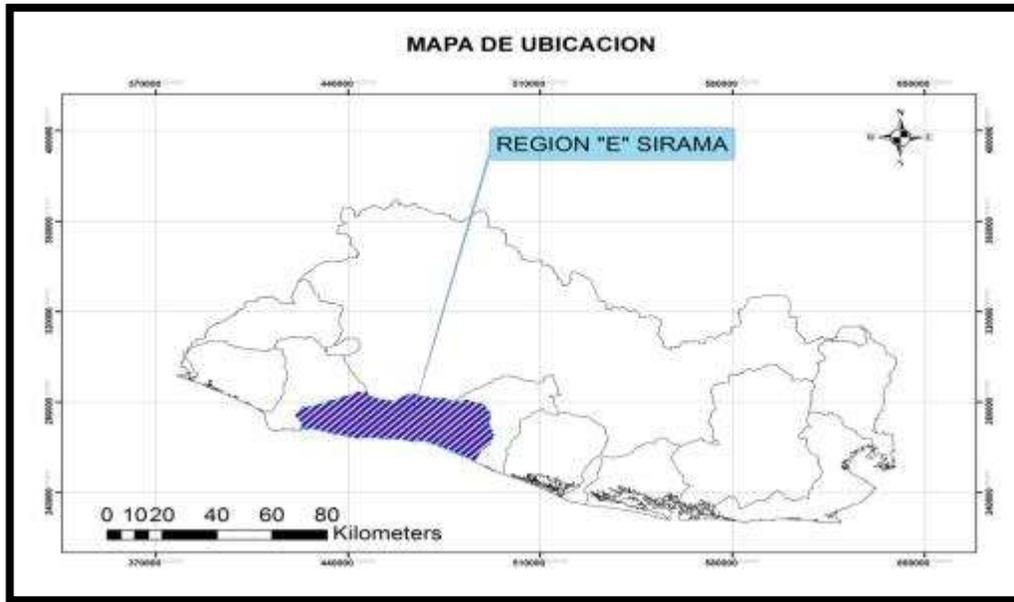


Figura 3. 21- Mapa de ubicación de región E

PARAMETROS REGION "E"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	28795.38	22.25%
	100	18151.11	14.02%
	200	14921.33	11.53%
	300	12904.42	9.97%
	400	11590.35	8.95%
	500	10118.58	7.81%
	600	8060.31	6.23%
	700	7327.20	5.66%
Formación Geológica	Bálsamo	85642.77	66.28%
	San Salvador	21840.56	16.90%
	Cuscatlán	21566.65	16.69%

Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	55106.91	42.82%
	Gruesas AG-A- AF desde la superficie	25528.46	19.84%
		18346.95	14.26%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie		
	Moderadamente Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	14601.09	11.35%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	9565.09	7.43%
Tipo de suelo	Latosoles Arcillo Rojizos	60422.93	46.68%
	Andisoles	42833.63	33.1%
	Aluviales	13386.78	10.34%
	Litosoles	10366.9	8.00%
vegetación	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	43990.8	33.99%
	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	27256.53	21.06%
	Vegetación cerrada tropical decidua en estacion seca, de tierras bajas	27333.06	21.12%
	Sistemas productivos con vegetacion leñosa natural o espontanea	26763.53	20.68%
Ocupación del suelo	Granos Basicos	31803.90	24.41%
	Café	28717.22	22.04%
	Terrenos Principalmente Agrícola	22573.25	17.32%
Clima	La sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones (0-800 m.s.n.m)		
evapotranspiración	129.72-130.75 mm/mes 131.52-132.05 132.63-132.62 132.63-133.76 130.76-131.51		

MAP	AÑO 2011 2.19-2.28 mm 2.29-2.41 2.09-2.18 1.94-2.08 1.94-2.08	AÑO 2012 1.93-2.03 mm 2.12-2.18 2.04-2.11 2.27-2.33 2.19-2.26	AÑO 2013 2.63-2.73 mm 2.49-2.63 2.08-2.23 2.36-2.48 2.24-2.35	AÑO 2014 2.31-2.33 mm 2.34-2.36 2.28-2.30 2.21-2.27 2.37-2.43
ASM	AÑO 2011 0.45-0.47 % 0.44-0.44 0.41-0.43 0.37-0.40 0.32-0.36	AÑO 2012 0.43-0.44 % 0.42-0.42 0.39-0.41 0.45-0.47 0.35-0.38	AÑO 2013 0.64-0.64 % 0.63-0.63 0.62-0.62 0.60-0.61 0.65-0.66	AÑO 2014 0.50-0.51 % 0.52-0.53 0.48-0.49 0.46-0.47 0.43-0.45

Tabla 3. 5- Tabla resumen de región E.

Región “E”, dentro de las características físicas de la región de acuerdo a la textura se pueden observar arenas y gravas muy gruesas desde la superficie con un 42.82 %, arenas gruesas a arenas finas desde la superficie 19.84 %, arenas a arenas muy finas siempre que estén a 20 cm de la superficie 14.26 %, arenas moderadamente muy gruesas a arenas muy finas pesadas 11.35 %, francos arenosos a areno-franco finos suelos tendientes a pesados 7.43 %, la permeabilidad de la región “E” conforme a la textura es permeable en zonas donde se tiene texturas gruesas a semi-permiable donde se tiene arenas, acorde al tipo de suelo se tienen latosoles arcillo rojizos con un 46.68 %, andisoles 33.1 %, aluviales 10.34, litosoles 8 %, de acuerdo a su permeabilidad dentro de los suelos arcillosos en la región se pueden observar latosoles arcillo rojizos y litosoles que conforman más del 50 % de la región teniendo como resultado suelos poco permeables con poca capacidad de absorción en periodos con lluvias intensas y con gran capacidad de retención de humedad, luego se tiene andisoles que conforman suelos organicos en un 20 % con

capacidad de absorción de humedad, y aluviales que representan tipos de suelo de muy pobre filtración. En lo que respecta a la vegetación se tienen zonas de cultivos permanentes (cafetales) con un 33.99 %, zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos 21.06 %, vegetación cerrada tropical decidua o bosques secos en estación seca en tierras bajas 21.12 %, la ocupación de suelo está asociada a la vegetación conforme a ello se tiene cultivo de granos básicos 24.41 %, cultivo de café 22.04 % y terrenos principalmente agrícolas 17.32 %, con lo que se puede determinar de acuerdo a la vegetación y la ocupación de suelo, se tienen suelos que conservan la humedad en lo que respecta a cultivos permanentes como lo es el cultivo de café que es el que aporta mayor humedad, se puede determinar que la humedad en la región se mantiene en periodos secos a excepción de vegetación cerrada.

El relieve en la región es muy variado sin embargo predominan los sectores en los cuales la altura oscila 0 a 100 m.s.n.m, por tanto el clima en el territorio es de sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones (0-800 m.s.n.m).

La evapotranspiración en la región "E" se produce entre los rangos de 129.72 a 133.76 mm/mes, no obstante los valores de mayor predominancia se encuentran entre los rangos comprendidos entre 129.72 a 130.75 mm/mes, la evapotranspiración varía de acuerdo a la vegetación, ocupación de suelo, tipo de suelo y textura.

En el caso de la precipitación y la humedad, se registran ambos con los mayores valores para el año 2013 con lo que se puede deducir que el suelo absorbió gran cantidad de humedad teniendo en cuenta que se cuenta en gran medida con suelos de tipo arcilloso.

REGION "F"

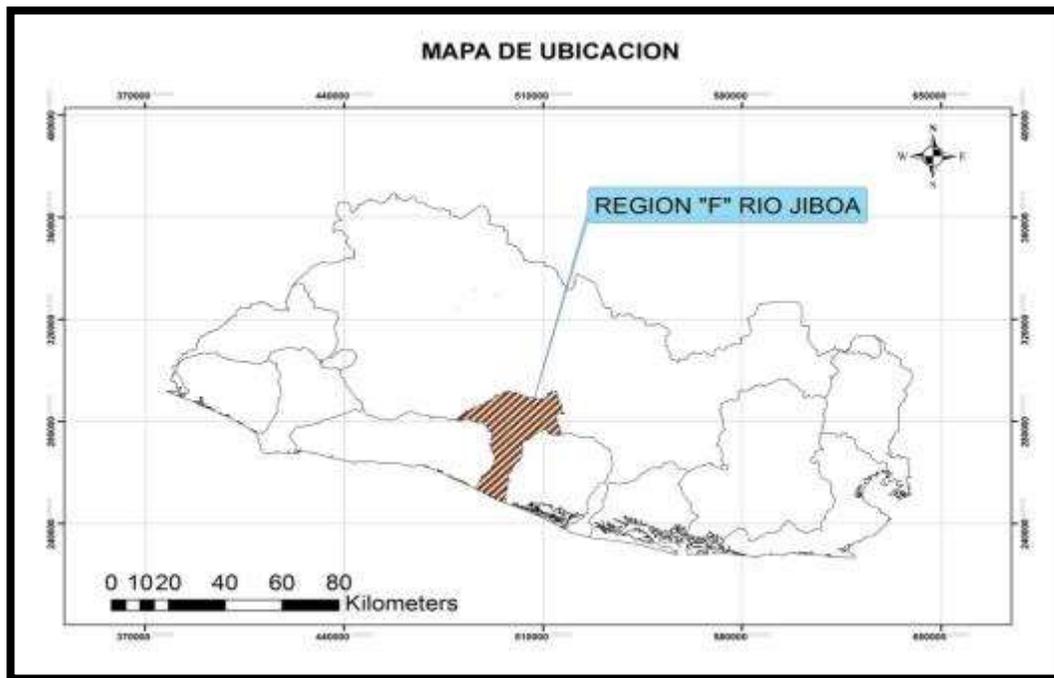


Figura 3. 22- Mapa de ubicación de región F.

PARAMETROS REGION "F"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	20870.08	30.89%
	600	11367.56	16.83%
	500	10469.21	15.49%
	400	5925.49	8.77%
	200	3558.78	5.27%
	300	3295.38	4.88%
	100	3005.22	4.45%

Formación Geológica	San Salvador	29534.77	43.73%
	Cuscatlán	18755.80	27.77%
	Bálsamo	11880.49	17.59%
	Agua	7368.51	10.91%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	18645.81	27.67%
	Gruesas AG-A- AF desde la superficie	12523.01	18.58%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	10544.19	15.65%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	9412.52	13.97%
	Media FAml-F-FL	7003.12	10.39%
	Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	5328.21	7.91%
Tipo de suelo	Andisoles	39798.92	58.91%
	Aluviales	13099.58	19.39%
	Litsoles	7507.14	11.11%
vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	36389.69	53.87%
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	10615.33	15.71%
	Sistemas productivos mixtos	7411.14	10.97%
	Cuerpos de agua Vegetación cerrada principalmente verde	7040.99	10.42%
Ocupación del suelo	Café	12760.69	18.87%
	Granos Básicos	10568.40	15.63%
	Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	9902.10	14.64%
	Mosaico de Cultivos y Pastos	8209.78	12.14%
	Lagos, lagunas y lagunetas	7340.32	10.85%
	Caña de Azúcar	4204.04	6.22%

clima	La región costera o sabana tropical caliente con elevaciones entre 0 – 800 m.s.n.m			
evapotranspiración	132.13-132.46 mm/mes 131.83-132.12 131.65-131.82 131.05-131.52 132.47-133.06			
MAP	AÑO 2011 1.82-2.05 mm 2.41-2.53 2.06-2.22 2.23-2.40 2.54-2.68	AÑO 2012 1.93-1.95 mm 1.96-1.98 1.99-2.02 1.87-1.92 2.03-2.06	AÑO 2013 2.63-2.73 % 2.49-2.62 2.36- 2.48 2.24- 2.35 2.08- 2.23	AÑO 2014 2.17-2.26 mm 2.08-2.16 1.96-2.07 2.27-2.36 2.37-2.49
ASM	AÑO 2011 0.46-0.46 % 0.42-0.43 0.44-0.45 0.47-0.48 0.48-0.48	AÑO 2012 0.43-0.43 % 0.42-0.43 0.42-0.42 0.41-0.41 0.39-0.40	AÑO 2013 0.61-0.61 % 0.60-0.60 0.59-0.59 0.57-0.58 0.62-0.63	AÑO 2014 0.51-0.51 % 0.50-0.50 0.49-0.49 0.49-0.48 0.47-0.48

Tabla 3. 6- Tabla resumen de región F

Región “F”, en la región se observan suelos con texturas muy variadas como lo son arenas y gravas muy gruesas desde la superficie 27.67 %, arenas gruesas a arenas franco arenosas desde la superficie 18.58 %, arenas gruesas a arenas franco limosas desde la superficie 15.65 %, franco arenosos moderadamente gruesos a areno francos finos 13.97 %, medio franco arenosa a franco limosa 10.39 %, moderados franco arcillo arenosos, franco arcilloso, franco areno limoso 7.91%, de acuerdo a la textura se cuenta con una permeabilidad semi-permiable en la mayoría de la región, en relación al tipo de suelo se cuenta con andisoles en un 58.91 %, lo que representa suelos poco orgánicos con gran capacidad de retención, aluviales en un 19.39 %, este tipo de suelo es de pobre filtración, litosoles en un 11.11 %, lo que simboliza suelos arcillosos, en resumen la región cuenta con más del 50 % en suelos poco orgánicos con gran capacidad de retención de agua. En función de la vegetación en el área se

tienen zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos con un 53.87 %, zonas de cultivos permanentes (cafetales) 15.71 %, sistemas productivos mixtos 10.97 % y cuerpos de agua y vegetación cerrada principal verde 10.42 % se puede determinar que en el área se tiene humedad relativa debido a que en su mayoría se tiene mezclas de sistemas productivos los cuales se realizan en determinadas épocas del año, y se tiene humedad permanente gracias a cultivo de café el cual retiene bastante humedad, como lo podemos observar en la tabla anterior la cual se refiere a cultivo de café en un 18.87 %, granos básicos en un 15.63 %, cultivos anuales 14.64 %, lagos y lagunetas 10.85%, caña de azúcar con un 6.22 % realizando referencias a estos datos podemos concluir que la región F posee gran cantidad de humedad de acuerdo a la ocupación de suelo, el relieve varia de 0 a 800 m.s.n.m siendo el valor de relieve con mayor predominancia en la región el nivel del mar con un valor de 30.89 % lo que convierte a la región en una zona costera o sabana tropical caliente.

La evapotranspiración en la región dependerá de la vegetación, tipo y uso del suelo y la textura, los rangos máximos y mínimos anda entre los valores 131.05 a 133.06 mm/mes, no obstante los valores que más predominan en la zona se encuentran en un rango de entre 132.13 a 132.46 mm/mes, sin embargo dichos valores dependerán de los factores antes mencionados.

La precipitación y la humedad obtuvieron su mayor registro para el año 2013, lo cual podemos afirmar que se encuentra con suelos bastante permeables que retienen por mucho tiempo la humedad.

REGION "G"

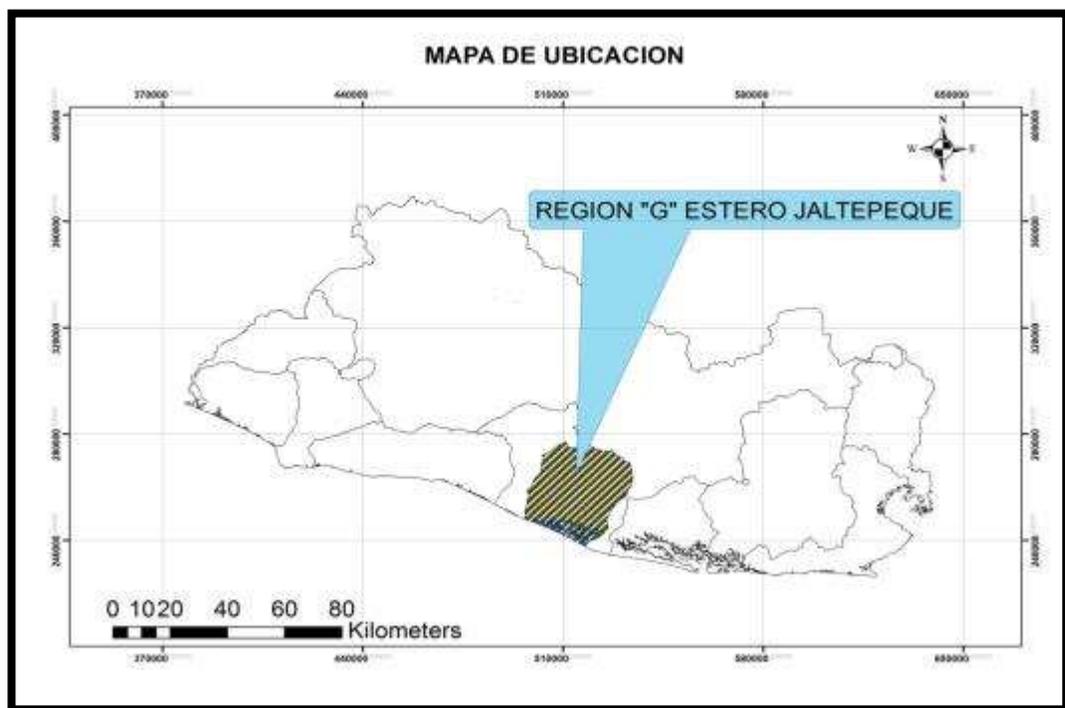


Figura 3. 23- Mapa de ubicación de región G

PARAMETROS REGION "G"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	62281.64	64.71%
	100	11298.93	11.74%
	200	6075.48	6.31%
	300	5110.17	5.31%
	400	3928.97	4.08%
Formación Geológica	San Salvador	59542.00	61.95%
	Cuscatlán	23318.03	24.26%
	Bálsamo	12991.18	13.52%

Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	18645.81	27.67%
	Gruesas AG-A- AF desde la superficie	12523.01	18.58%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	10544.19	15.65%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	9412.52	13.97%
	Media FAml-F-FL	7003.12	10.39%
	Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	5328.21	7.91%
Tipo de suelo	Andisoles	37928.62	39.38%
	Aluviales	32281.51	33.52%
	Regosoles Y Halomorficos	10702.72	11.11%
	Latosoles Arcillo Rojizos	9110.12	9.46%
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	68081.75	70.93%
	Vegetación cerrada principalmente siempre verde. Manglar	6082.30	6.34%
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	5455.63	5.68%
Ocupación del suelo	Granos Básicos	20400.44	21.14%
	Caña de Azúcar	14631.17	15.16%
	Café	7362.86	7.63%
	Cultivos Anuales, Asociados con Cultivos	6512.71	6.75%
	Mosaico de Cultivos y Pastos	6473.85	6.71%
	Pastos Cultivados	5944.85	6.16%
Clima	La sabana tropical caliente o tierra caliente: corresponde a la parte comprendida de 0-800 mts.		

evapotranspiración	132.64-132.98 mm/mes 132.99-133.34 132.17-132.63 133.35-133.81 133.82-134.84			
MAP	AÑO 2011 2.60-2.64 mm 2.52-2.59 2.41-2.51 2.27- 2.40	AÑO 2012 2.02-2.07 mm 2.15-2.20 1.93- 2.01 2.08-2.14 2.21-2.28	AÑO 2013 2.52-2.60 mm 2.40-2.51 2.20-2.29 2.30-2.39 2.04-2.19	AÑO 2014 2.30-2.39 mm 2.40-2.49 2.20-2.29 2.06-2.29 2.50-2.60
ASM	AÑO 2011 0.49-0.49 % 0.47-0.47 0.48-0.48 0.45-0.46 0.43-0.44	AÑO 2012 0.44-0.48 % 0.46-0.46 0.45-0.45 0.41-0.43 0.47-0.49	AÑO 2013 0.58-0.58 % 0.59- 0.59 0.60- 0.60 0.60-0.61 0.56-0.57	AÑO 2014 0.50-0.49 % 0.48-0.49 0.50-0.50 0.51-0.52 0.53-0.53

Tabla 3. 7- Tabla resumen de región G

Región “G”, comprende texturas muy variadas en su mayoría arenas y gravas muy gruesas desde la superficie 27.67 %, arenas gruesas a arenas finas desde la superficie 18.58 %, arenas gruesas a arenas franco limosas siempre que estén a 20 cms de la superficie 15.65 %, arenas moderadamente gruesas franco arenosas a arenas muy finas, arcillas limosas, arcillas arenosas y arcillas bajo 60 cms pueden ser gruesos con un 13.97 %, franco arenosos medios a franco limosos 10.39 %, tamaños moderados de franco arcillo arenosa, franco arcillosas y franco areno limosas 7.91 %, de acuerdo a lo anterior se puede definir que se cuenta con una región la cual es semi-permeable debido a la gran cantidad de finos, en función del tipo de suelo con el que se cuenta en la región se tiene en mayor porcentaje andisoles con un 39.38 %, aluviales 33.52 %, regosoles y Halomorficos 11.11 %, y latosoles arcillo rojizos 9.46 %, por tanto conforme al tipo de suelo predominante en el caso de andisoles son suelos poco orgánicos sumado a ello los regosoles y halomorficos este tipo de suelo

son muy orgánicos ambos tipos de suelos son poco permeables pero con una gran capacidad de retención de agua, también se tienen aluviales que son suelos de muy pobre permeabilidad, y latosoles arcillo rojizos los cuales están conformados por arcillas suelos que son poco permeables que acumulan humedad por mucho tiempo. De acuerdo a la vegetación en la región se poseen zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos en un 70.93 %, vegetación cerrada principalmente siempre verde manglar 6.34 %, zonas de cultivos permanentes (cafetales) 5.68 %, referente a la vegetación se cuenta con una región muy productiva en función de este rubro, por tanto conlleva poseer una humedad relativa, la ocupación de suelo está relacionada directamente con la vegetación, correspondiente a granos básicos en un 21.14 %, caña de azúcar 15.16 %, café 7.63 %, cultivos anuales, asociados con cultivos 6.75 %, mosaico de cultivos y pastos 6.71 % y pastos cultivados 6.16 %, la región es netamente productiva la cual a lo largo del año posee humedad que está relacionada directamente con el cultivo y la vegetación, el relieve varía de 0-800 m.s.n.m, manteniendo la mayor parte de la región a nivel del mar es decir 0 m.s.n.m, correspondiente a un clima de sabana tropical caliente o tierra caliente.

En la región se ha tomado la evapotranspiración como una variable importante para determinar la humedad del suelo, la cual vincula tanto la textura de suelo como vegetación y ocupación del mismo, por ello es de suma importancia la evaluación de dicha propiedad para la evaluación de humedad, conforme a ello

se posee un rango de valores para región que varía de 132.64 a 134.84 mm observándose que la mayor parte de la región oscila entre los rangos es de 132.64 a 132.98 mm/mes por tanto dichos valores pueden ser atribuidos al alto grado de ocupación y vegetación sin olvidar la precipitación asociada a la época lluviosa que es la variable más importante.

En lo que respecta a los datos obtenidos por el CAFFG podemos observar que el máximo valor de precipitación se dio en el 2011 y esto se debe a los eventos lluviosos que ocurrieron en esa fecha sin embargo también podemos observar que los valores de acuerdo a la precipitación no varían gran cantidad respecto uno del otro, con lo que se puede concluir que la época lluviosa para los tres meses en estudio se comporta de forma constante para determinados meses.

El comportamiento de la humedad de acuerdo al ASM producto del CAFFG, para los diferentes años procede de forma constante a excepción del año 2013 este cambio puede ser asociado a lluvias anteriores a los meses en estudio y suelos que conservan la humedad por mucho tiempo como las arcillas.

REGION "H"

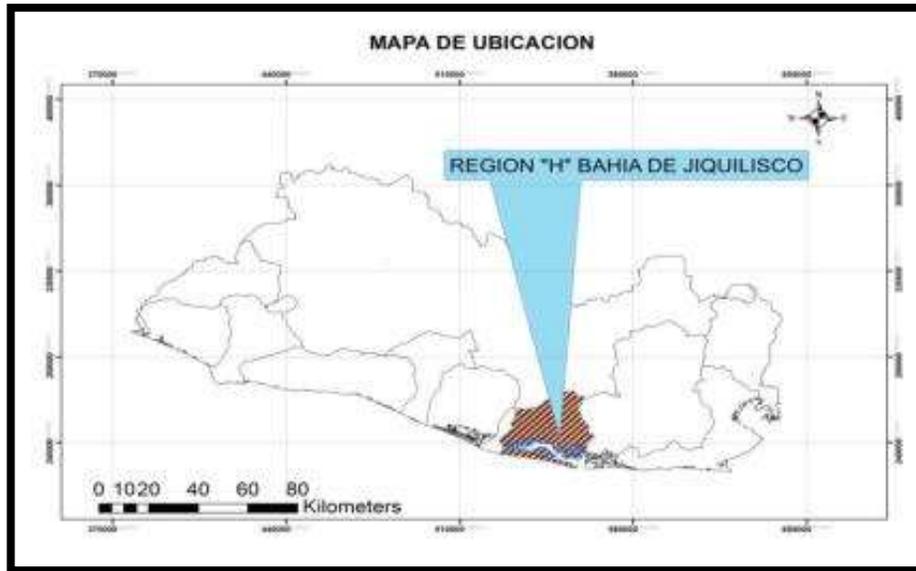


Figura 3. 24- Mapa de ubicación de región H

PARAMETROS REGION "H"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	51322.91	65.94%
	100	9289.08	11.94%
	200	4476.09	5.75%
	300	2302.43	2.96%
Formación Geológica	San Salvador	75565.83.	98.83%
	Bálsamo	784.79	1.03%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	15683.81	20.6%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	15024.43	19.74%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	14935.60	19.62%
Cont. texturas	Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	14361.81	18.87%

Tipo de suelo	Andisoles	29763.00	38.21%	
	Regosoles Y Halomorficos	21893.98	28.11%	
	Latosoles Arcillo Rojizos	16038.31	20.59%	
	Aluviales	9132.16	11.72%	
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	46459.33	60.42%	
	Vegetación cerrada principalmente siempre verde. Manglar	9848.32	12.81%	
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	8519.70	11.08%	
	Zonas de cultivos forestales y frutales	8265.61	10.75%	
Ocupación del suelo	Granos Básicos	11470.81	14.84%	
	Café	9765.01	12.64%	
		9200.52	11.90%	
	Mosaico de Cultivos y Pastos			
	Bosque de Mangle	8395.96	10.86%	
	Caña de Azúcar	7813.59	10.11%	
	Pastos Naturales	5626.98	7.28%	
Clima	Las sabanas tropicales calientes o tierras calientes, comprendidas entre la elevaciones de 0- 800 m.s.n.m			
evapotranspiración	135.79-136.73 mm/mes 134.16-135.78 138.68-139.66 136.74-137.83 en menor escala			
MAP	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	2.15-2.27 mm	2.33-2.36 mm	2.41-2.45 mm	2.34-2.41mm
	2.28-2.40	2.33-2.36	2.37- 2.40	2.42-2.49
	1.96-2.14	2.37-2.39	2.46-2.49	2.25-2.33
	2.41-2.50	2.27-2.29	2.29-2.36	2.50-2.59
	2.51-2.77	2.19-2.26	2.50-2.56	2.13-2.24
ASM	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014
	0.44-0.46 %	0.46-0.46 %	0.60-0.60 %	0.51-0.51 %
	0.47-0.48	0.43-0.45	0.61-0.61	0.52-0.53
	0.49-0.49	0.47-0.48	0.61-0.62	0.54-0.54
	0.50-0.51	0.49-0.49	0.62-0.62	0.49-0.50
	0.52-0.54	0.50-0.51	0.59-0.59	0.55-0.56

Tabla 3. 8- Tabla resumen de región H

Región “H”, consta de suelos cuya textura predomina “arenas y gravas muy gruesas desde la superficie” con un 20.6 %, arenas gruesas a arenas franco

limosas muy finas como arcillas siempre que estén a 20 cm de la superficie 19.74 %, moderadamente arenas gruesas franco arenosas a arenas gruesas franco arenosas muy finas como arcillas limosas, arcillas arenosas, arcillas debajo de 60 cms pueden ser gruesos 19.62 %, suelos moderados franco arcillo arenosas, franco arcillosas, franco arcillo limosas debajo de 60 cms pueden ser moderadamente gruesos o finos con un 18.87 %, con lo que se puede deducir que la región consta con texturas muy finas lo que significa texturas semi-permiabiles que pueden afectar la humedad de la región, en función del tipo de suelo se tienen andisoles en un 38.21 %, regosoles y halomorficos en un 28.11%, latosoles arcillo rojizos 20.59 %, aluviales 11.72 %, el tipo de suelo de la región está distribuido de forma que se cuenta con suelos orgánicos que retienen humedad como lo son andisoles, regosoles y halomorficos en más de un 50 % comprendido entre los dos tipos de suelos, también se cuenta con latosoles arcillo rojizos que conforman suelos poco permeables, como también aluviales que cuentan con muy poca filtración. La vegetación en la región se da en mayor proporción en zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos en un 60.42 %, vegetación cerrada principalmente siempre verde (Manglar) 12.81 %, zonas de cultivos permanentes (café) 11.08 %, zonas de cultivos forestales y frutales 10.75 %, se observa en la región que se dedica en mayor proporción a cultivos o mezclas de sistemas productivos los cuales aportan cierta humedad en épocas parciales del año, la ocupación de suelo como ya se había mencionado anterior mente en cultiva con granos básicos lo cual

representa un 14.84 %, café en un 12.64 %, mosaicos de cultivos y pastos 11.90 %, bosques de mangle 10.86%, caña de azúcar 10.11 %, y pastos naturales 7.28 %, con lo que se puede deducir que la región se dedica a la agricultura en mayor porcentaje lo que favorece la humedad del suelo y la evapotranspiración. En relación al relieve la región cuenta en su mayoría con una planicie que abarca más del 60 % del territorio en análisis que conlleva un clima de sabanas tropicales calientes o tierras calientes.

La evapotranspiración en el área se produce de acuerdo a la evapotranspiración de referencia en la cual se tomaron en cuenta las variables que intervienen en la región como textura, tipo de suelo, vegetación, ocupación de suelo y clima, se tienen rangos entre los valores máximos y mínimos de 134.16-139.66 mm, en la cual el rango de mayor predominancia es de 135.79-136.73 mm.

La precipitación en la región se produce de forma regular exceptuando fenómenos lluviosos en los cuales intervengan periodos de lluvia extensos lo cual afecten la cantidad de precipitación registrada en las estaciones, en el caso de la región correspondiente a la Bahía de Jiquilisco el mayor registro de precipitación se hizo en el año 2014, con un rango correspondiente de 2.50-2.59 mm, sin embargo el aumento de la humedad de acuerdo a los años en estudio se presentó en el año 2013, a lo que se puede atribuir al tipo de

suelo con el que se cuenta, relieve y a la precipitación que se produce debido a ello.

REGION "I"

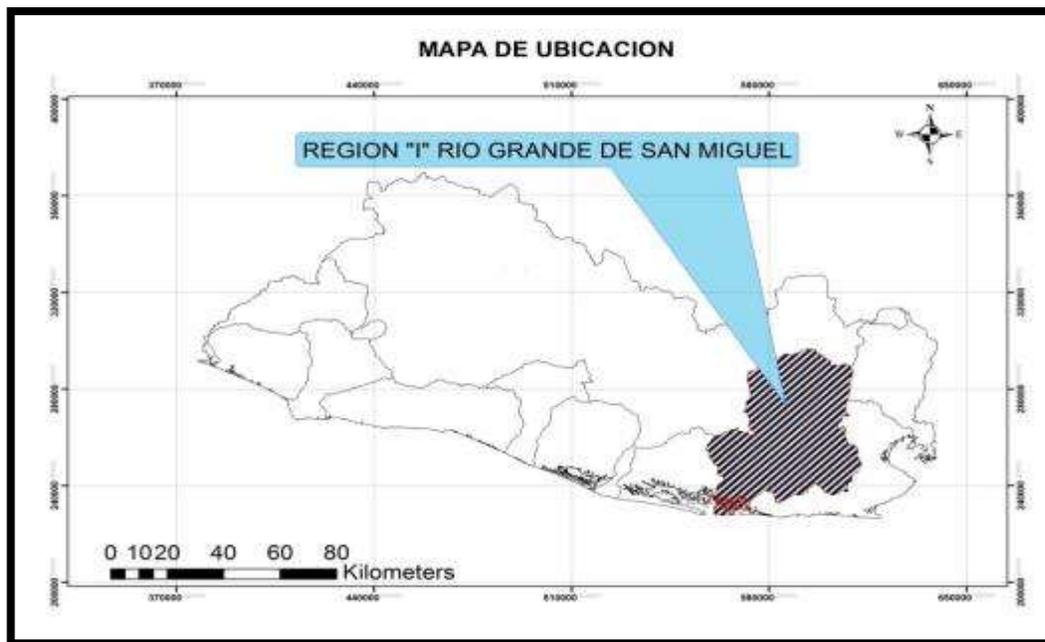


Figura 3. 25- Mapa de ubicación de región I.

PARAMETROS REGION "I"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	61858.55	25.94%
	100	60299.14	25.28%
	200	44066.18	18.48%
	300	22957.16	9.63%
	400	14013.56	5.88%
	500	10264.45	4.30%
Formación Geológica	San Salvador	110854.27	46.49%
	Cuscatlán	56498.03	23.70%
	Bálsamo	34746.15	14.57%
	Morazán	27393.94	11.49%
	Chalatenango	4833.08	2.03%

Textura	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	103122.4 ha	41.16%
		40729.89	16.26%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie		
		34980.43	13.96%
	Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos		
		23921.08	9.55%
	Gruesas AG-A- AF desde la superficie		
Tipo de suelo	Latosoles Arcillo Rojizos	94046.99	39.43%
	Grumosoles	55122.21	23.11%
	Andisoles	52513.44	22.01%
	Litosoles	11454.39	4.80%
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas Productivos	164837.10	69.20%
	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	28187.54	11.83%
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	14983.67	6.29%
Ocupación del suelo	Terrenos Principalmente Agrícola	37966.00	15.89%
	Pastos Naturales	36822.81	15.41%
	Granos Básicos	33385.57	13.97%
	Mosaico de Cultivos y Pastos	28946.04	12.12%
	Vegetación Arbustiva Bajas	15818.63	6.62%
	Café	14153.16	5.92%
Clima	Sabana tropical caliente o tierra caliente y la sabana tropical calurosa o tierra templada.		
evapotranspiración	136.61-138.56, mm/mes 139.85-141.09 138.57-139.57 141.1-142.55 142.56-144.38		

MAP	AÑO 2011 2.04-2.13 mm 2.14-2.28 1.75- 2.03 2.29-2.45 2.46-2.69	AÑO 2012 1.90-2.01mm 2.02-2.11 2.12-2.21 2.22-2.33 2.34-2.54	AÑO 2013 2.55-2.58 mm 2.49-2.54 2.29-2.41 2.42-2.48 2.59-2.68	AÑO 2014 2.26-2.33 mm 2.20-2.25 2.07-2.19 2.34-2.42 2.43-2.53
ASM	AÑO 2011 0.47-0.48 % 0.52-0.53 0.49-0.51 0.44-0.46 0.54-0.57	AÑO 2012 0.45-0.45 % 0.46-0.47 0.43-0.44 0.48-0.48 0.49-0.51	AÑO 2013 0.59-0.59% 0.60-0.60 0.61-0.62 0.55-0.58 0.63-0.64	AÑO 2014 0.51-0.51 % 0.52- 0.52 0.49-0.50 0.53-0.54 0.55-0.56

Tabla 3. 9- Tabla resumen de región I.

Región "I", se tiene suelos con texturas predominantes como arenas y gravas muy gruesas desde la superficie 41.16 %, arenas gruesas a arenas franco limosas muy finas siempre que estén a 20 cm de la superficie 16.26 %, francos arenosos moderadamente gruesos a areno franco moderadamente finos abajo de 60 cm pueden ser gruesos, arenas gruesas a arenas finas desde la superficie 9.55 %, de forma que se puede concluir que predominan texturas permeables por tener en mayor porcentaje arenas y gravas gruesas. En función del tipo de suelo que se tiene en la región predominan latosoles arcillo rojizos con un 39.43 %, grumosoles 23.11 %, andisoles 22.01 %, litosoles 4.80 %, por lo que se puede concluir que se cuenta con un tipo de suelo arcilloso de poca permeabilidad como lo son latosoles, grumosoles y litosoles al mismo tiempo se tienen suelos poco orgánicos capaces de retener humedad al igual que las arcillas. La vegetación en el área procede a cultivos o mezclas de cultivos en un 69.20 %, vegetación abierta arbustiva predominante decidua en época seca

(matorral y arbustal) 11.83 %, y zonas de cultivos permanente (cafetales) es 6.29 %, con lo que se puede deducir que la región dedica en un gran porcentaje al uso agrícola por lo que en el territorio mantiene humedad superficial gracias a ello, en lo que se refiere a la ocupación de suelo se posee una diversidad de usos se puede observar que se emplea a terrenos principalmente agrícolas 15.89 %, pastos naturales 15.41 %, granos básicos 13.97 %, mosaicos de cultivos y pastos 12.12 %, vegetación arbustiva baja 6.62 % y café 5.92 %, por ende como se había determinado anteriormente se consta de una región en la cual se observa que la humedad es bastante notoria en el territorio debido al uso y ocupación de suelo.

El relieve en la región varía de 0 a 500 m.s.n.m, manteniendo su mayor parte entre los rangos de 0 a 100 m.s.n.m, debido a ello en el territorio se posee un clima de sabana tropical caliente o tierra caliente y la sabana tropical calurosa o tierra templada.

La evapotranspiración en el área en estudio posee rangos máximos y mínimos entre 136.61 - 144.38 mm, teniendo mayor influencia los rangos comprendidos entre 136.61 - 138.56 mm, valores que deben su dominio a la vegetación, ocupación de suelo y tipo del mismo así como también su textura.

De acuerdo a la precipitación en la zona para los diferentes años se tiene que para el 2013, se registraron las mayores precipitaciones en ese año a pesar de presentar un periodo de lluvia no muy lluvioso sin embargo para los meses en estudio de ese año se produjeron fenómenos lluviosos que pudieron influir en el registro de la precipitación.

En función de la humedad registrada para la región "I", se puede concluir que de acuerdo a las precipitaciones ocurridas en los diferentes años para el año 2013 se cuenta con mayor humedad atribuida directamente a la precipitación y las características propias de la región.

REGION "J"

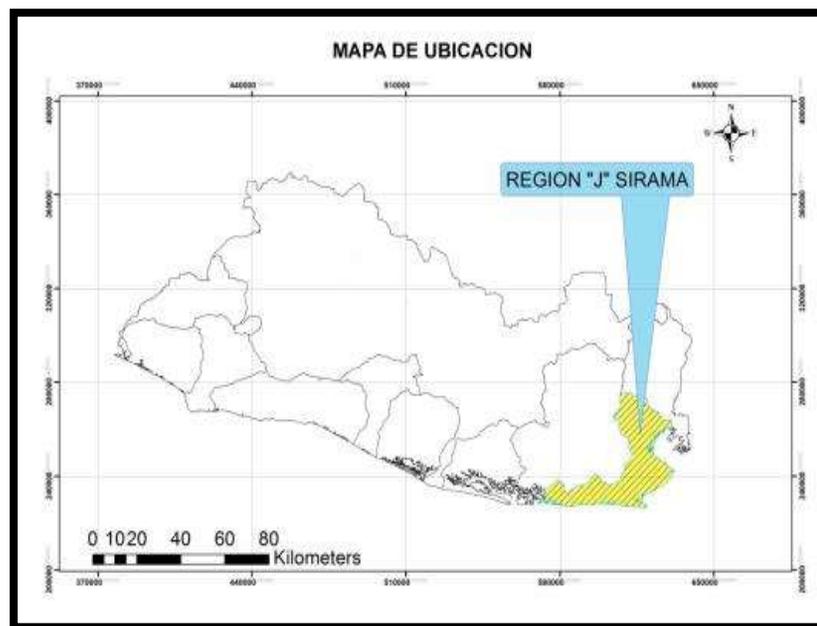


Figura 3. 26- Mapa de ubicación de región J

PARAMETROS REGION "J"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	0 msnm	39594.30	36.59%
	100	31373.41	28.99%
	200	16965.66	15.68%
	300	8675.83	8.02%
	400	6873.10	6.35%
	500	2441.16	2.26%
Formación Geológica	Bálsamo	43884.12	40.69%
	Cuscatlán	41945.10	38.90%
	San Salvador	18636.07	17.28%
	Morazán	2610.89	2.42%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	61063.69	57.93%
		15383.27	14.59%
	Gruesas AG-A- AF desde la superficie		
		8788.84	8.34%
Cont. texturas	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie		
	Muy Gruesa AG-G muy	8209.79	7.79%
Tipo de suelo	LATOSILES ARCILLO ROJIZOS	68235.13	63.03%
	GRUMOSILES	23650.94	21.85%
	REGOSILES Y HALOMORFICOS	7619.92	7.04%
	LITOSILES	5781.51	5.34%
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	62916.26	58.63%
	Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	16672.16	15.54%
	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	10182.90	9.49%
	Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontañas (morral)	5808.90	5.41%

Ocupación del suelo	Pastos Naturales	26291.03	24.46%	
	Bosques mixtos semi caducifoleos	19131.94	17.8%	
	Vegetación Arbustiva Bajas	10424.76	9.7%	
	Granos Básicos	10296.12	9.58%	
	Bosque Caducifolio	8920.92	8.3%	
	Terrenos Principalmente Agrícola	7946.74	7.39%	
Clima	La sabana tropical o tierra caliente: comprendida entre las elevaciones de 0-800 m.s.n.m			
evapotranspiración	144.01-144.93 mm/mes. 143.05-144.00 141.97-143.04 144.94-145.95 140.76-141.96			
MAP	AÑO 2011 1.93-1.97 mm 2.04-2.09 1.98-2.03 1.78-1.92 2.10-2.32	AÑO 2012 1.92-1.96 mm 1.97-2.02 2.03-2.09 2.19-2.29 2.10-2.18	AÑO 2013 2.57-2.61 mm 2.52-2.56 2.49-2.51 2.39-2.48 2.62-2.68	AÑO 2014 2.07- 2.13 mm 2.14-2.20 2.00-2.08 2.21-2.28 2.29-2.34
ASM	AÑO 2011 0.50-0.52 % 0.56-0.58 0.53-0.55 0.46-0.49 0.59-0.60	AÑO 2012 0.47-0.47 % 0.48-0.48 0.49-0.49 0.44-0.46 0.50-0.51	AÑO 2013 0.62-0.62 % 0.62-0.63 0.61-0.61 0.63-0.63 0.59-0.60	AÑO 2014 0.54-4.54 % 0.51-0.53 0.57-0.57 0.55-0.55 0.56-0.56

Tabla 3. 10- Tabla resumen de región J.

Región “J”, consta de diversas texturas de suelo la cual en su mayoría es representada por arenas y grabas muy gruesas desde la superficie con un 57.93 %, arenas gruesas, arena, arena fina 14.59 %, arenas gruesas a arenas finas limosas, muy finas como arcillas 8.34 %, arenas gruesas a gravas 7.79 %, con lo que se puede concluir que el territorio en estudio posee textura muy permeable debido que en la región predominan arenas y gravas muy gruesas. En relación al tipo de suelo se poseen Latosoles arcillo rojizos en un 63.03 %, Grumosoles 21.85 %, Regosoles y Halomorficos 7.04 %, Litosoles 5.34 %, por

lo que se puede inferir que la región consta de un tipo de suelo muy arcilloso y por ende muy desfavorable para la permeabilidad, ya que este tipo de suelo es poco permeable y libera muy poca agua por tanto retiene humedad por mucho tiempo. La vegetación en el territorio en estudio se produce en zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos en un 58.63 %, vegetación cerrada tropical ombrofila semidesidua de tierras bajas 15.54 %, vegetación abierta arbustiva predominante decidua en época seca (matorral y arbustal) 9.49 %, vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral) 5.41 %, de acuerdo a la vegetación se puede determinar que es una región en la cual la agricultura es predominante y por ende se tiene suelos en los cuales la humedad es relativa por el hecho que no es una vegetación permanente. En lo que respecta a la ocupación de suelo posee un 24.46 % de pastos naturales, bosques mixtos semi caducifoleos 17.8 %, vegetación arbustiva baja 9.7 %, granos básicos 9.58 %, bosques caducifolios 9.58 %, terrenos principalmente agrícolas 7.39%, por lo que se puede deducir que se posee un gran margen de pastos que conservan muy bien la humedad de suelo a pesar de absorber mucha agua. En función del relieve se posee mayor porcentaje de zonas a nivel del mar es decir que se cuenta con un clima de sabana tropical o tierra caliente.

Conforme a la evapotranspiración como se observó anteriormente se posee una región en la cual los cultivos y la vegetación es amplia por ende se posee una

evapotranspiración que se encuentra entre los rangos de 141.97 -145.95 mm de acuerdo a la evapotranspiración de referencia, pero su mayor valor anda entre los rangos 144.01 a 144.93 mm /mes.

De acuerdo a la lluvia registrada para los años comprendidos entre el 2011-2014, se posee mayor influencia de lluvia en el año 2013, por ello también afecta la humedad del suelo la cual al igual que la lluvia también se ve afectada con un incremento en sus registros por ello se puede concluir que todas las variables mencionadas anteriormente afectan tanto como la evapotranspiración, lluvia y humedad.

REGION "K"

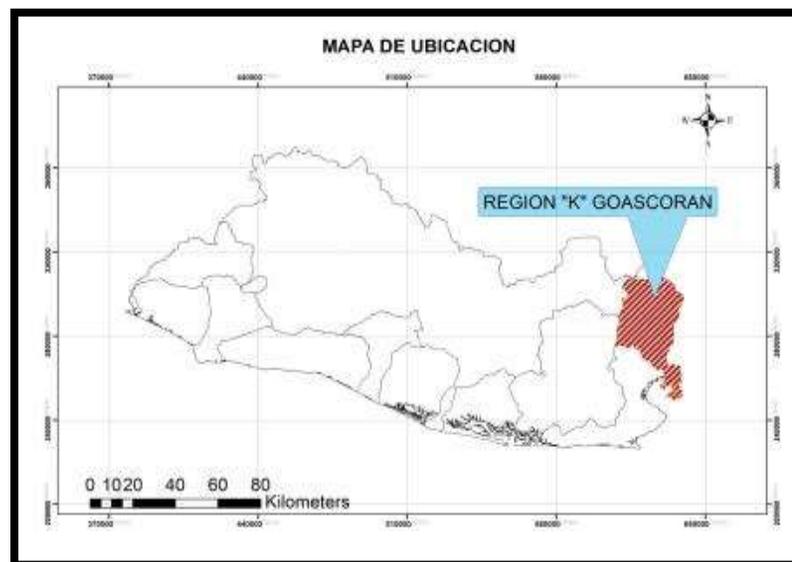


Figura 3. 27- Mapa de Ubicación de región K

PARAMETROS REGION "K"			
Altitud	DESCRIPCION	Área (ha)	porcentaje
	100 msnm	26115.86	25.03%
	0	26096.76	25.02%
	200	14543.30	13.94%
	300	10082.96	9.66%
	400	8640.37	8.28%
	500	6531.32	6.26%
	600	4489.83	4.30%
Formación Geológica	Chalatenango	48391.93	46.86%
	Morazán	22170.69	21.47%
	Cuscatlán	13569.01	13.14%
	San Salvador	13480.33	13.05%
	Bálsamo	4563.85	4.42%
	Agua	1086.99	1.05%
Texturas	Muy Gruesas A-G desde la Superficie	55371.35	54.26%
	Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	23185.09	22.72%
	Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	12486.84	12.24%
	Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	5854.08	5.74%
Tipo de suelo	Latosoles Arcillo Rojizos	40188.36	38.77%
	Grumosoles	34229.03	33.02%
	Litosoles	23267.07	22.45%
Vegetación	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	64814.58	62.66%
	Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	32476.38	31.40%

Ocupación del suelo	Terrenos Principalmente Agrícola		26185.82	25.33%
	Pastos Naturales		24256.90	23.47%
	Vegetación Arbustiva Bajas		14892.73	14.41%
	Bosque Caducifolio		8535.44	8.26%
	Pastos Cultivados		5535.06	5.35%
Clima	La sabana tropical o tierra caliente: comprendida entre las elevaciones de 0-800 m.s.n.m			
evapotranspiración	140.38-141.35 mm/mes. 141.36-142.43 138.85-140.37 142.44-143.85 143.86-145.57			
MAP	AÑO 2011 1.85-2.05 mm 1.76-1.84 1.65-1.75	AÑO 2012 2.42-2.56 mm 2.13-2.26 2.27-2.41 2.57-2.73 1.98-2.12	AÑO 2013 1.95-2.08 mm 2.34-2.41 2.09-2.22 2.23-2.33 2.42-2.57	AÑO 2014 1.95-1.99 mm 2.00-2.04 2.05-2.09 2.10-2.15 2.16-2.25
ASM	AÑO 2011 0.46-0.47 % 0.48-0.49 0.50-0.53 0.39-0.45 0.54-0.57	AÑO 2012 0.51-0.51 % 0.52-0.52 0.50-0.50 0.49-0.49 0.46-0.48	AÑO 2013 0.62-0.63 % 0.60-0.61 0.58-0.59 0.57-0.57 0.54-0.56	AÑO 2014 0.54-0.54 % 0.55-0.56 0.52-0.53 0.50-0.51 0.46-0.49

Tabla 3. 11- Tabla resumen de región k

Región “K”, posee una variada textura de suelo entre las cuales predomina la arena y grava muy fina desde la superficie con un 54.26 %, arena muy gruesa a grava muy finas como arcillas pesadas 22.72 %, arcilla muy fina pesada arena gruesa y grava desde la superficie 12.24 %, arenas gruesas a arenos francos limosos muy finos siempre que estén a 20 cm, de la superficie, en resumen se tienen suelos con texturas muy variables pero distribuidos en forma casi

equitativa ya que se tiene arenas y gravas gruesas lo que representa el 54.26%, y luego está distribuido en texturas muy fina a finas en su complemento, lo que implica texturas permeables a Semi-permeables. En función del tipo de suelo que se tiene en la región se posee en la mayor parte Latosoles arcillo rojizos en un 38.77 %, Grumosoles 33.02 %, y Litosoles 22.45 %, lo que implica un tipo de suelo distribuido casi en partes iguales por ellos se tienen suelo poco permeables como lo que son Latosoles arcillo rojizos y Litosoles ya que están conformados por acillas, y Grumosoles que es un tipo de suelo bastante orgánico que retiene mucha agua bueno para la siembra. La vegetación en la región está distribuida de forma muy desproporcionada debido a que se cuenta con una zona de cultivo o mezclas de sistemas productivos en un 62.66 % y una vegetación abierta arbustiva predominante decidua en época seca (matorral y arbustal) 31.66 %, en función de la ocupación de suelo se tiene terrenos principalmente agrícolas 25.33 %, pastos naturales 23.47%, vegetación arbustivas bajas en un 8.26 %, bosques caducifolios 8.26 % y pastos cultivados 5.35 %, por tanto podemos deducir en cuanto a la vegetación y la ocupación de suelo que aportan significativa humedad al suelo debido que se cuenta con zonas en la que se desarrolla la siembra.

El relieve en la zona es muy variado pero la mayor parte de la región oscila entre los rangos de 0 a 100 m.s.n.m lo que conlleva a tener un clima sabana tropical o tierra caliente: comprendida entre las elevaciones de 0- 800 m.s.n.m.

La evapotranspiración en la zona varía entre 138.85 a 145.57 mm/mes para dicha evapotranspiración se tomaron en cuenta los parámetros antes mencionados sin embargo los rangos de mayor predominancia en la región están entre 140.38 a 141.35 mm/mes.

La lluvia registrada en la región para los años en estudio muestran datos muy cercanos unos con otros la variación es mínima con un leve incremento en el año 2012, sin embargo la humedad en el suelo no se presenta con mayor aumento en ese año sino hasta en el 2013, donde se puede atribuir ese aumento a fenómenos lluviosos que probablemente se registraron en los meses anteriores al análisis y por tanto el tipo de suelo predominante absorbió mucha agua preservando la humedad en el territorio.

3.2 MANEJO DE LOS DATOS: DATOS DE LABORATORIO Y DATOS DEL CAFFG

La República de El Salvador posee específicamente dos estaciones principales, la estación lluviosa y la estación seca.

Según observaciones verificadas en San Salvador durante 40 años, se calcularon las siguientes fechas promedio para principio y final de estaciones:

Estaciones	PERIODOS		Días
Lluviosa	21 de mayo	16 octubre	157
Seca	14 de noviembre	19 abril	149

Tabla 3. 12- Fuente Plan Invernal De Protección Civil Concepción Quezaltepeque

Se consideran además estadísticamente dos períodos de transición:

Periodos de Transición			Días
Seco- lluvioso	20 de abril	20 de mayo	31
Lluvioso- seco	17 de octubre	13 de noviembre	28

Tabla 3. 13- Fuente Plan Invernal De Protección Civil Concepción Quezaltepeque

En la segunda quincena del mes de Abril, inicia normalmente la transición seca lluviosa, manifestándose lluvias que ocasionan pequeñas afectaciones, principalmente por falta de limpieza de quebradas, tragantes y alcantarillas.

En Mayo comienza la Estación Lluviosa, según pronósticos el cual inicie en la primera quincena y su ingreso, será por la zona occidental del país.

En la zona costera la época lluviosa comienza en la segunda quincena de Mayo. En el trimestre (Mayo - Julio) se esperan lluvias en el rango normal en la mayor parte del país; en menor escala se registrarán lluvias por arriba de lo normal, en la zona norte del Oriente del territorio.

El primer trimestre (Mayo - Julio), estará influenciado por el Fenómeno de la Niña y a partir del mes de Julio, estará influenciado por el Fenómeno del Niño. Durante los meses Julio y Agosto habrá una reducción notable denominada Canícula, la cual se caracteriza por la disminución de lluvia en períodos cortos;

Interpretación de la estadística Descriptiva

- ❖ La **media** es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.
- ❖ **Error Estándar** El error estándar mide el error aleatorio, es un estimador estadístico que nos informa del tipo de error causado por la variación aleatoria de muestreo al repetir una prueba en las mismas condiciones.
- ❖ La **moda** es el valor con una mayor frecuencia en una distribución de datos.

- ❖ La **mediana** es la puntuación de la escala que separa la mitad superior de la Distribución y la inferior, es decir divide la serie de datos en dos partes iguales.
- ❖ El **rango** es la diferencia entre el mayor y el menor de los datos de una distribución estadística.
- ❖ La **varianza** es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media.
- ❖ la **Curtosis** es una medida de la forma. Así, las medidas de curtosis tratan de estudiar la proporción de la varianza que se explica por la combinación de datos extremos respecto a la media en contraposición con datos poco alejados de la misma. Una mayor curtosis implica una mayor concentración de datos muy cerca de la media de la distribución coexistiendo al mismo tiempo con una relativamente elevada frecuencia de datos muy alejados de la misma. Esto explica una forma de la distribución de frecuencias con colas muy elevadas y con un centro muy apuntado.
- ❖ La **desviación típica** o **desviación estándar** (denotada con el símbolo σ o s , dependiendo de la procedencia del conjunto de datos) es una medida de dispersión para variables de razón (variables cuantitativas o cantidades racionales) y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.

- ❖ Las medidas de **asimetría** son indicadores que permiten establecer el *grado de simetría* (o asimetría) que presenta una distribución de probabilidad de una variable aleatoria sin tener que hacer su representación gráfica
- ❖ El nivel de confianza es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza.

COMPARACION DE DATOS REGISTRADOS POR ESTACIONES TELEMETRICAS Y CAFFG

Con los datos de precipitaciones registrados por estaciones telemétricas y convencionales se generaron mapas de distribución espacial de lluvia diaria.

Se analizan datos puntuales de fechas específicas el cual coinciden con datos proporcionados por laboratorio de suelos y materiales FC. S.A DE C.V

Se analizan datos de distribución espacial para los meses que el sistema CAFFG posee datos de comparación.

Mes	Días	Año
agosto	4-31	2013
septiembre	1-30	2013
Octubre	1-31	2013
Noviembre	1-30	2013

Tabla 3. 14- Resumen de datos

DATOS DE LABORATORIO

✓ Día 1 de Octubre de 2013

FECHA	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	HUMEDAD (%)
01/10/2013	La libertad	Intersección Av. Teotepeque y Calle Opico	89°31'6.79"O	13°35'5.08"N	30.80

Tabla 3. 15- Datos de Laboratorio (VER ANEXO)

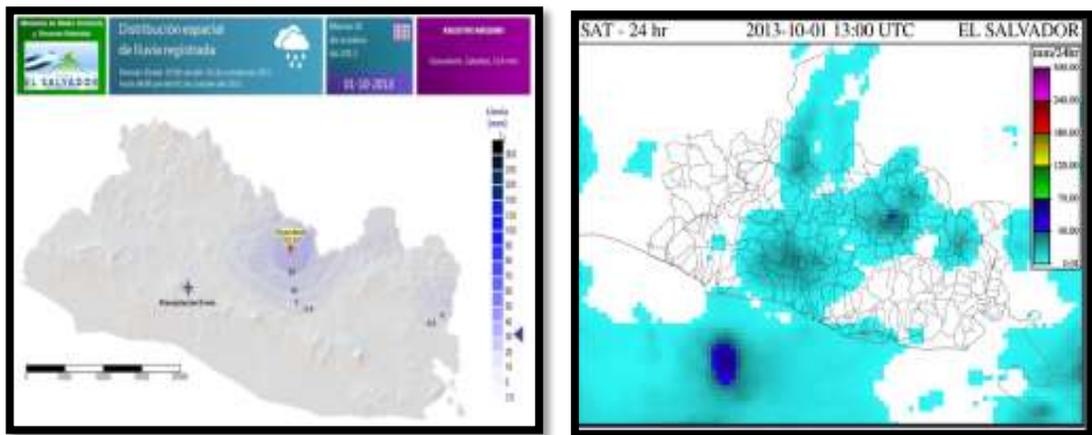


Figura 3. 28- Mapa de lluvia de las Estaciones y del Mapa de Cuencas del País por medio del sistema CAFFG, con valores estimados por el satélite de lluvia

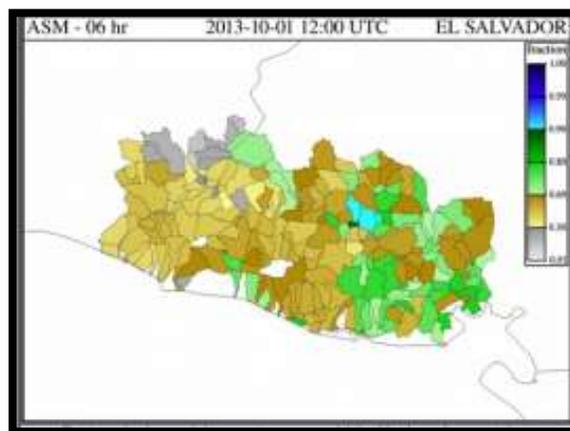


Figura 3. 29- Imagen de ASM del sistema CAFFG del día 1 de Octubre de 2013

3.2.1 DETERMINACIÓN DE DATOS DE HUMEDAD ESTIMADOS POR EL SISTEMA.

Los valores de ASM se obtuvieron de la DBF correspondiente a cada uno de los días en evaluación, seleccionando la cuenca que coincide con las ubicaciones y fechas de cada uno de los muestreos.

3.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE HUMEDAD DE SUELO (RECOLECCIÓN DE DATOS)

Datos proporcionados por el laboratorio de suelos y materiales FC S.A de C.V, son para los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre del año 2013, los cuales se ordenaron en tablas de Excel que contiene. (Ver en Anexo tabla completa)

FECHA	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	HUMEDAD (%)
07/08/2013	La libertad	Parcelación El Castaño (Ciudad Arce)	89°25' 2.96"O	13°47'51.91" N	26.30
07/08/2013	Chalatenango	C.E. el quebracho cantón agua fría	88° 56'8.48" O	14 °2'44.56" N	27.50
08/08/2013	Santa Ana	Facultad de ingeniería y arquitectura de UNCAES	89°32'51.73"O	13°58'59.62"N	24.70

Tabla 3. 16- Datos de Laboratorio con sus coordenadas

3.2.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS DATOS

Para la evaluación del modelo de humedad de suelo se realiza la comparación de datos de humedad de suelo obtenidos en campo y los datos estimados en el ASM del CAFFG.

Es de aclarar que en ciertas fechas se realizó más de un muestreo, es por eso que puede que se repitan días, sin embargo se tomaron en cuenta todos los muestreos realizados.

Esta comparación se realizó para cada los días en evaluación proporcionados, se creó una tabla (Ver Anexo Tabla completa).

FECHA	CUENCA	HUMEDAD LAB	ASM CAFFG	Diferencia
07/08/2013	2008201933	0.26	0.68	0.41

Tabla 3. 17- Datos de Humedad

Comparacion de valores de Humedad

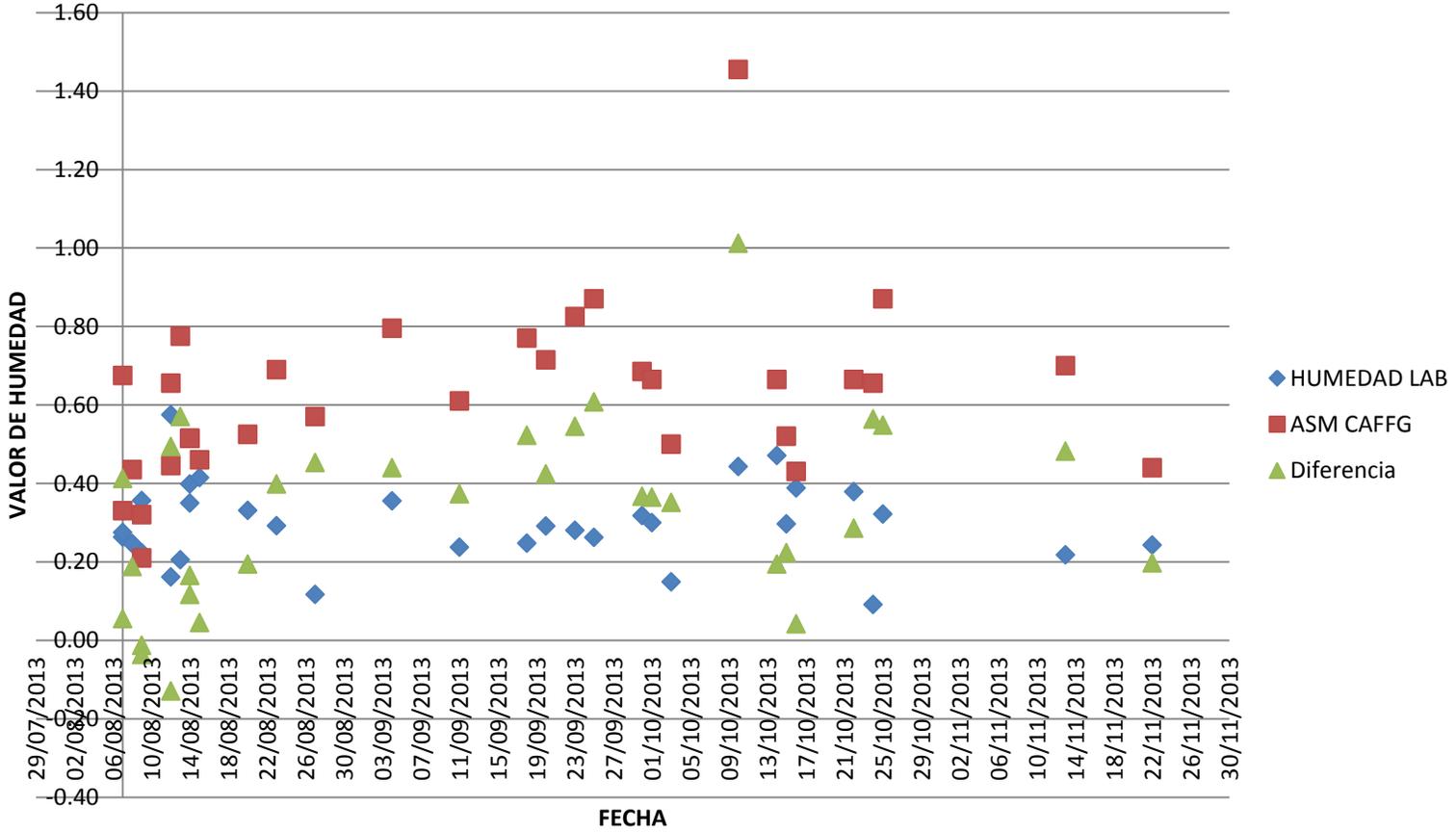


Grafico 3. 1- Datos de Humedad de suelo

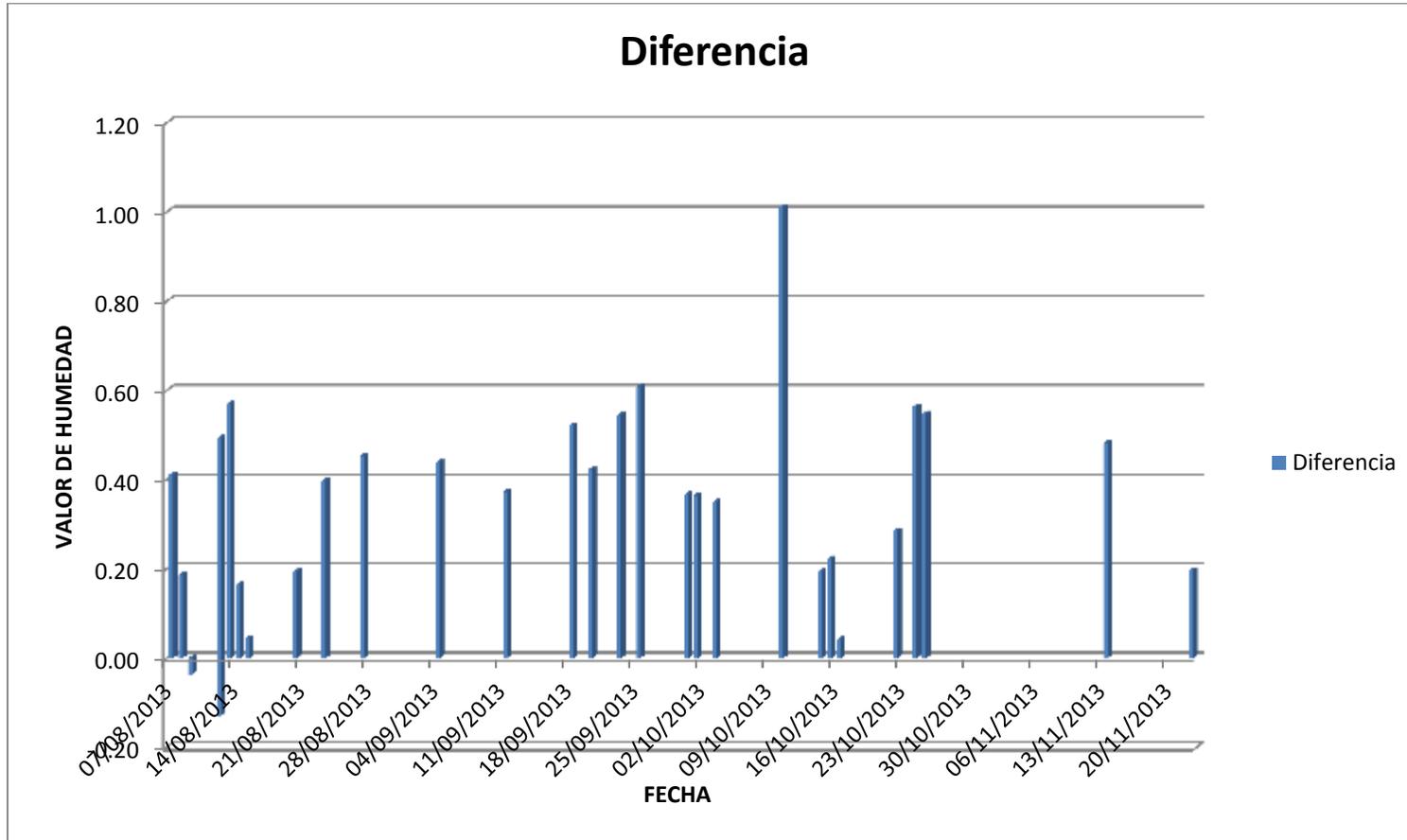


Grafico 3. 2- Diferencia de valores de Humedad de Suelo

3.2.4. COMPARACIONES GRAFICAS ENTRE LOS VALORES DEL MAP Y LOS VALORES DE LLUVIA DE LAS ESTACIONES.

Comportamiento de la precipitación proporcionada por el CAFFG y la precipitación de las estaciones. Ver tabla completa en Anexo 3.3.

FECHA	CUENCA	LLUVIA ESTACION	MAP SATELITE	Diferencia lluvia
12/08/2013	2008201933	30	30.00	0.00

Tabla 3. 18- Datos de Lluvia registrada

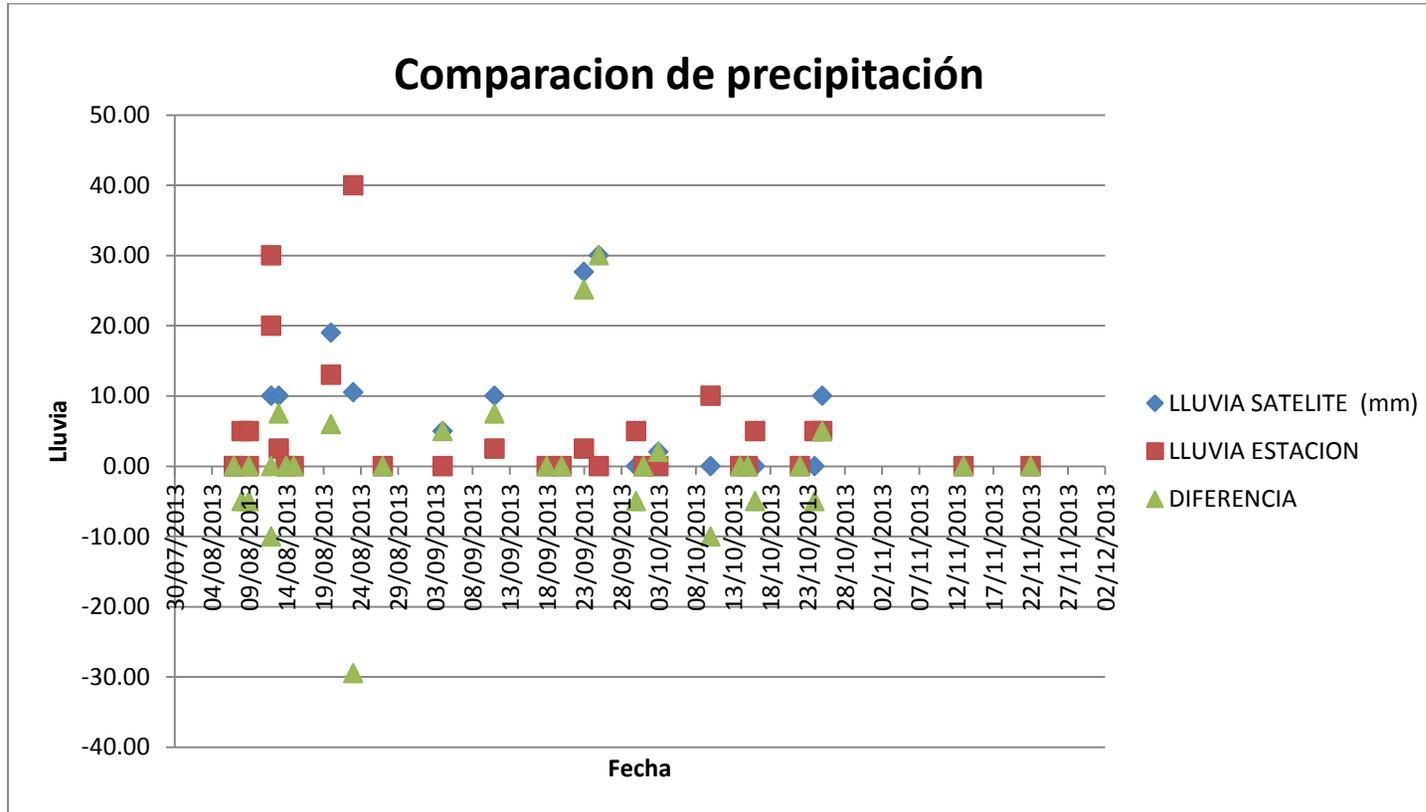


Grafico 3. 3- Datos de lluvia

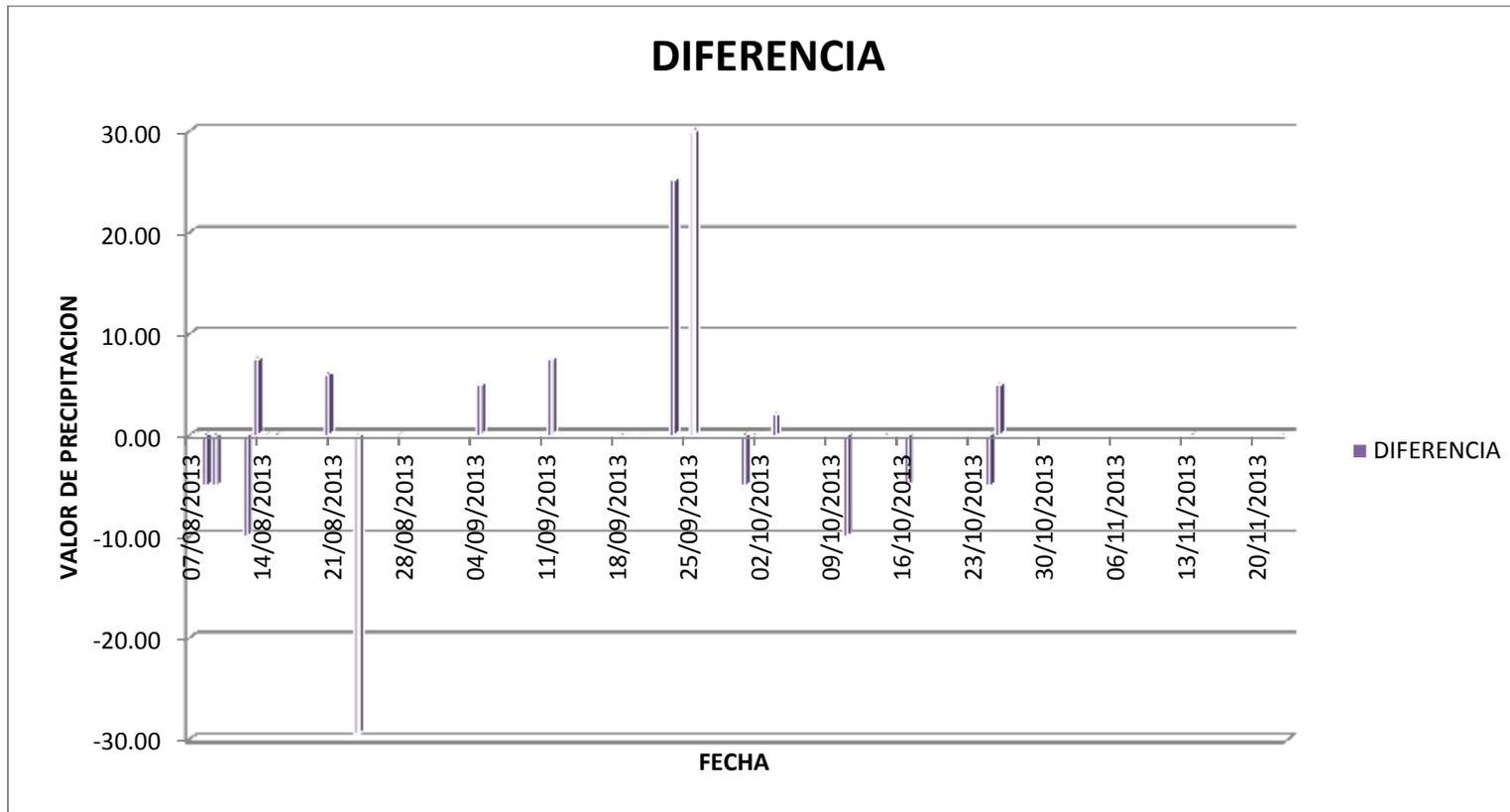


Grafico 3. 4- Diferencia de valores de Precipitación

3.2.5 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACION Y COMPARACION DE VALORES DE HUMEDAD Y PRECIPITACION

HUMEDAD

En el grafico se muestra los valores de humedad estimado por el sistema y los valores de humedad correspondiente a la cuenca analizada para cada una de las fechas dentro de las cuales se tenía registro para ser comparadas entre ambas.

Se puede observar en los gráficos que los valores de humedad registrados por el CAFFG son mucho mayores que los valores registrados por el laboratorio para cada una de las fechas. Los valores registrados por el modelo son muchos mayores a los de laboratorio en un rango de 0.04-0.61 para 30 casos, solo se presenta un caso para la cual los valores de humedad difieren en 0.01, siendo este el único caso más cercano. Entre los datos de Humedad calculados por el CAFFG se encuentra un valor que esta fuera de rango, reportando un valor de humedad 1.46%.

PRECIPITACIÓN

La determinación de los valores medios de lluvia en cada una de las cuencas se realizó con los archivos de la base de datos (DBF) del CAFFG, correspondientes a cada uno de los días en evaluación y la base de cuencas que utiliza el sistema.

Los datos obtenidos de la Red Pluviométrica Nacional se trabajaron para un valor de tiempo correspondiente a 24 horas, puesto que la base de recolección de datos de lluvia que se realiza en la DGOA corresponde a la lluvia registrada en periodos de 24 horas (7:00 am y 7:00 pm del día de interés). El análisis se realizó comparando los valores del MAP y los valores medios de lluvia registrados por las estaciones con los cuales se generaron mapas de lluvia espacial; los cuales fueron proporcionados por el Docente Asesor.

De acuerdo a la distribución del grafico 3-3 se puede observar que la tendencia de comparación de lluvia para 16 de los 32 casos; los valores registrados son iguales, y para los 16 restantes se tiene un rango de diferencia entre 2.02 a 30 mm.

3.2.6 ANALISIS DE RESULTADOS ESTADISTICOS

Con la comparación de los valores del ASM y de los valores de humedad calculadas en campo se calculó la estadística de los valores de diferencia entre el ASM y la humedad calculada en campo, utilizando un nivel de confianza del 95%.

Estadística	Valor
Media	0.34
Error Estándar	0.04
Mediana	0.37
Moda	0.28
Desviación Estándar	0.23
Varianza	0.05
Curtosis	3.97
Asimetría	1.32
Rango	0.061
Mínimo	-0.04
Máximo	0.61
Nivel de confianza	0.35

Tabla 3. 19- Resumen de Análisis Estadístico

Los valores de humedad generaron un error de 0.04, por lo que se puede apreciar un porcentaje poco alto en cuanto a los datos del ASM y los de campo para un análisis completo de los datos. Presentando una asimetría positiva (valor > 0) por lo que los valores se tienden a reunirse más en la parte izquierda que en la derecha de la media y una Curtosis con una distribución Leptocúrtica, la cual presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.

3.2.7 ANALISIS DE COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD DE SUELO

3.2.7.1 GEOLOGIA

Se ubicaron los puntos de laboratorio con sus respectivas coordenadas en un archivo Excel para así poder incorporarlos en el Software ARCGIS 10.1 con el cual se generó un shapefile -.shp llamado GEOLOGIA. Con esta información se generaron las imágenes para una mejor interpretación de los parámetros por departamento. En anexo se muestra una tabla con todos los datos de los departamentos.

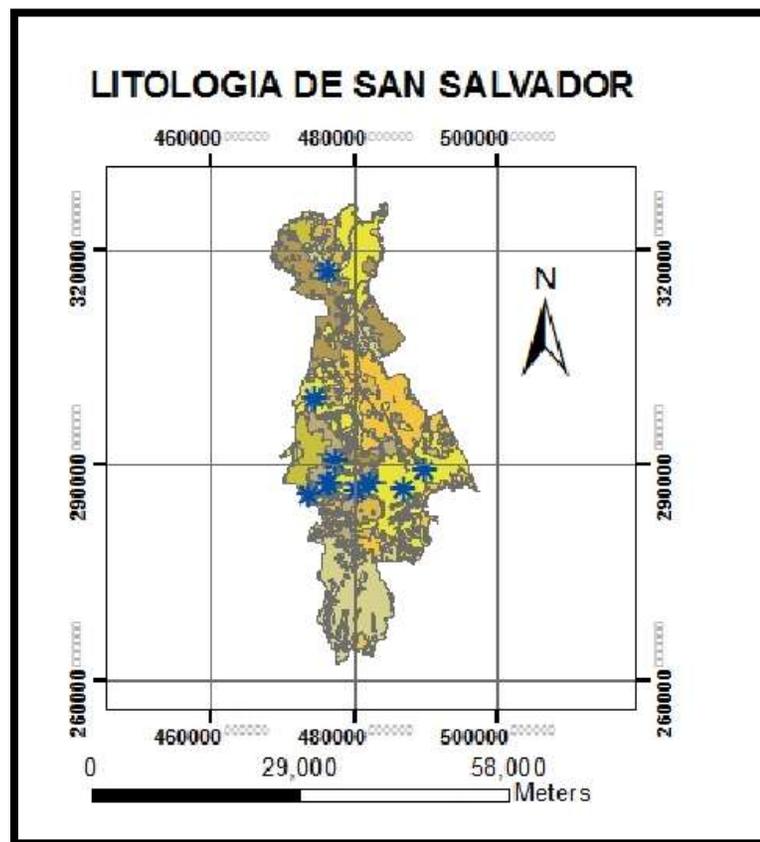


Figura 3. 30- Litología de San Salvador y Puntos de Laboratorio

LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

LITOLOGIA

-  "Tierra blanca": piroclastitas ácidas y apiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas ácidas (s3'b)
-  Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder)
-  Depósitos sedimentarios del Cuaternario
-  Efusivas básicas -intermedias, piroclastitas subordinadas
-  Efusivas básicas-intermedias
-  Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas, epiclastitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y edificios volcánicos)
-  Efusivas ácidas
-  Efusivas ácidas y intermedias ácidas (ocurrencias aisladas en parte eventualmente =ch2)
-  Efusivas-básicas-intermedias
-  Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente efusivas básicas -intermedias intercaladas
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas ("tobas color café")
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, localmente efusivas básicas -intermedias

Figura 3. 31- Litología del departamento de San Salvador

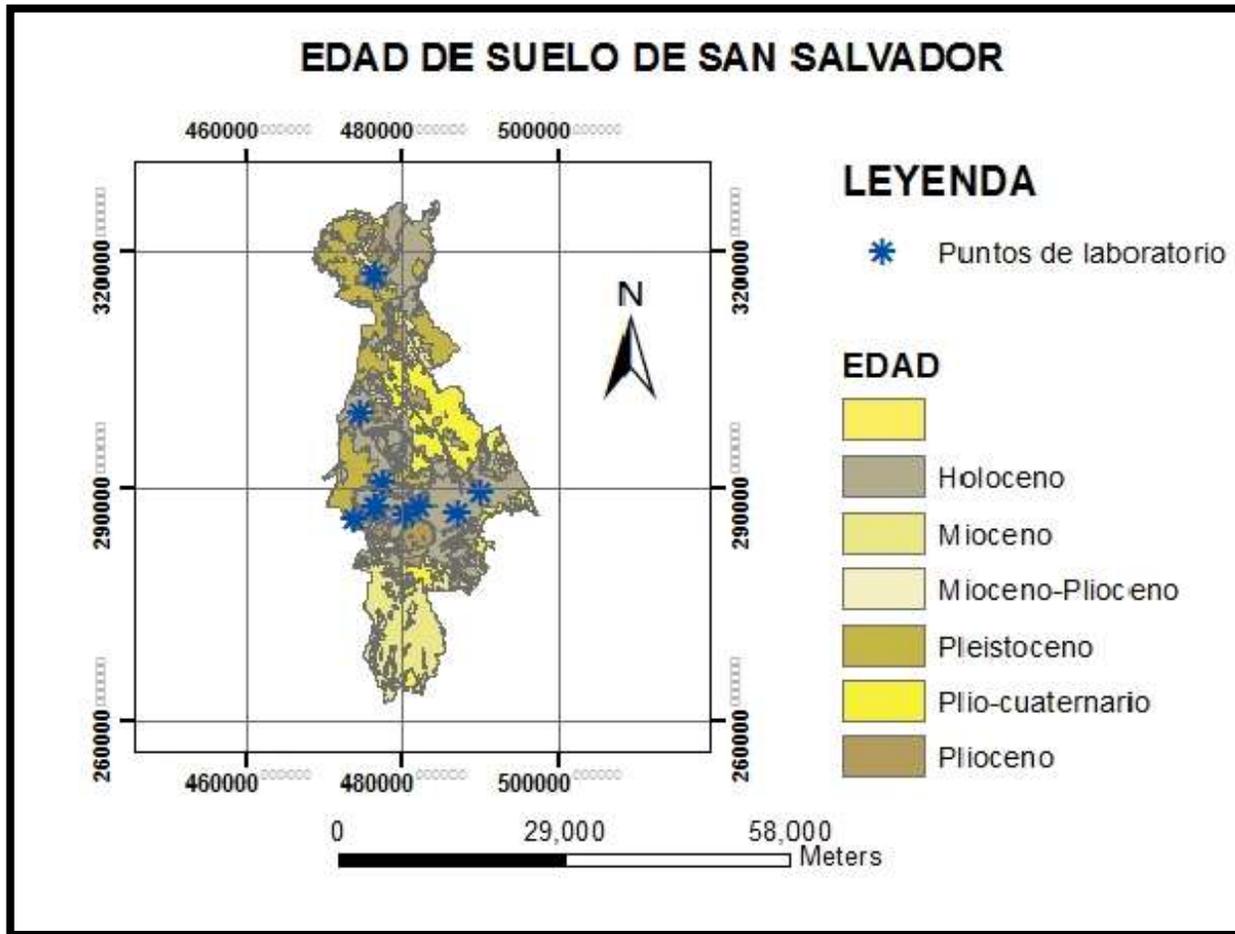


Figura 3. 32- Edad del Suelo de San Salvador

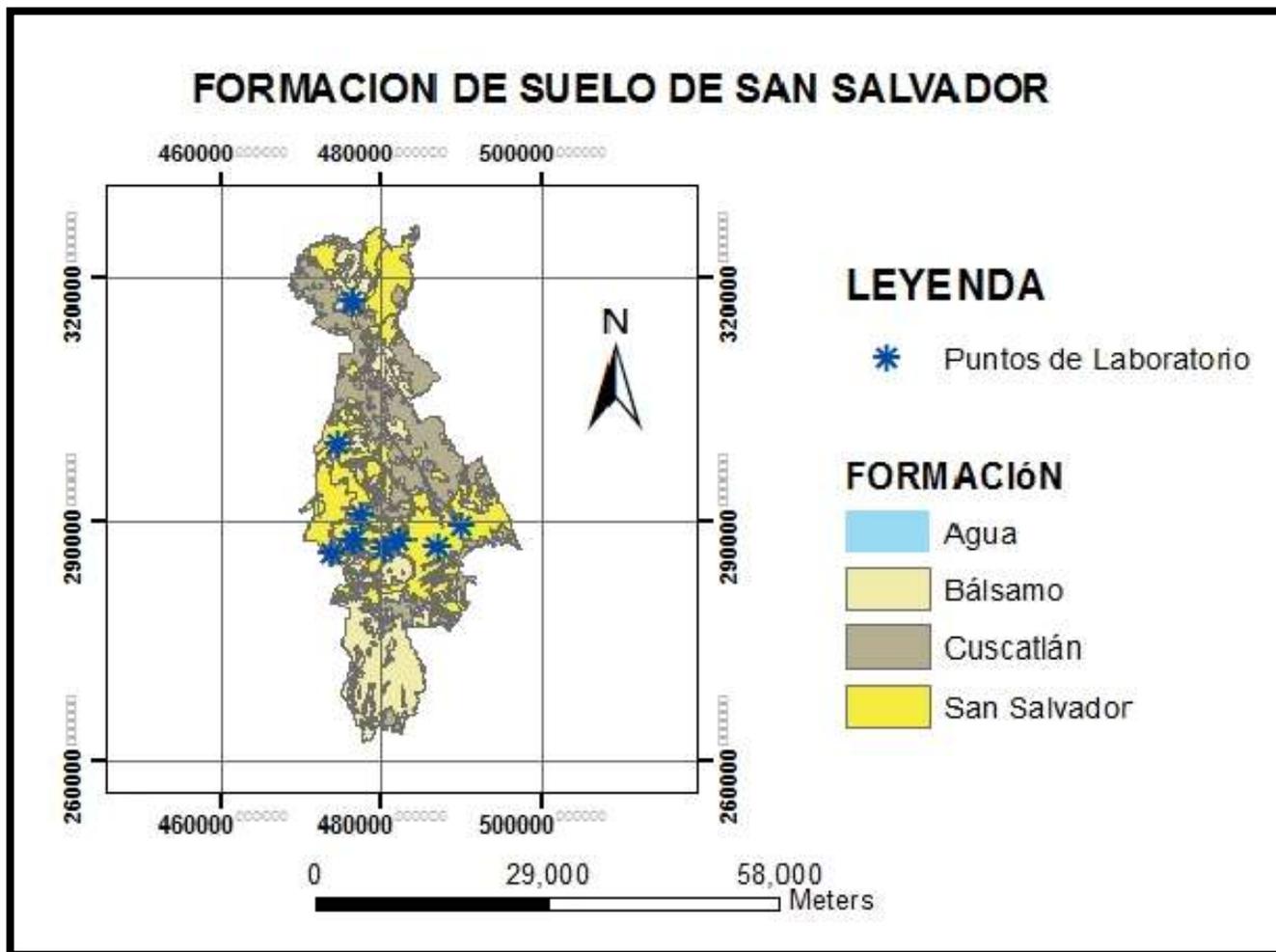


Figura 3. 33- Formación de Suelo de San Salvador

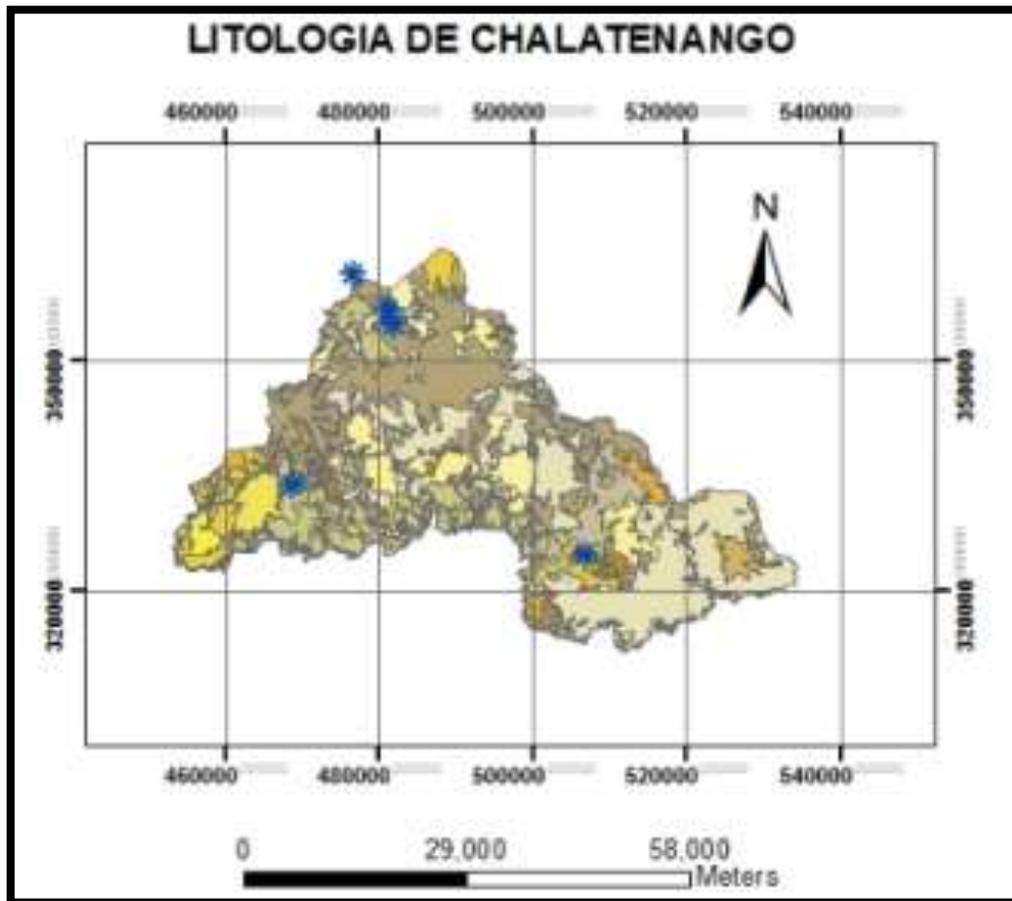


Figura 3. 34- Litología de Chalatenango y Puntos de Laboratorio

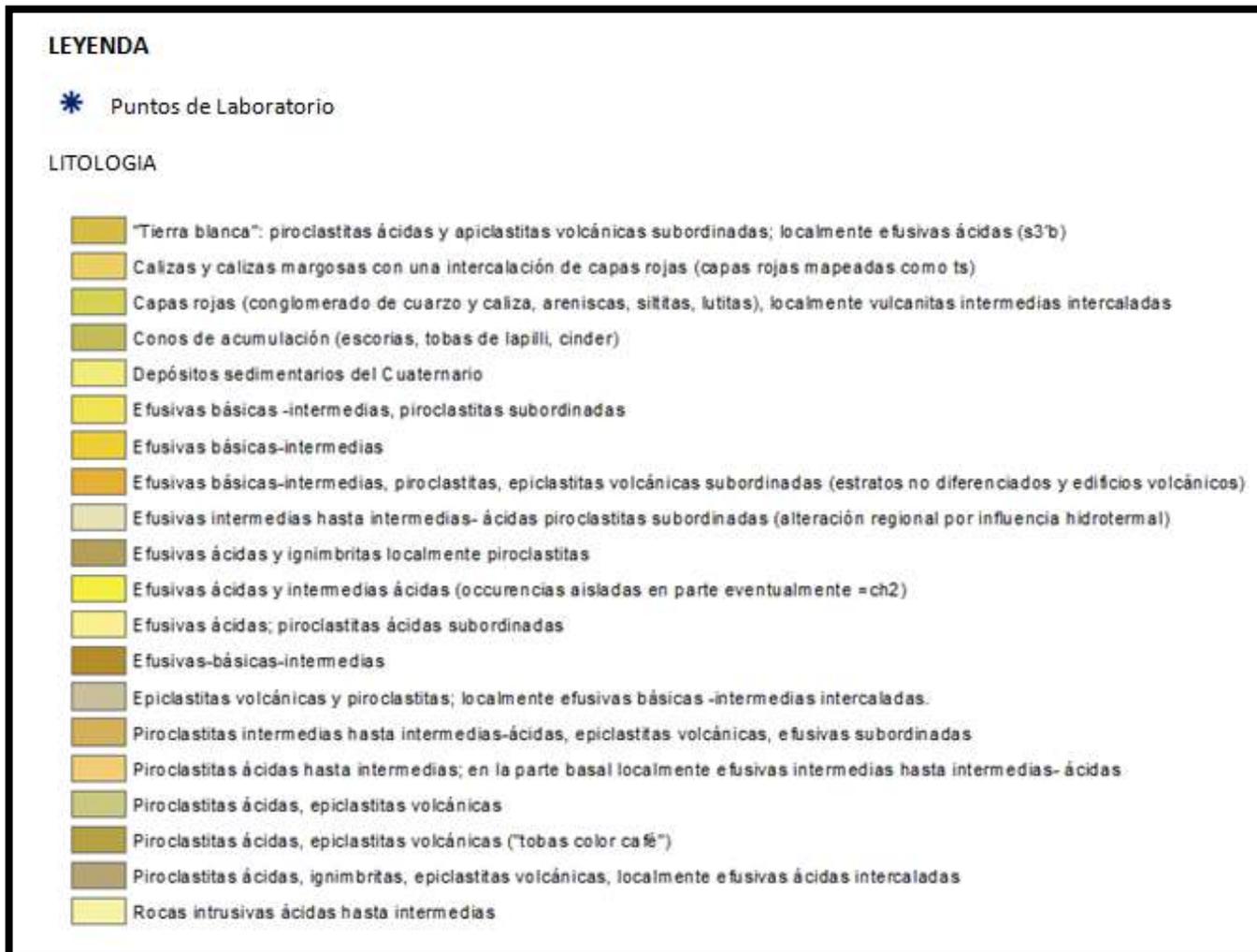


Figura 3. 35- Leyenda de Litología del Departamento de Chalatenan

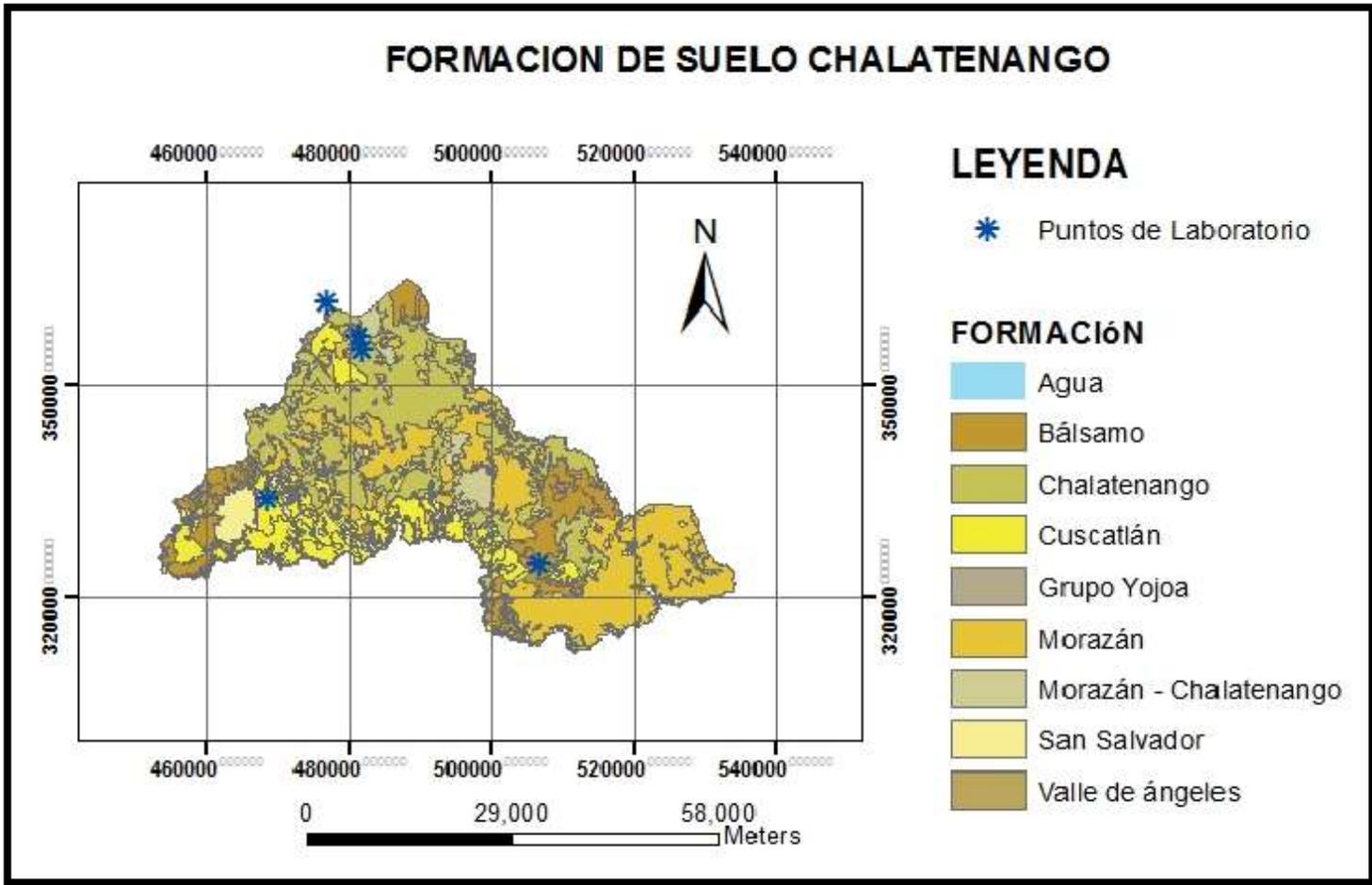


Figura 3. 36- Edad del Suelo del Departamento de Chalatenango

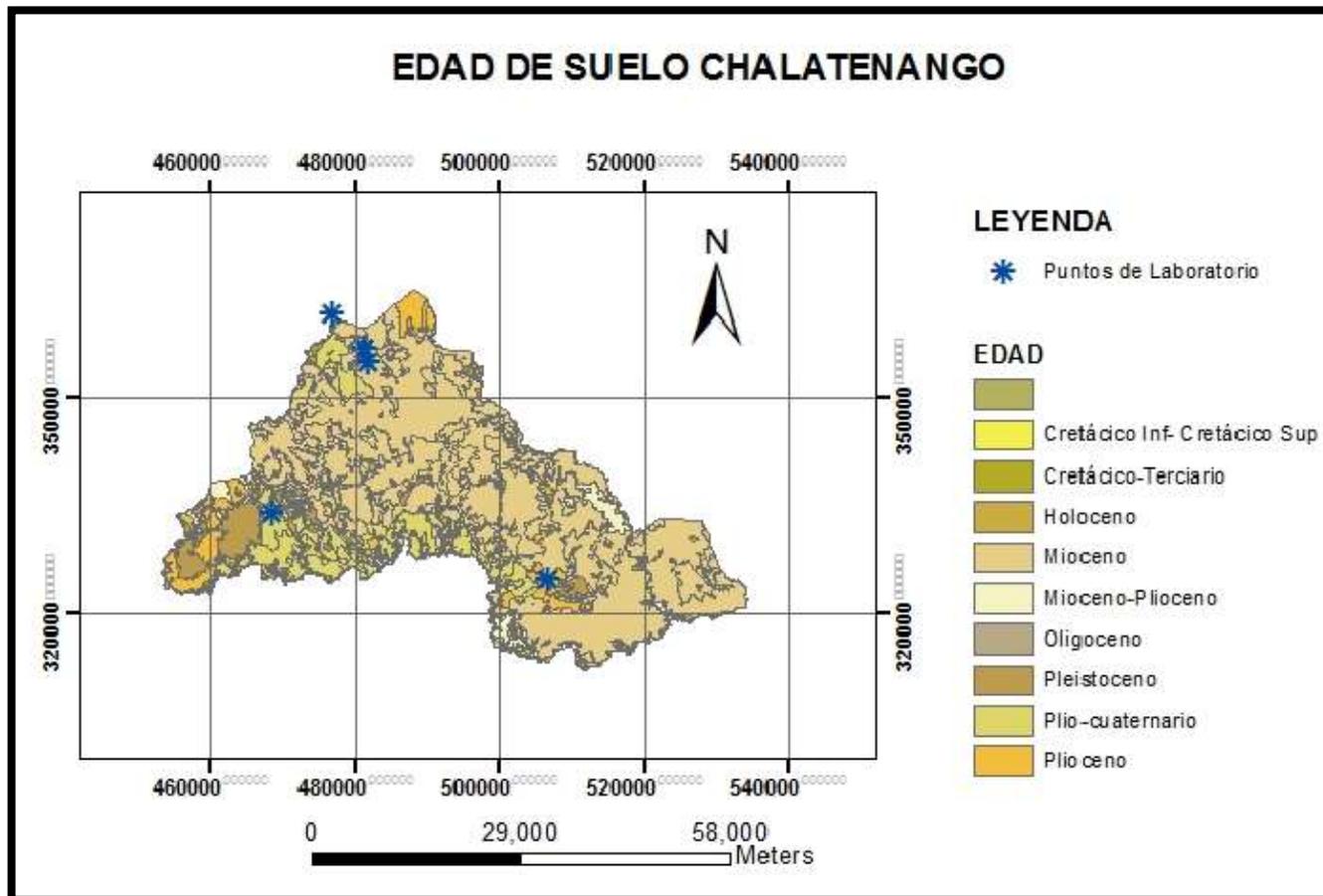


Figura 3. 37- Formación del Departamento de Chalatenango

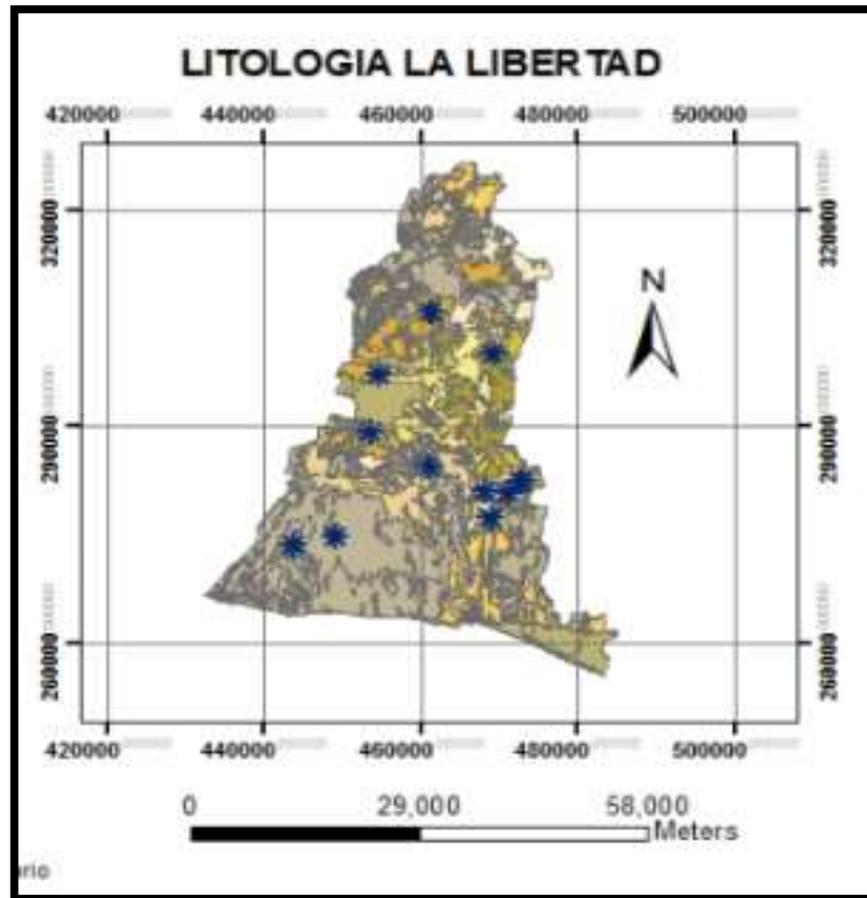


Figura 3. 38- Litología de La Libertad y Puntos de Laboratorio

LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

LITOLOGIA

-  "Tierra blanca": piroclastitas ácidas y apiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas ácidas (s3'b)
-  Cenizas volcánicas y tobas de lapilli
-  Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder)
-  Depósitos sedimentarios del Cuaternario
-  Efusivas básicas - intermedias
-  Efusivas básicas -intermedias, piroclastitas subordinadas
-  Efusivas básicas-intermedias
-  Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas, epiclastitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y edificios volcánicos)
-  Efusivas ácidas y intermedias ácidas (ocurrencias aisladas en parte eventualmente =ch2)
-  Efusivas-básicas-intermedias
-  Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente efusivas básicas -intermedias intercaladas.
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas ("tobas color café")

Figura 3. 39- Leyenda de Litología del Departamento de La Libertad

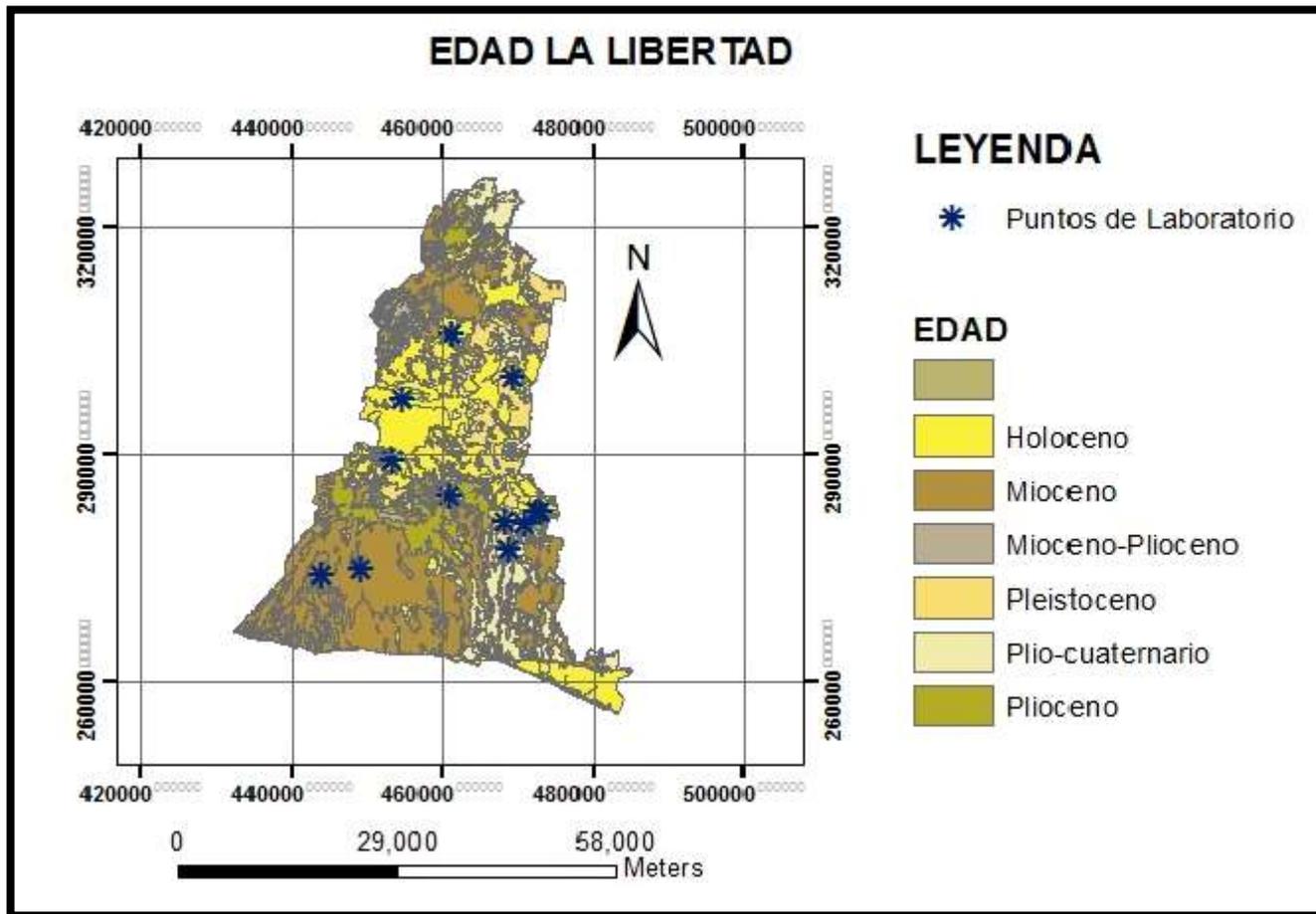


Figura 3. 40- Edad del Suelo del Departamento de La Libertad

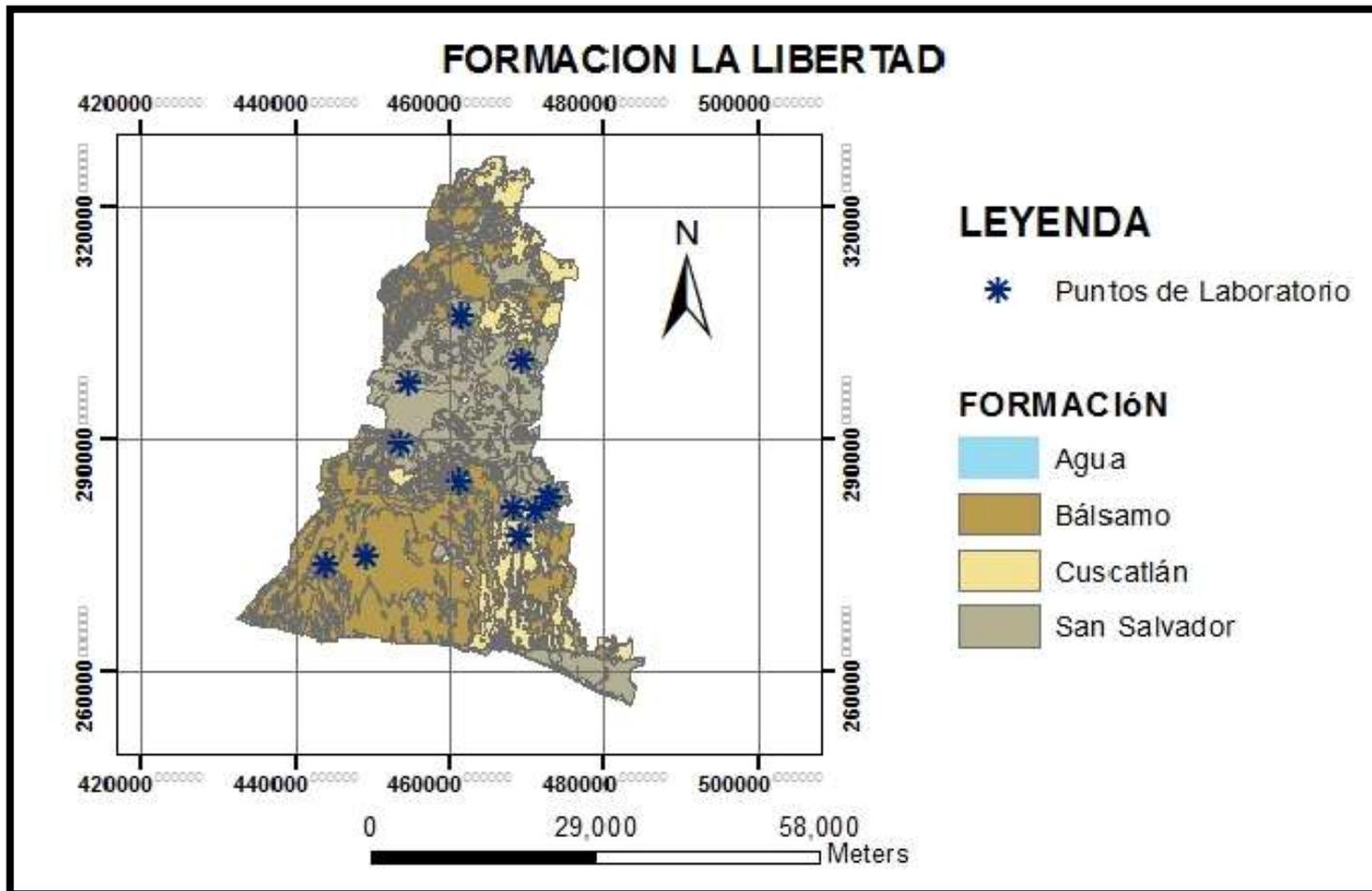


Figura 3. 41- Formación del Suelo del Departamento de La Libertad

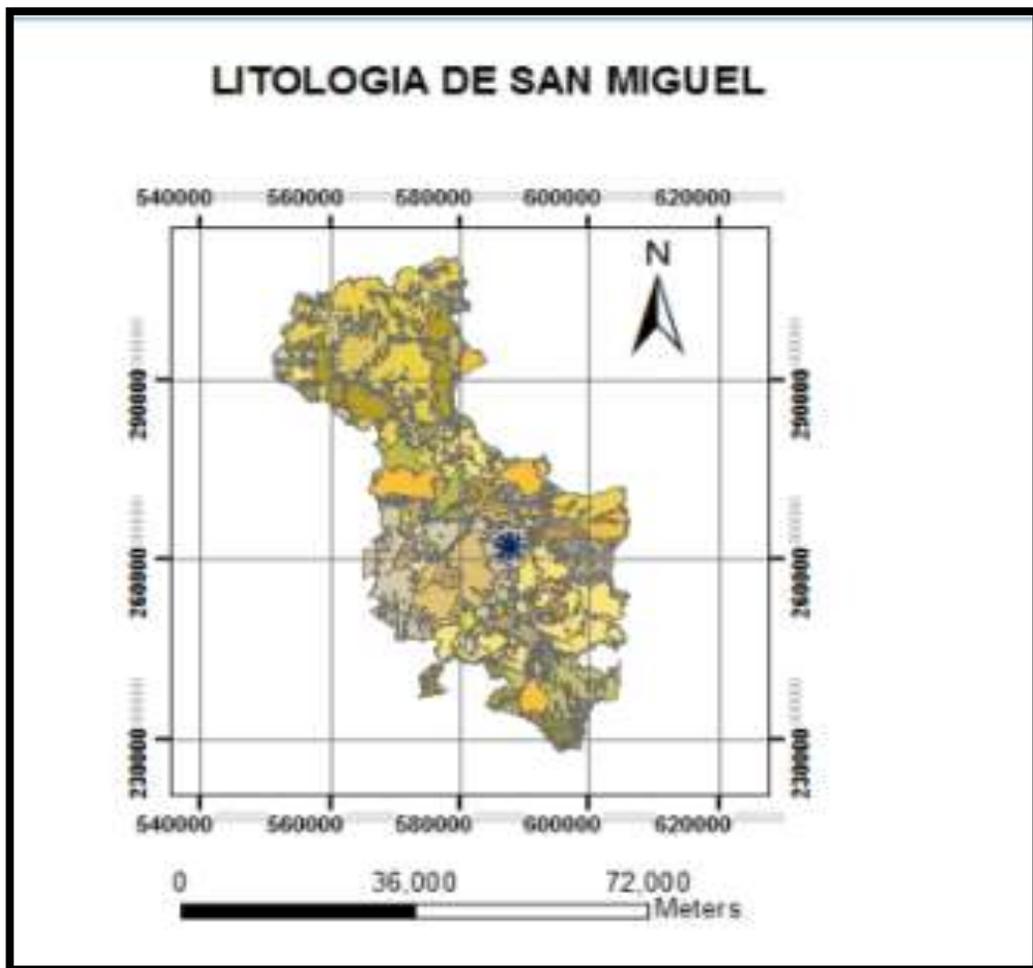


Figura 3. 42- Litología de San Miguel y Puntos de Laboratorio

LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

LITOLOGIA

-  Cenizas volcánicas y tobas de lapilli
-  Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder)
-  Depósitos sedimentarios del Cuaternario
-  Efusivas básicas - intermedias
-  Efusivas básicas -intermedias, piroclastitas subordinadas
-  Efusivas básicas-intermedias
-  Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas, epiclastitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y edificios volcánicos)
-  Efusivas intermedias hasta intermedias- ácidas piroclastitas subordinadas (alteración regional por influencia hidrotermal)
-  Efusivas ácidas y intermedias ácidas (occurencias aisladas en parte eventualmente =ch2)
-  Efusivas ácidas; piroclastitas ácidas subordinadas
-  Efusivas-básicas-intermedias
-  Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente efusivas básicas -intermedias intercaladas.
-  Piroclastitas intermedias hasta intermedias-ácidas, epiclastitas volcánicas, efusivas subordinadas
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas ("tobas color café")
-  Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, localmente efusivas básicas -intermedias

Figura 3. 43- Litología del Departamento de San Miguel

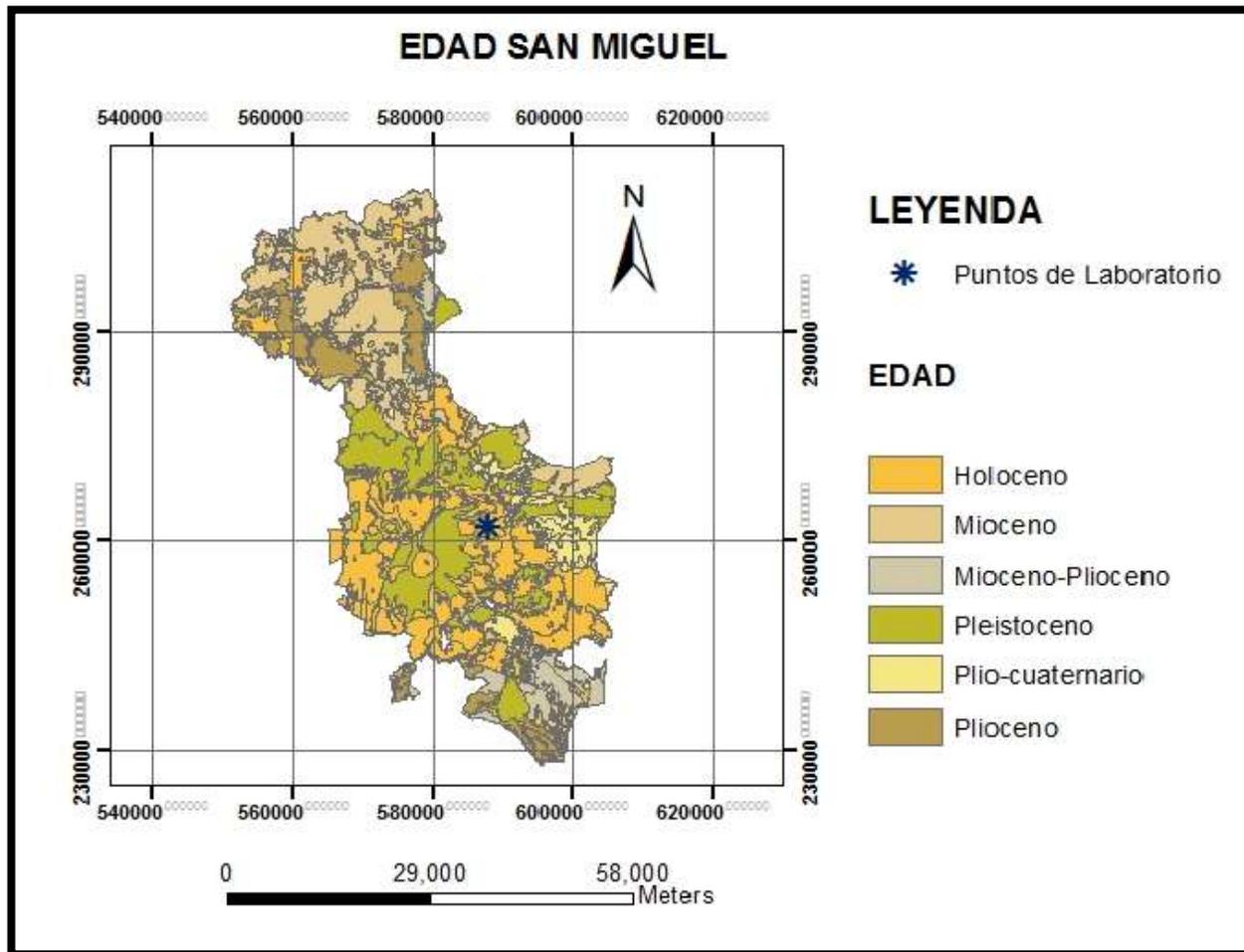


Figura 3. 44- Edad del Suelo del Departamento de San Miguel

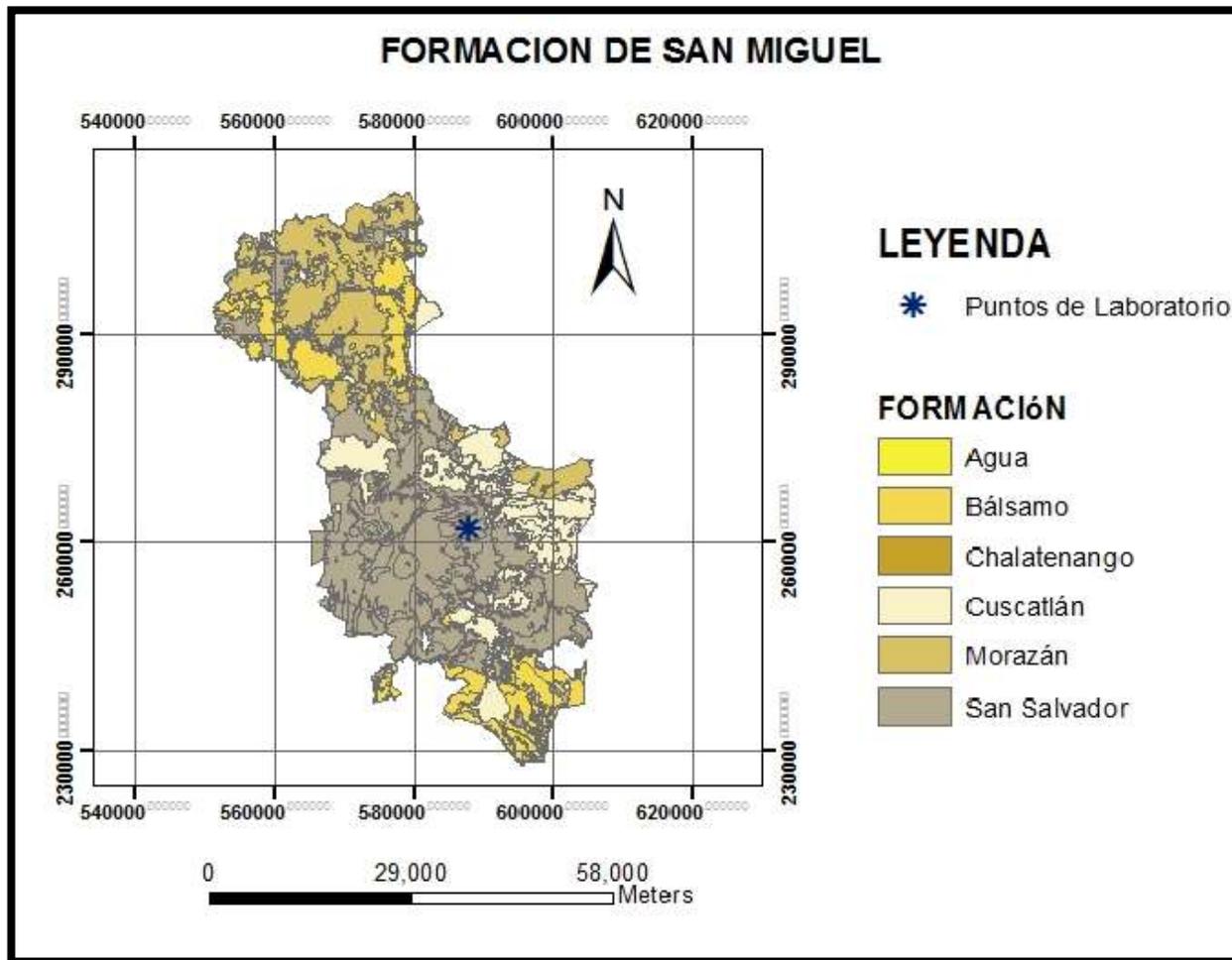


Figura 3. 45- Formación del Suelo del Departamento de San Miguel

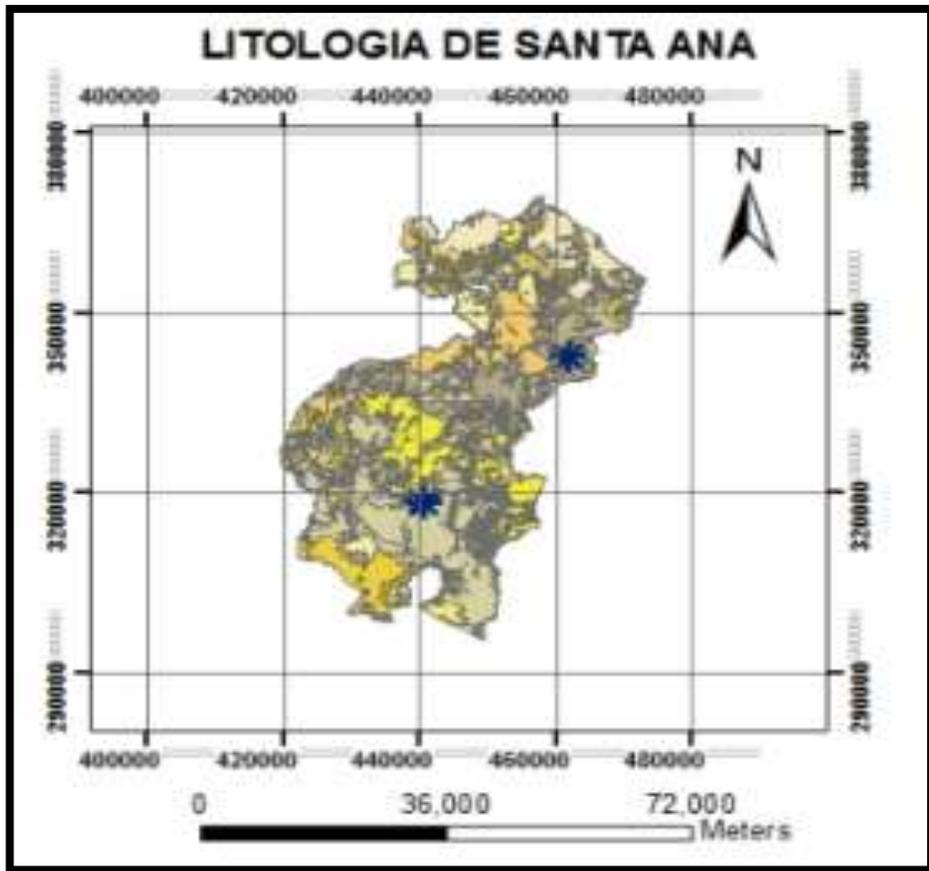


Figura 3. 46- Litología de Santa Ana y Puntos de Laboratorio

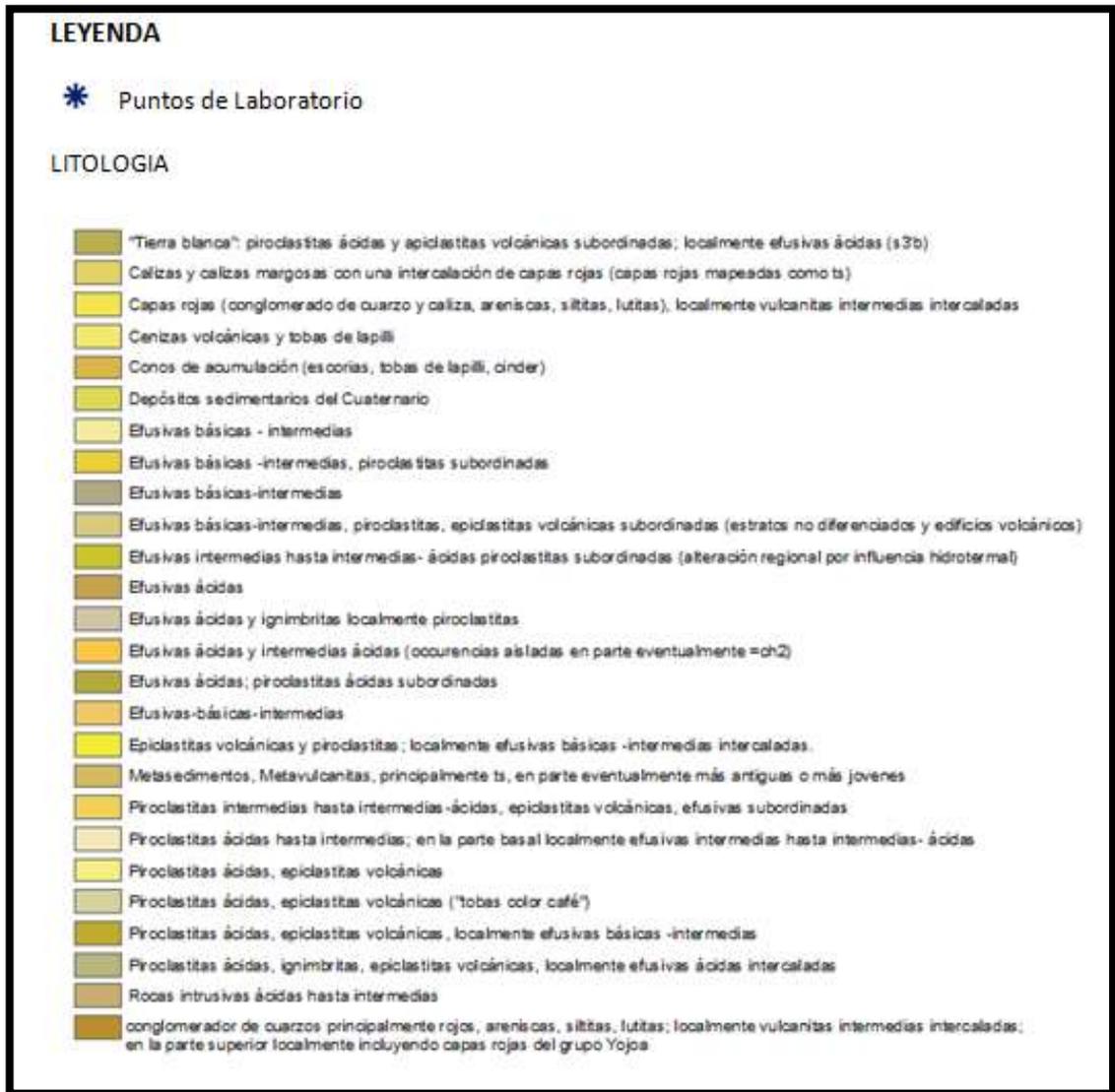


Figura 3. 47- Litología del Departamento de Santa Ana

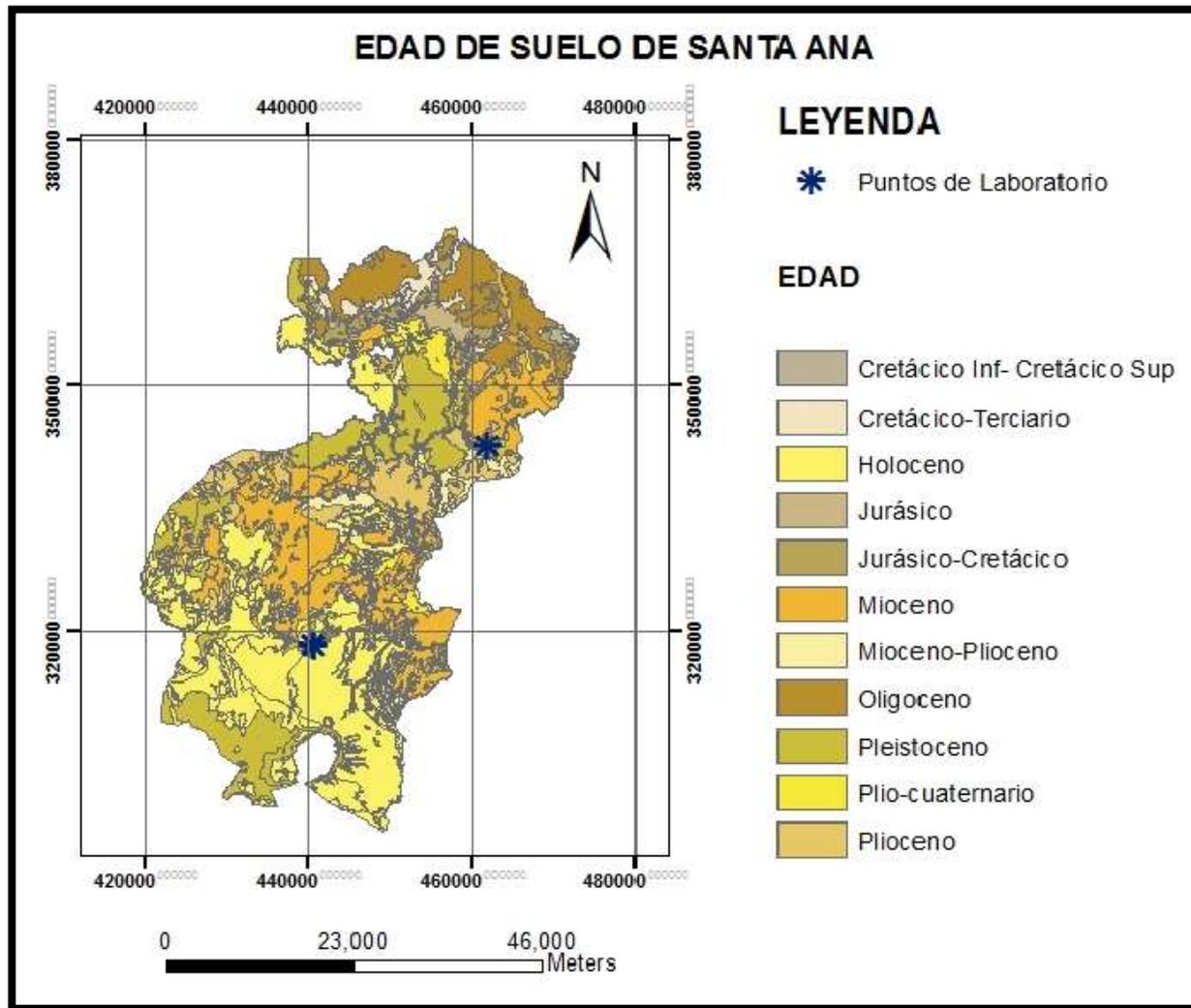


Figura 3. 48- Edad y Formación del Departamento de Santa Ana

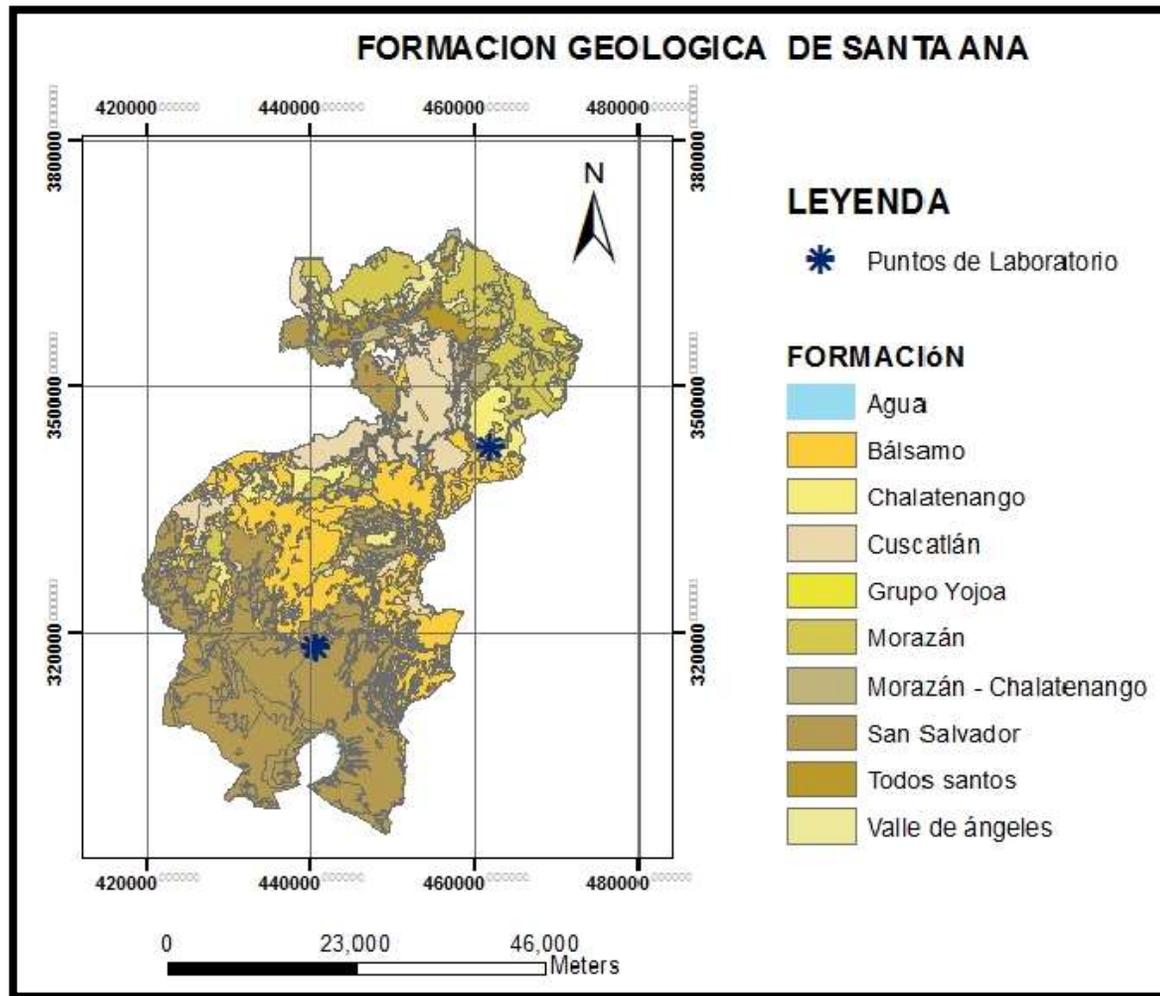


Figura 3. 49- Edad del Suelo del Departamento de Santa Ana

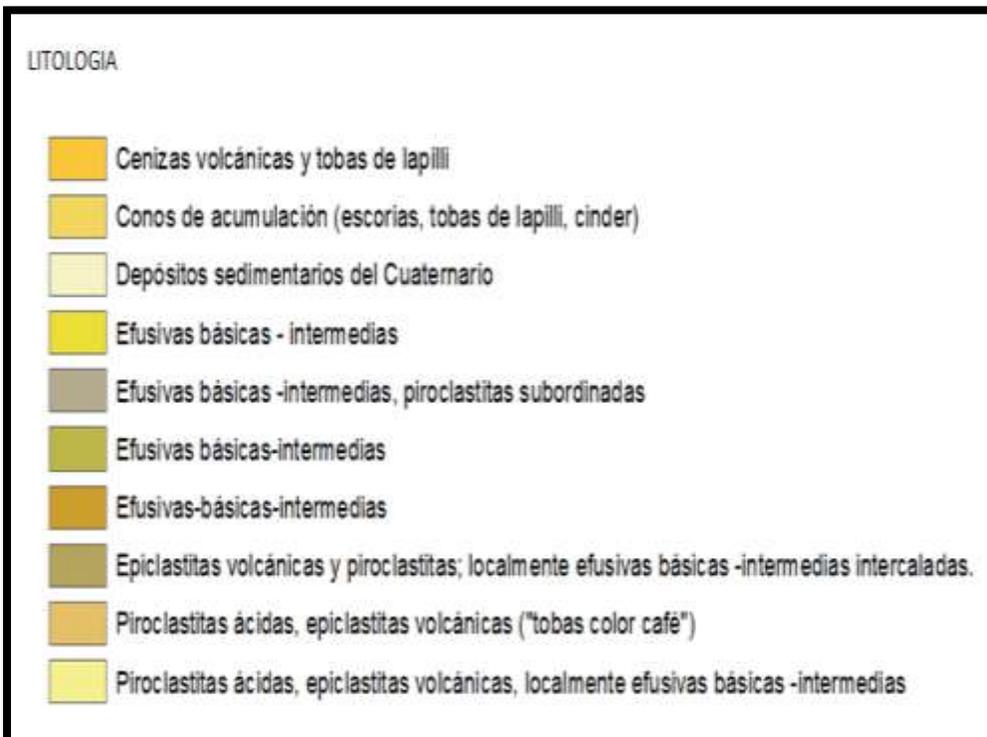
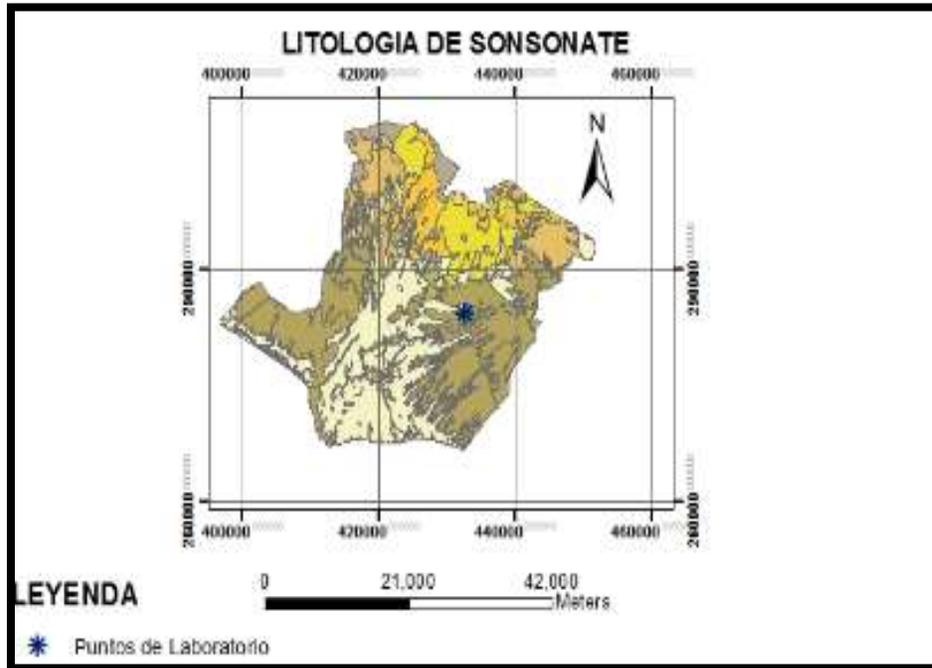


Figura 3. 50- Litología del Departamento de Sonsonate

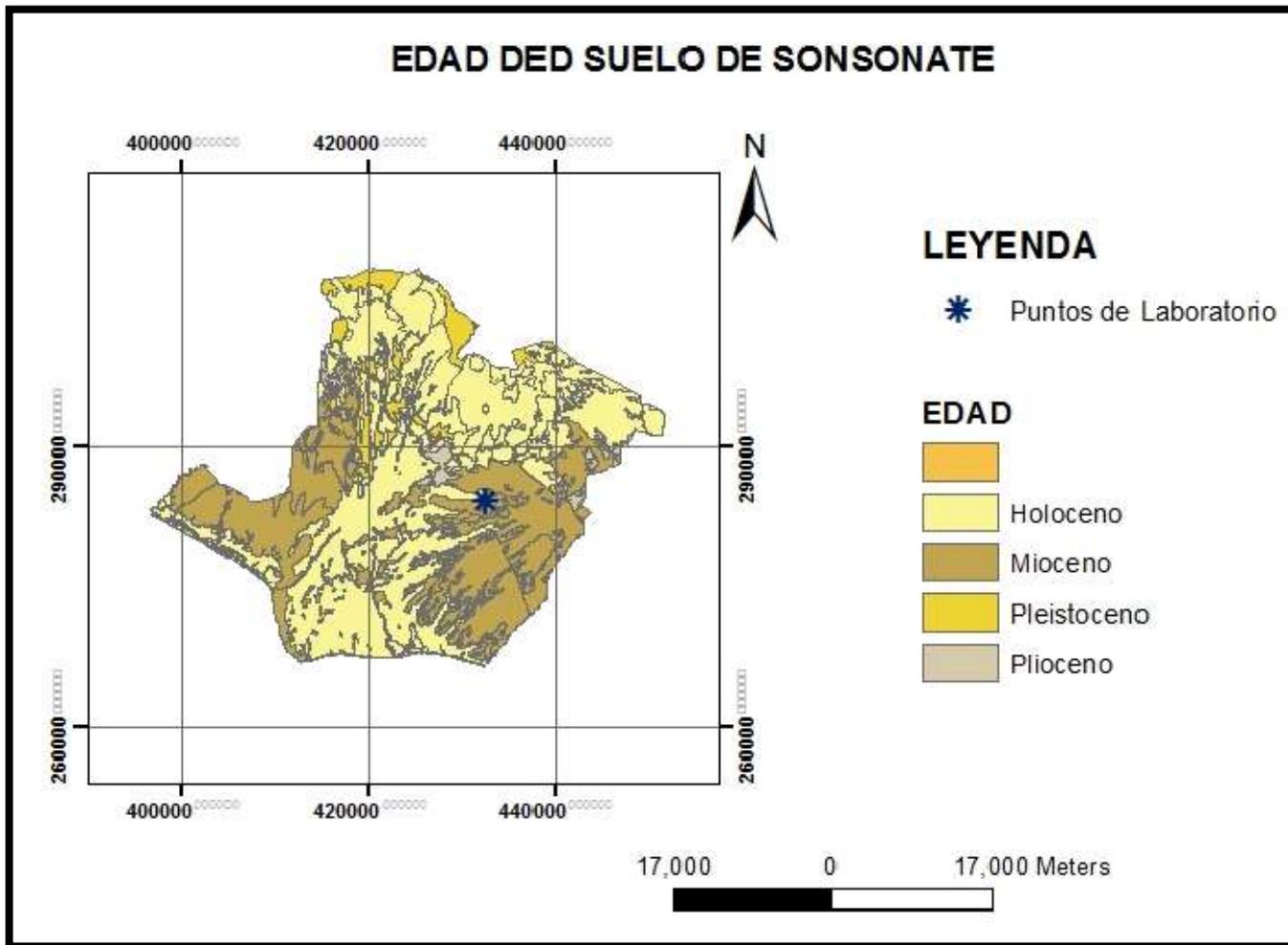


Figura 3. 51- Edad del Suelo del Departamento de Sonsonate

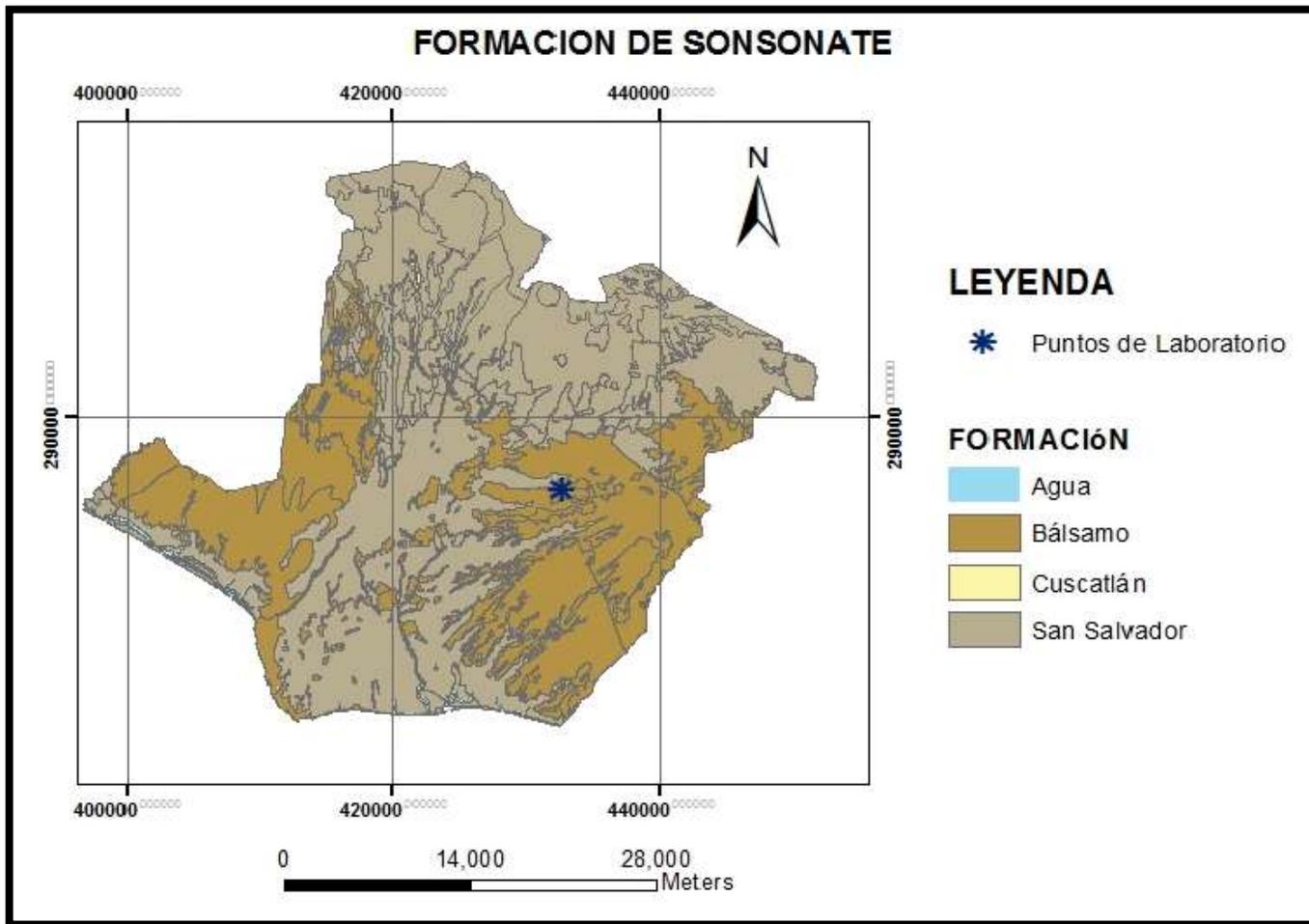


Figura 3. 52- Formación del Suelo del Departamento de Sonsonate

3.2.7.2 TIPO DE SUELO

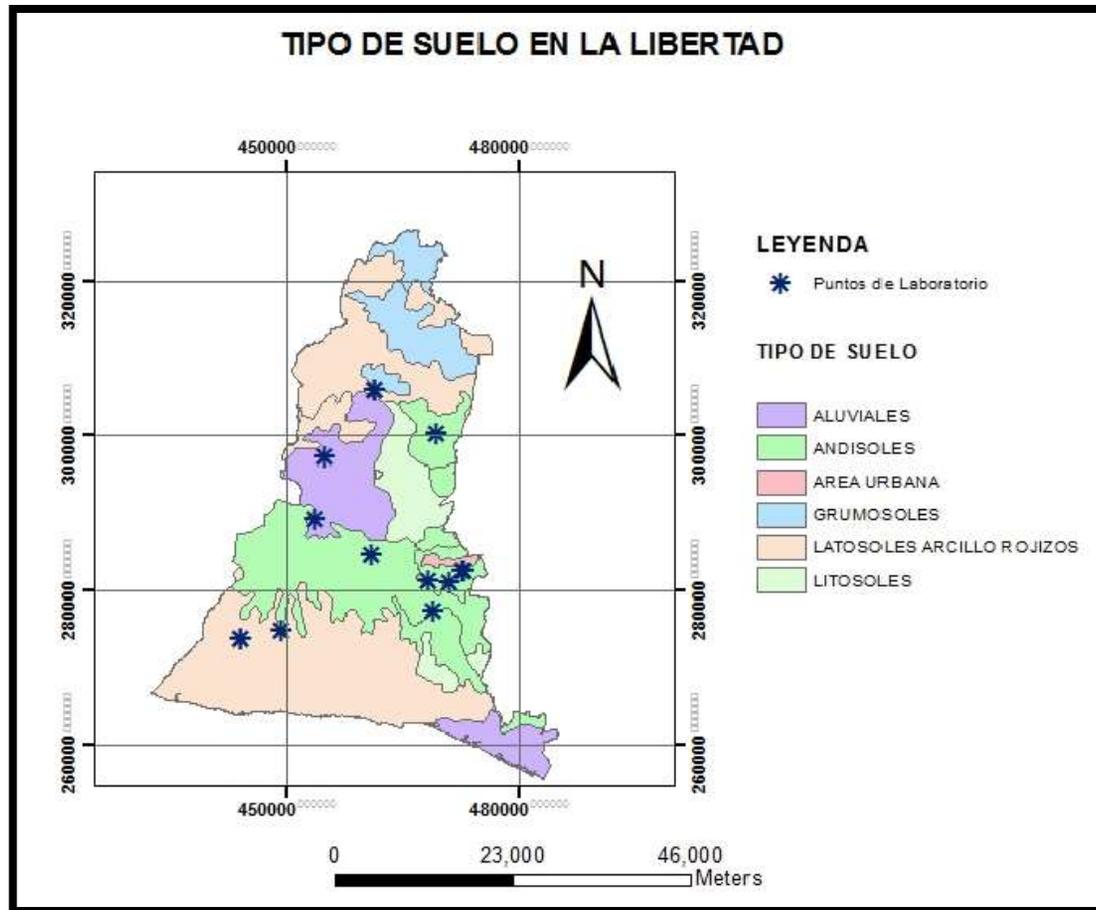


Figura 3. 53- Tipo de suelo para el departamento de La Libertad

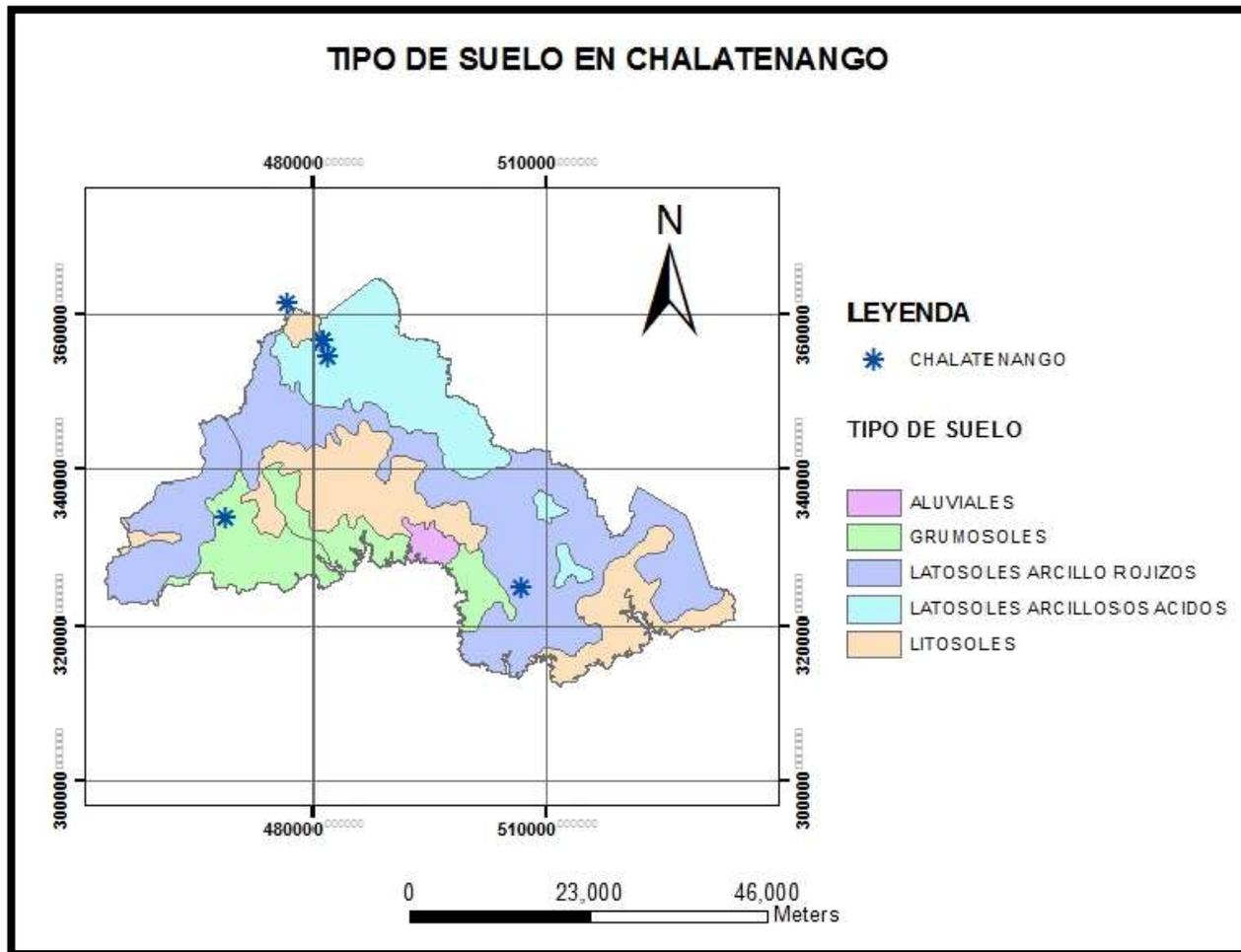


Figura 3. 54- Tipo de suelo para el departamento de Chalatenango

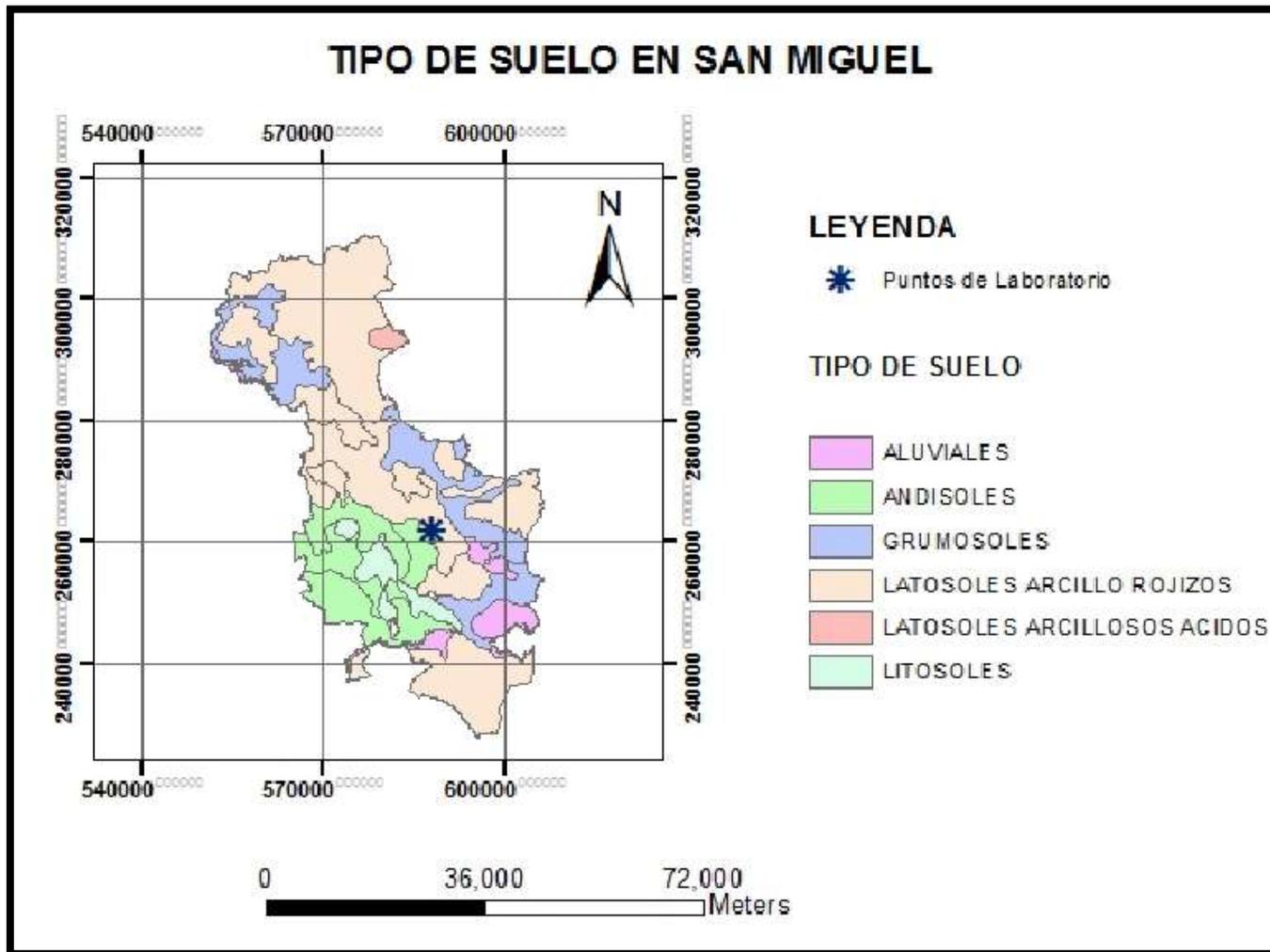


Figura 3. 55-Tipo de suelo para el departamento de San Miguel

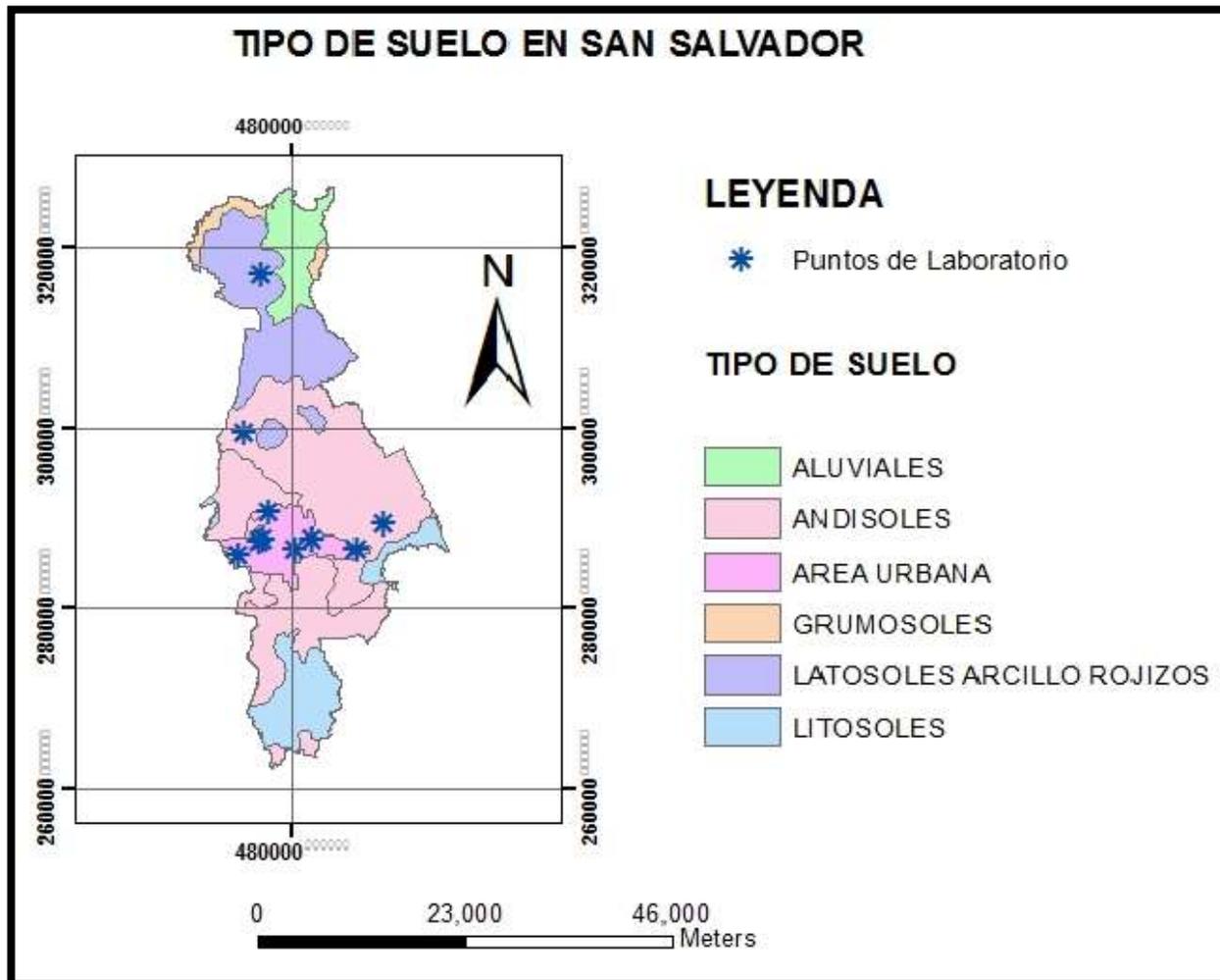


Figura 3. 56- Tipo de suelo para el departamento de San Salvador

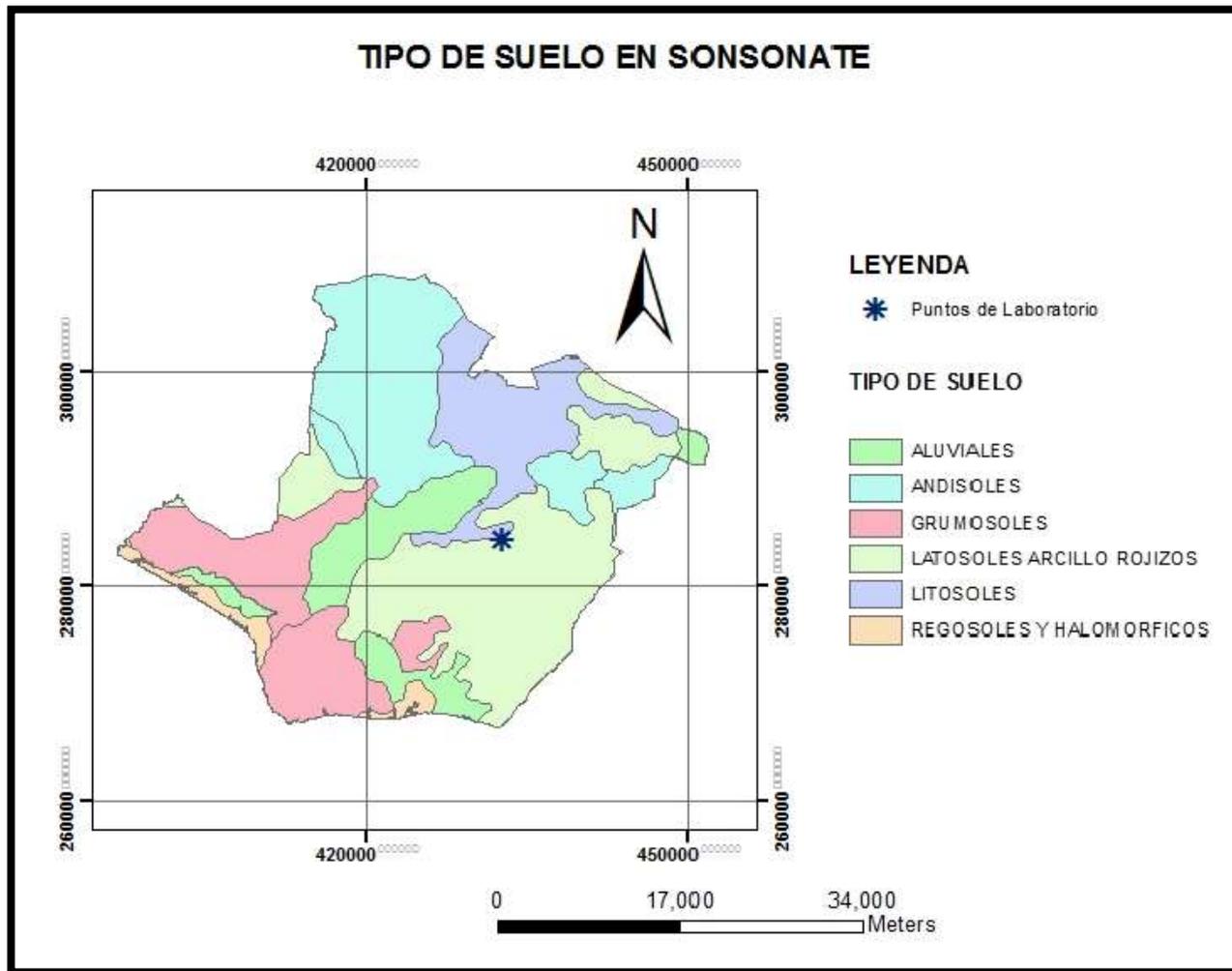


Figura 3. 57- Tipo de suelo para el departamento de Sonsonate

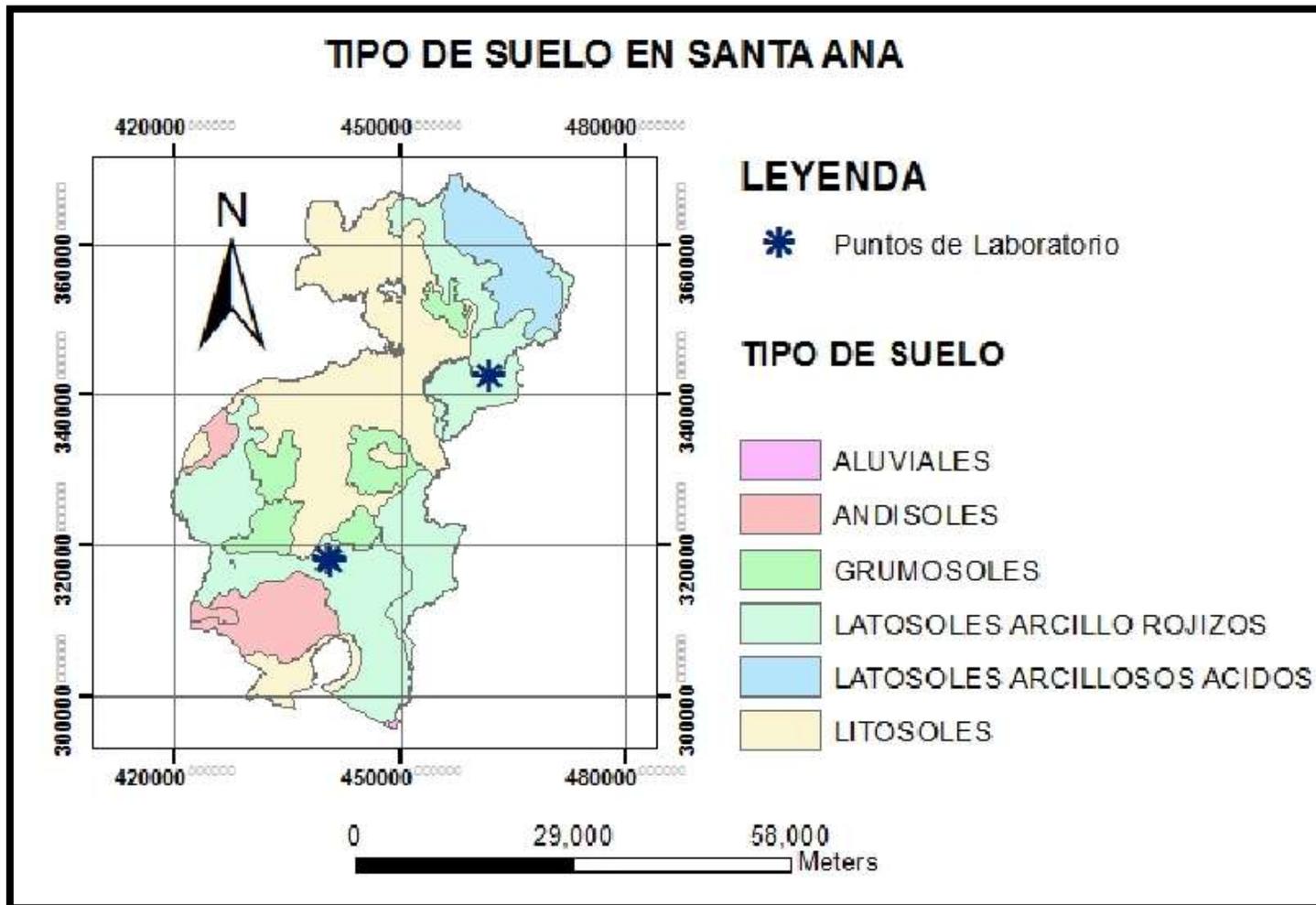


Figura 3. 58- Tipo de suelo para el departamento de Santa Ana

3.2.7.3 COBERTURA VEGETAL

Se ubicó el (shapefile) de vegetación de El salvador y el (shapefile) de EL Salvador y los puntos de laboratorio, en el cual se obtuvo información vegetación para cada departamento. Ver figuras por departamento en anexo.



Figura 3. 59- Tipo de Cobertura Vegetal en San Salvador

LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

VEGETACION

-  Area Urbanizada
-  Areas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)
-  Cuerpos de agua
-  Embalse
-  Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea
-  Sistemas productivos mixtos
-  Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)
-  Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas
-  Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)
-  Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana
-  Vegetación cerrada principalmente verde riparia
-  Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas
-  Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas
-  Zonas de cultivos forestales y frutales
-  Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
-  Zonas de cultivos permanentes (cafetales)

Figura 3. 60- Leyenda de Tipo de Cobertura Vegetal en San Salvador

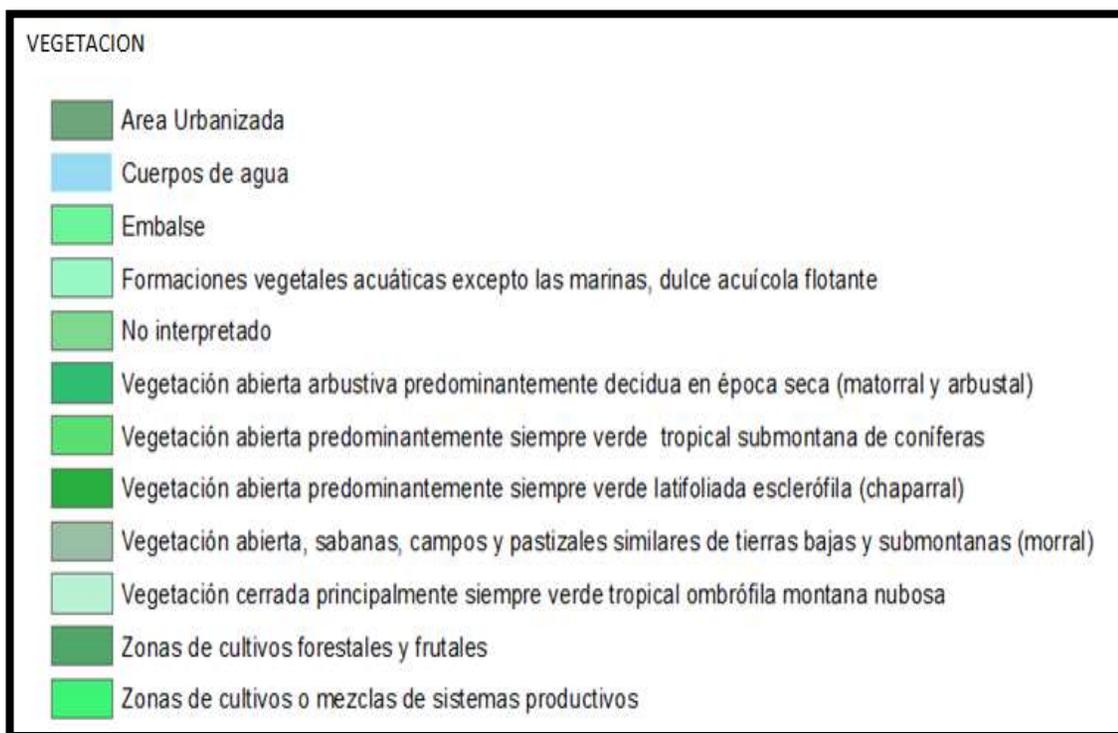
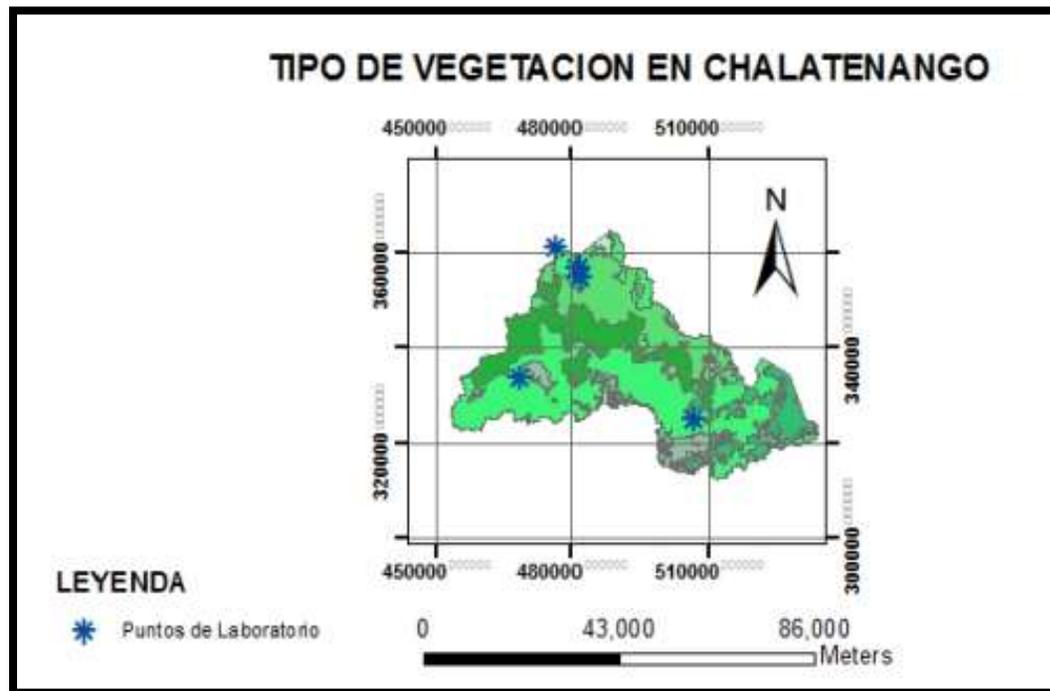
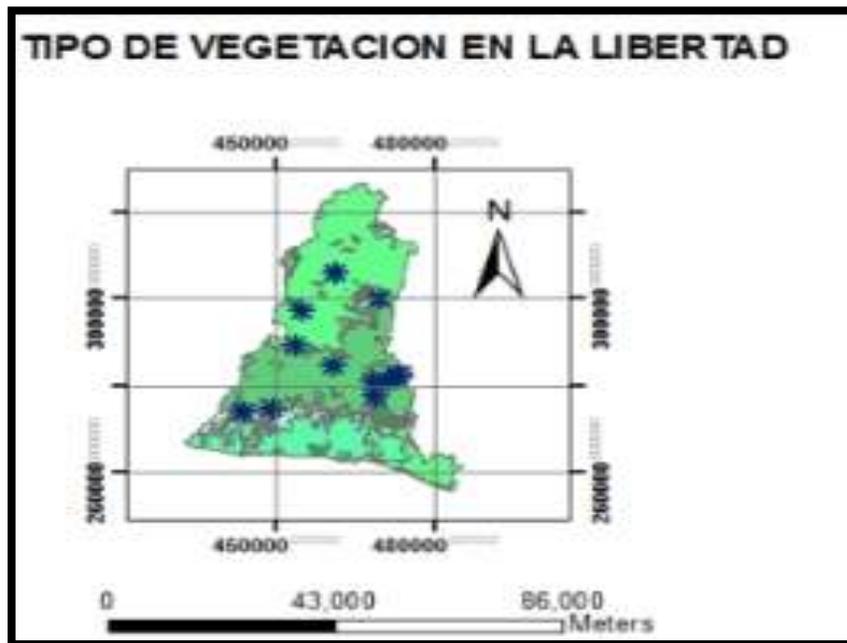


Figura 3. 61- Tipo de Cobertura Vegetal en Chalatenango



LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

VEGETACION

- Area Urbanizada
- Areas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)
- Cuerpos de agua
- No interpretado
- Roca desnuda, lava y bancos de arena
- Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea
- Sistemas productivos mixtos
- Vegetación abierta predominantemente decidua con arboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)
- Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)
- Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)
- Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana
- Vegetación cerrada principalmente siempre verde. Manglar
- Vegetación cerrada principalmente verde riparia
- Vegetación cerrada tropical decidua en estacion seca, de tierras bajas
- Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas
- Zonas de cultivos forestales y frutales
- Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
- Zonas de cultivos permanentes (cafetales)

Figura 3. 62- Tipo de Cobertura Vegetal en La Libertad

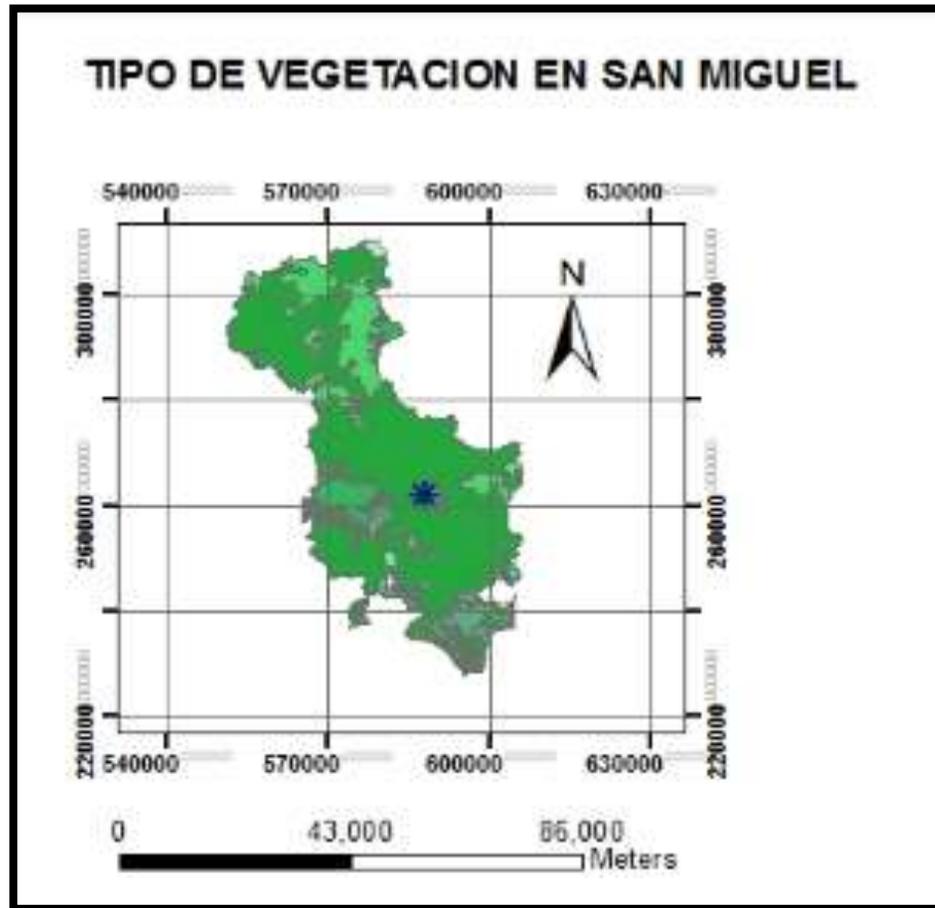


Figura 3. 63- Cobertura Vegetal en San Miguel

LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

VEGETACION

Area Urbanizada
Areas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)
Cuerpos de agua
Embalse
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares
Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulce acuicola flotante
No interpretado
Roca desnuda, lava y bancos de arena
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)
Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas
Vegetación abierta principalmente siempre verde ombrófila tropical de arbustos (páramo)
Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)
Vegetación cerrada principalmente siempre verde. Manglar
Vegetación cerrada principalmente verde riparia
Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas
Zonas de cultivos forestales y frutales
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)

Figura 3. 64- Leyenda del Tipo de Cobertura Vegetal en San Miguel



Figura 3. 65- Tipo de Cobertura Vegetal en Santa Ana

LEYENDA

* Puntos de Laboratorio

VEGETACION

- Area Urbanizada
- Areas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)
- Cuerpos de agua
- Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulce acuícola flotante
- No interpretado
- Roca desnuda, lava y bancos de arena
- Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea
- Sistemas productivos mixtos
- Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)
- Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas
- Vegetación abierta predominantemente siempre verde latifoliada esclerófila (chaparral)
- Vegetación abierta principalmente siempre verde ombrófila tropical de arbustos (páramo)
- Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)
- Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana
- Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila montana nubosa
- Vegetación cerrada principalmente verde riparia
- Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas
- Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas
- Zonas de cultivos forestales y frutales
- Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
- Zonas de cultivos permanentes (cafetales)

Figura 3. 66- Tipo de Cobertura Vegetal en Santa Ana

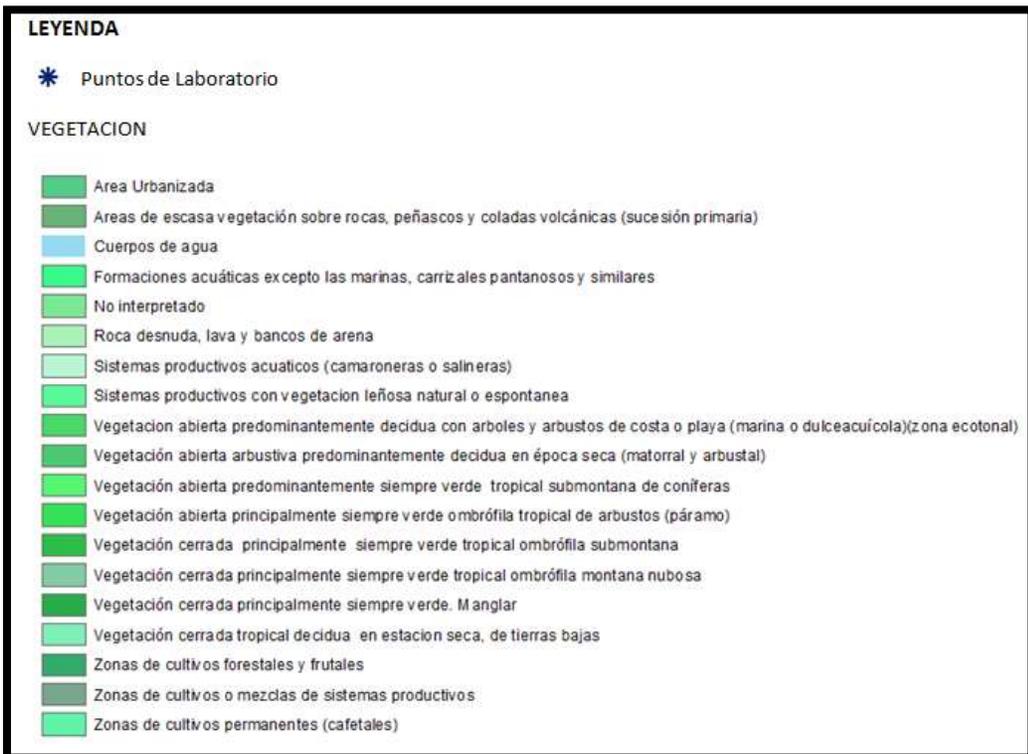
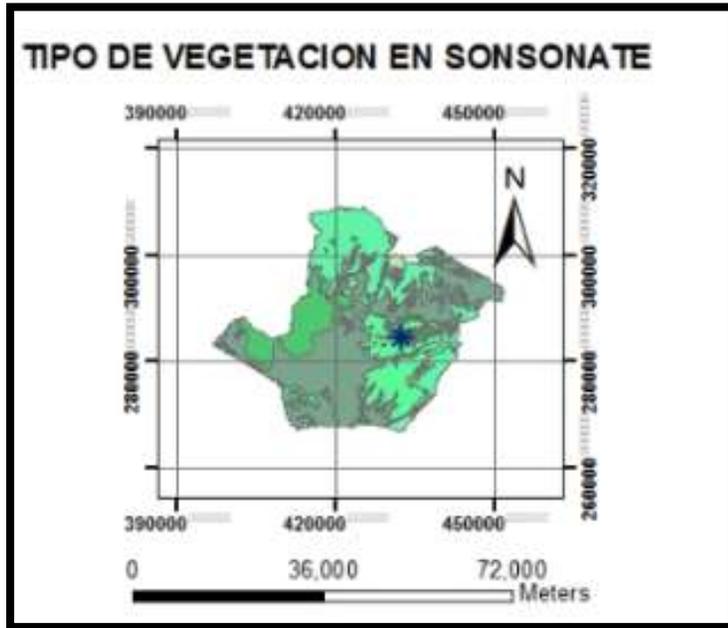


Figura 3. 67- Tipo de Cobertura Vegetal en Sonsonate

DEPARTAMENTO	VEGETACION
San Salvador	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)
	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
Chalatenango	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
	Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas
La Libertad	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)
San Miguel	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
	Zonas de cultivos permanentes (cafetales)
santa Ana	Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
Sonsonate	Sistemas productivos con vegetacion leñosa natural o espontanea

Tabla 3. 20- Descripción obtenida de El Mapa de Cobertura Vegetal

3.2.7.4 RELIEVE

Se ubicaron los puntos de laboratorio y se adiciono el shapefile de San Salvador de elevaciones.

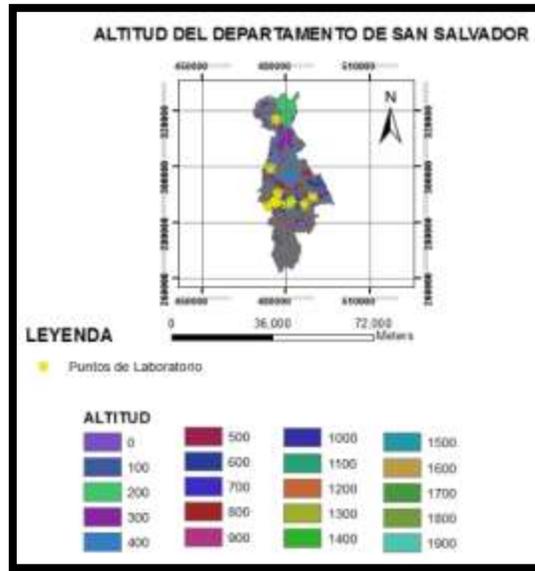


Figura 3. 68- Altitud del Departamento de San Salvador

DEPARTAMENTO	ELEVACIONES (msnm)
San Salvador	700
San Salvador	600
San Salvador	800
San Salvador	400
San Salvador	700
San Salvador	700
San Salvador	300
San Salvador	700
San Salvador	600
San Salvador	700
San Salvador	600

Tabla 3. 21- Elevaciones para cada punto de Laboratorio

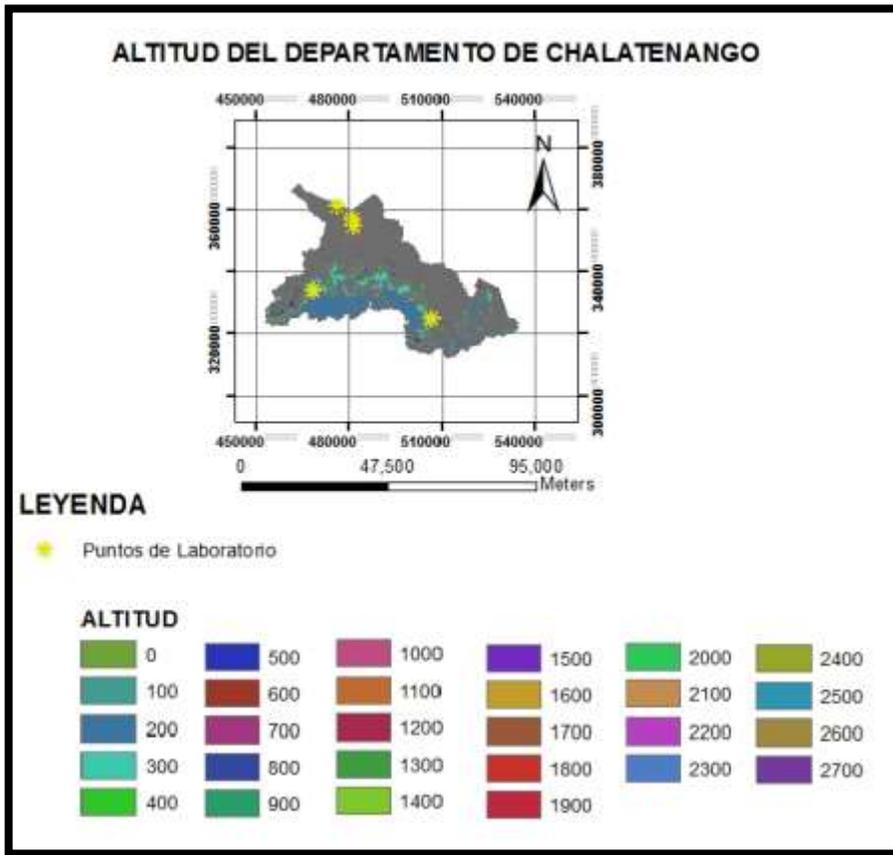


Figura 3. 69- Altitud del Departamento de Chalatenango

DEPARTAMENTO	ELEVACIONES
Chalatenango	300
Chalatenango	300
Chalatenango	1000

Tabla 3. 22- Elevaciones para cada punto de Laboratorio

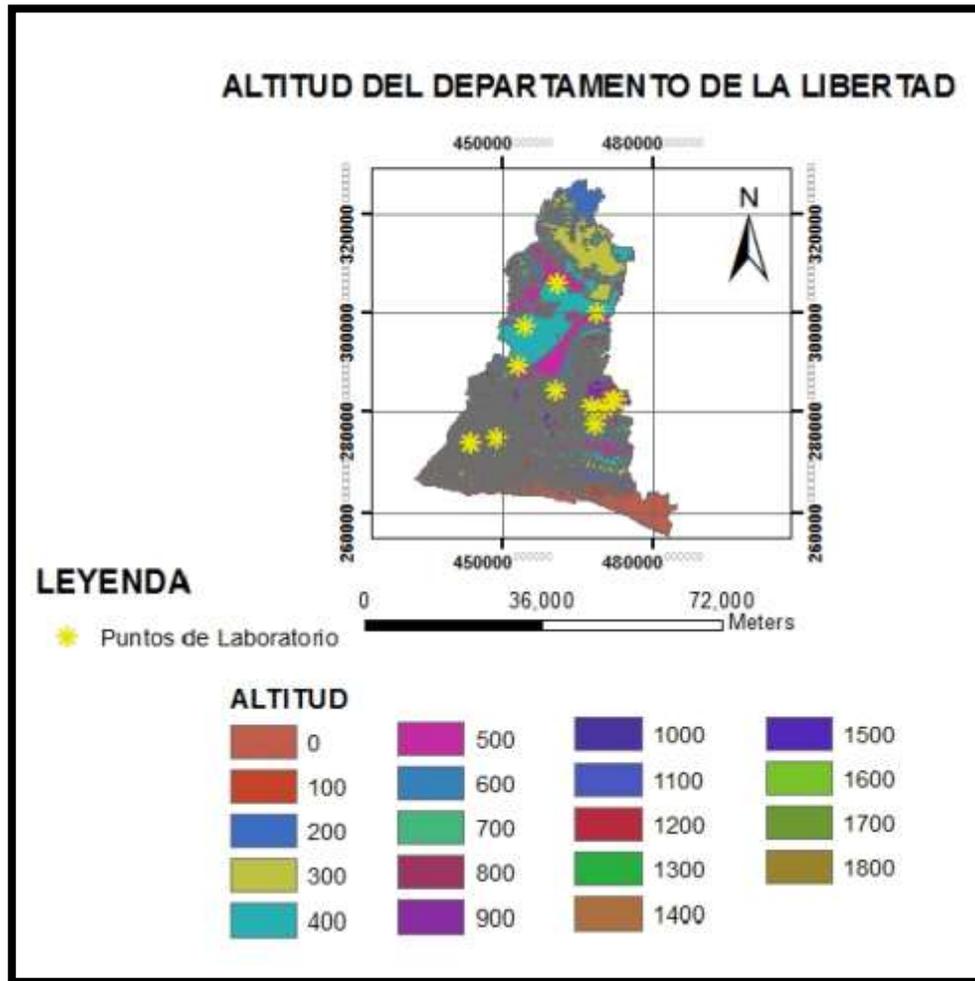


Figura 3. 70- Altitud del Departamento de La Libertad

DEPARTAMENTO	ELEVACIONES
La Libertad	400
La Libertad	500
La Libertad	800
La Libertad	1000

Tabla 3. 23- Elevaciones para cada punto de Laboratorio

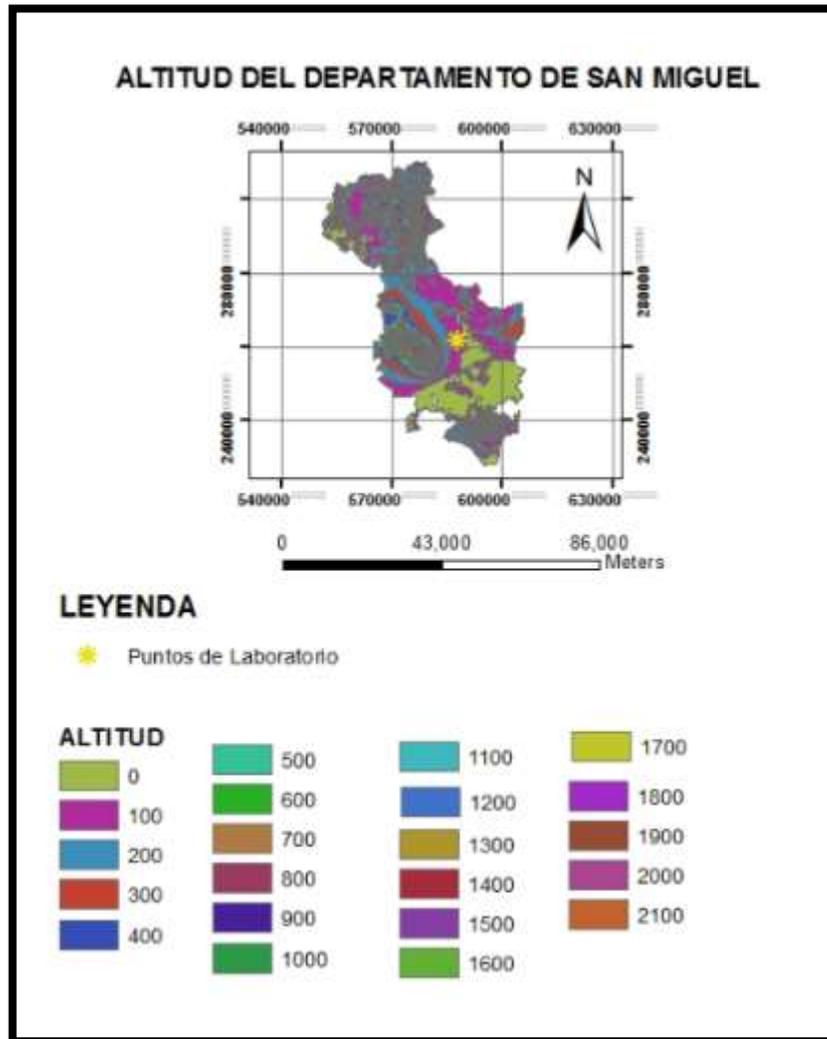


Figura 3. 71- Altitud del Departamento de San Miguel

DEPARTAMENTO	ELEVACIONES
San Miguel	100

Tabla 3. 24- Elevaciones para cada punto de Laboratorio

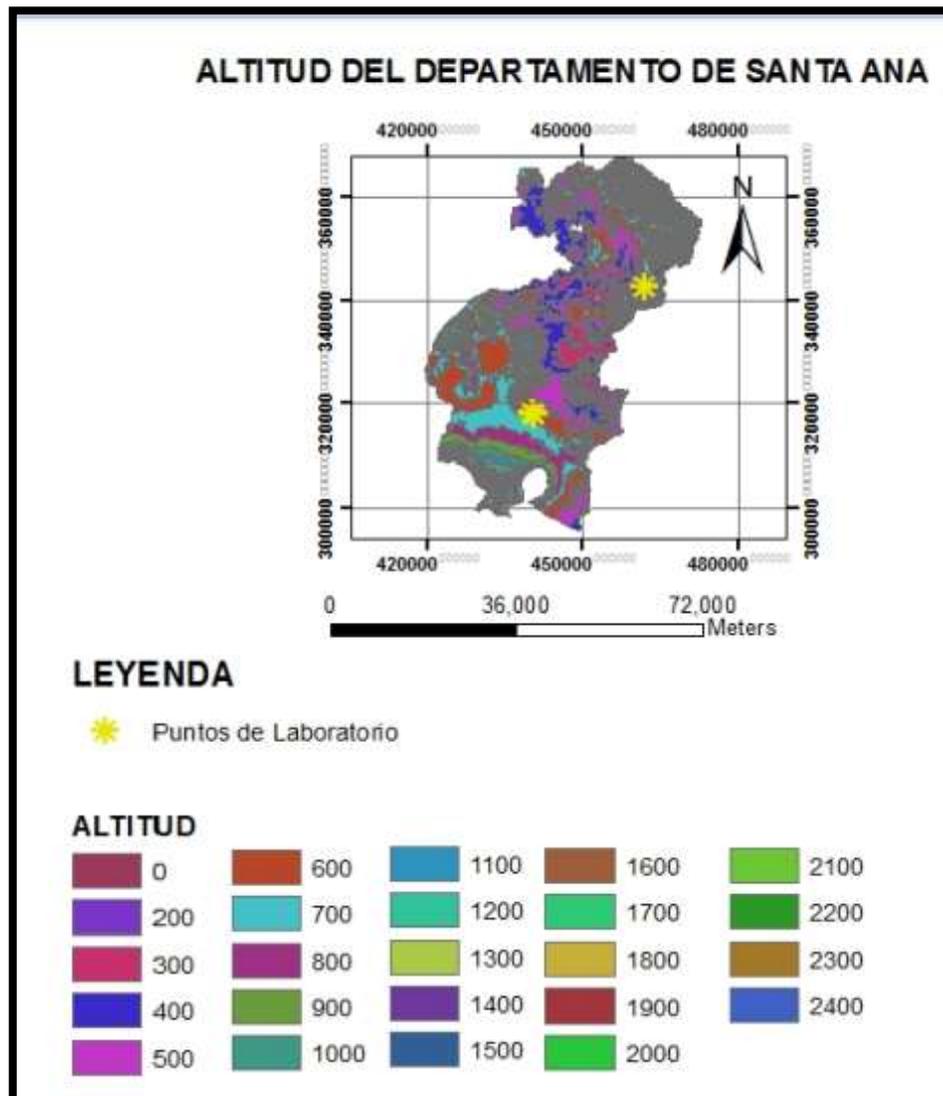


Figura 3. 72- Altitud del Departamento de Santa Ana

DEPARTAMENTO	ELEVACIONES
Santa Ana	600
Santa Ana	400

Tabla 3. 25- Elevaciones para cada punto de Laboratorio

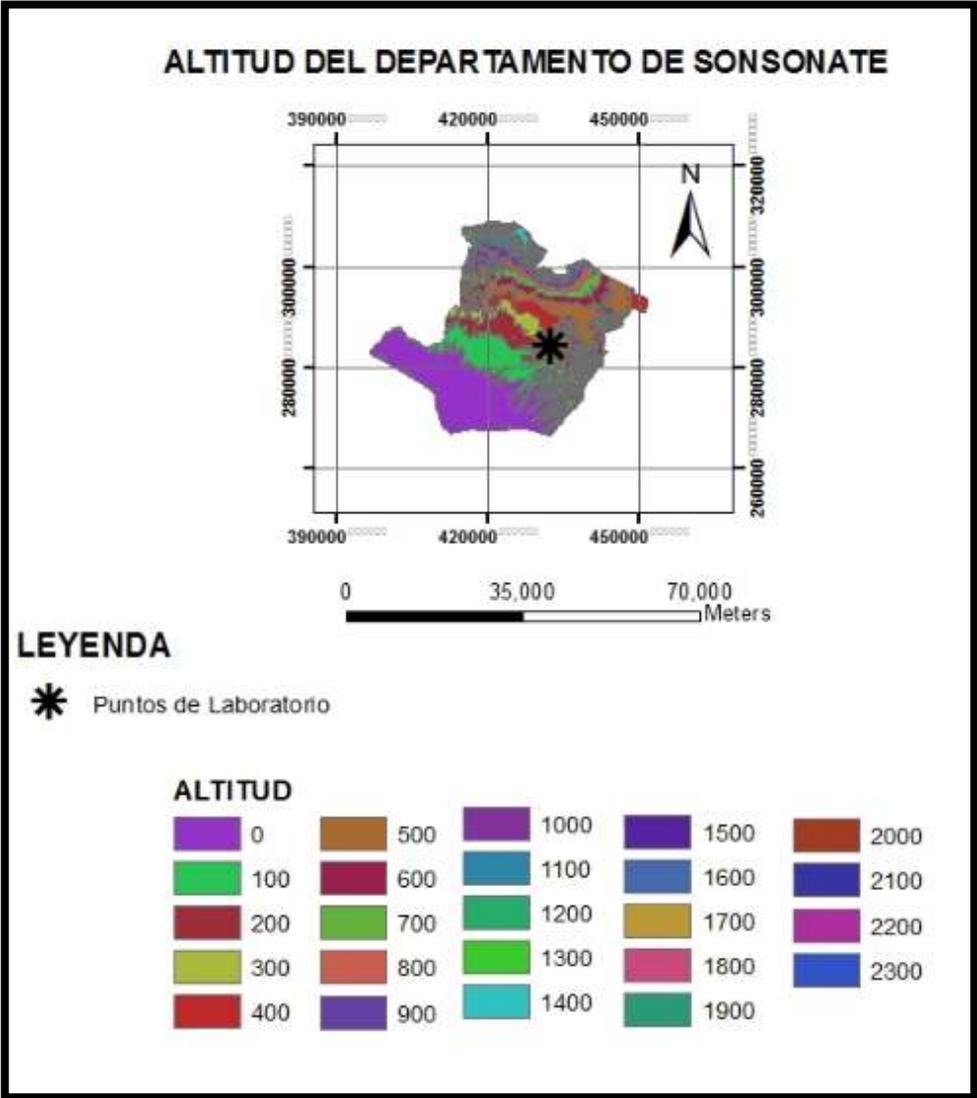


Figura 3. 73- Altitud del Departamento de Sonsonate

DEPARTAMENTO	ELEVACIONES
SONSONATE	400

Tabla 3. 26- Elevaciones para cada punto de Laboratorio

3.2.7.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se realizó el raster de evapotranspiración potencial en el Software ARCGIS 10.1 para los meses Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Anual, utilizando el raster de interpolación por el método kriging, siendo estos correspondientes a los meses de obtención de contenidos de humedad del suelo en campo.

Se ubicaron los puntos de laboratorio en el cual se obtuvo el valor puntual de evapotranspiración para cada punto de laboratorio ubicado en el mapa.

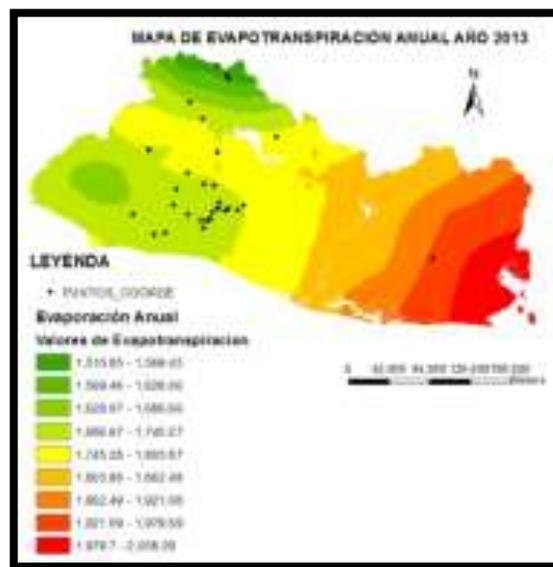


Figura 3. 74- Mapa de Evapotranspiración Anual año 2013

DEPARTAMENTO	Evapotranspiración	Evaporación anual
La Libertad	149.017746	1713.3939
Chalatenango	152.371536	1756.0508
Santa Ana	156.239624	1742.4556

Tabla 3. 27- Datos de Evapotranspiración para los puntos de laboratorio

- El tipo de suelo predominante para el departamento de **Chalatenango** es Latosoles arcillosos rojizos son suelos poco permeables, lo cual hace que se produzca un incremento en la escorrentía superficial, otra característica es que con este tipo de suelo la humedad puede estar presente por largo tiempo ya que su drenaje es lento; pertenece a la formación de Chalatenango de la edad de Mioceno y tipo de vegetación que presenta es de zona de cultivos o mezclas de sistemas productivos. En dicho departamento se tienen ubicados 7 puntos de laboratorio los cuales pertenecen a los BASIN de 2008201882,2008201893, 200820190. Para los días 7, 9 ,12 ,14 ,15 ,20 del mes de Agosto del año 2013, se presentaron solo 3 días en los cuales hubo precipitación por tanto los valores de humedad que se registraron para eso días de lluvia oscilan en un rango de 16% a 57% para la humedad de laboratorio y un rango de 45% a 66% para la humedad registrada por el CAFFG. Otra característica de este departamento es que su valor de evapotranspiración oscila en un rango de 133.63 a 152.37 mm/mensual. El rango de elevación en milímetros sobre el nivel del mar para dicho departamento oscila entre 300 a 1000.
- El tipo de suelo predominante para el departamento de **San Salvador** es Andisoles los cuales tienen una capacidad de retención de agua cuando el tipo de lluvia es de poca intensidad; este tipo de suelo pertenece a la formación de San Salvador y Bálsamo. También posee un tipo de

vegetación de Zona de cultivos permanentes (cafetales) y área urbanizada; lo cual hace que a pesar de las texturas que presenta el suelo se tenga una acumulación de agua, teniendo así un contenido de humedad constante. En dicho departamento se tienen ubicados 11 puntos de laboratorio los cuales pertenecen a los BASIN de 2008201936, 2008201937, 2008201938 y 2008201892. Para los días 13,27 del mes de Agosto, 18,20,23 del mes de Septiembre, 1, 3, 15, 22 del mes de Octubre, 13 y 22 del mes de Noviembre del año 2013, se presentaron solo 3 días en los cuales hubo precipitación por tanto los valores de humedad que se registraron para esos días de lluvia oscilan en un rango de 12% a 24% para la humedad de laboratorio y un rango de 44% a 78% para la humedad registrada por el CAFFG. Otra característica de este departamento es que su valor de evapotranspiración oscila en un rango de 126.88 a 150.82 mm/mensual. El rango de elevación en milímetros sobre el nivel del mar para dicho departamento oscila entre 400 a 800.

- El tipo de suelo predominante para el departamento de **La Libertad** es Andisoles son suelos con gran capacidad de retención de agua por su contenido de orgánico, Aluviales y Grumosoles son suelos poco permeable, Latosoles arcillosos rojizos son suelos son poco permeables y tienen una gran capacidad de retención de agua lo cual hace que se produzca un incremento en la escorrentía superficial, otra característica es que con este tipo de suelo la humedad puede estar presente por largo

tiempo ya que su drenaje es lento; estos tipos de suelo son de la formación de San Salvador y Cuscatlán. Presentando una Vegetación de zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos y zonas de cultivos permanentes (cafetales), lo cual hace que a pesar de las texturas que presenta el suelo se tenga una acumulación de agua, teniendo así un contenido de humedad constante. En dicho departamento se tienen ubicados 9 puntos de laboratorio los cuales pertenecen a los BASIN de 2008201930, 2008201933, 2008201937 y 2008201922. Para los días 7, 12, 23 del mes de Agosto, 4, 11, 25 del mes de Septiembre, 14, 16 y 25 del mes de Octubre del año 2013, se presentaron solo 6 días en los cuales hubo precipitación por tanto los valores de humedad que se registraron para esos días de lluvia oscilan en un rango de 24% a 40% para la humedad de laboratorio y un rango de 43% a 87% para la humedad registrada por el CAFFG. Otra característica de este departamento es que su valor de evapotranspiración oscila en un rango de 131.3820 a 151.4157 mm/mensual. El rango de elevación en milímetros sobre el nivel del mar para dicho departamento oscila entre 400 a 1000.

- El tipo de suelo predominante para el departamento de **Santa Ana** son Latosoles arcillo rojizos son suelos son poco permeables y tienen una gran capacidad de retención de agua lo cual hace que se produzca un incremento en la escorrentía superficial, otra característica es que con

este tipo de suelo la humedad puede estar presente por largo tiempo ya que su drenaje es a largo plazo. El tipo de vegetación que tiene es de Área urbanizada, zona de cultivos o mezcla de sistemas productivos. En dicho departamento se tienen ubicados 9 puntos de laboratorio los cuales pertenecen a los BASIN de 2008201900 y 2008201928. Para los días 8, 9, del mes de Agosto, 10 del mes de Octubre del año 2013, se presentaron solo 2 días en los cuales hubo precipitación por tanto los valores de humedad que se registraron para esos días de lluvia oscilan en un rango de 22% a 44% para la humedad de laboratorio y un rango de 21% a 44% para la humedad registrada por el CAFFG. Otra característica de este departamento es que su valor de evapotranspiración oscila en un rango de 143.4119 a 156.2396 mm/mensual. El rango de elevación en milímetros sobre el nivel del mar para dicho departamento oscila entre 400 a 600.

- El tipo de suelo predominante para el departamento de **Sonsonate** Latosoles Arcillo Rojizos, son suelos son poco permeables y tienen una gran capacidad de retención de agua lo cual hace que se produzca un incremento en la escorrentía superficial, otra característica es que con este tipo de suelo la humedad puede estar presente por largo tiempo ya que su drenaje es a largo plazo. El tipo de vegetación que tiene es sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea. En dicho departamento se tiene ubicado 1 puntos de laboratorio los cuales

pertenecen a los BASIN de 2008201817. Para 30 del mes de Septiembre, se presentó solo 1 día en el cual hubo precipitación, El valor de Humedad que se registró para por el laboratorio es de 32% y 69% para la humedad registrada por el CAFFG. Otra característica de este departamento es que su valor de evapotranspiración es de 134.5919 mm/mensual. El rango de elevación en milímetros sobre el nivel del mar para dicho departamento oscila entre 400.

CAPITULO IV: EVALUACION DEL CASO PUNTUAL

4.1 DESCRIPCION DE LA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS

Se seleccionó la microcuenca Arenal de Mejicanos ubicada en el tramo comprendido dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador para realizar muestreos de campo, para estos se recolecto información para ser utilizada en la análisis de comparación con datos del sistema CAFFG, se muestrearon tres puntos dentro de la región en análisis ver figura 4.1, estos puntos proporcionaron la información de contenidos de humedad, clasificación de suelo, permeabilidad y vegetación.



Figura 4. 1- Ilustración de puntosa muestrear de microcuenca Fuente Google Earth

Se ubicó un punto promedio en la microcuenca en análisis colocándose las coordenadas de este punto promedio en el Software ARCGIS 10.1 al cual se le adiciono el (shapefile -.shp) de ríos del país y el (.shp) de EL Salvador, logrando así la ubicación de la microcuenca comprendida entre el tramo de la

Universidad de El Salvador, denominada Arenal de Mejicanos del Rio San Antonio de la sub cuenca Acelhuate con basin 2008201938 ver figura 4.2.

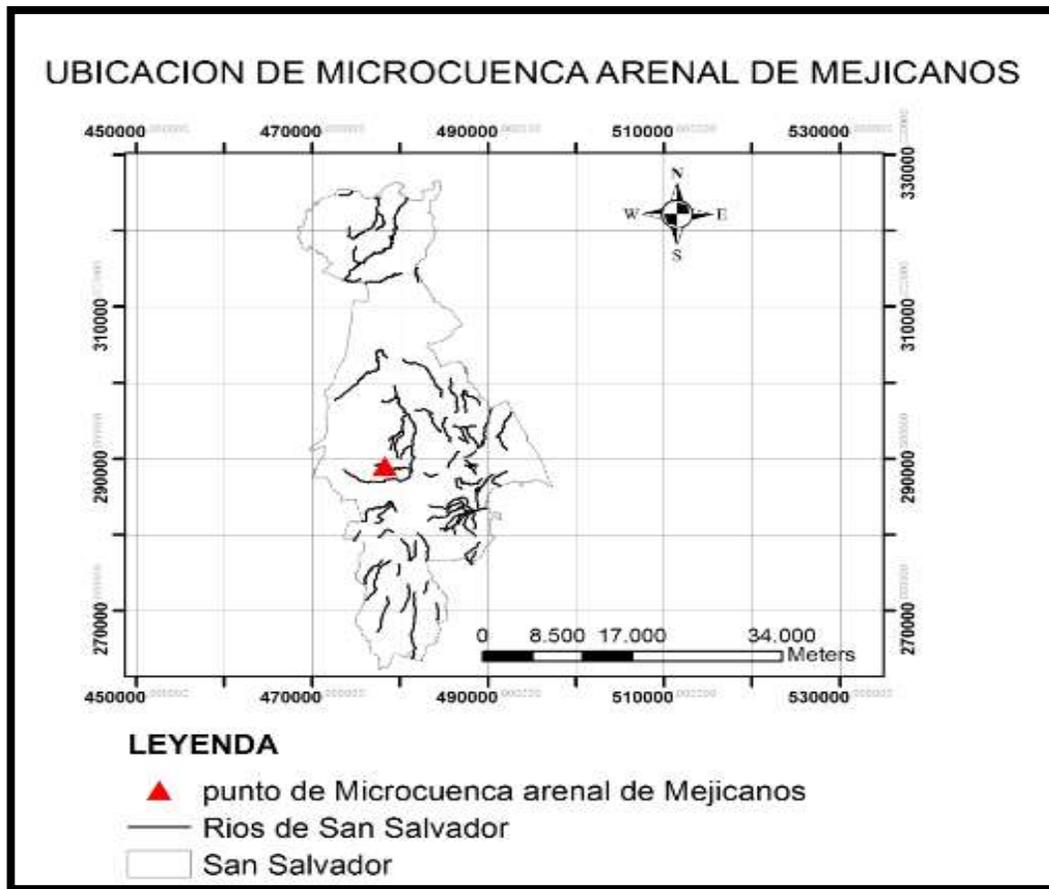


Figura 4. 2- Ubicación de microcuenca Arenal de Mejicanos ubicando el rio San Antonio del departamento de San Salvador.

Se muestrearon tres puntos en la microcuenca Arenal de Mejicanos entre las fechas 24, 25, 26, 29, 30 de septiembre y 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 de octubre del año 2014.

4.2 DETERMINACION DE LOS VALORES DE LLUVIA MEDIA PARA LA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS Y ESTIMADAS POR ESTACIONES METEOROLOGICAS.

La determinación de los valores medios de lluvia en la cuenca con basin 2008201938, fueron trabajados por mapas de lluvia espacial del país en el software surfer 10.0, ubicando el punto promedio de la microcuenca y así identificar la cantidad de lluvia (mm) que le corresponde para la fecha de 24 de septiembre de 2014 ver figura 4.3.

Día 24 de septiembre 2014

Cuenca Basin	Ubicación	Prof. cm	W % campo	Clasificación Visual
2008201938	Microcuenca Arenal de Mejicanos Comprendida en Tramo UES	30	25.9	Arena Limosa Orgánica

Tabla 4- 1-Tabla resumen de microcuenca Arenal De Mejicanos.

Este día se dio el paso de una Onda Tropical sobre territorio salvadoreño, asociada a una circulación ciclónica, ubicada al sureste de El Salvador, manteniendo el ingreso de humedad desde este sector.

En la zona en estudio se registró una precipitación promedio de 10 mm para esta fecha ver figura 4.3 de distribución de lluvia espacial acumulada.

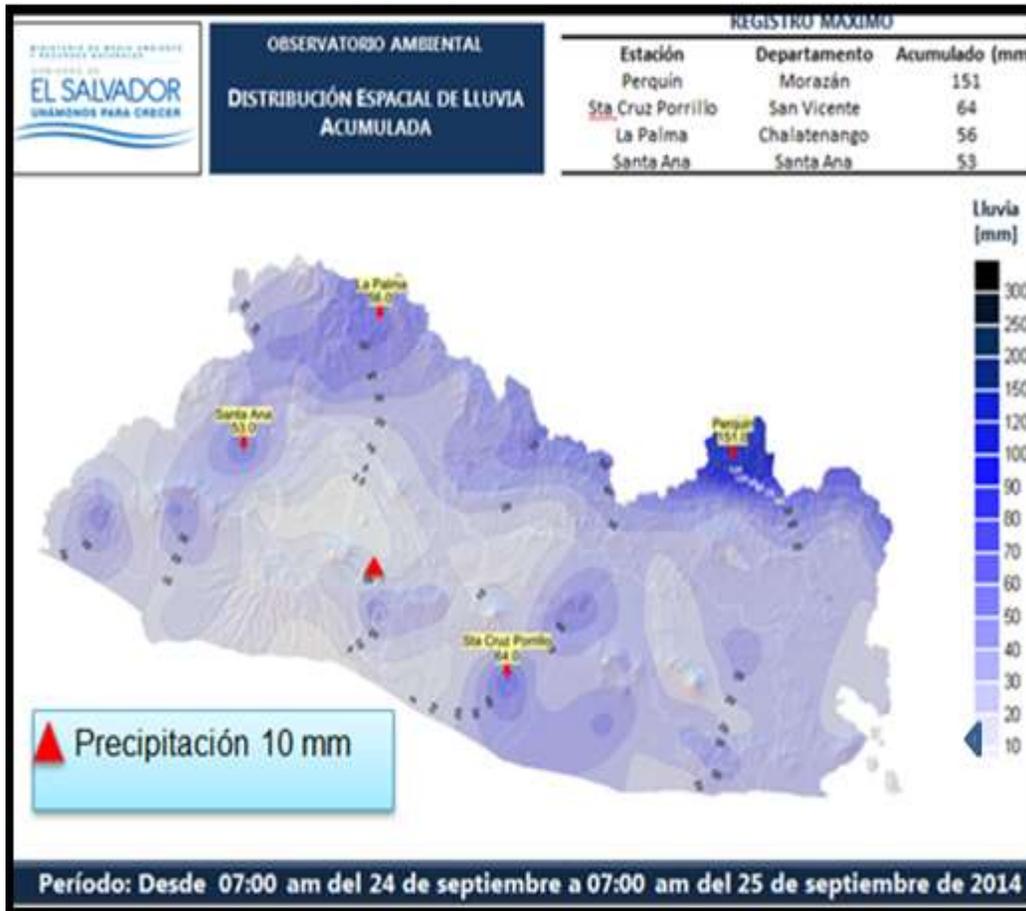


Figura 4. 3- Imagen de distribución espacial de lluvia máxima del día 24 de septiembre de 2014, precipitación 10 mm en microcuenca Arenal de Mejicanos.

4.3 DETERMINACION DE LOS VALORES DE LLUVIA MEDIA EN MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS, ESTIMADA POR EL CAFFG.

La determinación de los valores medios de lluvia en la microcuenca Arenal de Mejicanos se realizó con los archivos de la base de datos (DBF) del satélite del sistema CAFFG, los cuales son correspondientes a cada uno de los días en evaluación descritos en la sección 4.1.2.

La DBF utilizada para este análisis corresponde a las 7:00 am del día en análisis, es decir que si se está analizando el día 24 de septiembre la DBF utilizada será la 13 horas del 25 de septiembre de 2015; esto es así, dado que el hidroestimador genera valores acumulados de 1, 3, 6 horas y de 24 horas de precipitación (en mm) para concluir en la hora actual según la estimación en tiempo real del algoritmo Hydroestimador NOAA-NESDIS.

Para obtener los datos de lluvia media en cada cuenca se descargaron los archivos DBF seleccionando fecha, hora de interés y la región El Salvador, el tipo de producto en interés en este caso satélite, luego haciendo clic en "DBF" y guardar el archivo.

Los archivos descargados son hojas de Excel, en la cual se seleccionó para este análisis el basin 2008201938 de la sub cuenca Acelhuate ya que esta incluye la microcuenca del río San Antonio al cual le pertenece la microcuenca Arenal de Mejicanos, y de ahí se obtuvo la precipitación estimada por el satélite del sistema CAFFG, ver figura 4.4.

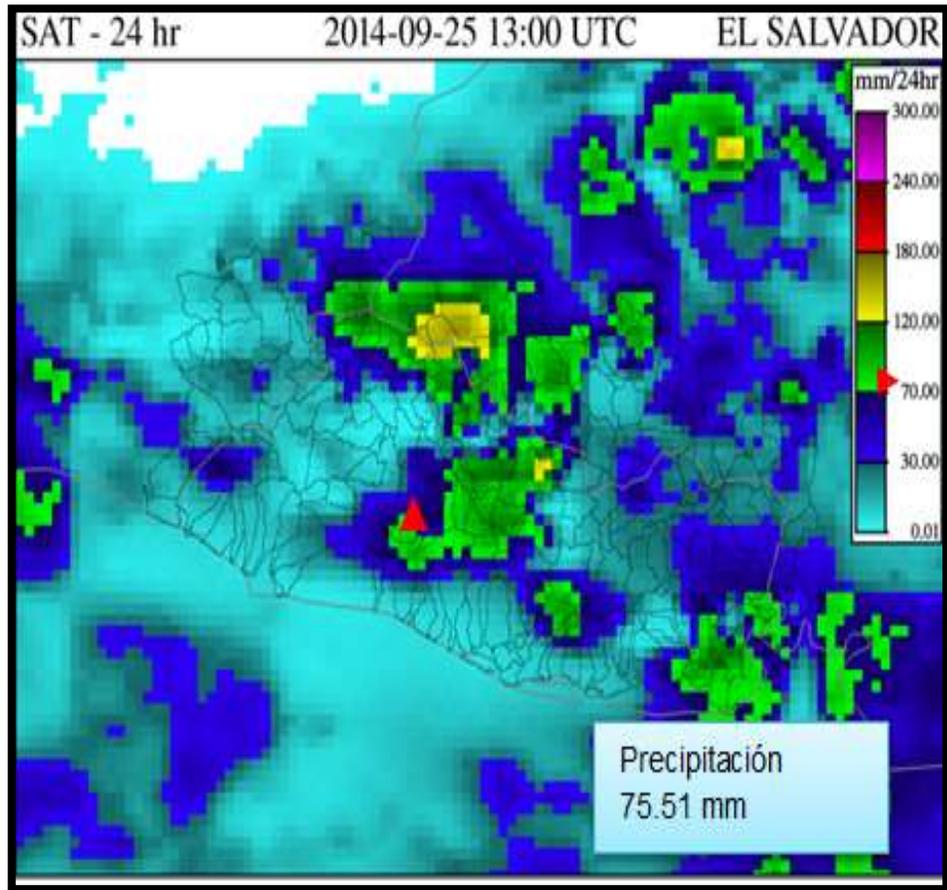


Figura 4. 4- Imagen de lluvia estimada por el satélite del CAFFG para día 24 de septiembre 2014, 75.51mm para cuenca 2008201938

4.3.1 COMPARACION DE MAP Y LLUVIA ESPACIAL

Esta comparación se realizó para cada uno de los días en evaluación (17 días). Se crearon tablas que contienen el número de cuenca, el valor del MAP, el valor de lluvia media registrada por las estaciones meteorológicas del país, así como la diferencia existente entre el valor estimado por el sistema y el valor registrado por las estaciones ver anexo 4.2.

Con los valores de la tabla, se generó un gráfico que muestra las variaciones existentes entre los valores MAP y lluvia media de las estaciones, así como el gráfico de dispersión que muestra la distribución de los datos registrados contra los valores estimados por el sistema.

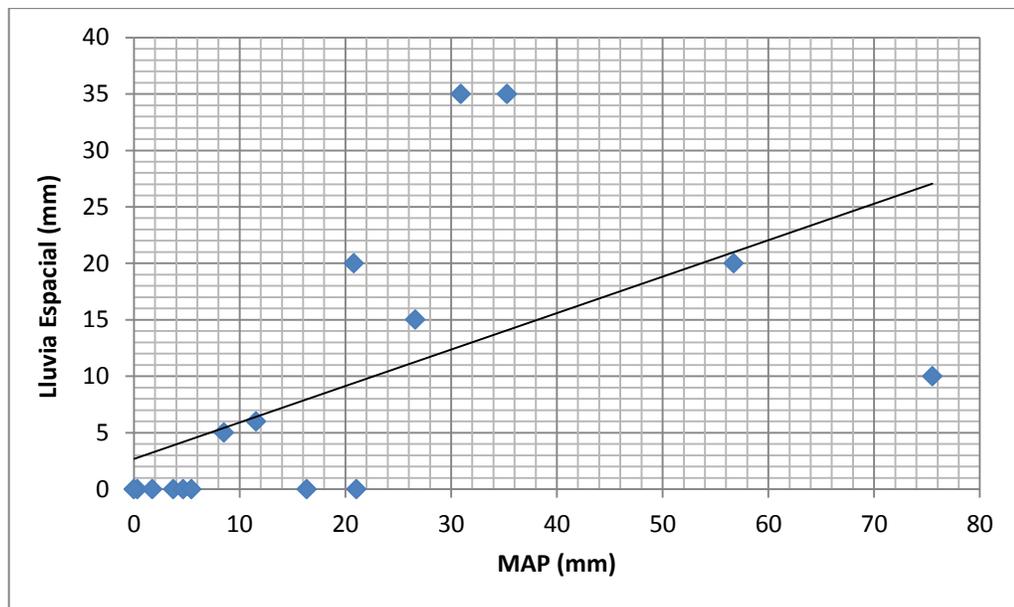


Gráfico 4. 1- MAP vs Lluvia espacial registrada por estaciones para los días descritos sección 4.1.2

En el diagrama de distribución para este análisis ver gráfico 4.1 no se identifica una correlación entre los datos de lluvia registrada por las estaciones y la registrada por el MAP, lo cual para mostrar la tendencia que generan los datos de precipitación se realizó el gráfico de comparación de precipitación registrada por el MAP y las estaciones ver gráfico 4.2

GRAFICO DE LLUVIA ESPACIAL REGISTRADA POR ESTACIONES METEOROLOGICAS Y LLUVIA ESTIMADA POR EL SATÉLITE DEL CAFFG.

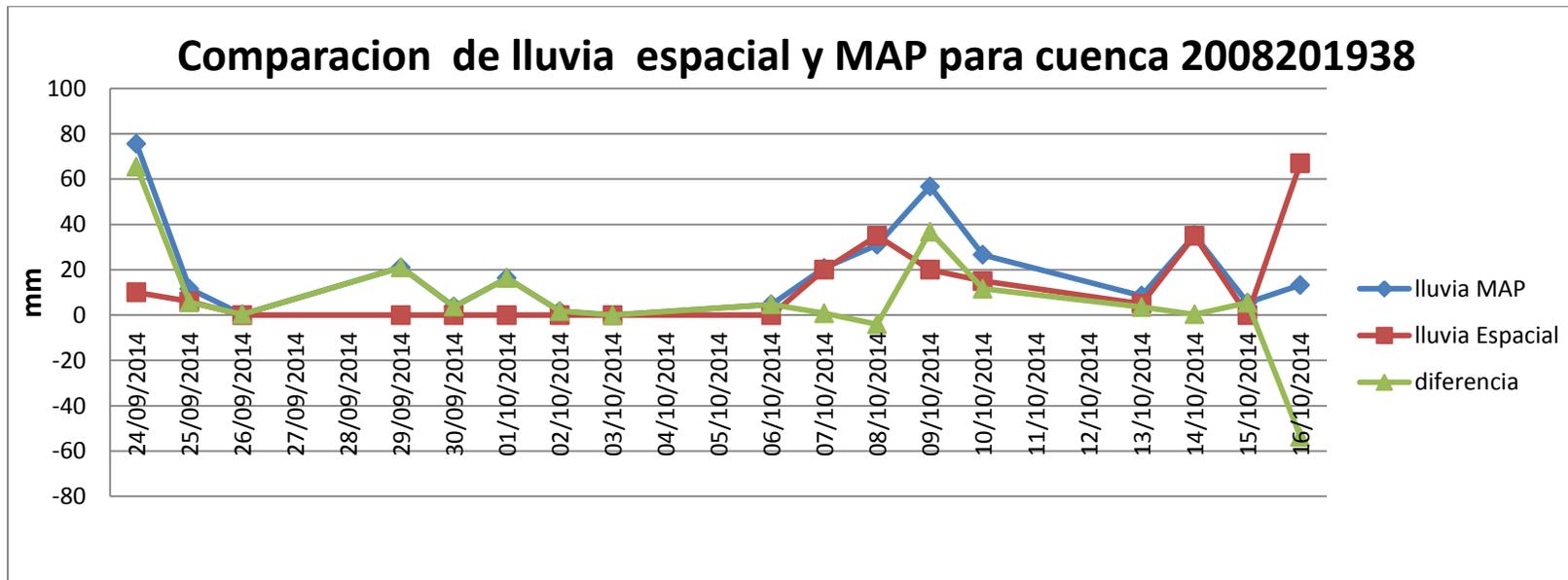


Gráfico 4. 2- Comparación de lluvia espacial de estaciones y el MAP

4.3.2 ANALISIS DE COMPARACIONES GRAFICA ENTRE LOS VALORES DEL MAP Y LLUVIA MEDIA DE LAS ESTACIONES.

Los valores correspondientes a la estimación del satélite del sistema CAFFG y la lluvia media de estaciones, fueron obtenidos para el punto promedio y la obtención de datos puntuales de la microcuenca en análisis. En los cuales refleja en el gráfico la comparación de lluvia (mm) que la tendencia no es muy clara para los días muestreados (24 de septiembre al 16 de octubre de 2014), se observa que los datos de la estimación del satélite son mayores que los reflejados por la lluvia espacial de las estaciones exceptuando los días 8 y 16 de octubre de 2014.

Las diferencias de precipitación para los días (24,25,26,29,30 de septiembre y 1,2,3,6,7,9,10,13,14,15 de octubre 2014) se encuentran entre un rango que varía desde 0 a 70.51 mm siendo los mayores los estimados por el satélite y para los días (8 y 16) el rango se encuentra entre 36.53 mm a 53.78 mm siendo estos los estimados por las estaciones.

4.4 DETERMINACION DE LOS VALORES HUMEDAD (ASM) PARA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS, ESTIMADA POR EL CAFFG.

Para la evaluación del modelo de humedad de suelo se realiza la comparación de datos de humedad del suelo obtenidos en campo y los datos estimados en el ASM de la guía CAFFG. Los datos se tomaron de los valores que proporcionan las DBF de la cuenca con basin 2008201938 del producto ASM, realizando un promedio de las 00:00 y 12:00 UTC para para cada uno de los días en análisis. El procedimiento de descarga del archivo DBF es similar al descrito en la sección 4.2.2, seleccionando el producto del sistema CAFFG siendo este el ASM.

Para el día 24 de septiembre de 2014 se obtiene para el basin 2008201938 de la sub cuenca del río Acelhuate, resultando una humedad estimada promedio por el ASM de 0.92 o un 92 % ver figura 4.5.

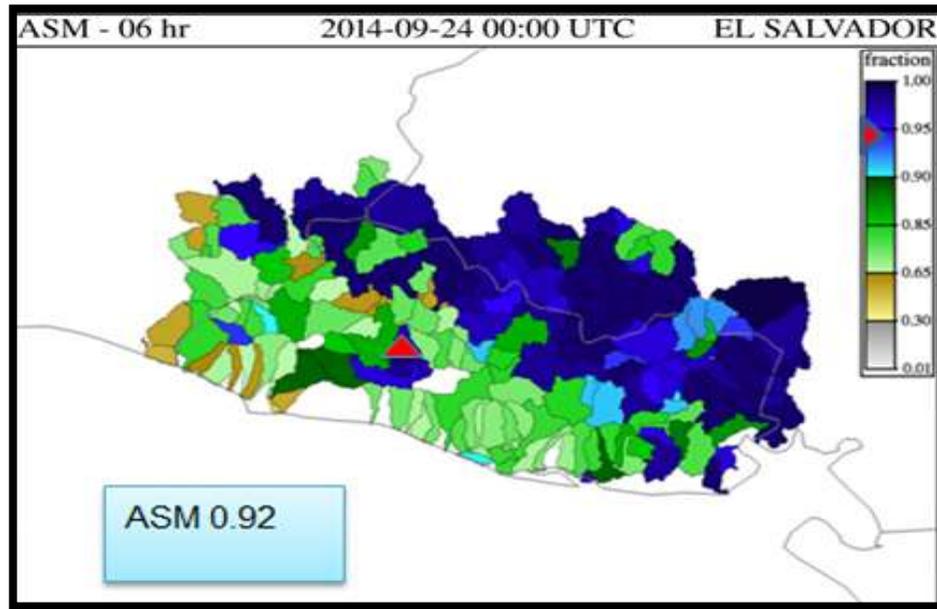


Figura 4. 5- Mapa de humedad ASM (92%) del sistema CAFFG día 24 septiembre de 2014.

Para el cálculo de humedad Promedio del día 24 de septiembre 0.92 se calculó del promedio de humedades de las 0:00 y 12:00 UTC para cuenca 2008201938 en la cual se presenta la figura 4.8 la de cual corresponde a las 00:00 UTC.

4.5 DETERMINACION DE LOS VALORES HUMEDAD DE CAMPO PARA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS.

Se muestrearon tres puntos en la microcuenca arenal de mejicanos entre las fechas 24, 25, 26, 29, 30 de septiembre y 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 de octubre del año 2014 , los sondeos se realizaron a una profundidad con rangos entre 30-50 cm, el análisis de comparación con el sistema CAFFG se estiman los primeros 30 cm de la capa de suelo; se tomaron muestras de contenidos de humedad en las horas de las 6:00 am y 6:00 pm equivalentes a las 00:00 y 12:00 UTC analizados por el sistema.

Las perforaciones se realizaron con el equipo de barras posteadoras ver figura 4.6.



Figura 4. 6- Puntos de muestreo de humedad del suelo en microcuenca Arenal de Mejicanos

(Norma ASTM D4959 DETERMINACION DE CONTENIDOS DE AGUA DE UN SUELO POR CALENTAMIENTO DIRECTO.)

Se determinaron los contenidos de humedad del suelo tomando como parámetro la norma ASTM D4959 para cada una de las muestras analizadas, ver imágenes del ensayo en figuras 4.7.



Figura 4. 7- Determinación de contenidos de humedad bajo norma ASTM D4959

CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

- Punto #1 para día 24 septiembre de 2014 a las 6:00 am ver tabla resumen 4.1

$$\omega\% = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} * 100$$

$$\omega\% = \frac{25.1 - 19.9}{19.9} * 100$$

$$\omega\% = 23.1\%$$

Fecha	punto 1		promedio Pto.1	punto 2		promedio Pto. 2	punto 3		promedio pto 3	prom. (w%) De los 3 puntos
	6:00 AM	6:00 PM		6:00 AM	6:00 PM		6:00 AM	6:00 PM		
24/09/2014	23.1	26.8	25.0	25.5	28.2	26.8	27.8	24.1	25.9	25.9

Tabla 4- 2- Contenidos de humedad en campo del 24 de septiembre de 2014

Por tanto ya que la variación de humedad y clasificación visual del suelo no presentan mucha variación se realizó un promedio de los 3 puntos quedando un promedio para cada día ver tabla completa en anexo 4.2 capítulo completo.

4.5.1 COMPARACION DEL ASM Y HUMEDAD DE SUELO OBTENIDA EN CAMPO PARA LA MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS CON BASIN 2008201938.

Esta comparación se realizó para cada uno de los días en evaluación (17 días), se crearon tablas que contienen el número de la cuenca, el valor del ASM, el valor de humedad de suelo obtenida en campo, así como la diferencia existente entre el valor estimado por el CAFFG y el valor obtenido en campo.

Con los valores de la tabla, se generó un gráfico que muestra las variaciones existentes entre los valores ASM y la humedad de campo, así como el gráfico de dispersión que muestra la distribución de los datos obtenidos en campo contra los valores estimados por el sistema CAFFG.

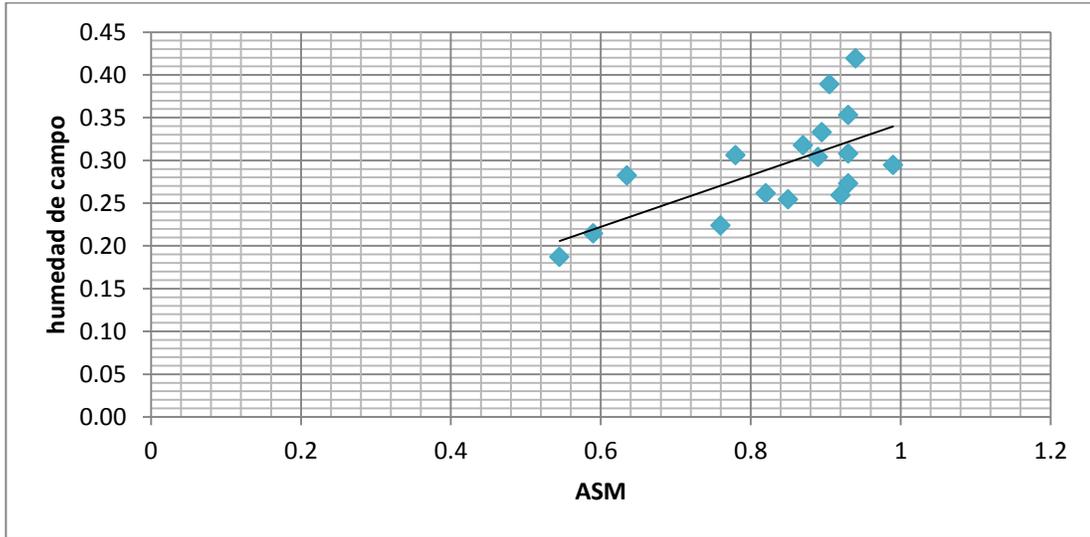


Grafico 4. 3- ASM vrs humedad de campo registradas para los días descritos sección 4.1.2

En el diagrama de dispersión ver gráfico 4.3 se observa una correlación positiva débil y se muestra que a medida que aumenta el ASM tiende a aumentar la humedad de suelo en campo, por lo que nos indica que los puntos no están lo suficientemente agrupados como para asegurar que existe relación entre ellos y el control de una variable no nos lleva al control de otra. Para mostrar la tendencia que generan los datos de humedad del suelo se realizó el grafico de comparación ASM y humedad de campo ver gráfico 4.4

GRAFICO DE HUMEDAD DEL SUELO OBTENIDA EN CAMPO Y ASM DEL SISTEMA CAFFG.

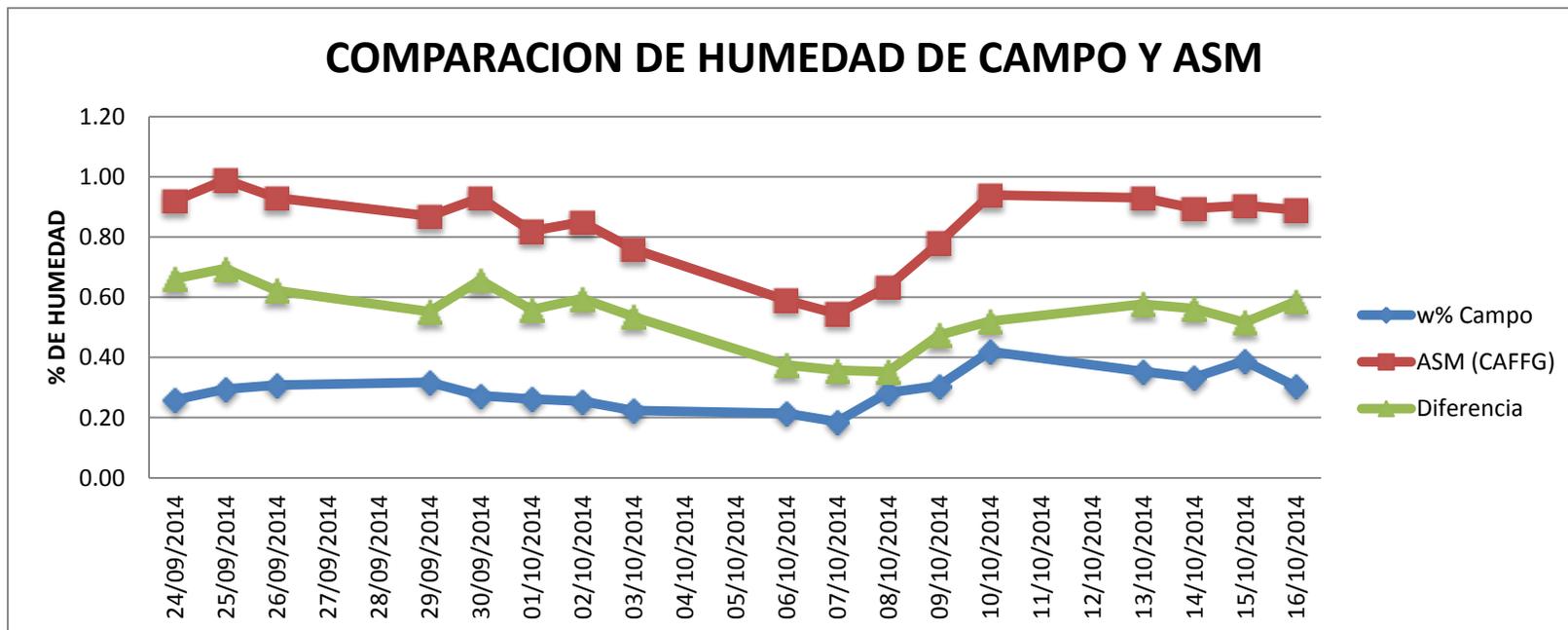


Grafico 4. 4- Comparación de humedad del suelo obtenida en campo y estimada por el ASM

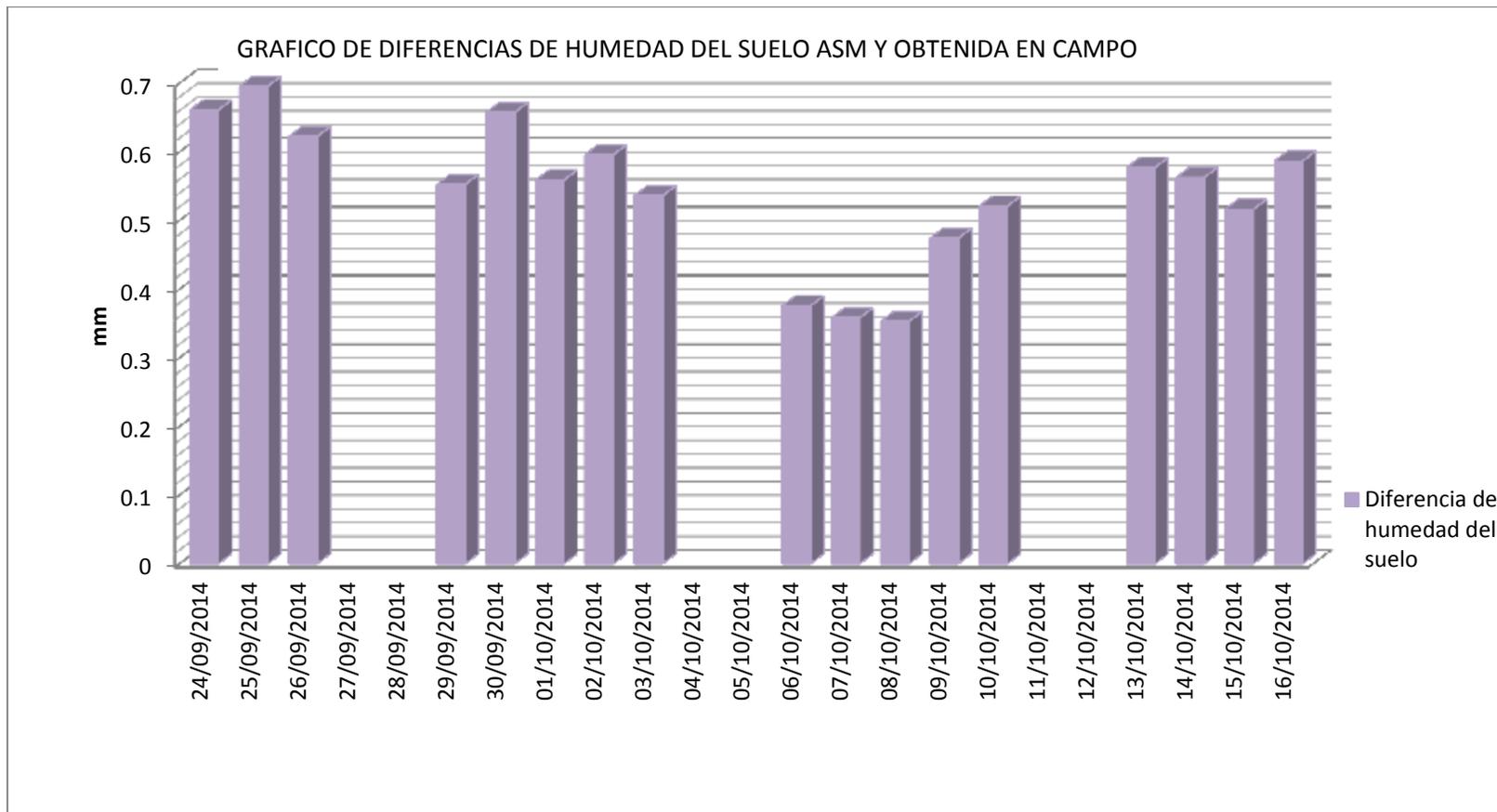


Grafico 4. 5- Diferencia de humedad del suelo registrado en campo y ASM

Los mapas reflejan una tendencia clara en la comparación por medio de las gráficas de humedad del suelo para los días ya descritos, en las cuales los valores del ASM superan en su totalidad los valores de humedad de suelo obtenidos en campo, los rangos de variación oscilan entre 0.35 a 0.7 (35 - 70%) teniendo una diferencia máxima el día 25 de septiembre de 2014 con un valor de 0.7 (70%) y una mínima el 8 de octubre de 2014 de 0.35 (35%).

4.5.2 RESULTADOS DE LA EVALUACION Y COMPARACION

La comparación de los valores del ASM y de los valores de humedad calculadas en campo, con los procedimientos mencionados en la sección 4.3 se obtuvieron tablas en Excel que contienen los valores numéricos de humedad del suelo ver anexo 4.2.

Se calculó la estadística de los valores de diferencia entre el ASM y la humedad calculada en campo, utilizando un nivel de confianza del 95 %.

Para este caso no hay valor de moda; La diferencia máxima de humedad alcanza hasta un 70 % superando en su totalidad el ASM a la humedad obtenida en campo ver tabla 4.3 estadística de la diferencia de humedades del suelo..

DATOS ESTADISTICOS DE HUMEDADES	
media	0,54
error estándar	0,024811167
mediana	0,56
moda	#N/A
varianza	0,010465098
desviación estándar	0,102299064
kurtosis	-0,18409524
asimetría	15,87255323
rango	0,34
mínimo	0,35
máximo	0,70
numero de datos	17
nivel de confianza al 95%	0,589879

Tabla 4- 3- Tabla resumen de la estadística descriptiva de los valores de diferencia entre ASM y los registros de humedad de campo de la microcuenca Arenal de Mejicanos.

4.6 ANALISIS DE COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD DE SUELO

4.6.1 TIPO Y USO DE SUELO

Se ubicó el punto promedio de la microcuenca en análisis al cual se le colocaron las coordenadas del punto promedio en el Software ARCGIS 10.1 al cual se le adiciono el formato de archivos (shapefile -.shp) de tipo de suelo de El Salvador, el (.shp) de EL Salvador en el cual se obtuvo el tipo de suelo de la zona en estudio ver figura 4.8; se adiciono (.shp) de geología del país y el del punto en análisis, el cual proporciono la información geológica de la zona en estudio ver figuras 4.9 - 4.10, de igual forma se colocó el (.shp) parámetros de suelos de El Salvador en el cual se obtuvo la siguiente información drenaje, erosión, pedregosidad, textura, pendiente y profundidad del suelo ver figuras 4.11 – 4.15

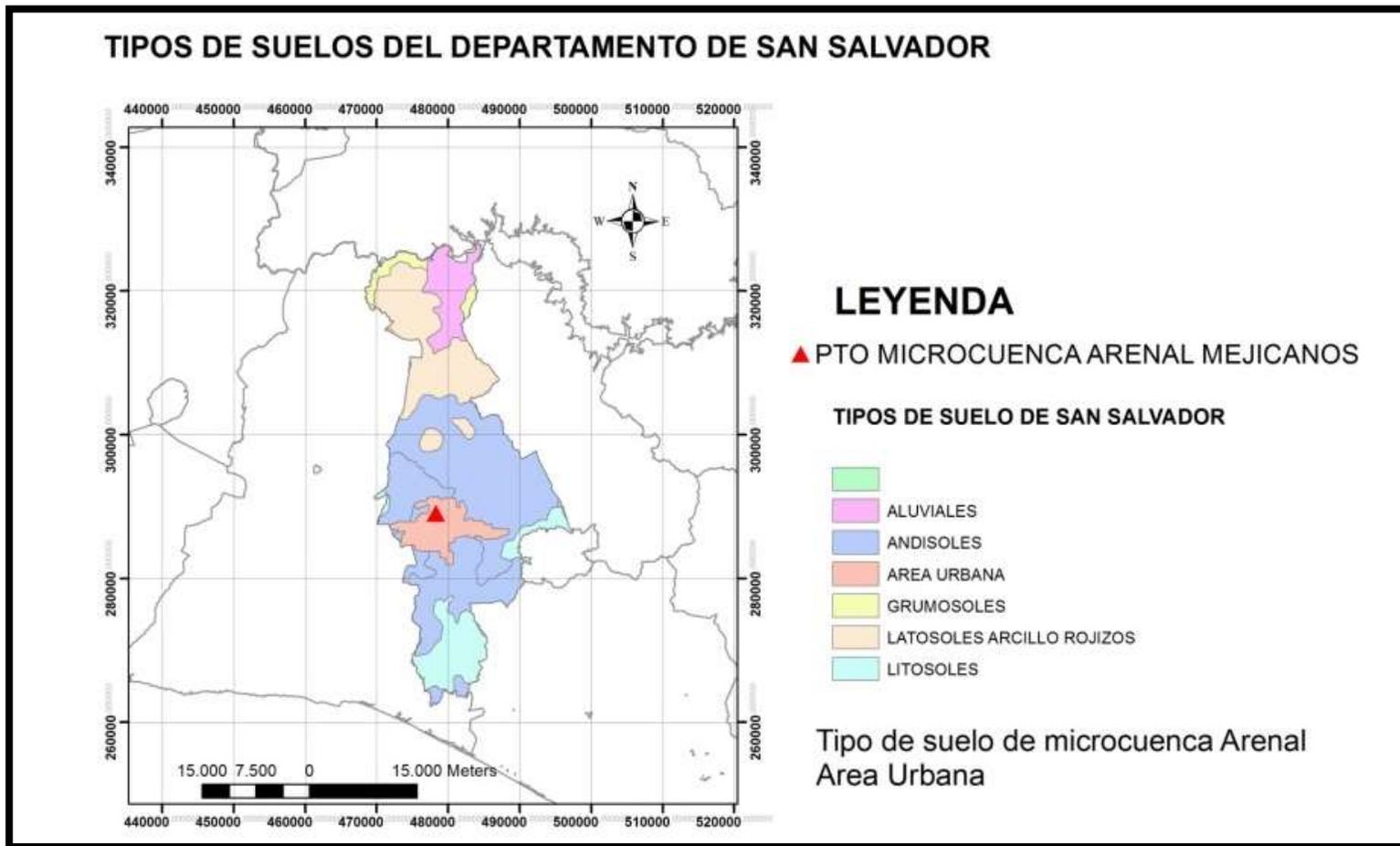


Figura 4. 8- Tipo de suelo de San Salvador y de la microcuenca Arenal de Mejicanos

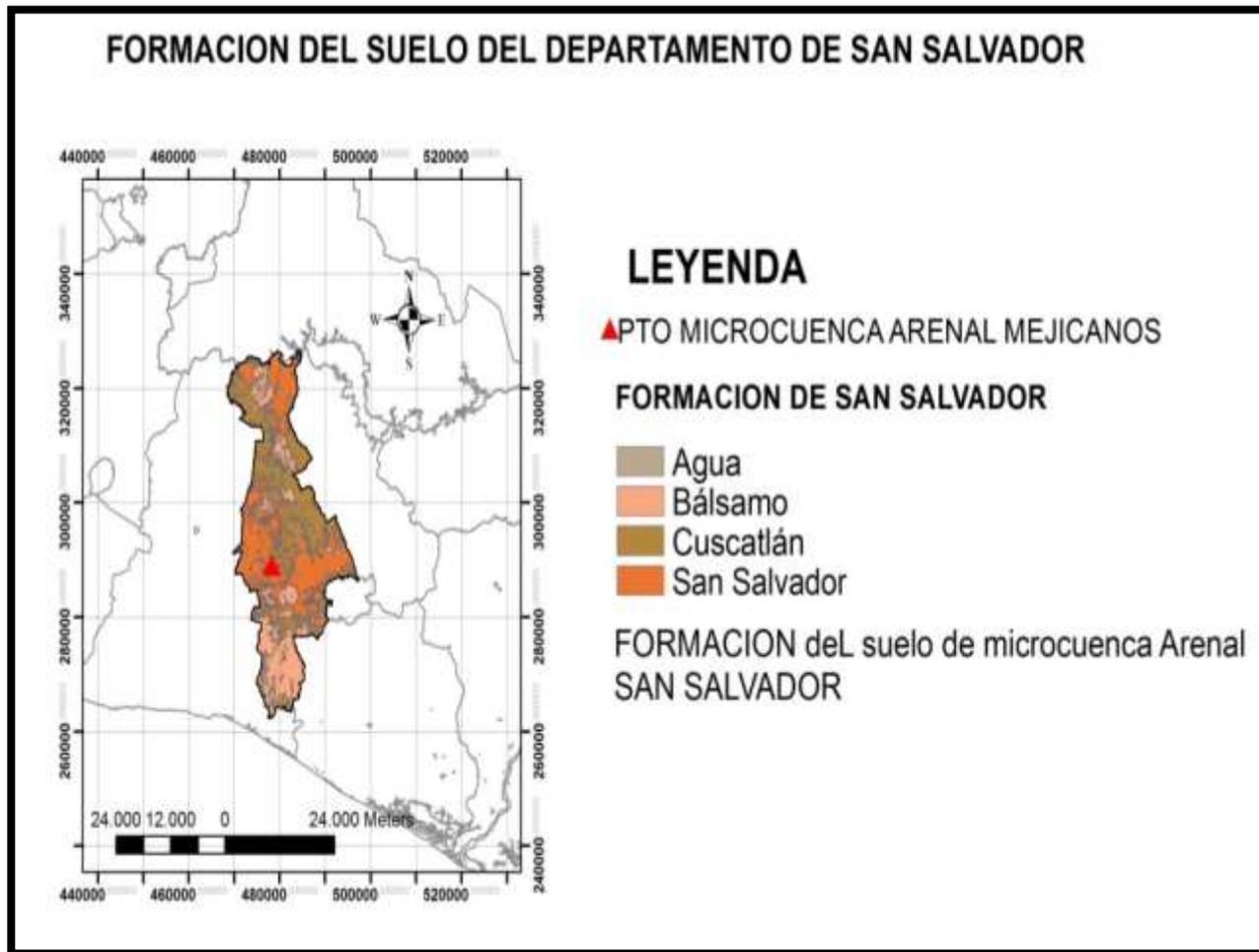


Figura 4. 9- Geología de microcuenca Arenal de Mejicanos: formación de San Salvador

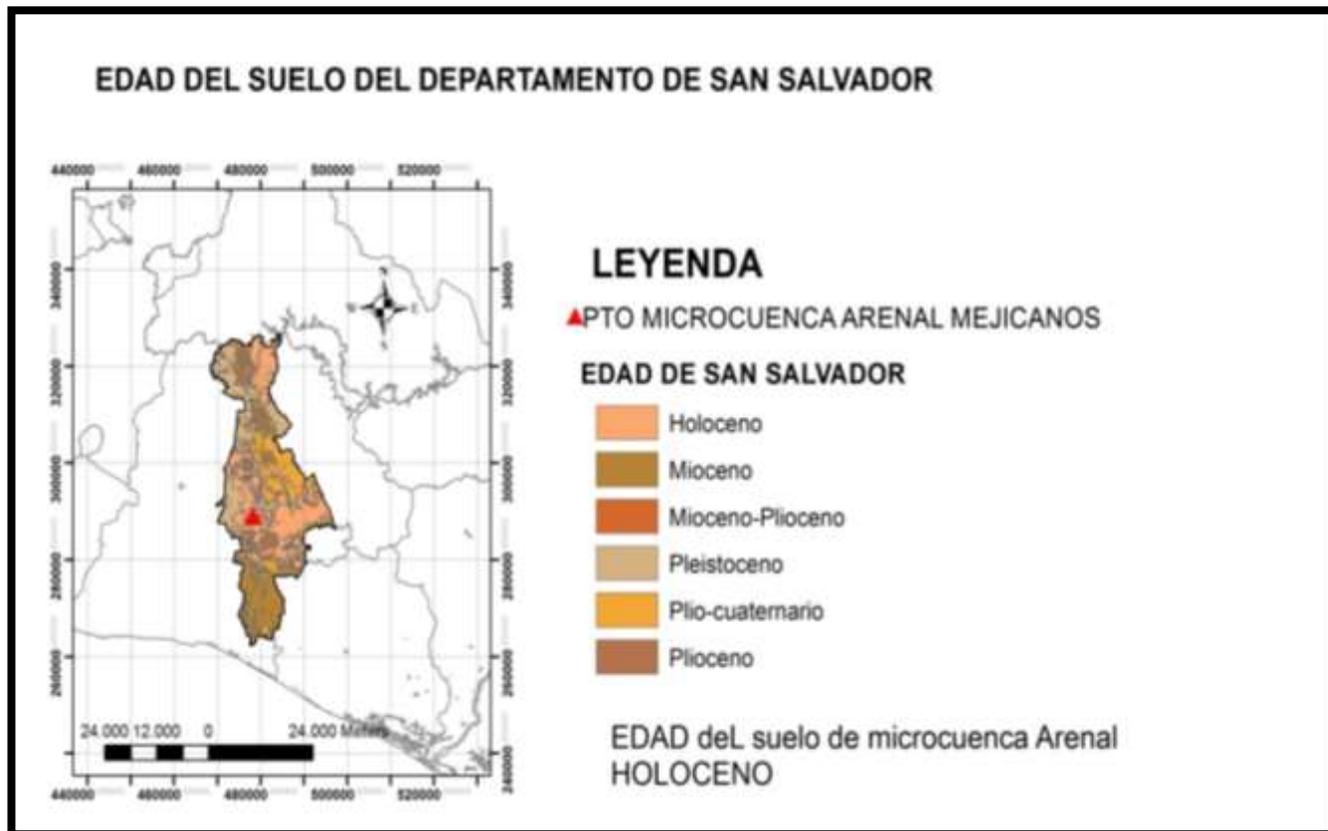
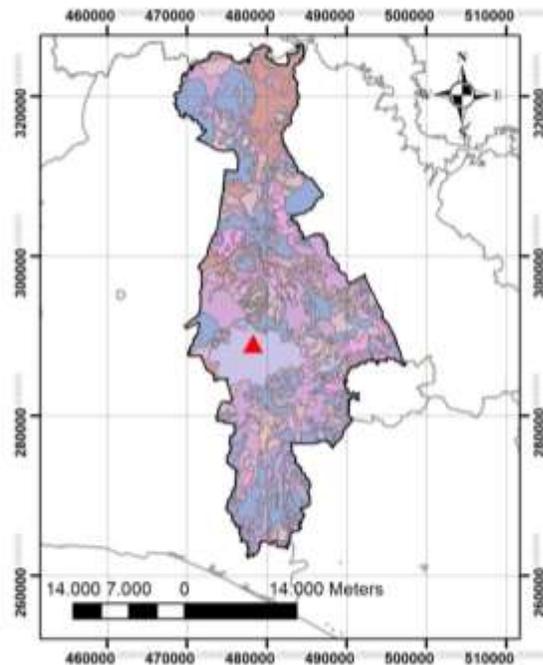


Figura 4. 10- Geología de microcuenca Arenal de Mejicanos: edad (Holoceno)

TEXTURA DEL SUELO DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR



LEYENDA

▲ PTO MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS

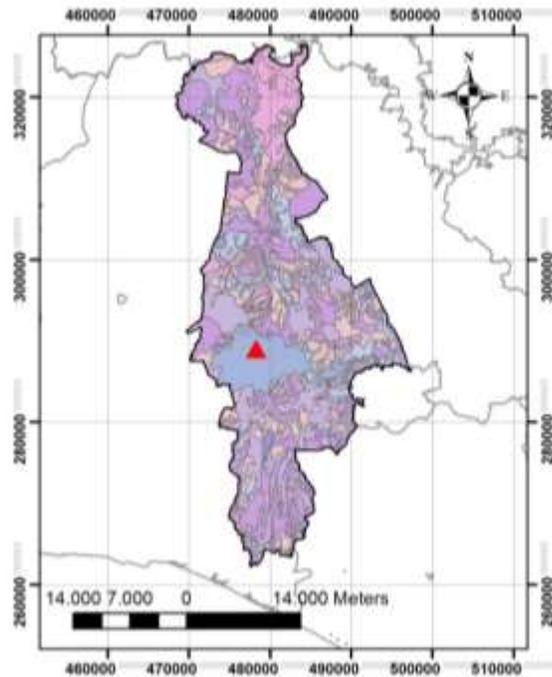
TEXTURA DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

- Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie
- Media FAmI-F-FL
- Medios FAmI -F- FL
- Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms
- Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino
- Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados
- Muy Gruesas A-G desde la Superficie
- Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie
- Urbana

TEXTURA del suelo de microcuenca Arenal URBANA

Figura 4. 11- Textura de suelos de el salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos

PROFUNDIDAD DEL SUELO DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR



LEYENDA

▲ PTO MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS

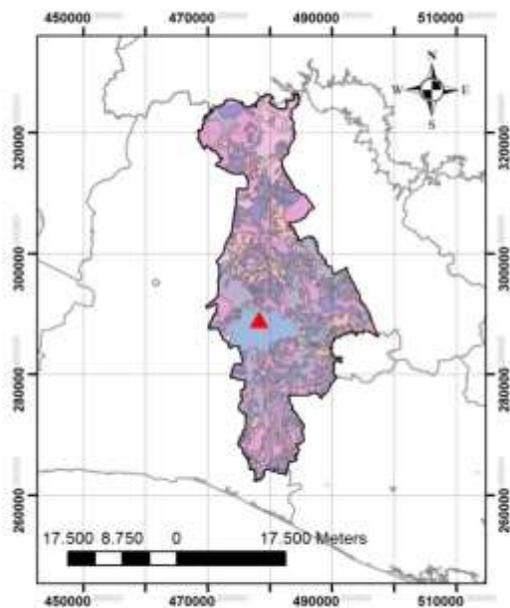
PROFUNDIDAD DE SAN SALVADOR

- 0 a 15 cms
- 0 a 15 cms
- 150 a 91 cms
- 16 a 30 cms en pendiente
- 50 a 21 cms
- 50 a 30 cms en pendiente
- 90 a 51 cms
- Agua
- Mayor de 150 cms
- Urbana

PROFUNDIDAD del suelo de microcuenca Arenal URBANA

Figura 4. 12- Profundidad de suelos de el salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos

PENDIENTES DEL SUELO DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR



LEYENDA

▲ PTO MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS

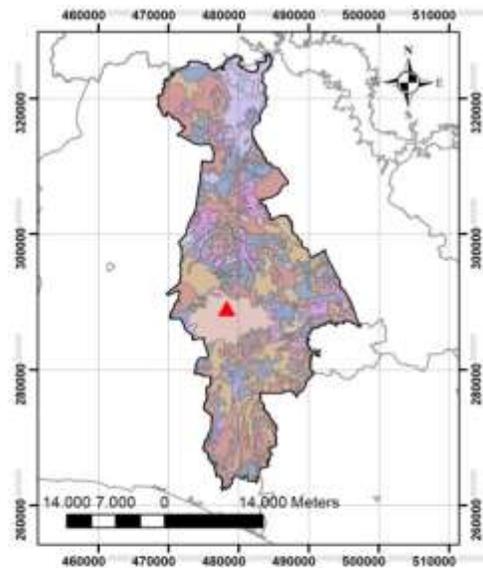
PENDIENTES DE SAN SALVADOR

- Mayor de 100 muy accidentado
- 0-2 Plano ligeramente inclinad
- 0-6 Plano ondulado suave
- 13-25 Alomado
- 26-58 Quebrado
- 3-4 Ondulalado suave
- 5-12 Ondulado
- 59-100 Accidentado
- Agua
- Urbana

PENDIENTES deL suelo de microcuenca Arenal
URBANA

Figura 4. 13- Pendientes de suelos de el salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos

EROSION DEL SUELO DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR



LEYENDA

▲ PTO MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS

EROSIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

- Agua
- Extrema, cárcavas y afectado el 75 % del área
- Fuerte efectos en Hoz B presencia de cárcavas
- Ligero remoción del 25% del Hoz. A
- Moderada a fuerte remoción del Hoz A
- Moderada remoción del 75% del Hoz A
- Severa remoción del 25% del Hoz B
- Sin
- Urbana

EROSION del suelo de microcuenca Arenal URBANA

Figura 4. 14- Erosión de suelos de el salvador ubicando la microcuenca Arenal de Mejicanos

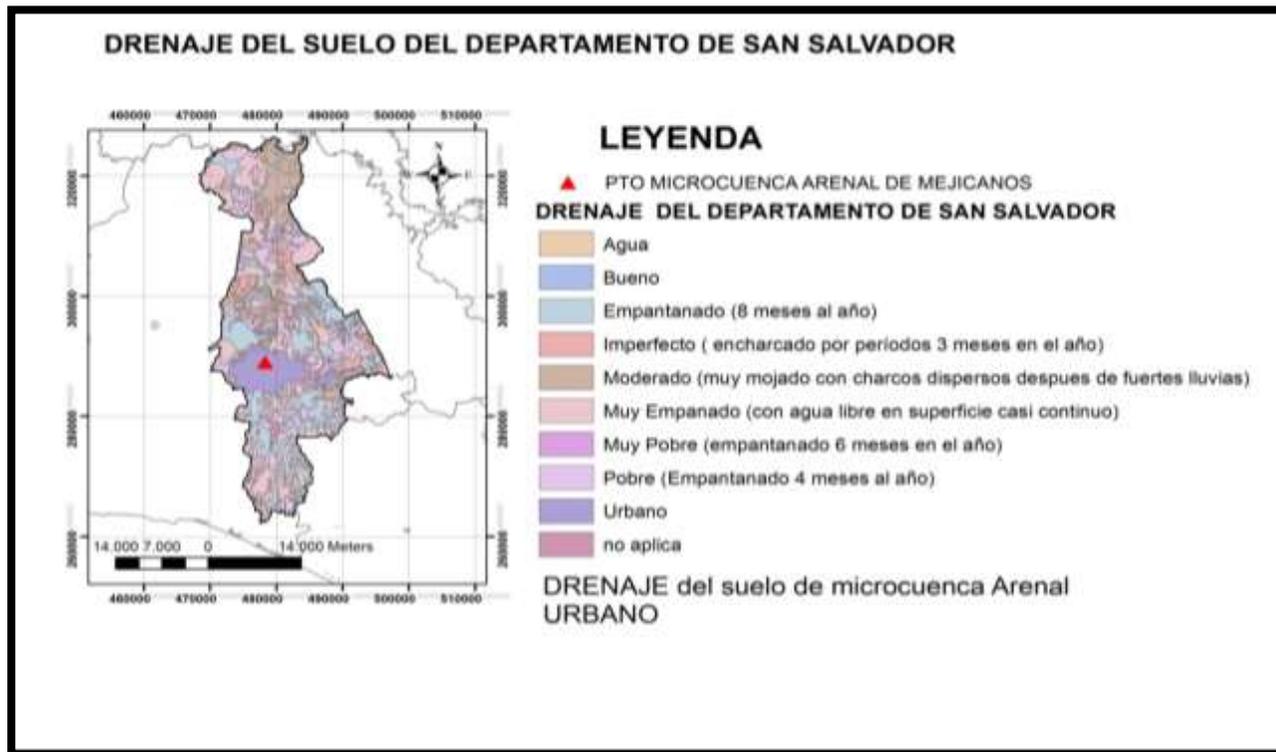


Figura 4. 15- Drenaje de suelos de el salvador ubicando la microcuencia Arenal de Mejicanos

4.6.2 USO DE SUELO.

Se ubicó el punto promedio de ubicación de la microcuenca en análisis descrito anteriormente al cual se le adicióno el formato de archivos (.shp) de uso de suelo de El Salvador y el (.shp) de EL Salvador en el cual se obtuvo información uso de suelo de la microcuenca del rio arenal de mejicanos, ver imagen 4.16

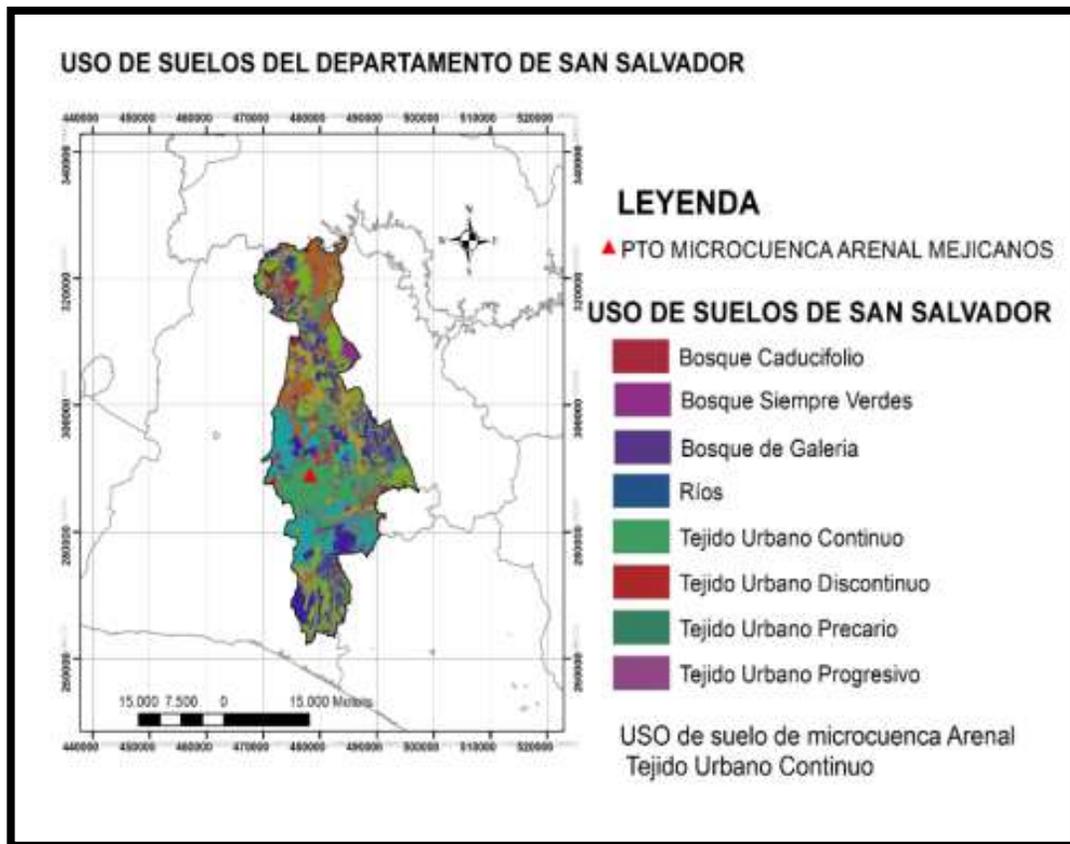


Figura 4. 16- Uso de suelo en área comprendida la microcuenca Arenal de Mejicanos

4.6.3 COBERTURA VEGETAL

La Microcuenca Arenal de Mejicanos del tramo comprendido dentro de las instalaciones de la Universidad de EL Salvador posee la vegetación siguiente: árboles como higuera del diablo, pastizales, árboles de mango, guarumo y almendro del rio entre otros ver figura 4.17.



Figura 4. 17- Vegetación de microcuenca arenal tramo comprendido dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador.

Se ubicó el archivo con formato (.shp) de vegetación de El Salvador y el (.shp) de EL Salvador y el punto promedio en el cual se obtuvo información vegetación de la microcuenca en estudio, ver figura 4.18.

VEGETACION DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

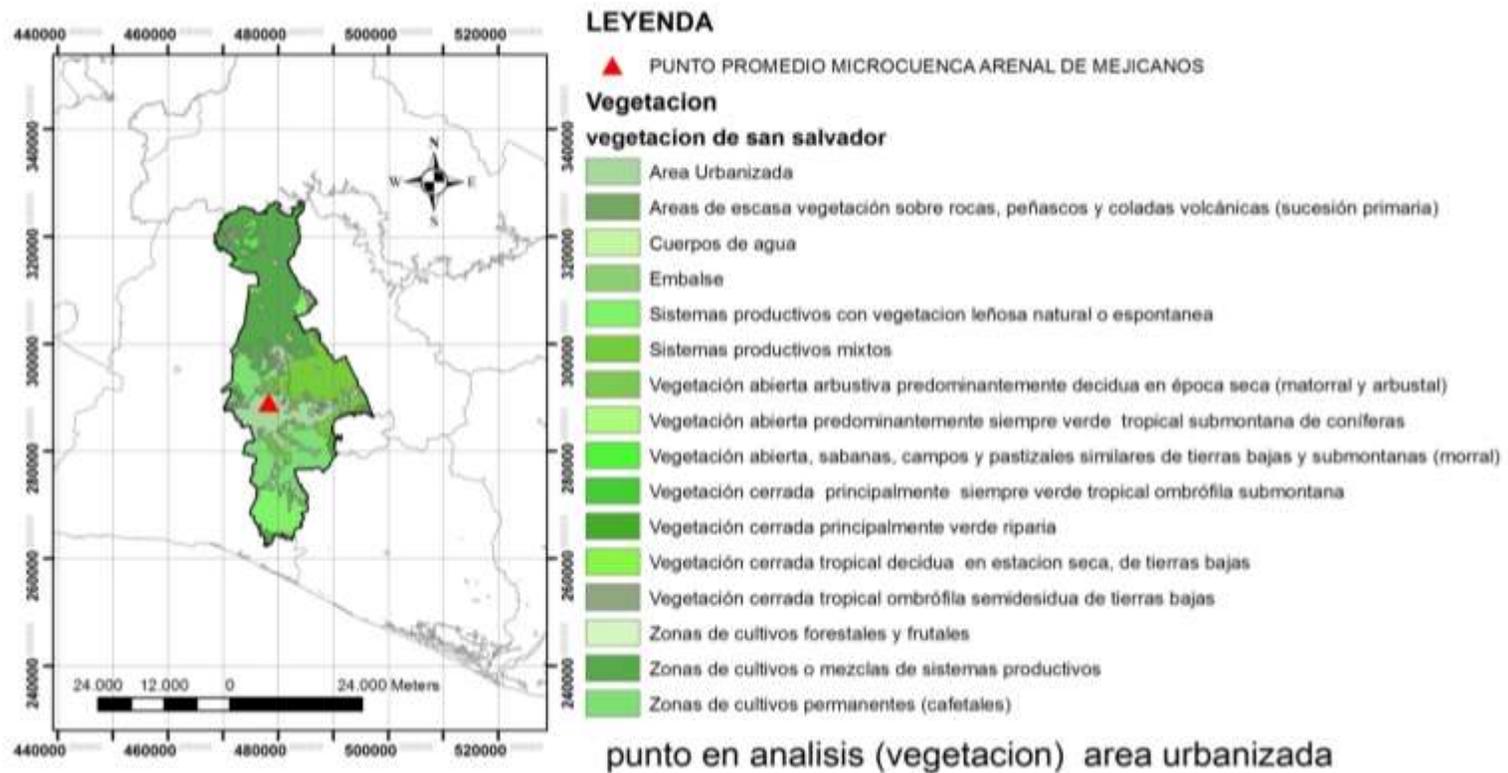


Figura 4. 18- Imagen de vegetación ubicando el punto en estudio fuente shapefile de vegetación de El Salvador.

4.6.4 RELIEVE

Se ubicó el punto promedio de ubicación de microcuenca al cual se le adiciono el formato de archivos (.shp) de San Salvador, se obtuvo información del rango de elevaciones y curvas de nivel correspondientes al Departamento de San Salvador y de la microcuenca Arenal de Mejicanos, ver imagen 4.19. Para la elaboración de esta imagen se realizó un TIN en software ARCGIS para tener una mejor visualización de las altitudes del departamento de San Salvador.

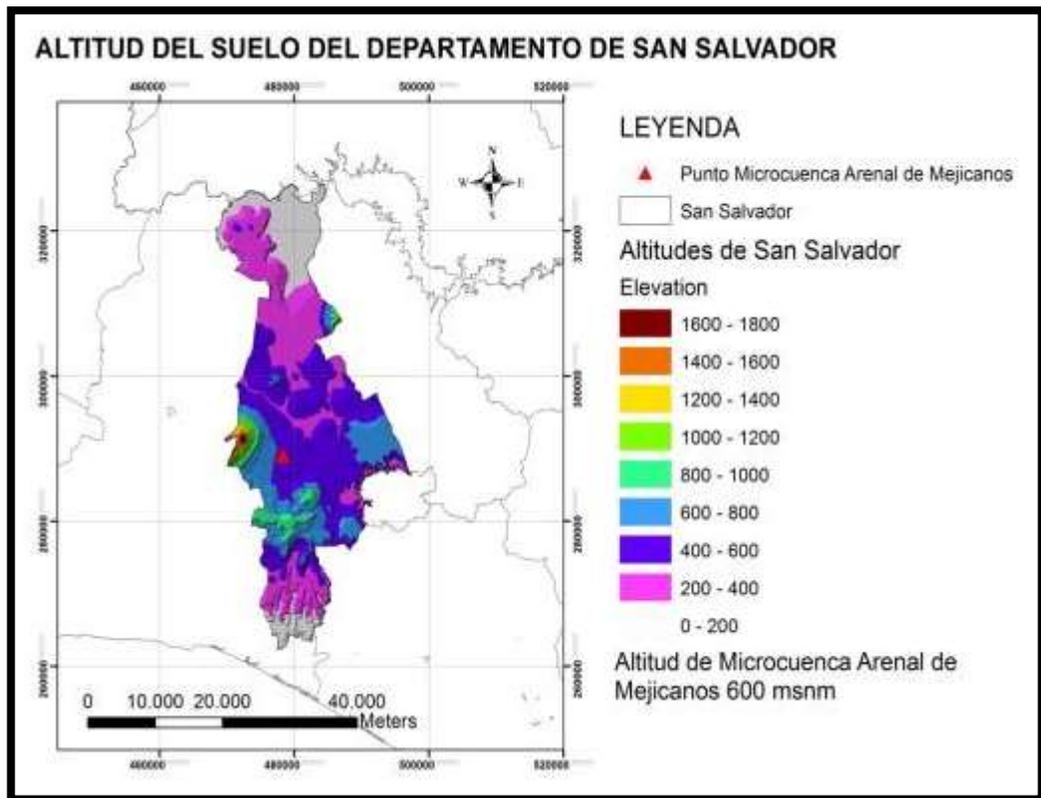


Figura 4. 19- Imagen de elevación de microcuenca Arenal de Mejicanos.

4.6.5 EVAPOTRANSPIRACION

Se realizó el raster de evapotranspiración potencial en el Software ARCGIS 10.1 para los meses septiembre, octubre y anual, utilizando el raster de interpolación por el método de interpolación kriging, siendo estos correspondientes a los meses de obtención de contenidos de humedad del suelo en campo.

Se ubicó el punto promedio de ubicación de la microcuenca Arenal de Mejicanos en el cual se obtuvo el valor puntual de evapotranspiración para la microcuenca en análisis para cada mes ver imágenes 4.20 – 4.22.

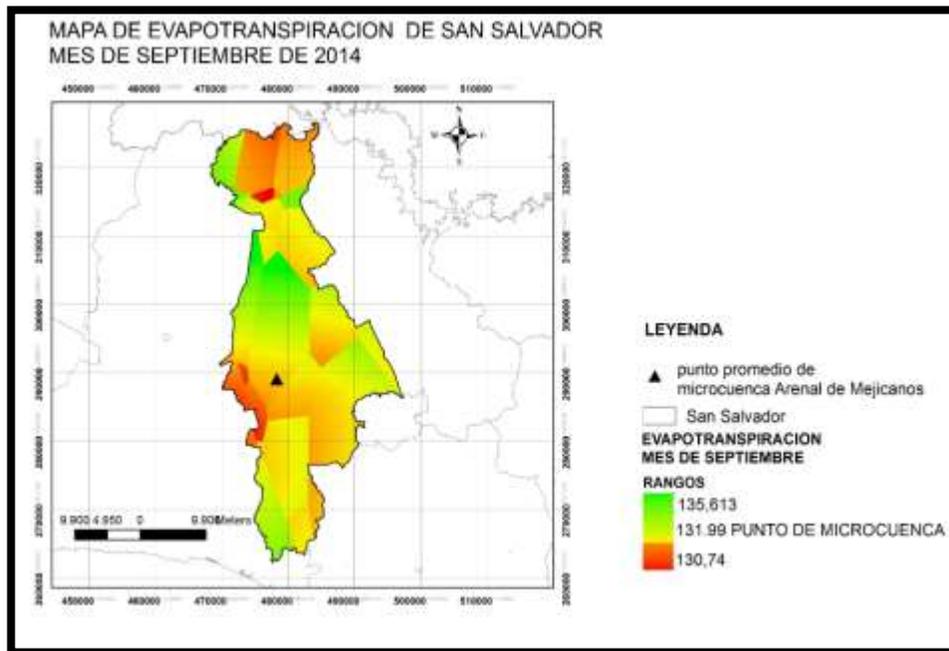


Figura 4. 20- Imagen de evapotranspiración mes de septiembre 2014

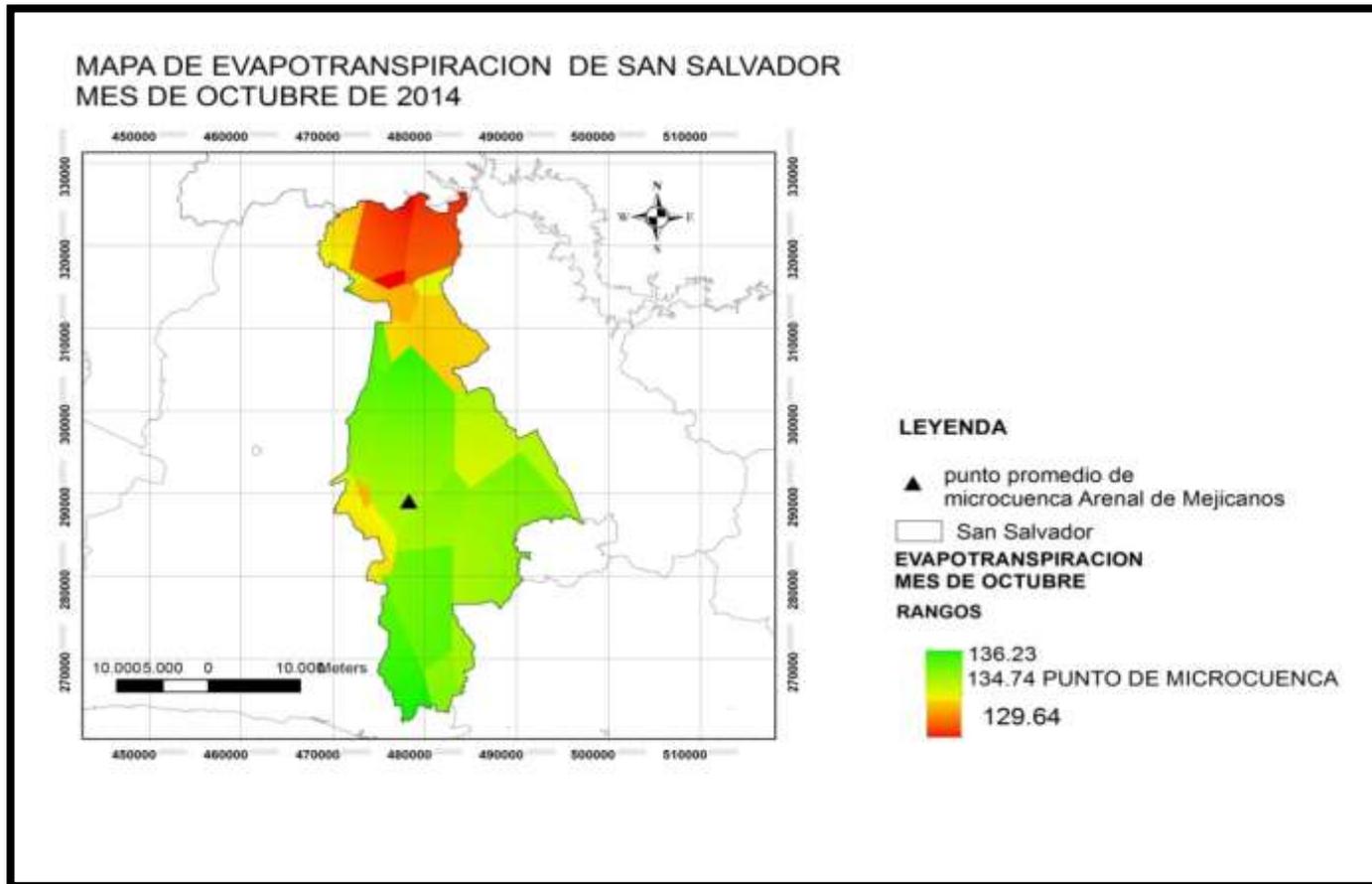


Figura 4. 21- Imagen evapotranspiración mes de octubre del año 2014

MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION DE SAN SALVADOR DEL AÑO 2014

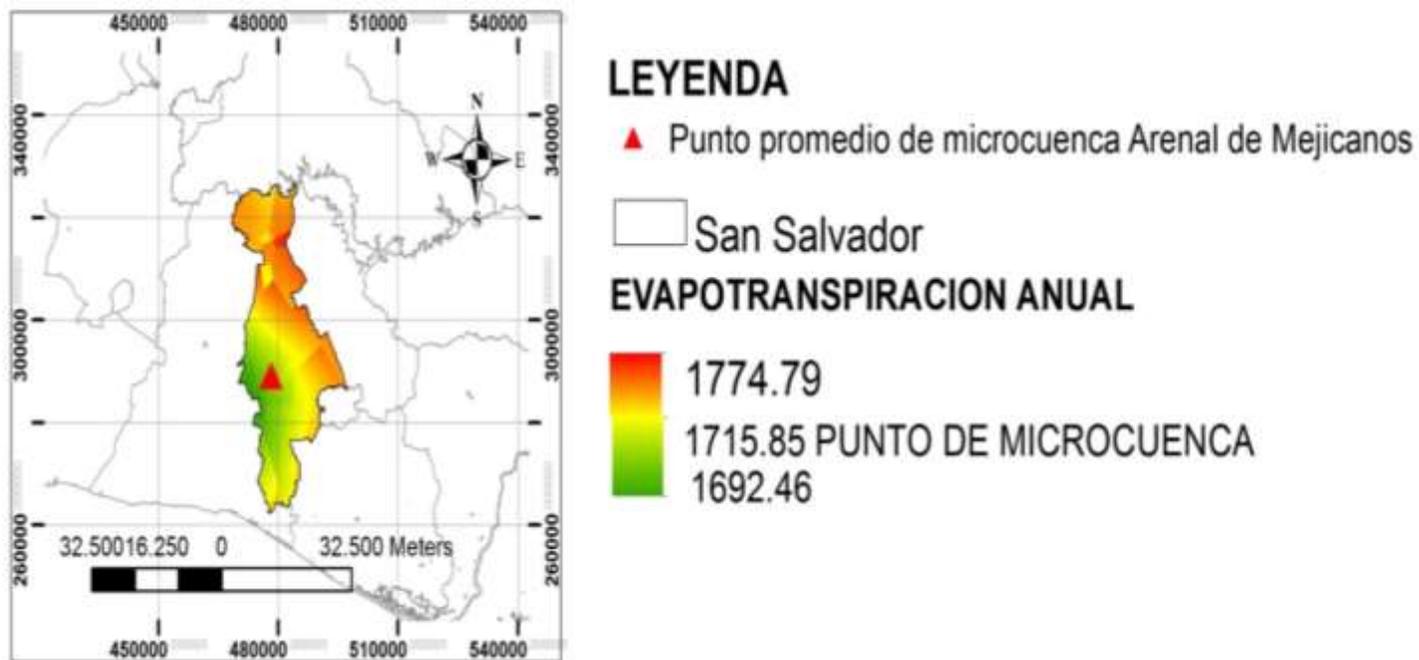


Figura 4. 20- Imagen de interpolación de datos de evapotranspiración anual del año 2014

TABLAS RESUMEN DE PARAMETROS DE COMPARACION DE MICROCUENCA ARENAL DE MEJICANOS.

DATOS OBTENIDOS POR SHAPERFILES DEL PUNTO EN ANÁLISIS			
ubicación Microcuenca Arenal de Mejicanos ubicada en el tramo comprendido en la UES		Sub cuenca acelhuate (basin) 2008201938	Microcuenca Arenal de Mejicanos
GEOLOGIA			
Edad Holoceno	Formacion San Salvador	Litología "Tierra blanca", piroclastitas acidas y apiclastitas volcánicas subordinadas localmente efusivas acidas (S3' b)	tipo de suelo área urbana
Ocupación del suelo tejido urbano continuo		Vegetación área urbanizada	Drenaje urbano
Erosión urbana		Altitud (msnm) 600	Textura urbana
Pedregosidad urbana		Profundidad Urbana	Pendiente urbana
Evapotranspiración (mm)			
Septiembre 131.99		Octubre 134.74	Anual 1715.85
Clima			
La sabana tropical caliente o tierra caliente entre elevaciones (0-800 m.s.n.m)			

Tabla 4- 4- Tabla resumen de información proporcionada por mapas de geología, vegetación, pedología, curvas, evapotranspiración tipo y uso de suelos.

Datos obtenidos por ensayos de campo en punto en análisis			
ubicación microcuenca Arenal de Mejicanos ubicada en el tramo comprendido en la UES		sub cuenca acelhuate (basin) 2008201938	microcuenca Arenal de mejicanos
permeabilidad (cm/seg)		Absorción (cm/seg)	
(0.04)	(0.002)	(0.145)	(0.2019)
GEOLOGIA			
Clasificación de suelo: Arena limosa bien graduada con presencia de materia orgánica.			

Tabla 4- 5- Tabla resumen de información obtenida en zona de estudio

4.7 ANALISIS DE PARAMETROS DE LA ZONA EN ESTUDIO.

Para la obtención de la información de los parámetros que influyen en la humedad del suelo se utilizaron archivos en formato (.shp) entre ellos el de geología, curvas, vegetación, ocupación del suelo. Para ello se ubicó en el software arcgis 10.0 el punto de ubicación de la microcuenca Arenal de Mejicanos los cuales al seleccionar el punto de análisis en cada (.shp) nos brindó la siguiente información.

El mapa de geología proporciona la información del tipo de suelo de la zona en estudio ubicándolo como área urbana la cual la mayor parte está asentada sobre tierra blanca joven, la formación del suelo de la zona de estudio es formación de San Salvador y la litología registrada para el punto en análisis es “Tierra blanca” piroclastitas acidas y apiclastitas volcánicas subordinadas lo cual coincide con la clasificación obtenida mediante ensayos de granulometría de los puntos muestreados dando un resultado de arena limosa orgánica (tierra blanca).

En cuanto a los parámetros de ocupación del suelo, vegetación, pendiente, drenaje, erosión, pedregosidad y profundidad; proporcionados por los mapas de uso de suelo y pedología de San Salvador muestra que son urbanos en cuanto la ocupación del suelo del suelo para la misma zona cubre un 1.33 % de área urbana. Los parámetros proporcionados por el muestreo de la microcuenca Arenal de Mejicanos se obtuvieron los siguientes: para la vegetación de la

microcuenca consta de árboles como higuera del diablo, San Andrés, mango, almendro del río, guarumo y pastizales, en el uso de suelos no se observa ninguno aparte de la vegetación; la pendiente de la zona es bastante pronunciada y esta se observa en campo que no es uniforme a lo largo del cauce; en el área en estudio la capacidad de retener agua es muy escasa facilitándose el drenaje aunque debido a la presencia de materia orgánica en la zona esta lo reduce en una fracción muy pequeña. La pedregosidad y erosión en la zona es casi nula, la profundidad de la microcuenca se tiene un aproximado de 14 m.

La evapotranspiración para el departamento de San Salvador se obtuvo del raster de datos de evapotranspiración proporcionados por el MARN, los rangos de evapotranspiración varían para Septiembre varían 135 - 130 mm/mes, Octubre 136-129 mm/mes y Anual 1775- 1692 mm/año. El resultado de los raster de interpolación de evapotranspiración para la zona en análisis para los meses de muestreo de la humedad del suelo proporcionó para el mes de septiembre una evapotranspiración de 131.99 mm/mes, en el mes de octubre de 134.74 mm/mes y anual de 1715.85 mm/año; siendo para esta región el mes de octubre el de mayor pérdida de humedad por evaporación directa y la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Esta sección contiene las conclusiones y están clasificadas de acuerdo a las etapas en las que se ha desarrollado la investigación, tomando en cuenta los datos de precipitación, humedad del suelo del sistema CAFFG, como los datos de humedad de suelo obtenidos en campo y Laboratorio de suelos, para realizar la validación de las variables en estudio del sistema por medio de una comparación entre ellos.

- Al realizar el análisis general del comportamiento de la lluvia y humedad del suelo, de acuerdo con el tipo de suelo se observa, que en la mayoría de regiones, los suelo predominantes son los latosoles arcillo rojizos, que de alguna manera representan más de un 50% de cada región con lo que se puede concluir que en dichas regiones como lo son la región A,B,C,E,I,J, y K, presentan suelos arcillosos lo cual es una propiedad son suelos poco permeables que no absorben agua de forma rápida, y que acumulan agua por mucho tiempo: cuando las precipitaciones son lentas y prolongadas este tipo de suelo absorbe gran cantidad de agua, pero cuando las precipitaciones son rápidas e intensas, este tipo de suelo no absorbe agua fomentando la escorrentía directa; como resultado el agua drena de forma directa hacia los cauces, originando el ascenso del nivel del río y propiciando crecidas repentinas, en especial cuando se tienen pendientes

muy prolongadas de los causes o por las precipitaciones que generan escorrentía sub-superficial.

- Los suelos tipo andisoles predominan en mayor proporción en algunas regiones como lo son: D, F, G, y H, este tipo de suelo es de color oscuro, muy permeable, lo cual favorece la absorción de agua y por lo tanto en dichas regiones, la probabilidad que exista escorrentía de forma directa es baja; sin embargo, la escorrentía también depende de otros factores como son: la pendiente del terreno, cantidad de agua precipitada, ascenso del nivel freático, cobertura vegetal, etc. Sin embargo, el tipo de suelo y su infiltración las variables directamente proporcionales.
- La ocupación o uso de suelo en el país está distribuida de forma irregular, es decir se tiene una mezcla entre cultivos agrícolas, café, terrenos y pastos naturales, en su gran mayoría se cuenta con cultivos agrícolas en las regiones A, C, E, G, y H, lo cual ayuda a preservar la humedad y de acuerdo al cultivo cosechado. Generalmente, la humedad la conservan en las raíces debido a que los cultivos absorben gran cantidad de agua para poder subsistir y por ende aportan poca cantidad de agua precipitada al suelo; se tiene que considerar que la ocupación del suelo se produce de forma parcial en el año, la ocupación del mismo se produce tanto en época lluviosa como en época seca para cultivos permanentes y temporales. Del análisis se destacan con mayor proporción de cultivos de café para las regiones B, D, y F; la característica de este cultivo es que fomenta la humedad superficial en

la zonas donde se siembra el mismo, por lo cual podemos concluir que en dichas zonas cuando existen precipitaciones intensas o débiles, la absorción de agua es poca, sin embargo por la misma razón, cuando se producen precipitaciones intensas, la escorrentía superficial es mayor por la razón de poseer suelos generalmente húmedos en época lluviosa. En las regiones I y K, se tienen terrenos en los cuales no se hace uso de ellos, por tanto es probable que sean terrenos deteriorados o erosionados lo cual permite que se dé la escorrentía directa, ocasionando crecidas en los causes, por último, se tiene que en la región "J" sobresalen los pastos naturales, lo cual es una ventaja porque permite absorber humedad por medio de los pastos evitando que se genere la escorrentía directa sin embargo también se puede dar el fenómeno de escorrentía sub-superficial por el ascenso del nivel freático.

- La textura del país esta defina en su gran mayoría por arenas y gravas muy gruesas desde la superficie, lo que fomenta la absorción de agua de forma directa generando así el ascenso del nivel freático en las regiones donde se posee en su gran mayoría este tipo de material, se tiene que tener en cuenta que es necesario que se den varias circunstancias para que se produzca este fenómeno como lo es el tipo de suelo, ya que la textura se encuentra ubicada generalmente en la superficie del mismo por ende si se poseen suelos poco permeables a mayor profundidad en terreno es poco probable que se produzca el ascenso del nivel freático porque el agua no filtraría, dando lugar a la escorrentía directa. Luego, en las regiones "D" y "G" se

tiene un predominio de arenas gruesas a arenofrancos muy finos hasta arcillas, por ende estas regiones por el tipo de textura que poseen no absorben agua de forma rápida, su absorción es muy lenta generalmente absorben mayor cantidad de agua cuando las precipitaciones son lentas y prolongadas, adicionalmente, no liberan el agua de forma rápida lo que conllevan la desventaja de fomentar el crecimiento de los cultivos de forma directa por la cantidad de agua que aportan por medio de la escorrentía directa cuando se tiene pendientes en los terrenos.

- La Elevación en el país es muy variada, ocasionando un clima predominante de sabana tropical por la ubicación del país, con lo cual se producen los distintos fenómenos de precipitación como los son: Lluvia orográfica, convectiva y ciclónica, también se tienen precipitaciones focalizadas es decir que se originan en puntos donde el relieve es muy variado generando acumulación de humedad en el ambiente y precipitaciones puntuales.
- Con la recolección de datos de humedad del suelo proporcionados por el laboratorio de suelo y el sistema CAFFG, para las fechas en las cuales se tiene información de ambos, se realizó la comparación de los valores de humedad, logrando así una interpretación más clara de la variación de humedad entre ellos, observándose que la diferencia es muy grande oscilando en un rango de 4-61 %. Esta variación depende grandemente de que el valor que proporciona el sistema es un valor acumulado de 24 horas, mientras que el del laboratorio es un valor a cierta hora específica y debido

que solo se tiene un valor de humedad registrado por el laboratorio no se puede afirmar que esta variación de humedad sea la correcta, además los valores de humedad no son de fechas consecutivas y por eso los gráficos se muestran cambios bruscos de valores de la misma. Por tanto no se puede establecer que los valores de humedad registrados por el sistema son correctos.

Al realizar la comparación de lluvia registrado por la estaciones telemétricas y la registrada por el hidroestimador del CAFFG, en la comparación los valores de precipitación registrados por cada fecha oscilan en un rango de 2.02 a 30 mm para 16 de los 32 casos analizados y para los 16 casos restantes, su valor de precipitación coincide, entonces sí se pueden tomar en cuenta que los valores de precipitación registrados por el sistema son muy cercanos a la realidad y si se puede utilizar para generar alertar de inundaciones tempranas con esos registros de lluvia.

Para comprender el comportamiento de la humedad de suelo, se realizó un análisis de cómo influyen ciertos parámetros como son: Tipo de suelo, Uso de suelo, Relieve, Vegetación y Evapotranspiración. El tipo de suelo que más predomina en las áreas de estudio son los suelos Latosoles arcillosos rojizos, los aluviales, los Grumosoles y Andisoles, estos tipos de suelo permiten poca filtración de agua, lo cual hace que la mayor parte de agua precipitada escurra superficialmente, y los valores de humedad de suelo sean menores al 50% . La vegetación y uso de suelo son zonas de cultivos

permanentes (cafetales), sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea, con estas condiciones presentes los valores de humedad del suelo tienen a ser mayores al 50 %, pero si estas condiciones se ven afectadas por pendientes en el terreno, gran parte del agua escurrirá superficialmente generando así valores de humedad del suelo menor al 50%, generando de esta forma inundaciones en las zonas más susceptibles, de las cuales aunque se cuente con sistemas de drenaje, por la vegetación arrastrada por el agua, se generan obstrucciones en los sistemas de drenaje. El comportamiento de la humedad del suelo registrada por el laboratorio es más cercano a la realidad porque toma en cuenta todos estos parámetros, por tanto no se puede descartar que su valor sea correcto.

- En la evaluación de la microcuenca Arenal de Mejicanos según la evaluación de lluvia entre los días en estudio del 24 de septiembre al 16 de octubre de 2014 indica que los datos del hidroestimador de lluvia (satélite) y la distribución espacial de lluvia varían desde 0 - 65.51 mm, los cuales indican que los datos estimados de lluvia por el satélite superan en un 88.2 % a la distribución espacial por lo que este modelo es adecuado al utilizarlo para generar posibles alertas ante inundaciones.
- Al evaluar el modelo de humedad del suelo para la microcuenca Arenal de Mejicanos indica que la humedad obtenida en campo y la estimada por ASM presentan una tendencia clara, siendo la humedad estimada por el ASM en

un 100 %, de los datos en comparación con la humedad de campo, teniendo en consideración que la estimación del ASM es un promedio de las 00:00 y 12:00 UTC de la sub cuenca del río Acelhuate con basin 2008201938 y la humedad de campo se obtuvo realizando el promedio de tres puntos para las 6:00 am y 6:00 pm equivalentes a las (00:00 y 12:00 UTC) en el punto de interés microcuenca Arenal de Mejicanos. Las diferencias que se muestran en la humedad del suelo estimada por el ASM respecto a la humedad del suelo obtenida en campo varían entre los rangos de un máximo de 66 % y un mínimo de 35.2 %, en este caso podemos decir que el aumento del ASM genera un incremento en los datos estimados por el satélite, ya que el modelo de humedad del suelo utilizado por el CAFFG asigna un contenido de humedad del suelo a cada cuenca del sistema en cuanto a tipo y uso del suelo predominantes.

- Los parámetros que influyen en el comportamiento de la humedad del suelo: tipo ocupación, relieve son causantes de las diferencias entre la humedad del suelo obtenida en campo y la humedad del suelo estimada por el ASM. La humedad de campo fue analizada de una manera más puntual lo cual proporciona información más cercana a la realidad en comparación con la estimada con el ASM. En el tramo de la Microcuenca Arenal de Mejicanos al realizar el ensayo de granulometría se obtuvo el tipo de suelo denominado arena limosa Orgánica (material de relleno) este tipo de suelo es muy permeable y los rangos de permeabilidad obtenidos para este suelo varían

entre (0.002 - 0.04 cm/seg), en este suelo la retención de agua es menor que el de las arcillas, pero en este caso es capaz de retener una pequeña porción de agua debido al alto contenido de materia orgánica. Los parámetros de vegetación y ocupación del suelo en la microcuenca en estudio varían entre árboles y pastizales, los cuales absorben agua, generando pérdidas en la escorrentía superficial, la absorción de agua medida en campo varía entre (0.145-0.202 cm/seg) siendo este suelo capaz de absorber el agua en intervalos muy cortos, debido entre otros factores a que el suelo posee material orgánico y la humedad de suelo se mantiene por un tiempo mayor al que se obtiene en suelos sin presencia de materia orgánica, pero no mayor a suelos arcillosos. Los parámetros obtenidos por medio de los archivos con formatos (.shp) utilizados para el análisis del sistema CAFFG para el área de la microcuenca el resultado carece de información por lo que para el tipo de suelo, ocupación del suelo, vegetación, pendiente, pedregosidad, erosión y profundidad, el resultado es un área urbanizada, siendo un factor de alta probabilidad de inundaciones por la falta de filtración de agua en el suelo y debido a ello existe un incremento en el caudal natural del agua, con este resultado la zona resulta propensa a inundaciones al colapsar las tuberías. Las pérdidas de agua en el suelo que el sistema analiza son las de evapotranspiración potencial que para los meses septiembre variando 131.99 mm/mes y octubre 134.74 mm/mes siendo la que determina las pérdidas de agua desde la

superficie del suelo, lo cual le genera pérdidas de humedad del suelo debido al agua que la vegetación utiliza para su crecimiento y producción. Para este estudio se concluye que las comparaciones de los parámetros que utiliza el sistema con los encontrados en campo en la Microcuenca Arenal de mejicanos no coinciden por lo que al tomarlos en cuenta para información ante una alerta por inundación para una zona muy específica no es adecuada.

- La base teórica del modelo de humedad ASM utilizada por el CAFFG, se basa de forma directa en un bloque o estrato superficial de alrededor de 50 centímetros de espesor en el cual se evalúa su humedad, y es un aspecto muy importante a considerar por el hecho de que la mayoría de ensayos realizados para el análisis de la investigación se realizó a una profundidad de 30 centímetros lo que conlleva a una variación de los datos, el cual podría ser significativo al comparar los datos descargados del CAFFG y la evaluación directa en laboratorio.

5.2 RECOMENDACIONES

Se presentan las recomendaciones en base a la investigación realizada, a fin de ampliar los beneficios que proporciona seguir el estudio del modelo de humedad del suelo para lograr un mejor desarrollo de la guía de inundaciones repentinas.

El país posee gran cantidad de suelos que absorben gran cantidad de agua como lo son los andisoles que se encuentran en las regiones como lo son D, F, G, y H, así como suelos que son muy pobres en cuanto a permeabilidad que puede generar con mucha facilidad una inundación repentina como lo son latosoles arcillo rojizos encontrados en las regiones A,B,C,E,I,J, y K, por ende es necesario que se evalúe con mucha anticipación el tipo de material predominante en la zona así como el comportamiento que la humedad tiene según el tipo de suelo, para que la información que el sistema CAFFG proporcione sea más certero en cada región analizada y poder utilizarla como un parámetro de alerta temprana y evitar pérdidas humanas.

- Se recomienda recolectar mayor cantidad de valores de humedad del suelo en campo durante el día, para poder determinar si los valores registrados por el sistema CAFFG son o no altos en cuanto a porcentaje de humedad y que con dichos valores se emita una alerta de inundación en zonas donde no las halla y dejando susceptible a las zonas en la que si habrá por saturación del suelo.

- Se recomienda actualizar la información que las estaciones meteorológicas aportan, ya que para las fechas en las que se muestreo la microcuenca Arenal de Mejicanos la precipitación de la distribución espacial de lluvia no refleja precipitación lo cual no es correcto, ya que para esas fechas se presentaron lluvias en la zona muestreada. Así mismo, revisar los parámetros que utiliza el sistema CAFFG para realizar el cálculo de humedad ya que al obtener los resultados podemos observar que los valores reales de humedad son muy bajos en comparación con los registrados por el sistema, esto puede llevar a generar alertas en lugares donde realmente la humedad sea baja y omitir los lugares donde en realidad se tengas humedades altas que puedan generar una inundación o un deslave.
- Analizar las microcuencas que tienen altas probabilidades de inundaciones en El Salvador y comparar los parámetros que influyen en las cuencas principales que el sistema CAFFG toma en cuenta, esto para corroborar que las microcuencas en peligro de inundación proporcionen información más cercana a las que analiza el sistema.
- se recomienda realizar una investigación en otra microcuenca que no se encuentre muy alterada por el hombre para realizar comparaciones del modelo de humedad del suelo y fundamentar más la información de este modelo

GLOSARIO

ALFISOLES: Son suelos formados en superficies suficientemente jóvenes como para mantener reservas notables de minerales primarios, arcillas, etc, que han permanecido estables, esto es, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas, cuando menos a lo largo del último milenio

ALUVIÓN: Avenidas torrenciales con arrastre de grandes cantidades de material sólido (guijarros, gravas y bloques de rocas), aplicable a aquellas regiones secas o cauces secos en los que las lluvias ocasionales los producen. Palabras claves: avenida torrencial, huayco, lloclla. ASM (por sus siglas en Inglés): Sociedad Americana Meteorologica

ASM. Promedio de Humedad del Suelo(Average Soil Moisture): Es el producto donde se muestran los resultados del modelo de humedad del suelo, los cuales se representan en mapas de valores de la humedad del suelo promedio; solo para el intervalo de 6 horas.

CAFFG (Por sus siglas en Inglés): Central América Flash Flood Guidance; Sistema Guia de Crecidas Repentinas en Centroamérica.

CDS (Por sus siglas en Inglés): Descripción del Servidor de Difusión

CPS (Por sus siglas en Inglés): Servidor de procesamiento

CRECIDA REPENTINA: Una crecida repentina generalmente se define como una inundación de corta duración que alcanza un caudal máximo relativamente alto (Organización Meteorológica Mundial).

DB: Base de datos

DGOA: Dirección General del Observatorio Ambiental

ENOS: Fenómeno El Niño – Oscilación del Sur

ET: evapotranspiración.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Consiste en el transporte de agua en la atmósfera de las superficies, incluyendo el suelo (suelo evaporación), y desde vegetación (transpiración).

FFG Guía de Inundaciones Repentinas (Flash Flood Guidance): Es la cantidad de lluvia real de una duración dada, la cual es requerida para generar inundación en la salida de la cuenca, bajo ciertas condiciones de humedad del suelo.

FFT por sus siglas en inglés: índices del Pronóstico de Amenaza de Inundación

GOES = Geostationary Satellite Server

HIDROGRAMA UNITARIO: Curva básica de respuesta a una unidad de precipitación que describe la forma en que una cuenca devuelve un ingreso de lluvia distribuido en el tiempo. Se basa en el principio de que dicha relación entrada-salida es lineal, es decir, que pueden sumarse linealmente.

HRC, por sus siglas en inglés: Centro de Investigación Hidrológica

HURACAN: Depresión tropical que corresponde a una anomalía atmosférica violenta que gira a modo de torbellino caracterizado por fuertes vientos,

acompañados por lluvia. Ocurren en el Mar Caribe y en el Océano Pacífico Tropical. Equivale a los ciclones en el Océano Índico y a los tifones en el Pacífico Occidental. Cuando el término -huracán- se haya usado en las fuentes para vientos huracanados, vendavales locales, torbellinos, borrascas, se reportarán como -vendaval-. Tormentas locales se reportarán como -tempestad-. Palabras claves: depresión tropical, ciclón, tifón.

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

INUNDACIÓN: Sumergimiento temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que puede drenar el cauce.

LZFMp = volumen máximo primario LZFWS

LZFM_s = volumen máximo suplementario LZFWS

LZFWS = almacenaje de agua libre zona baja.

LZPD = percolación de una zona inferior.

LZPK = coeficiente de depleción de almacenaje primario.

LZSK = coeficiente de depleción de almacenaje suplementario

LZTWS = almacenaje de tensión de agua zona baja.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

MOVIMIENTOS OROGÉNICOS: Son movimientos más violentos y de tipo regional debido fundamentalmente a la tectónica de placas. Produce las siguientes deformaciones:

N: norte

NE: noreste

NOAA-NESDIS = National Oceanic and Atmospheric Administration- The National Environmental Satellite, Data, and Information Service (Nacional Oceánica y atmosférica administración- El Servicio Nacional de Satélites Ambientales, Datos e Información).

NW: noroeste

NWSRFS = National Weather Service River Forecast System (Sistema del Servicio Meteorológico Nacional de Pronóstico de Ríos)

ONDULAMIENTO: Son amplios levantamientos verticales de proporciones continentales, tales movimientos pueden levantar y formar extensas mesetas.

PAN EVAPORACIÓN: Es una medida que combina o integra los efectos de varios elementos climáticos: temperatura, humedad, radiación solar y eólica. La evaporación es mayor en los días de viento, secos y calurosos; y se reduce considerablemente cuando el aire es fresco, tranquilo, y húmedo. Mediciones de evaporación Pan permiten a los agricultores y ganaderos para entender cuánta agua necesitan sus cultivos.

PBASE = valor de drenaje limitante de la acción combinada de LZFWS primario y suplementario

PET: evaporación potencial.

PLEGAMIENTO: El plegamiento es semejante al ondulamiento, pero con mayor grado de deformación. Da origen cordilleras y depresiones longitudinales.

Hay dos tipos de plegamientos:

Anticlinales.- Son las elevaciones. Es un pliegue convexo hacia arriba.

Sinclinales.- Son las depresiones. Es un pliegue cóncavo hacia arriba

PLUVIÓMETRO: Es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo.

RASTER: Raster de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o unacuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

SAC-SMA: Sacramento- Soil Moisture Accounting (Modelo sacramento)

SATÉLITE: Precipitaciones según satélite del Hidroestimador, Las imágenes del satélite muestran cuadrícula de 1 hora, 3 horas, las acumulaciones de 6 horas y 24 horas de precipitación (mm) para concluir en la hora actual según la estimación en tiempo real del algoritmo Hidroestimador NOAA-NESDIS.

SPT: prueba de penetración estándar

SW: suroeste

TIN: Son forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos).

UTC = tiempo universal coordinado

UZFWS = almacenaje de agua libre zona superior.

UZTWS = almacenaje de tensión de agua zona superior.

WRF: Weather Research Forecasting

ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

PUBLICACIONES

- Cuencas hidrográficas de El Salvador disponible en:
<http://www.elsalvadormipais.com/cuencas-hidrograficas-de-el-salvador>
- Balance Hidrico integrado y dinamico de El Salvador, servicio hidrológico Nacional de El Salvador por ing Adriana Maria Erazo disponible en :
<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/ProcedimientoResultados.pdf>
- Clasificacion de los suelos por división política de El salvador disponible en:
<http://cartografia.mag.gob.sv/index.php/documentacion-tecnica/category/1-documentacion-tecnica?download=2:clasificacion-de-suelos-por-division-politica-de-el-salvador>
- Tiempo y clima de El Salvador y Centroamerica:
<http://tiempoyclimasv.blogspot.com/2013/02/clima-de-el-salvador-en-2012.html>
- Soil Taxonomy:
http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_05357

7

- Registro Historico de Inundaciones:

<http://mapas.snet.gob.sv/hidrologia/view.php?id=206>

Trabajos de Graduación:

- Víctor Alfonso Serrano, **“Evaluación Del Sistema Guía Para Inundaciones Producidas Por Crecidas Repentinas En Américacentral, CAFFG, Para Eventos Extremos en El Salvador”**
Titulo para optar por el grado de Ingeniro Civil, EL Salvador 2012.
- Quirós Badilla, Evelyn Laura. **Evaluación del Sistema Guía para Inundaciones Producidas por Crecidas Repentinas en América Central (CAFFG), para eventos extremos en Costa Rica, en el período de setiembre a noviembre del 2005 y casos con las mejoras en el 2006-2007.** Tesis de grado para optar por el título de licenciatura en meteorología. San José de Costa Rica, 2009.

ANEXO 3.1: FUNCIÓN DEL KRIGING

Cómo funciona Kriging

Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z . A diferencia de otros métodos de interpolación en el conjunto de herramientas de Interpolación, utilizar la herramienta Kriging en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.

¿Qué es kriging?

Las herramientas de interpolación IDW (Distancia inversa ponderada) y Spline son consideradas métodos de interpolación determinísticos porque están basados directamente en los valores medidos circundantes o en fórmulas matemáticas especificadas que determinan la suavidad de la superficie resultante. Hay una segunda familia de métodos de interpolación que consta de métodos geoestadísticos, como kriging, que está basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos. Gracias a esto, las técnicas de estadística geográfica no solo tienen la capacidad de producir una superficie de predicción sino que también proporcionan alguna medida de certeza o precisión de las predicciones.

Kriging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación

en la superficie. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación. Kriging es un proceso que tiene varios pasos, entre los que se incluyen, el análisis estadístico exploratorio de los datos, el modelado de variogramas, la creación de la superficie y (opcionalmente) la exploración de la superficie de varianza. Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos. Se utiliza a menudo en la ciencia del suelo y la geología.

La fórmula de kriging

El método kriging es similar al de IDW en que pondera los valores medidos circundantes para calcular una predicción de una ubicación sin mediciones. La fórmula general para ambos interpoladores se forma como una suma ponderada de los datos:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Dónde:

$Z(s_i)$ = el valor medido en la ubicación i

λ_i = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i

s_0 = la ubicación de la predicción

N = la cantidad de valores medidos

En IDW, la ponderación, λ_i , depende exclusivamente de la distancia a la ubicación de la predicción. Sin embargo, con el método kriging, las ponderaciones están basadas no solo en la distancia entre los puntos medidos y la ubicación de la predicción, sino también en la disposición espacial general de los puntos medidos. Para utilizar la disposición espacial en las ponderaciones, la correlación espacial debe estar cuantificada. Por lo tanto, en un kriging ordinario, la ponderación, λ_i , depende de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación de la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de la ubicación de la predicción. En las siguientes secciones se describe cómo se utiliza la fórmula general de kriging para crear un mapa de la superficie de predicción y un mapa de la precisión de las predicciones.

Crear un mapa de la superficie de predicción con el método kriging

Para llevar a cabo una predicción con el método de interpolación de kriging, es necesario realizar dos tareas:

Descubrir las reglas de dependencia.

Realizar las predicciones.

A fin de completar estas dos tareas, kriging atraviesa un proceso de dos pasos:

Crea los variogramas y las funciones de covarianza para calcular los valores de dependencia estadística (denominada autocorrelación espacial) que dependen del modelo de autocorrelación (ajustar un modelo).

Prevé los valores desconocidos (hacer una predicción).

Se dice que en este método los datos se utilizan dos veces, debido a estas dos tareas bien distintivas: la primera vez, para calcular la autocorrelación espacial de los datos, y la segunda, para hacer las predicciones.

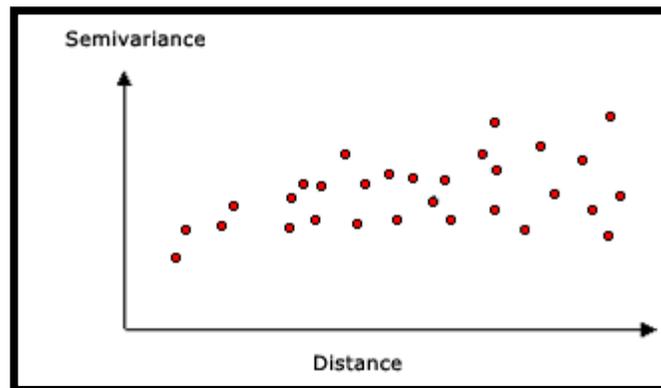
Variografía

El ajuste de un modelo, o modelado espacial, también se conoce como análisis estructural o variografía. En el modelado espacial de la estructura de los puntos medidos, se comienza con un gráfico del semivariograma empírico, calculado con la siguiente ecuación para todos los pares de ubicaciones separados por la distancia h :

$$\text{Semivariogram (distance}_h) = 0.5 * \text{average } ((\text{value}_i - \text{value}_j)^2)$$

La fórmula implica calcular la diferencia cuadrada entre los valores de las ubicaciones asociadas.

En la imagen a continuación se muestra la asociación de un punto (en color rojo) con todas las demás ubicaciones medidas. Este proceso continúa con cada punto medido.



Ejemplo de gráfico de semivariograma empírico.

La autocorrelación espacial cuantifica un principio básico de geografía: es más probable que las cosas que están más cerca sean más parecidas que las que están más alejadas. Entonces, los pares de ubicaciones que están más cerca (extremo izquierdo del eje X de la nube de semivariograma) deberían tener valores más similares (parte inferior en el eje Y de la nube de semivariograma). A medida que los pares de ubicaciones estén más separados entre sí (hacia la derecha en el eje X de la nube de semivariograma), deberían ser más distintos y tener una diferencia cuadrada más grande (hacia arriba en el eje Y de la nube de semivariograma).

Ajustar un modelo al semivariograma empírico

El siguiente paso es ajustar un modelo a los puntos que forman el semivariograma empírico. El moldeado del semivariograma es un paso clave entre la descripción espacial y la predicción espacial. La aplicación principal de kriging es la predicción de los valores de atributo en las ubicaciones que no fueron muestreadas. El semivariograma empírico proporciona información sobre

la autocorrelación espacial de los datasets. Sin embargo, no suministra información para todas las direcciones y distancias posibles. Por esta razón, y para asegurar que las predicciones de kriging tengan varianzas de kriging positivas, es necesario ajustar un modelo (es decir, una función o curva continua) al semivariograma empírico. En resumen, esto es similar al análisis de regresión, en el que se ajusta una línea o curva continua a los puntos de datos. Para ajustar un modelo al semivariograma empírico, seleccione una función que sirva como modelo, por ejemplo, un tipo esférico que se eleve y nivele las distancias más grandes que sobrepasan un determinado rango (vea el ejemplo del modelo esférico más abajo). Existen desviaciones de los puntos en el semivariograma empírico con respecto al modelo; algunos están por encima de la curva del modelo y algunos están por debajo. Sin embargo, si suma la distancia de cada punto por encima de la línea y la distancia de cada punto por debajo, los dos valores deberían ser similares. Existen varios modelos de semivariograma para elegir.

Modelos de semivariograma

La herramienta Kriging proporciona las siguientes funciones para elegir el modelado del semivariograma empírico:

Circular

Esférica

Exponencial

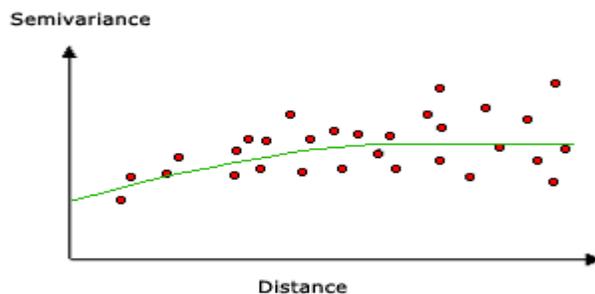
Gaussiana y lineal

El modelo seleccionado influye en la predicción de los valores desconocidos, en particular cuando la forma de la curva cercana al origen difiere significativamente. Cuanto más pronunciada sea la curva cercana al origen, más influirán los vecinos más cercanos en la predicción. Como resultado, la superficie de salida será menos suave. Cada modelo está diseñado para ajustarse a diferentes tipos de fenómenos de forma más precisa.

En los siguientes diagramas se muestran dos modelos comunes y se identifican las diferencias de las funciones:

Un ejemplo del modelo esférico

En este modelo se muestra una disminución progresiva de la autocorrelación espacial (así como un aumento en la semivarianza) hasta cierta distancia, después de la cual la autocorrelación es cero. El modelo esférico es uno de los que más se utilizan.

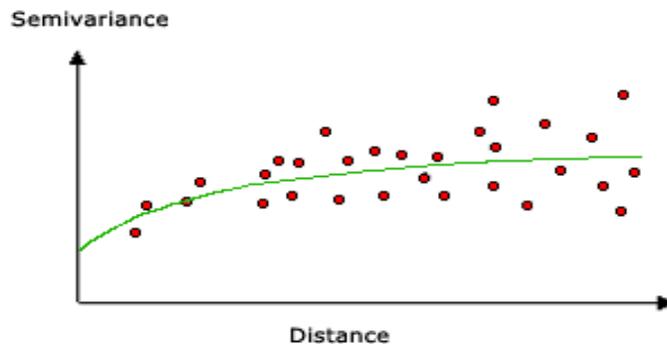


Ejemplo de modelo esférico

Un ejemplo del modelo exponencial

Este modelo se aplica cuando la autocorrelación espacial disminuye exponencialmente cuando aumenta la distancia. En este caso, la autocorrelación desaparece por completo solo a una distancia infinita. El

modelo exponencial también es un modelo comúnmente utilizado. La elección de qué modelo se va a utilizar está basada en la autocorrelación espacial de los datos y en el conocimiento previo del fenómeno.



Ejemplo de modelo exponencial

A continuación se ilustran más modelos matemáticos.

Comprender un semivariograma: rango, meseta y nugget

Como se indicó previamente, el semivariograma muestra la autocorrelación espacial de los puntos de muestra medidos. Tal como lo expresa un principio básico de la geografía (las cosas más cercanas son más parecidas), los puntos medidos que están cerca por lo general tendrán una diferencia cuadrada menor que la de aquellos que están más distanciados. Una vez diagramados todos los pares de ubicaciones después de haber sido colocados en un bin, se ajusta un modelo para estas ubicaciones. El rango, la meseta y el nugget se utilizan, generalmente, para describir estos modelos.

Rango y meseta

Al observar el modelo de un semivariograma, notará que a una determinada distancia, el modelo se nivela. La distancia a la que el modelo comienza a aplanarse se denomina rango. Las ubicaciones de muestra separadas por distancias más cortas que el rango están autocorrelacionadas espacialmente, mientras que las ubicaciones que están más alejadas que el rango, no lo están.

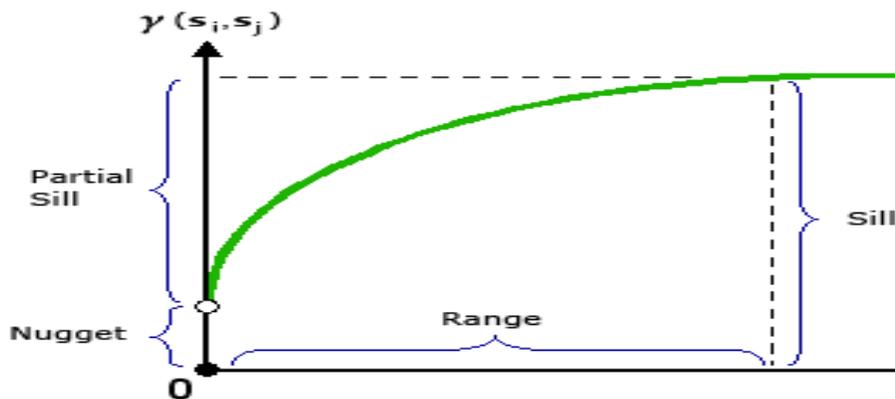


Ilustración de componentes de rango, meseta y nugget

El valor en el cual el modelo de semivariograma alcanza el rango (el valor en el eje Y) se denomina meseta. Una meseta parcial es la meseta menos el nugget.

El nugget se describe en la siguiente sección.

Nugget

En teoría, a una distancia de separación cero (por ej. intervalo = 0), el valor del semivariograma es 0. No obstante, a una distancia de separación infinitamente inferior, el semivariograma a menudo muestra un efecto nugget, que es un valor mayor que 0. Si el modelo de semivariograma intercepta el eje Y en 2, entonces el nugget es 2.

El efecto nugget puede atribuirse a errores de medición o a fuentes espaciales de variación a distancias que son menores que el intervalo de muestreo (o a ambas cosas). Los errores de medición ocurren debido al error inherente a los dispositivos de medición. Los fenómenos naturales pueden variar espacialmente en un rango de escalas. La variación a microescalas más pequeñas que las distancias de muestreo aparecerán como parte del efecto nugget. Antes de recopilar datos, es importante lograr comprender las escalas de variación espacial en las que está interesado.

Realizar una predicción

Cuando haya descubierto la dependencia o autocorrelación en sus datos (consulte la sección Variografía más arriba) y haya finalizado con el primer uso de los datos (usar la información espacial de los datos para calcular las distancias y modelar la autocorrelación espacial) puede realizar una predicción utilizando el modelo ajustado. Después de esto, se aparta el semivariograma empírico.

Ahora puede utilizar los datos para realizar predicciones. Al igual que la interpolación de IDW, kriging forma ponderaciones a partir de los valores medidos circundantes para prever ubicaciones sin mediciones. Asimismo, los valores medidos que estén más cerca de las ubicaciones sin mediciones tienen la mayor influencia. Sin embargo, las ponderaciones de kriging para los puntos medidos circundantes son más sofisticadas que las del método IDW. Este último utiliza un algoritmo simple basado en la distancia, mientras que las

ponderaciones de kriging provienen de un semivariograma que se desarrolló observando la naturaleza espacial de los datos. Para crear una superficie continua del fenómeno, se realizan predicciones para cada ubicación, o centro de celda, en el área de estudio basadas en el semivariograma y la disposición espacial de los valores medidos que son cercanos.

Los métodos kriging

Existen dos métodos kriging: ordinario y universal.

El kriging ordinario es el más general y más utilizado de los métodos kriging y es el predeterminado. Presupone que el valor medio constante es desconocido. Esa es una presuposición razonable a menos que haya una razón científica para rechazarla.

El kriging universal presupone que hay una tendencia de invalidación en los datos, por ejemplo, un viento prevaleciente, y puede modelarse a través de la función determinística polinómica. Esta función polinómica se resta de los puntos medidos originalmente y la autocorrelación se modela a partir de los errores aleatorios. Una vez que el modelo se ajusta a los errores aleatorios y antes de realizar una predicción, se vuelve a sumar la función polinómica a las predicciones para obtener resultados significativos. El kriging universal solo se debe utilizar si se conoce una tendencia en los datos y se puede dar una justificación científica para describirla.

Gráficos de semivariograma

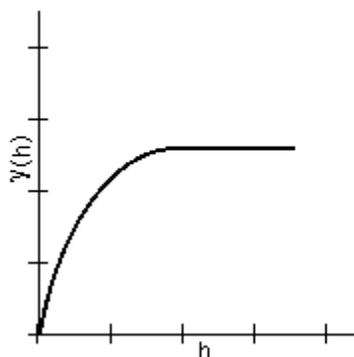
Kriging es un procedimiento complejo que requiere de un mayor conocimiento sobre las estadísticas espaciales que lo que se puede abarcar en este tema. Antes de utilizar este método, debe comprender profundamente sus principios básicos y evaluar la adecuación de sus datos para realizar un modelo con esta técnica. Si no comprende bien este procedimiento, se recomienda que repase algunas de las referencias enumeradas al pie de este tema.

Kriging se basa en una teoría de variables regionalizadas que presupone que la variación espacial en el fenómeno representado por los valores z es estadísticamente homogénea a lo largo de toda la superficie (por ej., se puede observar el mismo patrón de variación en todas las ubicaciones sobre la superficie). Esta hipótesis de homogeneidad espacial es fundamental para la teoría de variables regionalizadas.

Modelos matemáticos

A continuación se presentan las formas generales y las ecuaciones de los modelos matemáticos utilizados para describir la semivarianza.

SPHERICAL



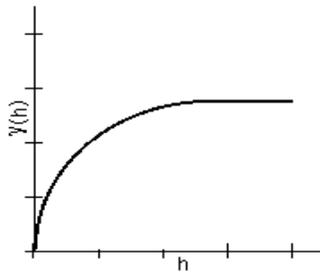
$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(\frac{3h}{2\alpha} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{\alpha} \right)^3 \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

Ilustración de modelo de semivarianza esférica

CIRCULAR



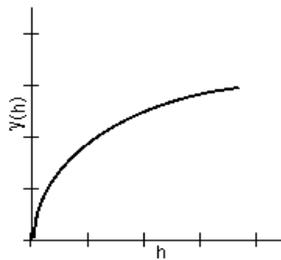
$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{h}{\alpha} \right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha^2}} \right)$$
$$0 < h \leq \alpha$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

Ilustración de modelo de semivarianza circular

EXPONENTIAL

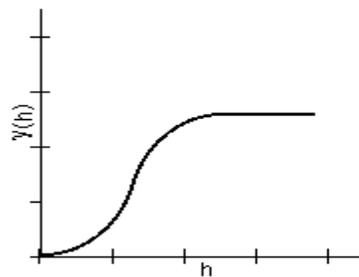


$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(1 - \exp \left(-\frac{h}{r} \right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

Ilustración de modelo de semivarianza exponencial

GAUSSIAN

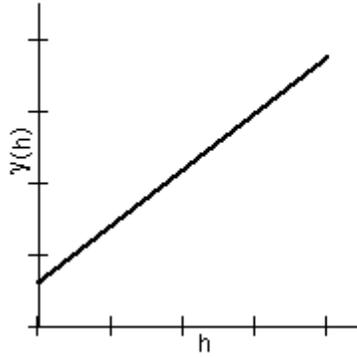


$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(1 - \exp \left(-\frac{h^2}{r^2} \right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

Ilustración de modelo de semivarianza gaussiana

LINEAR



$$\gamma(h) = c_0 + c \left(\frac{h}{\alpha} \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

Ilustración de modelo de semivarianza lineal

**ANEXO 3.2: TABLAS RESUMEN DE
REGIONES HIDROGRÁFICAS DE EL
SALVADOR**

REGION "A" LEMPA REGION ALTA		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201801	Santa Ana, Cuenca Rio	143.63
	Paz, Subcuenca Rio	
	Pampe	
2008201802	Santa Ana, Cuenca Rio	1,481.21
	Paz, Subcuenca Rio	
	Pampe. Rio Tres Ceibas,	
	Rio El Porvenir, Rio	
	Seco.	
2008201817	Sonsoate, Cuenca Rio	197.55
	Banderas. Rio Los	
	Lagartos Rio Huascalio,	
	Rio Chiquihuat, Rio	
	Amayo, Qda La	
	Quebradona.	
2008201822	La Libertad, Cuenca	35.71
	Chilama. R Siguaocate,	
	R Sn Isidro, R Sacazil,	
	R Limon, R LAs	
	Ventanas, Rio Las	
	Nubes, R Las	
	Granadillas, R La	
	Periquera, R El Salto, R	
	Pulpito, R Comasagua.	
2008201836	San Salvador, Cuenca	24.67
	Bocaba Toluca. R	
	Tacuazin, R Peche, R	
	Obraje, R Las	
	MAicillera, Rio Huiza, R	
	El Jutillo, R El Julillon,	
	R Chichiguiste.	
2008201879	Chalatenango, Cuenca	77.27
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Rio Sumpul	
2008201881	Cuscatlan, Cuenca Rio	36.05
	Lempa, Subcuenca Rio	
	San Nicolas, Las Se?	
	oras, Quebrada Las	
	Pilas.	
2008201885	Chalatenango, Cuenca	5.27
	Rio Lempa, Suncuenca	
	El Potrero.	
2008201886	Chalatenango, Cuenca	234.53
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Grande de	
	Chalatenango.	
2008201887	Chalatenango, Cuanca	31.71

	Rio Lempa, Subcuenca	
	Quebrada de Zacuapa y	
	Quebrada Las Ca?as	
	Sur.	
2008201888	Chalatenango, Cuenca	8,590.69
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Amayo y Soyate.	
2008201891	Chalateango, Cuenca	18,840.43
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Metayate.	
2008201892	Chalatenango-San	11,515.12
	Salvador, Cuenca Rio	
	Lempa, Subcuenca	
	Salitre, Quebrada La	
	Pita, Quebrada Tazula,	
	Amayo, Matizate.	
2008201893	Chalatenango, Cuenca	14,251.45
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Jayuca y Mojaflares.	
2008201894	Chalatenango-San	742.69
	Salvador, Cuenca Rio	
	Lempa, Subcuenca	
	confluencia Quebrada	
	Tasula y Jayuca.	
2008201895	Chalatenango, Cuenca	1,315.27
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Jayuca parte sur	
2008201896	Santa	15,750.66
	Ana-Chalatenango,	
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Quebrada	
	Honada, El tular,	
	Quebrada Barranca	
	Honda, Quebrada San	
	Isidro y Las Pavas.	
2008201897	Santa Ana, Cuenca Rio	10,233.01
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Ipapayo, Honduritas,	
	Penalapa.	
2008201898	Santa Ana, Cuenca Rio	2,523.32
	Lempa, Subcuenca	
	Quebrada EL Coyolito.	
2008201899	Santa Ana, Cuenca Rio	13,694.32
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Tahuilapa	
2008201900	Santa Ana, Rio Lempa,	27,291.31
	Subcuencas Santa In?s,	
	La Qubradona, Masala,	
	Zarca, Susuapa, El	

	Despoblado.	
2008201904	Chalatenango, Cuenca	11,032.57
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Rio Nunuapa	
2008201905	Santa Ana, Cuenca Rio	3,146.41
	Lempa, Subcuanca	
	Quebrada El Palmo.	
2008201906	Santa Ana, Cuenca Rio	3,364.47
	Lempa, Subcuenca	
	Laguna de Metapan y	
	Conchagua	
2008201907	Santa Ana, Lago Guija	83.73
	Centro.	
2008201908	Santa Ana, Cuenca Rio	17,931.97
	Lempa, Subcuenca	
	Laguna de Metap'n.	
2008201909	Santa Ana, Guija	1,077.30
2008201910	Santa Ana, Cuenca Rio	2,541.31
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Angue.	
2008201925	Santa Ana, Cuenca Rio	20,318.32
	Lempa, Suncuenca	
	Guajoyo.	
2008201926	Santa Ana, Cuenca Rio	16,185.29
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Ipapayo y Rio San	
	Jancinto.	
2008201927	La Libertad, Cuenca Rio	1,947.89
	Lempa, Subcuenca	
	Suquiapa.	
2008201928	Santa Ana, Cuenca Rio	29,302.47
	Lempa, Subcuenca	
	Suquiapa.	
2008201929	LA Libertad, Cuenca	11,453.07
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Suquiapa. Rio Tehuicho,	
	Rio Talcualaya, Rio	
	Pacayan, Rio Maria	
	Seca, Rio La Jaiva, Rio	
	Copinula, Qda Los	
	Menjivar, Qda La Tigra	
	i El Pilon.	
2008201930	La Libertad, Cuenca Rio	36,228.56
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Sucio parte norte. Rio	
	Tacachico y Rio Sucio.	
2008201931	Santa Ana-LaLibertad,	11,089.22
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Rio Sucio.	

	Rio Agua Caliente, Rio	
	Amayo, RioAgua Fria,	
	Rio Gumero, Rio La	
	Joyo, Qda De Soto.	
2008201932	La Libertad, Cuenca Rio	665.38
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Sucio. Rio Pantano. Rio	
	Canalizado.	
2008201933	Sonsonate-La	25,611.95
	Libertada, Confluencia	
	Cuenca Rio Banderas y	
	Rio LEmpa, Subcuenca	
	Rio Sucio.R Zanjon,R	
	Talpunca, R Talnique,R	
	Qda Seca,R Las	
	Colmenas, R Ojushtal,R	
	El Obraje,R Copapayo,R	
	Ateos,R Cashal.	
2008201934	La Libertad, Cuenca	10,349.42
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Sucio. R Pantano,R	
	Colon, R Canalizado, R	
	Agua Amarilla, Cana	
	Ppal Los Patos.	
2008201935	Cuscatlan-San	15,064.64
	Salvador, Cuenca Rio	
	Lempa, Subcuenca	
	Acelhuate Norte.	
2008201936	San Salvador, Cuenca	17,682.40
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Acelhuate. Rio Las Ca?	
	as, Rio Ismatapa, Rio	
	Guaycume, Rio	
	Chantecuan, Rio Agua	
	Blanca, Qda Las Pavas,	
	Qda El Caracol.	
2008201937	San Salvador, Cuenca	11,691.11
	Lempa, Subcuenca	
	Acelhuate. Rio	
	Tapachula, Rio	
	Ilohuapa, El Garrobo.	
2008201938	San Salvador, Cuenca	10,109.58
	Lempa, Subcuenca	
	Acelhuate. Rio Sta	
	Maria, Rio Sn Antonio,	
	Rio Mariona, Rio El	
	Angel, Rio El Arenal,	
	Rio Chaguite.	
2008201939	San	13,688.28

	Salvador-Cuscatlan,	
	Cuenca Lempa,	
	Subcuenca Acelhuate.	
	Rio El Sillero, Qda	
	Victoria, Rio Agua	
	Caliente, Rio El Riito,	
	Rio Champato, Rio	
	Entrepiedras, Rio	
	Guazapa.	
2008201941	Cuscatlan, Cuenca Rio	365.63
	Lempa, Subcuenca Qda	
	Quezalapa y Palancapa.	
	R Tancuajul,R Sucio,R	
	Sinuapa,R Talancapa,R	
	LasLagrimas,R	
	ElMolino,R ElAmate,R	
	Chunchucuyo,R	
	Atizan,R Agua Shuca,R	
	Acuitayo.	

REGION "A" LEMPA REGION MEDIA		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201843	La Paz, Cuenca Jiboa. R	73.53
	Zicimilla,R Tilapa,R	
	Simaya,R Sepaquiapa,R	
	Petana,R La Monta?a,R	
	Jutia,R Jiltepeque,R	
	Garcia,R Frio,R El	
	Jicaro,R El Jiote,R El	
	Desague,R El Conejo,R	
	El Chorreron,R El	
	Cacao.	
2008201859	San Miguel, Cuenca	2022.30
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Tolora extermo este,	
	Qda El Cagho, El	
	Manzano, Qda Los	
	Peones, Qda Maravilla.	
	Qda Las Lajas.	
2008201860	Caba?as, Cuenca Rio	11526.24
	Lempa, Subcuenca El	
	Sitio, Gualpuco y El	
	Gacho. Qda El Sitio,R	
	Sisicua,R Gualpuco,R	
	Tepemechin,Qda	

	Seca, Qda Los	
	Ranchos, Qda El	
	Ganado, Qda El	
	Romero, Qda	
	Pochota, Qda	
	Candelaria.	
2008201861	Cabañas, Cuenca Rio	8424.99
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Trola, Sirigual. Qda	
	Izcatal. Qda El Zapotal,	
	Caicique.	
2008201862	Cabañas, Cuenca Rio	440.66
	Lempa, Subcuenca Qda	
	Izcatal	
2008201864	Cabañas, Cuenca Rio	977.11
	Lempa, Subcuenca Qda	
	Izcatal	
2008201865	Cabañas, Cuenca Rio	1708.85
	Lempa.	
2008201873	Chalatenango-Cabañas,	6183.74
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Quebrada	
	Zacamil, Quebrada Ilila,	
	El Amatillo.	
2008201874	Chalatenango-Cabañas,	2959.65
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Qda El	
	Zapote, Qda El Chorro,	
	Del Pueblo.	
2008201875	Chalatenango, Cuenca	13614.45
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Monaquil y Guancora.	
2008201879	Chalatenango, Cuenca	16071.34
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Rio Sumpul	
2008201880	Chalatenango-Cabañas,	28489.48
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca	
	Yanconque, Sayulapa,	
	Sambo, Qda Los	
	Guillen, Qda Las	
	Pilonas, Qda Las Pilas,	
	Qda La Sirena,	
	Gualpopa, El Limon, El	
	Chorro, Asesecho, Altina,	
	QAchichilco	

2008201881	Cuscatlan, Cuenca Rio	9591.36
	Lempa, Subcuenca Rio	
	San Nicolas, Las Se?	
	oras, Quebrada Las	
	Pilas.	
2008201882	Chalatenango, Cuenca	13285.13
	Rio Lempa, Sibcuenca	
	Tamulasco y Motochico	
	parte sur.	
2008201883	Chalatenango, Cuenca	964.31
	Rio Lempa, Subcuenca	
	--, Embalce Cerron	
	Grande.	
2008201884	Chalatenango, Cuenca	12807.80
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Azambio, Motochico y	
	Quebrada Cujinicuil.	
2008201885	Chalatenango, Cuenca	5873.76
	Rio Lempa, Suncuenca	
	El Potrero.	
2008201886	Chalatenango, Cuenca	14656.46
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Grande de	
	Chalatenango.	
2008201887	Chalatenango, Cuanca	5978.11
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Quebrada de Zacuapa y	
	Quebrada Las Ca?as	
	Sur.	
2008201888	Chalatenango, Cuenca	2389.69
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Amayo y Soyate.	
2008201889	Chalatenango, Cuenca	572.51
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Quebrada Las Ca?as	
	parte Sur.	
2008201890	Chalatenango, Cuenca	136.08
	Rio Lempa, Subcuenca	
	confluencia Quebrada	
	La Pita norte y	
	Quebrada Las Ca?as	
	Sur.	
2008201891	Chalateango, Cuenca	2009.45
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Metayate.	

2008201892	Chalatenango-San	2732.60
	Salvador, Cuenca Rio	
	Lempa, Subcuenca	
	Salitre, Quebrada La	
	Pita, Quebrada Tazula,	
	Amayo, Matizate.	
2008201904	Chalatenango, Cuenca	73.53
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Rio Nunuapa	
2008201935	Cuscatlan-San	857.39
	Salvador, Cuenca Rio	
	Lempa, Subcuenca	
	Acelhuate Norte.	
2008201939	San	197.11
	Salvador-Cuscatlan,	
	Cuenca Lempa,	
	Subcuenca Acelhuate.	
	Rio El Sillero, Qda	
	Victoria, Rio Agua	
	Caliente, Rio El Riito,	
	Rio Champato, Rio	
	Entrepiedras, Rio	
	Guazapa.	
2008201940	Caba?as, Cuenca Rio	4125.86
	Lempa, Subcuenca Qda	
	La Sirena, Qda El	
	Obraje, QDa El	
	Herbidero, Cutumayo.	
2008201941	Cuscatlan, Cuenca Rio	10901.50
	Lempa, Subcuenca Qda	
	Quezalapa y Palancapa.	
	R Tancuajul, R Sucio, R	
	Sinuapa, R Talancapa, R	
	Las Lagrimas, R	
	El Molino, R El Amate, R	
	Chunchucuyo, R	
	Atizan, R Agua Shuca, R	
	Acuitayo.	
2008201942	Cuscatlan, Cuenca Rio	9045.96
	Lempa, Subcuenca	
	Quezalapa. R	
	Tepechapa, R Michapa,	
	R Juliapa, R El Limon,	
	R Cuchata, R Comizapa,	
	R Asiguillo.	
2008201943	Cuscatlan, Cuenca Rio	8061.53

	Lempa, Subcuenca	
	Quezalapa. R Los	
	Horcones, R Las LAas,	
	R La Pluma, R El	
	Carrizo, Qda Sn	
	Antonio, Qda El Zapote.	
2008201944	Cuscatlan, Cuenca Rio	7660.10
	Lempa, Subcuenca Qda	
	Quezalapa. Rio Tizapa,	
	Rio Tempizque,Rio Sn	
	Juan, Rio Paso Hondo,	
	Rio Mayuco, Rio Las	
	Animas, Rio El Rosario,	
	Rio Camalote, Rio	
	Cacahuatal.	
2008201945	Caba?as, Cuenca Rio	28469.13
	Lempa, Subcuenca	
	Copinolapa. Rio	
	Huiscoyol.	
2008201946	Caba?as, Cuenca Rio	7646.62
	Lempa, Subcuenca	
	Cuayquiquira. Rio	
	Mandingas, Qda Pea	
	Colrada, Qda Paratao,	
	Qda Los Copinoles, Qda	
	Las Jicaras, Qda	
	Gualchoco, Qda El	
	Regadio, Qda El	
	Chompipe, El	
	Caracol,Azacualpa	
2008201963	Morazan, Cuenca Rio	14640.96
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Guarajambala.	
2008201964	San Miguel, Cuenca Rio	10647.74
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Rio Las Ca?as,	
	Rio Jalala, Rio El	
	Rodeo, Rio El Riachuelo,	
	Rio El Camaron, Rio	
	Chorosco, Qda Sn	
	Pedro.	
2008201966	San Miguel-Morazan,	39653.65
	Ceunca Rio Lempa,	
	Subcuenca Rio Torola.R	
	Los Bueyes,R	
	Pechigual,R La	
	Montanita,R	

	Gualpunca,R Grande,R	
	Frio,R El Zapotal,R El	
	Riachuelo,R del	
	Pueblo,R Ca?averales,R	
	Araute, Qd Soled	
2008201967	Morazan, Cuenca Rio	13952.30
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Rio Sapo, Rio	
	Olominas, Rio Masala,	
	Rio Guaco. Qda LAs Ca?	
	as, Qda El Papalon, Qda	
	Pernal, Qda de Los	
	Arenales	
2008201968	Morazan, Cuenca Rio	3643.17
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola.	
2008201969	Morazan, Cuenca Rio	6841.16
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Qda La Ermita	
2008201970	Morazan-La	3426.30
	Union-Honduras,	
	Cuanca Rio Lempa,	
	Subcuenca Rio Torola.	
2008201971	Morazan, Cuenca Rio	1442.00
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Qda Honda.	
2008201973	La Union, Cuenca Rio	7089.82
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Rio Las Ventas,	
	Rio El Zunzal, Rio Agua	
	Caliente Qda El	
	Naranja. Qda El	
	Aceituno.	
2008201974	Morazan, Cuenca	8779.37
	RioLempa, Subcuenca	
	Torlola, Microcuenca	
	Rio Chiquito y Rio	
	Tepechemin. Rio Los	
	Achiotes, Rio El Roble,	
	Rio Sn Felipe, Rio	
	Corinto.	
2008201975	Caba?as-San Vicente,	340.04
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Titihuapa y	
	Los Ahogados. R Sta	
	Cruz,R La	

	Quebradona,R	
	Chapelcoro,R El	
	Jicaro,R Ucule,R Sn	
	Isidro,R StaBarbara,R	
	El Jute,R Sn Juan,R	
	Agua Caliente.	
2008201976	San Vicente, Cuenca	482.42
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Rio Titihuapa. Rio Los	
	Aztecas, Rio El	
	Pezote,Rio El Molino,	
	Rio Chiquito.	
2008201977	San Vicente, Cuenca	12.19
	Rio Lepa, Subcuenca	
	Titihuapa. Rio	
	Macachalito, Rio	
	Macachal, Rio El Rion,	
	Rio El Potrero, Rio El	
	Pital.	
2008201979	San Miguel, Cuenca	34.43
	Lempa, Sucuenca	
	Jiotique. Rio Las	
	Vueltas, Rio La Joya.	
2008201980	San Miguel, Cuenca	177.29
	Lempa, Subcuenca	
	Jiotique. Rio	
	Tamarindo, Rio Sn	
	Andres, Rio La Ca?ada,	
	Qda Sn Andres, Qda La	
	Ca?ada.	
2008201997	San Miguel, Cuenca	6.68
	Gde de Sn Miguel. R	
	Villeras,R Sirigual,R	
	Sn Sebastian,R Ma	
	Luisa,R Las Marillas,R	
	Grande,R El Pelon,R El	
	Guiscoyol,R El Choro,R	
	El Borbollon,R El	
	Astilero, R La Joya.	
2008201999	Morazan, Cuenca Gde	45.51
	de Sn Miguel. Rio	
	SnFrancisquito, Rio Sn	
	Diego, Rio La Monta?a,	
	Rio El Pelon, Rio El	
	Corrozal, Qda La Isleta.	
2008202001	Morazan, Cuenca	292.63

	Grande de Sn Miguel.	
	Rio Yububa, Rio	
	Yoloaquin, Rio Seco, Rio	
	El Volcan, Rio El	
	Chaguite, Rio Adobera,	
	Qda Tempisque, Qda	
	Chichipate.	
2008202002	Morazan, Cuenca Gde	122.83
	de Sn Miguel. Rio	
	Toronjo, Rio Seco,R	
	Paso LAs Minas, R Las	
	Trancas, R LAs Flores,	
	R La Presa, R La	
	MAjada, R Chiquito,	
	Qda Las Playuelas, Qda	
	El Caballo.	
2008401099	LA Union, Cuenca Rio	323.05
	Goascoran.R Chiquito,R	
	Guajiniquil,R	
	Nocascolo,R El	
	Amatal,Qda El	
	Zapote,Qda El	
	Espino.Qda Agua	
	Helada,Qda Las	
	Lagrimas,R El	
	Amatal,R Lislique,R	
	Anamoros,R El Sauce.	
2008401102	La Union, Cuenca Rio	6.19
	Goascoran. Rio de	
	Emiliano, Rio Grande.	
2008401110	La Union Goascoran.	38.97
	Rio Sn Felipe, Rio Las	
	Pinas, Rio Chiquito, Rio	
	Agua Caliente.	

REGION "A" LEMPA REGION BAJA		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201843	La Paz, Cuenca Jiboa. R	131.57
	Zicimilla,R Tilapa,R	
	Simaya,R Sepaquiapa,R	
	Petana,R La Monta?a,R	
	Jutia,R Jiltepeque,R	
	Garcia,R Frio,R El	
	Jicaro,R El Jiote,R El	
	Desague,R El Conejo,R	
	El Chorreron,R El	
	Cacao.	
2008201848	La Paz, Cuenca El	12.81
	Guayabo, Acomuncay El	
	Pajarito. R Ulapa,R	
	Sapuyo,R Peche,R	
	Nuevo,R La Catuca,R	
	El Silencio,R El Lobo,R	
	El Jute,R El Espino,R	
	El Callejon,R Do?a	
	Ana,R Copinol,R	
	Chilamaco,R Blanco.	
2008201849	San Vicente,Cuenca El	353.45
	Guayabo. Rio El	
	Pajarito, Canal El	
	Naranjo.	
2008201851	San Vicente, Cuenca El	361.40
	Guayabo. R Sta	
	Gertrudis,R Sn Diego,R	
	Los Achiotes,R La Ca?	
	a,R Guajoyo,R	
	Grande,R Frio,R El	
	Terreno,R ElPozon,R	
	Ojusthe,R Caracol,R	
	Bravo.	
2008201853	Usulután, Cuenca Ql	45.88
	Espino Borbollo y El	
	Potrero.R El Pueblo,R	
	El Potrero,R El	
	Borballon,Qda	
	Seca,Estero El Flor, Ca?	
	ada la Huesera.	
2008201855	Usulután, Cuenca El	1555.47
	Borballon.	
2008201856	San Vicente-Usulután,	25365.05
	Cuenca Lempa,	
	Subcuenca Higuayo,	
	Ca?ada El Trapiche,	
	Grande o El Rion, Rio	
	Sn Agustin, Callejas,	

	Roldan, De Plata,	
	Zapata El Jicaro, La	
	Pita.	
2008201857	San Vicente, Cuenca	24419.55
	LEmpa, Subcuenca	
	Acahuapa. R Tiembla	
	Tierra,R Sismico,R Sn	
	Felipe,R Sn Cristobal,R	
	Los Tres Tubos,R	
	Tempates,R La Joya,R	
	Istepeque,R Ismataco,R	
	Grande,R Frio,R Anton	
	Flores.	
2008201858	San Vicente-Usulután,	33337.49
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Qda Las	
	LAjas, Qda Sn Antonio,	
	El Potrero, Rio Frio, El	
	Coco, Isal Arena, San	
	Simon, Lempita.	
2008201859	San Miguel, Cuenca	6396.20
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Tolora extermo este,	
	Qda El Cagho, El	
	Manzano, Qda Los	
	Peones, Qda Maravilla.	
	Qda Las Lajas.	
2008201860	Cabañas, Cuenca Rio	458.93
	Lempa, Subcuenca El	
	Sitio, Gualpuco y El	
	Gacho. Qda El Sitio,R	
	Sisicua,R Gualpuco,R	
	Tepemechin,Qda	
	Seca,Qda Los	
	Ranchos,Qda El	
	Ganado,Qda El	
	Romero,Qda	
	Pochota,Qda	
	Candelaria.	
2008201943	Cuscatlan, Cuenca Rio	35.06
	Lempa, Subcuenca	
	Quezalapa. R Los	
	Horcones, R Las LAas,	
	R La Pluma, R El	
	Carrizo, Qda Sn	
	Antonio, Qda El Zapote.	
2008201944	Cuscatlan, Cuenca Rio	0.10
	Lempa, Subcuenca Qda	
	Quezalapa. Rio Tizapa,	
	Rio Tempizque,Rio Sn	
	Juan, Rio Paso Hondo,	

	Rio Mayuco, Rio Las	
	Animas, Rio El Rosario,	
	Rio Camalote, Rio	
	Cacahuatal.	
2008201945	Caba?as, Cuenca Rio	505.96
	Lempa, Subcuenca	
	Copinolapa. Rio	
	Huiscoyol.	
2008201946	Caba?as, Cuenca Rio	26.57
	Lempa, Subcuenca	
	Cuayquiquira. Rio	
	Mandingas, Qda Pea	
	Colrada, Qda Paratao,	
	Qda Los Copinoles, Qda	
	Las Jicaras, Qda	
	Gualchoco, Qda El	
	Regadio, Qda El	
	Chompipe, El	
	Caracol,Azacualpa	
2008201964	San Miguel, Cuenca Rio	63.12
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Rio Las Ca?as,	
	Rio Jalala, Rio El	
	Rodeo, Rio El Riachuelo,	
	Rio El Camaron, Rio	
	Chorosco, Qda Sn	
	Pedro.	
2008201966	San Miguel-Morazan,	31.72
	Ceunca Rio Lempa,	
	Subcuenca Rio Torola.R	
	Los Bueyes,R	
	Pechigual,R La	
	Montanita,R	
	Gualpunca,R Grande,R	
	Frio,R El Zapotal,R El	
	Riachuelo,R del	
	Pueblo,R Ca?averales,R	
	Araute, Qd Soled	
2008201975	Caba?as-San Vicente,	41560.27
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Titihuapa y	
	Los Ahogados. R Sta	
	Cruz,R La	
	Quebradona,R	
	Chapelcoro,R El	
	Jicaro,R Ucule,R Sn	
	Isidro,R StaBarbara,R	
	El Jute,R Sn Juan,R	
	Agua Caliente.	
2008201976	San Vicente, Cuenca	10007.77
	Rio Lempa, Subcuenca	

	Rio Titihuapa. Rio Los	
	Aztecas, Rio El	
	Pezote,Rio El Molino,	
	Rio Chiquito.	
2008201977	San Vicente, Cuenca	7900.09
	Rio Lepa, Subcuenca	
	Titihuapa. Rio	
	Macachalito, Rio	
	Macachal, Rio El Rion,	
	Rio El Potrero, Rio El	
	Pital.	
2008201978	Usulután, Cuenca	7695.55
	Lempa, Subcuenca	
	Guiscoyol y Don	
	Gaspar.Rio Lepaz, Rio	
	Huiscoyol.	
2008201979	San Miguel, Cuenca	4498.24
	Lempa, Subcuenca	
	Jiotique. Rio Las	
	Vueltas, Rio La Joya.	
2008201980	San Miguel, Cuenca	9093.69
	Lempa, Subcuenca	
	Jiotique. Rio	
	Tamarindo, Rio Sn	
	Andres, Rio La Ca?ada,	
	Qda Sn Andres, Qda La	
	Ca?ada.	
2008201981	San Miguel, Cuenca	11074.43
	Rio Lempa, Subcuenca	
	Jiotique. Rio Sessori, Rio	
	Porcas, Rio Los	
	Cangrejos, Rio La	
	Vega, Rio El Pulido, Rio	
	Cacao.	
2008201982	Usulután-San Miguel,	28393.29
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Qda El Tejar	
	y Gualcho, Microcuenca	
	Los Limones, Chiquito,	
	Jerusalén, La	
	Quebradona, Jalapa.	
2008201984	Usulután, Cuenca Gde	3.84
	de Sn Miguel y El	
	Molino. Subcuenca	
	Mejicapa.R Sta Maria,R	
	Gde de Sn Miguel,R El	
	Zope, Estero Sta Rosa,	
	Los Borriundos, Canal	
	El Limón.	
2008201985	Usulután-San Miguel.	84.38
	Cuenca Rio Gde Sn	

	Miguel.R Loa Amaya,R de Batres,Qda Siles, Qda La	
	Quebradona,Qda La	
	Playa,Qda El Roble,Qda	
	El Gato,Qda El	
	Barrancon,Qda Batres.	
2008201987	San Miguel, Cuenca	15.53
	Gde de Sn Miguel.Qda	
	Saravia,Qda Los	
	Cedros,Qda Los	
	Abelinos,Qda Las	
	Piletas,Qda La	
	Palmera,Qda La	
	Morita,Qda La Cancha	
	Morada,Qda La	
	Ceiba,Qda El Zope,Qda	
	El Manzano,Qda El	
	Clavo.	
2008201997	San Miguel, Cuenca	275.53
	Gde de Sn Miguel. R	
	Villeras,R Sirigual,R	
	Sn Sebastian,R Ma	
	Luisa,R Las Marillas,R	
	Grande,R El Pelon,R El	
	Guiscoyol,R El Choro,R	
	El Borbollon,R El	
	Astilero, R La Joya.	
2008202006	Usulután, Cuenca El	210.46
	Quebrado y La Poza.	
	Rio La Poza.	
2008202007	Usulután, Cuenca Gde	5.16
	de S Miguel y El	
	Molino, Subcuenca	
	Mejicapa. Rio Juana,	
	Rio El Molino,	
	Rio Chiquito.	

REGION “B” Rio Paz		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201789	Ahuachapan, Cuenca	96.74
	Barra de Santiago,	
	Subcuebca Cara Sucia.	
	Rio Zanjon El Cuje.	
2008201790	Ahuachapan, Cuenca	13038.22
	Rio Paz y Barra de	
	Sntgo, Subcuencas R Sn	
	Pedro, R La Meztiza, R	
	Agua Caliente, R	
	Ashuquema, Qda El	
	Casta?, R El	
	Riachuelo, R Sunza,	
	Qda El Talpetatillo,	
	Qda El Torre, R	
	Guayapa.	
2008201791	Ahuachapan, Cuenca	5804.03
	Rio Paz, Subcuenca Rios	
	Pueblo Viejo, Rio Los	
	Toles, Qda El	
	Talpetatillo, Qda El	
	Obraje.	
2008201793	Ahuachapan, Cuenca	2402.92
	Rio Paz, Subcuenca	
	Quebrada la Tigra parte	
	sur, Rio Tahuapa, Rio	
	Profundis.	
2008201794	Ahuachapan, Cuenca	71.47
	Rio Paz, Subcuenca	
	confluencia Rios Agua	
	Caliente y Rio Pampe	
2008201800	Ahuachapan, Cuenca	1461.56
	Rio Paz, Subcuenca Rio	
	Pampe.	
2008201801	Santa Ana, Cuenca Rio	2515.52
	Paz, Subcuenca Rio	
	Pampe	
2008201802	Santa Ana, Cuenca Rio	28232.92
	Paz, Subcuenca Rio	
	Pampe. Rio Tres Ceibas,	
	Rio El Porvenir, Rio	
	Seco.	
2008201803	Ahuachapan, Cuenca	4985.75
	Rio Paz,Subcuenca Rio	

	Agua Caliente parte	
	norte y Rio Tahuapa	
2008201804	Ahuachapan, Cuenca	8545.86
	Rio Paz, Subcuebca Rio	
	Agua Caliente norte. R	
	Zunza, R Sn Antonio, R	
	Salitrillo, R Nuevo. R	
	Los Auzoles, R Las	
	Canoas, R Frio, R	
	Escalante, R Chipilapa,	
	R Corozo, R Cachalate.	
2008201805	Ahuachapan, Cuenca	9326.49
	Rio Paz, Subcuenca Rio	
	Agua Caliente. Rio	
	Salitrillo, Rio Los	
	Ausoles, Rio Las Canoas,	
	Rio Escalante, Rio El	
	Jutal, Rio Chipilapa,	
	Rio Agua Tibia, Rio	
	Agua Shuca, Los	
	Chorros.	
2008201806	Ahuachapan, Cuenca	10779.33
	Rio Paz, Subcuebca Rio	
	Los Herbideron y Qda	
	La Angostura. R Sn	
	Antonio, R Nejapa, R	
	El Playon, R El Molino, R	
	El Limo, R Cusmapa, R	
	Atehuacia, R	
	Asino, Qda Ojode Agua,	
	Qda La Piletas, Qda	
	Las Lajas	
2008201807	Ahuachapan Cuenaca	39.98
	Barra de Santiago,	
	Subcuenca Cara sucia.	
	Rio El Izcanal, Rio de	
	Faya, Rio Cara Sucia,	
	Rio Aguachapio.	
2008201808	Ahuachapan, Cuenca	22.88
	Barra de Santaiaigo,	
	Subcuenca Cuilapa. Rio	
	Sn Antonio, Rio El	
	Rosario, Rio El Naranjo,	
	Rio El diamante.	
2008201810	Ahuachapan-Sonsonate,	57.91
	Cuenca Rio Cauta. Rio	
	Negro, Rio Moscua, Rio	
	MEtalio, Rio Matala, Rio	

	El Rosario, Rio Chalata,	
	Qda Metancingo.	
2008201811	Ahuachapan-Sonsonate,	110.13
	Cuenca Cara Sucia Sn	
	Pedro, Subcuenca Sn	
	Pedro. R Suzacuapa,R	
	Sto Domingo,R	
	Sihuapan,R La	
	Barrancona,R Los	
	Apanates,R La	
	Quebradona,R El	
	Coyol,R de Cubate,R	
	Chacala,R Copinula.	
2008201813	Sonsonate, Cuenca Rio	391.29
	Grande de Sonsonate.	
	Rio Bebedero, Qda	
	Santa Lucia, Rio Osuila,	
	Rio Papalote, Rio	
	Tecanata, Rio Sn	
	Antonio, Rio Julupe, Rio	
	Frio,	
2008201816	Sonsonate, Cuenca	0.00
	Grande de Sonsonate,	
	Subcuenca Rio	
	Banderas. R Yanqui, R	
	Quequeisquillo,R	
	NEgro,R Huicoyole,R El	
	Nacimiento,R Cuntan,	
	R Chutia,R Chorrera	
	Blanca, R Atecozol,Qda	
	Descabezada,Qda Arit	
2008201925	Santa Ana, Cuenca Rio	9.87
	Lempa, Suncuenca	
	Guajoyo.	
2008201928	Santa Ana, Cuenca Rio	1557.34
	Lempa, Subcuenca	
	Suquiapa.	

REGION "C" CARA SUCIA		
BASIN	NOMBRE	AREA (hectareas)
2008201789	Ahuachapan, Cuenca	356.20
	Barra de Santiago,	
	Subcuenca Cara Sucia.	
	Rio Zanjon El Cuje.	
2008201790	Ahuachapan, Cuenca	14556.91
	Rio Paz y Barra de	
	Sntgo, Subcuencas R Sn	
	Pedro, R La Meztiza, R	
	Agua Caliente, R	
	Ashuquema, Qda El	
	Casta?o, R El	
	Riachuelo, R Sunza,	
	Qda El Talpetatillo,	
	Qda El Torre, R	
	Guayapa.	
2008201806	Ahuachapan, Cuenca	1.51
	Rio Paz, Subcuenca Rio	
	Los Herbideron y Qda	
	La Angostura. R Sn	
	Antonio,R Nejapa,R	
	ElPlayon,R ElMolino,R	
	ELlmo, R Cusmapa,R	
	Atehuacia,R	
	Asino,QdaOjodeAgua,	
	Qda LaPiletas,Qda	
	LasLajas	
2008201807	Ahuachapan Cuenaca	9962.66
	Barra de Santiago,	
	Subcuenca Cara sucia.	
	Rio El Izcanal, Rio de	
	Faya, Rio Cara Sucia,	
	Rio Aguachapio.	
2008201808	Ahuachapan, Cuenca	14003.16
	Barra de Santaiaago,	
	Subcuenca Cuilapa. Rio	
	Sn Antonio, Rio El	
	Rosario, Rio El Naranjo,	
	Rio El diamante.	
2008201810	Ahuachapan-Sonsonate,	7788.51
	Cuenca Rio Cauta.Rio	
	Negro, Rio Moscua, Rio	
	MEtallo,Rio Matala, Rio	
	El Rosario, Rio Chalata,	
	Qda Metancingo.	
2008201811	Ahuachapan-Sonsonate,	10677.34
	Cuenca Cara Sucia Sn	
	Pedro, Subcuenca Sn	

	Pedro, R Suzacuapa,R	
	Sto Domingo,R	
	Sihuapan,R La	
	Barrancona,R Los	
	Apanates,R La	
	Quebradona,R El	
	Coyol,R de Cubate,R	
	Chacala,R Copinula.	
2008201812	Sonsonate, Cuenca San	10506.86
	Pedro, R Tepechapa, R	
	Sto Domingo, R Sn	
	Pedro, R Sn Pedrio, R	
	Cachuata, Qda	
	Tepusnagua, Qda El	
	Camalote.	
2008201813	Sonsonate, Cuenca Rio	424.49
	Grande de Sonsonate.	
	Rio Bebedero, Qda	
	Santa Lucia, Rio Osuila,	
	Rio Papalote, Rio	
	Tecanata, Rio Sn	
	Antonio, Rio Julupe, Rio	
	Frio,	

REGION "D" CUENCA RIO GRANDE DE SONSONATE			
BASIN	NOMBRE	AREA(HECTAREAS)	
2008201802	Santa Ana, Cuenca Rio	18.76	
	Paz, Subcuenca Rio		
	Pampe. Rio Tres Ceibas,		
	Rio El Porvenir, Rio Seco.		
2008201805	Ahuachapan, Cuenca	18.72	
	Rio Paz, Subcuenca Rio		
	Agua Caliente. Rio		
	Salitrillo, Rio Los		
	Ausoles, Rio Las Canoas,		
	Rio Escalante, Rio El		
	Jutal, Rio Chipilapa,		
	Rio Agua Tibia, Rio		
	Agua Shuca, Los		
	Chorros.		
2008201806	Ahuachapan, Cuenca	8.08	
	Rio Paz, Subcuenca Rio		
	Los Herbideron y Qda		
	La Angostura. R Sn		
	Antonio, R Nejapa, R		
	El Playon, R El Molino, R		
	El Limo, R Cusmapa, R		
	Atehuacia, R		
	Asino, Qda Ojode Agua,		
	Qda La Piletas, Qda		
	Las Lajas		
	2008201811	Ahuachapan-Sonsonate,	21.81
		Cuenca Cara Sucia Sn	
Pedro, Subcuenca Sn			
Pedro. R Suzacuapa, R			
Sto Domingo, R			
Sihuapan, R La			
Barrancona, R Los			
Apanates, R La			
Quebradona, R El			
Coyol, R de Cubate, R			
Chacala, R Copinula.			
2008201812	Sonsonate, Cuenca San	136.18	
	Pedro. R Tepechapa, R		
	Sto Domingo, R Sn		
	Pedro, R Sn Pedrio, R		
	Cachuata, Qda		
	Tepusnagua, Qda El		
Camalote.			

2008201813	Sonsonate, Cuenca Rio	21126.34
	Grande de Sonsonate.	
	Rio Bebedero, Qda	
	Santa Lucia, Rio Osuila,	
	Rio Papalote, Rio	
	Tecanata, Rio Sn	
	Antonio, Rio Julupe, Rio	
	Frio,	
2008201814	Sonsonate, Cuenca	374.35
	Mandinga. Rio	
	Pululuya, Rio	
	Mandinga, Qda El	
	Palmar.	
2008201816	Sonsonate, Cuenca	15245.22
	Grande de Sonsonate,	
	Subcuenca Rio	
	Banderas. R Yanqui, R	
	Quequeisquillo,R	
	NEgro,R Huicoyole,R El	
	Nacimiento,R Cuntan,	
	R Chutia,R Chorrera	
	Blanca, R Atecozol,Qda	
	Descabezada,Qda Arit	
2008201817	Sonsoate, Cuenca Rio	26344.34
	Banderas. Rio Los	
	Lagartos Rio Huascalio,	
	Rio Chiquihuat, Rio	
	Amayo, Qda La	
	Quebradona.	
2008201933	Sonsonate-La	1235.11
	Libertada, Confluencia	
	Cuenca Rio Banderas y	
	Rio LEmpa, Subcuenca	
	Rio Sucio.R Zanjon,R	
	Talpunca, R Talnique,R	
	Qda Seca,R Las	
	Colmenas, R Ojushtal,R	
	El Obraje,R Copapayo,R	
	Ateos,R Cashal.	

REGION "E" CUENCA MANDINGA		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201814	Sonsonate, Cuenca	7922.73
	Mandinga, Rio	
	Pululuya, Rio	
	Mandinga, Qda El	
	Palmar.	
2008201817	Sonsoate, Cuenca Rio	113.74
	Banderas, Rio Los	
	Lagartos Rio Huascalio,	
	Rio Chiquihuat, Rio	
	Amayo, Qda La	
	Quebradona.	
2008201822	La Libertad, Cuenca	7557.43
	Chilama, R Siguaote,	
	R Sn Isidro, R Sacazil,	
	R Limon, R LAs	
	Ventanas, Rio Las	
	Nubes, R Las	
	Granadillas, R La	
	Periquera, R El Salto, R	
	Pulpito, R Comasagua.	
2008201836	San Salvador, Cuenca	16878.66
	Bocaba Toluca. R	
	Tacuazin, R Peche, R	
	Obraje, R Las	
	MAicillera, Rio Huiza, R	
	El Jutillo, R El Julillon,	
	R Chichiguiste.	
2008201837	San Salvador, Cuenca	9368.95
	Bocana Toluca. R	
	Papaleguayo, R Hoja de	
	Sal, R Guiscoyolate, R	
	El Patashte, R	
	Chichigazapa, R Amayo.	
2008201841	La Paz, Cuenca	9169.77
	Comalapa, Rio Tihuapa,	
	Rio Orcoyo, Rio	
	Macucinapa.	
2008201842	La Paz, Cuenca Jiboa y	6574.57
	Comapala. R	
	Tapaguluya, R La	
	Pila, R Guasha, R El	
	Silecnio, R Cacapa, R	
	Aguacula.	

2008201843	La Paz, Cuenca Jiboa. R	23.87
	Zicimilla,R Tilapa,R	
	Simaya,R Sepaquiapa,R	
	Petana,R La Monta?a,R	
	Jutia,R Jiltepeque,R	
	Garcia,R Frio,R El	
	Jicaro,R El Jiote,R El	
	Desague,R El Conejo,R	
	El Chorreron,R El	
	Cacao.	
2008201933	Sonsonate-La	5.40
	Libertada, Confluencia	
	Cuenca Rio Banderas y	
	Rio LEmpa, Subcuenca	
	Rio Sucio.R Zanjon,R	
	Talpunca, R Talnique,R	
	Qda Seca,R Las	
	Colmenas, R Ojushtal,R	
	El Obraje,R Copapayo,R	
	Ateos,R Cashal.	
2008201934	La Libertad, Cuenca	1.28
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Sucio. R Pantano,R	
	Colon, R Canalizado, R	
	Agua Amarilla, Cana	
	Ppal Los Patos.	
2008201937	San Salvador, Cuenca	239.27
	Lempa, Subcuenca	
	Acelhuate. Rio	
	Tapachula, Rio	
	Ilohuapa, El Garrobo.	

REGION "G" ESTERO JALTEPEQUE		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201843	La Paz, Cuenca Jiboa. R	1229.90
	Zicimilla,R Tilapa,R	
	Simaya,R Sepaquiapa,R	
	Petana,R La Monta?a,R	
	Jutia,R Jiltepeque,R	
	Garcia,R Frio,R El	
	Jicaro,R El Jiote,R El	
	Desague,R El Conejo,R	
	El Chorreron,R El	
	Cacao.	
2008201844	La Paz, Cuenca	4156.11
	Jalponga, Acomunca,	
	Ca?ada Central,	
	Irocuenca El	
	Cordoncillo, El Escobal,	
	El Conchal, Las Plazas,	
	Del Ramazon,Los Loros.	
2008201845	La Paz, Cuenca	446.50
	Jalponga.	
2008201846	La Paz, Cuenca	12677.49
	Jalponga. R Ujuapa,R	
	Nuestro Amor,R	
	Huiscoyola,R	
	Champato,R Apante.	
2008201847	La Paz, Cuenca	9448.57
	Jalponga y Acomunca.	
	R Tepetayo,R	
	Huiscoyolata,R	
	Amayo,R Achinca,Qda	
	Chalagua, Esero La	
	Calzada.	
2008201848	La Paz, Cuenca El	21040.62
	Guayabo, Acomuncay El	
	Pajarito. R Ulapa,R	
	Sapuyo,R Peche,R	
	Nuevo,R La Catuca,R	
	El Silencio,R El Lobo,R	
	El Jute,R El Espino,R	
	El Callejon,R Do?a	
	Ana,R Copinol,R	
	Chilamaco,R Blanco.	
2008201849	San Vicente,Cuenca El	6574.30
	Guayabo. Rio El	
	Pajarito, Canal El	

	Naranjo.	
2008201850	San Vicente, Cuenca El	9921.87
	Guayabo. R Sn Pedro,R	
	Sn Jose,R Sn	
	Jeronimmo,R Rosario,R	
	Penitente,R Pedro	
	Abajo,R PEche,R Las	
	Yeguas,R LAs	
	Horquetas,R Las	
	Anselmas,R Ismendia,R	
	El Limon,R Angulo,R	
	Cortizo.	
2008201851	San Vicente, Cuenca El	14514.95
	Guayabo. R Sta	
	Gertrudis,R Sn Diego,R	
	Los Achiotes,R La Ca?	
	a,R Guajoyo,R	
	Grande,R Frio,R El	
	Terreno,R ElPozon,R	
	Ojusthe,R Caracol,R	
	Bravo.	
2008201852	La Paz, Cuenca Rio	9085.90
	Viejo o Comapa.	
2008201856	San Vicente-Usulután,	2469.11
	Cuenca Lempa,	
	Subcuenca Higuayo,	
	Ca?ada El Trapiche,	
	Grande o El Rion, Rio	
	Sn Agustin, Callejas,	
	Roldan, De Plata,	
	Zapata El Jicaro, La	
	Pita.	
2008201857	San Vicente, Cuenca	463.60
	LEmpa, Subcuenca	
	Acahuapa. R Tiembla	
	Tierra,R Sismico,R Sn	
	Felipe,R Sn Cristobal,R	
	Los Tres Tubos,R	
	Tempates,R La Joya,R	
	Istepeque,R Ismataco,R	
	Grande,R Frio,R Anton	
	Flores.	

REGION "H" BAHÍA DE JIQUILISCO		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201853	Usulután, Cuenca Ql	7950.30
	Espino Borbollo y El	
	Potrero.R El Pueblo,R	
	El Potrero,R El	
	Borballon,Qda	
	Seca,Estero El Flor, Ca?	
	ada la Huesera.	
2008201854	Usulután, Cuenca Ql	12576.67
	Quebrado, El Cacao y	
	La Poza. Subcuenca	
	Chahuantique. Rio El	
	Cacao, Qda El Papayal.	
2008201855	Usulután, Cuenca El	11196.00
	Borballon.	
2008201856	San Vicente-Usulután,	712.83
	Cuenca Lempa,	
	Subcuenca Higuayo,	
	Ca?ada El Trapiche,	
	Grande o El Rion, Rio	
	Sn Agustin, Callejas,	
	Roldan, De Plata,	
	Zapata El Jicaro, La	
	Pita.	
2008201858	San Vicente-Usulután,	51.01
	Cuenca Rio Lempa,	
	SubcuencaQda Las	
	LAjas, Qda Sn Antonio,	
	El Potrero, Rio Frio, El	
	Coco, Isal Arena, San	
	Simon, Lempita.	
2008201982	Usulután-San Miguel,	0.79
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcuenca Qda El Tejar	
	y Gualcho, Microcuenca	
	Los Limones, Chiquito,	
	Jerusalen, La	
	Quebradona, Jalapa.	
2008201983	Usulután, Cuenca El	1157.70
	Molino, Subcuenca Sta	
	Catarina, Sn Dionisio,	
	Madresal.	
2008201984	Usulután, Cuenca Gde	729.39

	de Sn Miguel y El	
	Molino. Subcuenca	
	Mejicapa.R Sta Maria,R	
	Gde de Sn Miguel,R El	
	Zope, Estero Sta Rosa,	
	Los Borriondos, Canal	
	El Limon.	
2008202005	Usulután, Cuenca El	564.52
	Molino, Subcuenca Sta	
	Catarina. Estero Sn	
	Dionisio, Estero Pto	
	Grande, Estero El	
	Molino, Estero El	
	Mataton, Estero EL	
	Bajon, Canal Barillas.	
2008202006	Usulután, Cuenca El	15032.73
	Quebrado y La Poza.	
	Rio La Poza.	
2008202007	Usulután, Cuenca Gde	7451.26
	de S Miguel y El	
	Molino, Subcuenca	
	Mejicapa. Rio Juana,	
	Rio El Molino,	
	RioChiquito.	

REGION "T" CUENCA RIO GRANDE DE SAN MIGUEL		
BASIN	NOMBRE	AREA(hectáreas)
2008201819	La Union, Cuenca	24.44
	Sirama. R Sta Cruz,R	
	Los Encuentros,R Las	
	Ceibillas,R Benavides.	
2008201820	La Union, Cuenca	46.46
	Sirama. R	
	Tepemechin,R La Paz,R	
	La Manzanilla,R	
	Amatillo,R Agua	
	Caliente.	
2008201821	La Union, Cuenca	256.09
	Sirama. R Tamarindo,R	
	Tizate,R Las Marias,	
	Qda de Agua.	
2008201839	La Union, Cuenca	70.47
	Maderas.Rio Sirama,R	

	El Nacimiento,R El	
	Municipio.	
2008201966	San Miguel-Morazan,	0.08
	Ceunca Rio Lempa,	
	Subcuenca Rio Torola.R	
	Los Bueyes,R	
	Pechigual,R La	
	Montanita,R	
	Gualpunca,R Grande,R	
	Frio,R El Zapotal,R El	
	Riachuelo,R del	
	Pueblo,R Ca?averales,R	
	Araute, Qd Soled	
2008201968	Morazan, Cuenca Rio	15.41
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola.	
2008201974	Morazan, Cuenca	5.81
	RioLempa, Subcuenca	
	Torlola, Microcuenca	
	Rio Chiquito y Rio	
	Tepechemin. Rio Los	
	Achiotos, Rio El Roble,	
	Rio Sn Felipe, Rio	
	Corinto.	
2008201981	San Miguel, Cuenca	55.29
	Rio Lempa, Subcunca	
	Jiotique. Rio Sesori, Rio	
	Porcas, Rio Los	
	Cangrejos, Rio La	
	Vega, Rio El Pulido, Rio	
	Cacao.	
2008201982	Usulután-San Miguel,	86.62
	Cuenca Rio Lempa,	
	Subcunca Qda El Tejar	
	y Gualcho, Microcuenca	
	Los Limones, Chiquito,	
	Jerusalén, La	
	Quebradona, Jalapa.	
2008201983	Usulután, Cuenca El	109.84
	Molino, Subcuenca Sta	
	Catarina, Sn Dionisio,	
	Madresal.	
2008201984	Usulután, Cuenca Gde	12190.12
	de Sn Miguel y El	
	Molino. Subcuenca	
	Mejicapa.R Sta Maria,R	
	Gde de Sn Miguel,R El	

	Zope, Estero Sta Rosa,	
	Los Borriondos, Canal	
	El Limon.	
2008201985	Usulután-San Miguel.	10596.58
	Cuenca Rio Gde Sn	
	Miguel.R Loa Amaya,R	
	de Batres,Qda Siles,	
	Qda La	
	Quebradona,Qda La	
	Playa,Qda El Roble,Qda	
	El Gato,Qda El	
	Barrancon,Qda Batres.	
2008201986	Usulután, Cuenca Gde	352.96
	de Sn Miguel. Qda El	
	transito.	
2008201987	San Miguel, Cuanca	8498.76
	Gde de Sn Miguel.Qda	
	Saravia,Qda Los	
	Cedros,Qda Los	
	Abelinos,Qda Las	
	Piletas,Qda La	
	Palmera,Qda La	
	Morita,Qda La Cancha	
	Morada,Qda La	
	Ceiba,Qda El Zope,Qda	
	El Manzano,Qda El	
	Clavo.	
2008201988	San Miguel, Cuenca	10734.85
	Gde de Sn Miguel. Rio	
	El Desgue.	
2008201989	San Miguel, Cuenca	10235.69
	Gde de Sn Miguel.R El	
	Desague,Qda Seca, Qda	
	El Salto del Rayado,Qda	
	Pte Mocho,Qda Piedra	
	Ancha,Qda La	
	Piedrita,Qda La	
	Penona, Qda La	
	Joya,Qda El Rebalse,Q	
	El Llano,Q El Jocotillo.	
2008201990	San Miguel, Cuenca Rio	23616.10
	Gde Sn Miguel. Zanjón	
	Pueblo Viejo,R	
	Chilanguera,Qda Las	
	Piletas, Qda Las	
	Diez,Qda LaPita,Qda	
	La Estacion,Qda El	

	Trompillo, Qda El	
	Cipres, Qda El Caimito,	
	Desgue Madre de	
	La Laguna	
2008201991	San Miguel, Cuenca	11355.22
	Gde de Sn Miguel. R	
	Aramuaca, Qda LAs	
	Trojas, Qda del	
	Cementerio, Qda de	
	LAjas, Qda Agua Tibia.	
2008201992	San Miguel, Cuenca	3765.64
	Gde de Sn Miguel. Qda	
	La Cruz, Qda El	
	Borollon, Qda El Amate.	
2008201993	San Miguel, Cuenca	9931.24
	Gde de Sn Miguel. R	
	Valle Nuevo, R	
	Taisihuat, R Las	
	Garzas, R El Zapotal, R	
	Comacaran, R Budines,	
	Qda La Joya.	
2008201994	San Miguel, Cuenca	10761.08
	Gde de Sn Miguel. Rio	
	Sn Esteban, Rio El	
	Tejar, Qda Sn Andres.	
2008201995	San Miguel, Cuenca	1903.33
	Gde de Sn Miguel. Rio	
	Las Ca?as.	
2008201996	Morazan, Cuenca Gde	12651.12
	de Sn Miguel. R Los	
	Amates, R Las Ca?as, R	
	Gualobo, R El Pueblo, R	
	El Muerto, R Chiquito	
	La Joya.	
2008201997	San Miguel, Cuenca	21678.07
	Gde de Sn Miguel. R	
	Villeras, R Sirigual, R	
	Sn Sebastian, R Ma	
	Luisa, R Las Marillas, R	
	Grande, R El Pelon, R El	
	Guiscoyol, R El Choro, R	
	El Borbollon, R El	
	Astilero, R La Joya.	
2008201998	San Miguel-Morazan,	6767.45
	Cuenca Gde de Sn	
	Miguel. R Seco, R Sn	

	Antonio,R El Guayabal.	
2008201999	Morazan, Cuenca Gde	11288.92
	de Sn Miguel. Rio	
	SnFrancisquito, Rio Sn	
	Diego, Rio La Monta?a,	
	Rio El Pelon, Rio El	
	Corrozal, Qda La Isleta.	
2008202000	Morazan, Cuenca Gde	1325.13
	de Sn Miguel. Rio Seco.	
2008202001	Morazan, Cuenca	10601.15
	Grande de Sn Miguel.	
	Rio Yububa, Rio	
	Yoloaquin, Rio Seco, Rio	
	El Volcan, Rio El	
	Chaguite, Rio Adobera,	
	Qda Tempisque, Qda	
	Chichipate.	
2008202002	Morazan, Cuenca Gde	15251.83
	de Sn Miguel. Rio	
	Toronjo, Rio Seco,R	
	Paso LAs Minas, R Las	
	Trancas, R LAs Flores,	
	R La Presa, R La	
	MAjada, R Chiquito,	
	Qda Las Playuelas, Qda	
	El Caballo.	
2008202003	San Miguel, Cuenca	7608.97
	Gde de Sn Miguel.Qda	
	La Ermita,R	
	Lapres,Qda Las	
	Lomitas,Qda	
	Manzanares,Qda	
	Reyes,Qda Cujules,Qda	
	La Cruz,Qda	
	Gomez,Qda El	
	Gomez,Qda El	
	Garabato,Qda El	
	Carreto.	
2008202004	San Miguel-La Union,	26003.27
	Cuenca Gde de Sn	
	Miguel.R Sn Antonio,R	
	Los Almendros,R Las	
	Pilas,R El Mono,R El	
	Huiscoyol,R El	
	Carmen,R El Baston,R	
	El Achiotal,R Chiquito.	
2008202006	Usulután, Cuenca El	0.21

	Quebrado y La Poza.	
	Rio La Poza.	
2008202007	Usulután, Cuenca Gde	4008.33
	de S Miguel y El	
	Molino, Subcuenca	
	Mejicapa. Rio Juana,	
	Rio El Molino,	
	Rio Chiquito.	
2008202008	La Union, Cuenca	144.16
	Managuara y El	
	Encantado. Rio Negro,	
	Rio Guamas, Rio Agua	
	Caliente, Qda El	
	Pachotal, Estero Los	
	Valientes y El	
	Tamarindo.	
2008401110	La Union Goascoran.	0.45
	Rio Sn Felipe, Rio Las	
	Pinas, Rio Chiquito, Rio	
	Agua Caliente.	
2008401111	Morazan-La Union,	54.60
	Cuenca Goascoran. Rio	
	Sta Rosa, Rio Sn	
	Sebastian, Rio Las	
	Marias, Rio La	
	Chorrera, Rio El	
	Camaron, Rio Albornoz.	

REGION "J" CUENCA SIRAMA		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201819	La Union, Cuenca	14552.91
	Sirama. R Sta Cruz,R	
	Los Encuentros,R Las	
	Ceibillas,R Benavides.	
2008201820	La Union, Cuenca	8676.04
	Sirama. R	
	Tepemechin,R La Paz,R	
	La Manzanilla,R	
	Amatillo,R Agua	
	Caliente.	
2008201821	La Union, Cuenca	8858.68
	Sirama. R Tamarindo,R	
	Tizate,R Las Marias,	
	Qda de Agua.	

2008201839	La Union, Cuenca	9145.24
	Maderas.Rio Sirama,R	
	El Nacimiento,R El	
	Municipio.	
2008201988	San Miguel, Cuenca	5.46
	Gde de Sn Miguel. Rio	
	El Desgue.	
2008201990	San Miguel, Cuenca Rio	596.45
	Gde Sn Miguel. Zanjon	
	Pueblo Viejo,R	
	Chilanguera,Qda Las	
	Piletas, Qda Las	
	Diez,Qda LaPita,Qda	
	La Estacion,Qda El	
	Trompillo,Qda El	
	Cipres,Qda El Caimito,	
	Desgue Madre de	
	LaLaguna	
2008201993	San Miguel, Cuenca	24.57
	Gde de Sn Miguel. R	
	Valle Nuevo,R	
	Taisihuat,R Las	
	Garzas,R El Zapotal,R	
	Comacaran,R Budines,	
	Qda La Joya.	
2008202004	San Miguel-La Union,	381.24
	Cuenca Gde de Sn	
	Miguel.R Sn Antonio,R	
	Los Almendros,R Las	
	Pilas,R El Mono,R El	
	Huiscoyol,R El	
	Carmen,R El Baston,R	
	El Achiotal,R Chiquito.	
2008202008	La Union, Cuenca	11245.26
	Managuara y El	
	Encantado. Rio Negro,	
	Rio Guamas, Rio Agua	
	Caliente, Qda El	
	Pachotal, Estero Los	
	Valientes y El	
	Tamarindo.	
2008401109	La Union, Cuenca	23.51
	Goascoran. Rio	
	Pasaquina, Rio El	
	Coyolar, Rio Agua	
	Salada.	
2008401111	Morazan-La Union,	1.91

	Cuenca Goascoran. Rio	
	Sta Rosa, Rio Sn	
	Sebastian, Rio Las	
	Marias, Rio La	
	Chorrera, Rio El	
	Camaron, Rio Albornoz.	

REGION "K" CUENCA GOASCORAN		
BASIN	NOMBRE	AREA
2008201819	La Union, Cuenca	1482.06
	Sirama. R Sta Cruz,R	
	Los Encuentros,R Las	
	Ceibillas,R Benavides.	
2008201820	La Union, Cuenca	256.05
	Sirama. R	
	Tepemechin,R La Paz,R	
	La Manzanilla,R	
	Amatillo,R Agua	
	Caliente.	
2008201969	Morazan, Cuenca Rio	7.37
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Qda La Ermita	
2008201971	Morazan, Cuenca Rio	12.30
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Qda Honda.	
2008201973	La Union, Cuenca Rio	90.54
	Lempa, Subcuenca Rio	
	Torola. Rio Las Ventas,	
	Rio El Zunzal, Rio Agua	
	Caliente Qda El	
	Naranja. Qda El	
	Aceituno.	
2008201974	Morazan, Cuenca	108.75
	RioLempa, Subcuenca	
	Torlola, Microcuenca	
	Rio Chiquito y Rio	
	Tepechemin. Rio Los	
	Achiotas, Rio El Roble,	
	Rio Sn Felipe, Rio	
	Corinto.	
2008202002	Morazan, Cuenca Gde	150.05
	de Sn Miguel. Rio	
	Toronjo, Rio Seco,R	
	Paso LAs Minas, R Las	

	Trancas, R LAs Flores,	
	R La Presa, R La	
	MAjada, R Chiquito,	
	Qda Las Playuelas, Qda	
	El Caballo.	
2008401099	LA Union, Cuenca Rio	33058.10
	Goascoran.R Chiquito,R	
	Guajiniquil,R	
	Nocascolo,R El	
	Amatal,Qda El	
	Zapote,Qda El	
	Espino.Qda Agua	
	Helada,Qda Las	
	Lagrimas,R El	
	Amatal,R Lislique,R	
	Anamoros,R El Sauce.	
2008401102	La Union, Cuenca Rio	10589.31
	Goascoran. Rio de	
	Emiliano, Rio Grande.	
2008401109	La Union, Cuenca	13101.80
	Goascoran. Rio	
	Pasaquina, Rio El	
	Coyolar, Rio Agua	
	Salada.	
2008401110	La Union Goascoran.	12075.68
	Rio Sn Felipe, Rio Las	
	Pinas, Rio Chiquito, Rio	
	Agua Caliente.	
2008401111	Morazan-La Union,	9630.11
	Cuenca Goascoran. Rio	
	Sta Rosa, Rio Sn	
	Sebastian, Rio Las	
	Marias, Rio La	
	Chorrera,Rio El	
	Camaron, Rio Albornoz.	

TABLAS DE AREAS DE LOS PARAMETROS QUE INFLUYEN EN LAS REGIONES

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "A"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	116	24092,47	2,38%
ALUVIALES	23	43200,43	4,28%
ANDISOLES	11	107169,72	10,61%
AREA URBANA	1	7376,98	0,73%
GRUMOSOLES	18	96152,55	9,52%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	21	455222,8	45,06%
LATOSOLES ARCILLOSOS ACIDOS	6	78890,18	7,81%
LITOSOLES	16	194984,84	19,3%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	11	3113,48	0,31%

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "B"			
NOMBRE	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	79	671,46	0,73%
ALUVIALES	1	2512,36	2,73%
ANDISOLES	3	31114,36	33,84%
GRUMOSOLES	2	15459,78	16,81%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	2	39380,15	42,83%
LITOSOLES	3	2243,08	2,44%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	3	568,95	0,62%

TIPO DE SUELO DE REGION "C"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	7	22,19	0,03%
ALUVIALES	3	7485,04	9,74%
ANDISOLES	2	18670,44	24,3%
GRUMOSOLES	2	14899,14	19,39%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	1	32175,73	41,88%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	4	3574,12	4,65%

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "D"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	3	0,01	0%
ALUVIALES	2	9368,1	12,05%
ANDISOLES	4	26295,9	33,81%
GRUMOSOLES	2	9855,46	12,67%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	3	15853,52	20,39%
LITOSOLES	1	15703,65	20,19%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	3	691,65	0,89%

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "E"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	10	1,08	0,00
ALUVIALES	2	13386,78	10.34
ANDISOLES	5	42833,63	33.1
GRUMOSOLES	1	1663,51	1.28
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	1	60422,93	46.68
LITOSOLES	2	10366,9	8.00
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	1	775	0,60

AREA DE TIPO DE SUELO DE REGION "F"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
	9	7071,93	10,47%
ALUVIALES	1	13099,58	19,39%
ANDISOLES	4	39798,92	58,91%
AREA URBANA	1	81,25	0,12%
LITOSOLES	4	7507,14	11,11%

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "G"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE %
	21	114,696133	0,12%
ALUVIALES	1	32281,513501	33,52%

ANDISOLES	3	37928,625429	39,38%
GRUMOSOLES	1	2374,235729	2,47%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	2	9110,117979	9,46%
LITOSOLES	1	3792,022097	3,94%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	73	10702,719228	11,11%

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "H"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	12	173,46	0,22%
ALUVIALES	2	9132,16	11,72%
ANDISOLES	6	29763	38,21%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	3	16038,31	20,59%
LITOSOLES	4	899,6	1,15%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	25	21893,98	28,11%

AREAS DE TIPO DE SUELO REGION "I"			
NOMBRE	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
	24	3206,58	1,34%
ALUVIALES	4	9959,71	4,18%
ANDISOLES	6	52513,44	22,01%
GRUMOSOLES	3	55122,21	23,11%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	9	94046,99	39,43%
LATOSOLES ARCILLOSOS ACIDOS	1	3100,04	1,3%
LITOSOLES	5	11454,39	4,8%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	5	9141,29	3,83%

AREAS DE TIPOS DE SUELO DE REGION "J"			
NOMBRE	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	12	198,32	0,18%
ANDISOLES	1	2773,88	2,56%
GRUMOSOLES	7	23650,94	21,85%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	3	68235,13	63,03%

LITOSOLES	1	5781,51	5,34%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	17	7619,92	7,04%

AREAS DE TIPO DE SUELO DE REGION "K"			
NOMBRE	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	5	855,9	0,83%
GRUMOSOLES	5	34229,03	33,02%
LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS	3	40188,36	38,77%
LITOSOLES	5	23267,07	22,45%
REGOSOLES Y HALOMORFICOS	6	5111,22	4,93%

AREAS DE FORMACION REGION "A"			
FORMACIÓN	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
Agua	87	7017,37	0,7%
Bálsamo	922	207669	20,67%
Chalatenango	173	98922,24	9,85%
Cuscatlán	808	220247,46	21,93%
Grupo Yojoa	84	1456,85	0,15%
Morazán	332	201391,54	20,05%
Morazán - Chalatenango	23	7811,06	0,78%
San Salvador	1086	247588,28	24,65%
Todos santos	33	6636,64	0,66%
Valle de ángeles	23	5711,83	0,57%

AREAS DE LA FORMACION REGION "B"			
FORMACIÓN	N° REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Agua	7	361,88	0,39%
Bálsamo	79	13013,49	14,17%
Chalatenango	1	135,9	0,15%
Cuscatlán	26	864,05	0,94%
Morazán	2	934,55	1,02%
San Salvador	224	76515,8	83,33%

AREA DE LA FORMACION REGION "C"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Agua	7	246,63	0,32%
Bálsamo	111	57443,93	74,79%
San Salvador	79	19116,95	24,89%

AREAS DE LA FORMACION REGION "D"			
FORMACIóN	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Agua	7	57,19	0,07%
Bálsamo	117	17856,51	22,97%
Cuscatlán	1	43,46	0,06%
San Salvador	101	59780,95	76,9%

AREAS DE LA FORMACION REGION "E"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Agua	16	162,41	0,13%
Bálsamo	216	85642,77	66,28%
Cuscatlán	97	21566,65	16,69%
San Salvador	91	21840,56	16,9%

AREAS DE LA FORMACION REGION "F"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Agua	10	7368,51	10,91%
Bálsamo	83	11880,49	17,59%
Cuscatlán	66	18755,8	27,77%
San Salvador	92	29534,77	43,73%

AREAS DE LA FORMACION REGION "G"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Agua	37	257,54	0,27%
Bálsamo	54	12991,18	13,52%
Cuscatlán	55	23318,03	24,26%
San Salvador	132	59542	61,95%

AREAS DE LA FORMACION REGION "H"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Agua	22	103,2	0,13%
Bálsamo	10	784,79	1,03%
Cuscatlán	1	9,49	0,01%
San Salvador	190	75565,83	98,83%

AREAS DE LA FORMACION REGION "I"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Agua	113	4102,85	1,72%
Bálsamo	163	34746,15	14,57%
Chalatenango	10	4833,08	2,03%
Cuscatlán	193	56498,03	23,7%
Morazán	43	27393,94	11,49%
San Salvador	398	110854,27	46,49%

AREAS DE LA FORMACION REGION "J"			
FORMACIóN	N° REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Agua	35	765,38	0,71%
Bálsamo	124	43884,12	40,69%
Cuscatlán	89	41945,1	38,9%
Morazán	3	2610,89	2,42%
San Salvador	191	18636,07	17,28%

AREAS DE LA FORMACION REGION "K"			
FORMACIÓN	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Agua	27	1086,99	1,05%
Bálsamo	7	4563,85	4,42%
Chalatenango	30	48391,93	46,86%
Cuscatlán	85	13569,01	13,14%
Morazán	43	22170,69	21,47%
San Salvador	130	13480,33	13,05%

AREAS DE USO DE SUELO DE REGION "A"			
OCUPACION DE SUELO	Nº DE REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
	1	4550,44	0,45%
Arboles Frutales	13	671,53	0,07%
Escombreras ,Vertederos y Rellenos Sanitarios	2	56,99	0,01%
Aeropuertos	1	27,63	0%
Bosque Caducifolio	99	33799,52	3,34%
Bosque de Galeria	114	6191,77	0,61%
Bosque de Mangle	17	2015,38	0,2%
Bosque Siempre Verdes	74	14551,86	1,44%
Bosques de Coniferas	112	50909,74	5,04%
Bosques Mixto	76	15758,13	1,56%
Bosques mixtos semi caducifoleos	101	39936,37	3,95%
Café	96	77078,15	7,63%
Caña de Azucar	149	29663,6	2,94%
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	92	28268,68	2,8%
Cultivos Permanentes Herbaceos	1	463,75	0,05%
Espacios con Vegetación Escasa	28	2399,05	0,24%
Granos Basicos	1138	204489,64	20,24%
Hortalizas	1	5,3	0%
Instalaciones Deportivas y Recreativas	3	45,02	0%
Lagos,lagunas y lagunetas	30	18292,43	1,81%
Lagunas costeras y esteros	4	51,08	0,01%

Morrales en potreros	3	180,31	0,02%
Mosaico de Cultivos y Pastos	413	94816,5	9,38%
Otros Cultivos Irrigados	11	854,31	0,08%
Pastos Cultivados	134	19951,08	1,97%
Pastos Naturales	706	100051,4	9,9%
Perimetro acuicola	1	9,37	0%
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	20	1347,89	0,13%
Platanales y Bananeras	1	26,34	0%
Playas,dunas y arenales	52	799,8	0,08%
Praderas Pantanosas	64	1937,93	0,19%
Ríos	22	5694,96	0,56%
Roqueda,lavas	10	1415,65	0,14%
Salinas	1	49,81	0%
Tejido Urbano Continuo	57	16725	1,66%
Tejido Urbano Discontinuo	297	15844,87	1,57%
Tejido Urbano Precario	84	4156,7	0,41%
Tejido Urbano Progresivo	5	381,61	0,04%
Terrenos Principalmente Agricola,	497	145518,43	14,4%
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2	452	0,04%
Vegetación Arbustiva Bajas	270	47695,18	4,72%
Vegetación arbustiva de playa	1	2,92	0%
Vegetación Esclerofila o Espinoza	41	6884,53	0,68%
Vegetación herbacea natural	54	12817,88	1,27%
Zonas Comerciales o Industriales	33	1032,86	0,1%
Zonas de Extracción Minera	9	523,06	0,05%
Zonas Ecotonales	16	540,89	0,05%
Zonas en Construcción	21	609,6	0,06%
Zonas Quemadas	32	841,88	0,08%
Zonas Verdes Urbanas	4	123,89	0,01%

AREAS DE USO DEL SUELO DE REGION "B"			
OCUPACION DE SUELO	N° DE REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE (%)
	2	912,97	0,01
Arboles Frutales	1	31,77	0,00
Aeropuertos	1	5,18	0,00
Bosque Caducifolio	13	2.328,35	0,03
Bosque de Galeria	6	634,56	0,01
Bosque de Mangle	7	97,60	0,00
Bosque Siempre Verdes	9	1.423,68	0,02
Bosques de Coniferas	2	423,47	0,00
Bosques mixtos semi caducifoleos	4	325,49	0,00
Café	36	35.313,78	0,38
Caña de Azucar	37	5.743,12	0,06
Cultivo de Piña	1	271,63	0,00
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	53	7.008,40	0,08
Espacios con Vegetación Escasa	2	94,67	0,00
Granos Basicos	190	18.475,36	0,20
Lagos,lagunas y lagunetas	3	108,52	0,00
Mares y océano	1	37,30	0,00
Mosaico de Cultivos y Pastos	29	2.822,78	0,03
Otros Cultivos Irrigados	4	369,30	0,00
Palmeras Oleíferas	2	3,96	0,00
Pastos Cultivados	41	1.275,88	0,01
Pastos Naturales	16	1.167,59	0,01
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	37	842,80	0,01
Platanales y Bananeras	3	394,14	0,00
Playas,dunas y arenales	1	1,10	0,00
Praderas Pantanosas	2	28,12	0,00
Ríos	2	314,59	0,00
Roqueda,lavas	2	51,84	0,00
Sistemas Agroforestales	1	73,92	0,00
Tejido Urbano Continuo	11	1.822,25	0,02

Tejido Urbano Discontinuo	53	3.678,40	0,04
Tejido Urbano Precario	1	17,00	0,00
Tejido Urbano Progresivo	5	86,64	0,00
Terrenos Principalmente Agricola	24	4.433,56	0,05
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	1	5,49	0,00
Vegetación Arbustiva Bajas	11	836,44	0,01
Vegetación herbacea natural	4	40,27	0,00
Viveros de Plantas Ornamentales y Otras	2	67,93	0,00
Zonas Comerciales o Industriales	4	123,11	0,00
Zonas Quemadas	9	292,24	0,00

AREAS DE USO DEL SUELO DE REGION "C"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE (%)
	2	64,50468	0,083389%
Arboles Frutales	1	10,420664	0,013471%
Aeropuertos	1	4,229795	0,005468%
Areas Turisticas y Arqueologicas	2	6,522476	0,008432%
Bosque Caducifolio	1	52,985117	0,068497%
Bosque de Galeria	31	2134,030828	2,758775%
Bosque de Mangle	9	2195,518314	2,838263%
Bosque Siempre Verdes	11	5887,555113	7,611154%
Café	5	11111,467904	14,364383%
Caña de Azucar	19	3282,912385	4,243995%
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	24	6734,088335	8,705513%
Espacios con Vegetación Escasa	1	0,002696	0,000003%
Estuarios	5	144,582555	0,18691%
Granos Basicos	87	26257,087249	33,943927%
Instalaciones Deportivas y Recreativas	1	0,081115	0,000105%
Lagos,lagunas y lagunetas	3	70,358287	0,090956%
Marismas maritimas	14	33,540042	0,043359%
Mosaico de Cultivos y Pastos	18	3258,044518	4,211847%

Otros Cultivos Irrigados	18	1545,043102	1,997359%
Palmeras Oleíferas	10	240,720091	0,311192%
Pastos Cultivados	64	8129,320658	10,509203%
Pastos Naturales	13	1298,161675	1,678202%
Perimetro acuicola	1	2,77709	0,00359%
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	10	233,706936	0,302125%
Platanales y Bananeras	1	667,227771	0,862561%
Playas,dunas y arenales	5	12,018257	0,015537%
Praderas Pantanosas	5	190,460307	0,246218%
Ríos	2	20,378192	0,026344%
Salinas	2	17,319371	0,02239%
Tejido Urbano Continuo	2	270,137295	0,349221%
Tejido Urbano Discontinuo	20	766,667522	0,991112%
Tejido Urbano Precario	2	27,443831	0,035478%
Tejido Urbano Progresivo	3	72,765388	0,094068%
Terrenos Principalmente Agricola,	19	2408,399717	3,113466%
Vegetación Esclerofila o Espinoza	1	15,770262	0,020387%
Vegetación herbacea natural	8	152,359591	0,196963%
Zonas Quemadas	3	35,695606	0,046146%

AREAS DE USO DE SUELO DE REGION "D"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE (%)
	6	722,74	0,01
Arboles Frutales	24	2212,43	0,03
Areas Turisticas y Arqueologicas	1	47,07	0,00
Bosque de Galeria	17	1739,38	0,02
Bosque de Mangle	4	13,33	0,00
Bosque Siempre Verdes	5	711,67	0,01
Bosques de Coniferas	1	206,40	0,00
Café	21	24982,89	0,32
Caña de Azucar	32	3980,31	0,05
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	27	4119,23	0,05

Cultivos Permanentes Herbaceos	1	262,30	0,00
Espacios con Vegetación Escasa	1	35,59	0,00
Granos Basicos	128	11375,56	0,15
Instalaciones Deportivas y Recreativas	2	32,48	0,00
Mosaico de Cultivos y Pastos	14	1627,85	0,02
Otros Cultivos Irrigados	36	6699,36	0,09
Pastos Cultivados	65	8113,71	0,10
Pastos Naturales	19	1134,65	0,01
Perimetro acuicola	2	77,81	0,00
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	3	122,19	0,00
Playas,dunas y arenales	9	253,40	0,00
Praderas Pantanosas	13	1419,02	0,02
Roqueda,lavas	2	1734,87	0,02
Sistemas Agroforestales	11	1894,33	0,02
Tejido Urbano Continuo	4	897,43	0,01
Tejido Urbano Discontinuo	25	1222,04	0,02
Tejido Urbano Precario	1	14,14	0,00
Tejido Urbano Progresivo	6	274,29	0,00
Terrenos Principalmente Agricola,	8	1432,44	0,02
Vegetación herbacea natural	1	22,92	0,00
Zonas Comerciales o Industriales	4	44,03	0,00
Zonas Portuarias	2	175,50	0,00
Zonas Quemadas	1	187,61	0,00

AREA DE USO DE SUELO DE REGION "E"			
OCUPACION DE SUELO	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
	4	2831,78	2,17%
Árboles Frutales	3	29,73	0,02%
Áreas Turísticas y Arqueológicas	12	596,41	0,46%
Bosque Caducifolio	55	4138,93	3,18%
Bosque de Galeria	41	1790,03	1,37%
Bosque de Mangle	8	509,26	0,39%
Bosque Siempre Verdes	7	278,54	0,21%

Bosques mixtos semi Caducifoleos	47	6293,47	4,83%
Café	42	28717,22	22,04%
Caña de Azucar	16	2721,91	2,09%
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	33	10302,17	7,91%
Espacios con Vegetación Escasa	2	32,15	0,02%
Estuarios	4	32,98	0,03%
Granos Basicos	237	31803,9	24,41%
Instalaciones Deportivas y Recreativas	1	17,67	0,01%
Lagunas costeras y Esteros	3	29,13	0,02%
Mosaico de Cultivos y Pastos	26	3342,46	2,57%
Otros Cultivos Irrigados	22	706,11	0,54%
Pastos Cultivados	45	4370,78	3,35%
Pastos Naturales	49	6158,4	4,73%
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	10	172,5	0,13%
Playas,dunas y arenales	6	14,32	0,01%
Praderas Pantanosas	5	143,83	0,11%
Ríos	4	62,46	0,05%
Tejido Urbano Continuo	13	824,67	0,63%
Tejido Urbano Discontinuo	18	967,47	0,74%
Tejido Urbano Progresivo	7	477,22	0,37%
Terrenos Principalmente Agrícola	67	22573,25	17,32%
Vegetación Esclerofila o Espinoza	2	66,14	0,05%
Zonas Comerciales o Industriales	3	111,34	0,09%
Zonas de Extracción Minera	2	87,99	0,07%
Zonas Ecotonales	1	42,4	0,03%
Zonas Portuarias	1	2,2	0%
Zonas Quemadas	2	49,3	0,04%
Zonas Verdes Urbanas	2	11,2	0,01%

AREA DEL USO DE SUELO REGION "F"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
	2	1919,16	2,84%
Arboles Frutales	1	14,41	0,02%
Aeropuertos	2	374,23	0,55%
Areas Turisticas y Arqueologicas	1	0	0%
Bosque Caducifolio	10	1137,63	1,68%
Bosque de Galeria	2	61,02	0,09%
Bosque de Mangle	2	263,48	0,39%
Bosque Siempre Verdes	4	326,78	0,48%
Bosques mixtos semi caducifoleos	10	1056,89	1,56%
Café	12	12760,69	18,87%
Caña de Azucar	10	4204,04	6,22%
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	39	9902,1	14,64%
Cultivos Permanentes Herbaceos	1	18,2	0,03%
Espacios con Vegetación Escasa	5	453,17	0,67%
Granos Basicos	87	10568,4	15,63%
Instalaciones Deportivas y Recreativas	1	68,97	0,1%
Lagos,lagunas y lagunetas	1	7340,32	10,85%
Mosaico de Cultivos y Pastos	26	8209,78	12,14%
Pastos Cultivados	18	1160,52	1,72%
Pastos Naturales	14	402,87	0,6%
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	12	953,83	1,41%
Playas,dunas y arenales	4	95,14	0,14%
Praderas Pantanosas	1	9,59	0,01%
Ríos	8	478,48	0,71%
Tejido Urbano Continuo	16	1703,94	2,52%
Tejido Urbano Discontinuo	22	960,39	1,42%
Terrenos Principalmente Agricola	19	2228,69	3,3%
Vegetación Arbustiva Bajas	10	736,96	1,09%
Vegetación Esclerofila o Espinoza	3	138,96	0,21%
Vegetación herbacea Natural	2	10,17	0,02%

Zonas Comerciales o Industriales	1	28,91	0,04%
Zonas Quemadas	1	45,66	0,07%

AREA DE USO DE SUELO REGION "G"			
OCUPACION DE SUELO	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
Arboles Frutales	5	38,47	0,04%
Bosque Caducifolio	5	1101,79	1,142%
Bosque de Galeria	36	1438,95	1,491%
Bosque de Mangle	46	6338,66	6,569%
Bosque Siempre Verdes	22	2329,52	2,414%
Bosques mixtos semi caducifoleos	6	2564,57	2,658%
Café	2	7362,86	7,631%
Caña de Azucar	42	14631,17	15,163%
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	63	6512,71	6,749%
Espacios con Vegetación Escasa	3	195,71	0,203%
Estuarios	1	0,28	0%
Granos Basicos	134	20400,44	21,142%
Lagos,lagunas y lagunetas	1	23,48	0,024%
Lagunas costeras y esteros	1	357,55	0,371%
Mosaico de Cultivos y Pastos	47	6473,85	6,709%
Otros Cultivos Irrigados	8	1560,42	1,617%
Palmeras Oleiferas	6	873,06	0,905%
Pastos Cultivados	79	5944,85	6,161%
Pastos Naturales	64	4357,72	4,516%
Perimetro acuicola	3	35,26	0,037%
Plantaciones de Bosques Monoespecifico	20	467,37	0,484%
Playas,dunas y arenales	2	40,37	0,042%
Praderas Pantanosas	25	1028,85	1,066%
Ríos	3	1,7	0,002%
Salinas	1	26,8	0,028%
Tejido Urbano Continuo	10	1089,41	1,129%

Tejido Urbano	32	1328,59	1,377%
Discontinuo			
Tejido Urbano	6	111,84	0,116%
Progresivo			
Terrenos	26	3191,18	3,307%
Principalmente			
Agricola,pero co			
Vegetación Arbustiva	20	2286,53	2,37%
Bajas			
Vegetación arbustiva de	2	70,69	0,073%
playa			
Vegetación Esclerofila o	3	457,99	0,475%
Espinoza			
Vegetación herbacea	23	2157,86	2,236%
natural			
Zonas Comerciales o	3	72,36	0,075%
Industriales			
Zonas Ecotonales	7	1202,75	1,246%
Zonas Quemadas	12	416,28	0,431%

AREA DE USO DE SUELO REGION "H"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
	3	104,67	0,1354%
Arboles Frutales	10	578,32	0,748%
Aeropuertos	2	14,9	0,0193%
Bosque de Galeria	14	473,26	0,6122%
Bosque de Mangle	61	8395,96	10,8599%
Bosque Siempre Verdes	17	2177,68	2,8168%
Bosques mixtos semi	2	3,19	0,0041%
caducifoleos			
Café	9	9765,01	12,6307%
Caña de Azucar	43	7813,59	10,1066%
Cultivos Anuales	8	2936,51	3,7983%
Asociados con Cultivos			
Espacios con Vegetación	2	38,37	0,0496%
Escasa			
Estuarios	3	13,63	0,0176%
Granos Basicos	111	11470,81	14,8371%
Lagos,lagunas y	2	12,88	0,0167%

lagunetas			
Lagunas costeras y	10	1384,62	1,791%
esteros			
Marismas interiores	3	1212,96	1,5689%
Mosaico de Cultivos y	44	9200,52	11,9006%
Pastos			
Otros Cultivos Irrigados	4	438,35	0,567%
Palmeras Oleiferas	12	2007,72	2,5969%
Pastos Cultivados	22	1634,11	2,1137%
Pastos Naturales	54	5626,98	7,2783%
Perimetro acuicola	12	165,81	0,2145%
Plantaciones de	10	153,86	0,199%
Bosques Monoespecifico			
Playas,dunas y arenales	7	129,08	0,167%
Praderas Pantanosas	14	485,11	0,6275%
Roqueda,lavas	2	21,7	0,0281%
Salinas	20	740,68	0,958%
Tejido Urbano Continuo	7	1076,99	1,393%
Tejido Urbano	42	1553,06	2,0088%
Discontinuo			
Terrenos	50	3674,7	4,7531%
Principalmente			
Agricola,pero co			
Vegetación Arbustiva	37	1490,92	1,9285%
Bajas			
Vegetación Esclerofila o	2	126,58	0,1637%
Espinoza			
Vegetación herbacea	6	76,36	0,0988%
natural			
Zonas Comerciales o	1	43,4	0,0561%
Industriales			
Zonas Ecotonales	6	1163,91	1,5055%
Zonas Portuarias	1	6,19	0,008%
Zonas Quemadas	32	1099,14	1,4217%

AREA DE USO DE SUELO REGION "I"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Arboles Frutales	2	194,92	0,08%
Aeropuertos	4	34,3	0,01%

Areas Turisticas y	1	0,76	0%
Arqueologicas			
Bosque Caducifolio	30	2644,48	1,11%
Bosque de Galeria	36	2462,75	1,03%
Bosque de Mangle	17	5254,63	2,2%
Bosque Siempre Verdes	26	1313,01	0,55%
Bosques de Coniferas	1	257,79	0,11%
Bosques Mixto	2	182,22	0,08%
Bosques mixtos semi	23	11921,34	4,99%
caducifoleos			
Café	10	14153,16	5,92%
Caña de Azucar	61	6455,41	2,7%
Cultivos Anuales	19	5594,18	2,34%
Asociados con Cultivos			
Espacios con Vegetación	26	1550,77	0,65%
Escasa			
Granos Basicos	276	33385,57	13,97%
Hortalizas	1	4,43	0%
Lagos,lagunas y	11	2482,77	1,04%
lagunetas			
Lagunas costeras y	6	681	0,29%
esteros			
Mosaico de Cultivos y	120	28946,04	12,12%
Pastos			
Otros Cultivos Irrigados	7	437,69	0,18%
Palmeras Oleiferas	7	797,21	0,33%
Pastos Cultivados	47	4205,87	1,76%
Pastos Naturales	292	36822,81	15,41%
Perimetro acuicola	7	114,78	0,05%
Plantaciones de	8	1293,25	0,54%
Bosques Monoespecifico			
Playas,dunas y arenales	7	178,44	0,07%
Praderas Pantanosas	35	2997,25	1,25%
Ríos	8	975,38	0,41%
Roqueda,lavas	8	1739,63	0,73%
Salinas	7	277,93	0,12%
Tejido Urbano Continuo	13	4053,91	1,7%
Tejido Urbano	69	3480,06	1,46%
Discontinuo			

Terrenos	99	37966	15,89%
Principalmente			
Agrícola,pero co			
Vegetación acuática	6	538,91	0,23%
sobre cuerpos de agu			
Vegetación Arbustiva	144	15818,63	6,62%
Bajas			
Vegetación herbacea	43	8422,6	3,53%
natural			
Zonas Comerciales o	1	5,79	0%
Industriales			
Zonas de Extracción	1	139,52	0,06%
Minera			
Zonas Ecotonales	3	321,13	0,13%
Zonas Quemadas	21	790,05	0,33%

AREA DE USO DE SUELO REGION "J"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Arboles Frutales	3	362,02	0,34%
Aeropuertos	1	7,84	0,01%
Areas Turisticas y	4	141,59	0,13%
Arqueologicas			
Bosque Caducifolio	52	8920,92	8,3%
Bosque de Galeria	11	321,19	0,3%
Bosque de Mangle	39	4040,87	3,76%
Bosque Siempre Verdes	6	524,5	0,49%
Bosques de Coniferas	1	116,74	0,11%
Bosques Mixto	1	0,01	0%
Bosques mixtos semi	32	19131,94	17,8%
caducifoleos			
Café	1	579,16	0,54%
Caña de Azucar	3	327,57	0,3%
Cultivos Anuales	3	188,63	0,18%
Asociados con Cultivos			
Espacios con Vegetación	13	548,34	0,51%
Escasa			
Granos Basicos	287	10296,12	9,58%
Hortalizas	1	8,28	0,01%
Lagos,lagunas y	4	268,74	0,25%

lagunetas			
Lagunas costeras y	10	342,03	0,32%
esteros			
Marismas interiores	3	69,07	0,06%
Morrales en potreros	1	30,58	0,03%
Mosaico de Cultivos y	53	5255,67	4,89%
Pastos			
Otros Cultivos Irrigados	1	13,33	0,01%
Palmeras Oleíferas	2	110,61	0,1%
Pastos Cultivados	35	951,52	0,89%
Pastos Naturales	261	26291,03	24,46%
Perimetro acuicola	2	9,6	0,01%
Plantaciones de	4	67,5	0,06%
Bosques Monoespecifico			
Playas,dunas y arenales	19	220,29	0,2%
Praderas Pantanosas	2	47,11	0,04%
Ríos	11	766	0,71%
Salinas	36	633,27	0,59%
Sistemas Agroforestales	1	35,19	0,03%
Tejido Urbano Continuo	11	826,78	0,77%
Tejido Urbano	26	1002,14	0,93%
Discontinuo			
Tejido Urbano Precario	3	88,43	0,08%
Tejido Urbano	1	27,96	0,03%
Progresivo			
Terrenos	102	7946,74	7,39%
Principalmente			
Agricola,pero co			
Vegetación acuática	2	27,87	0,03%
sobre cuerpos de agu			
Vegetación Arbustiva	133	10424,76	9,7%
Bajas			
Vegetación arbustiva de	2	66,81	0,06%
playa			
Vegetación Esclerofila o	9	239,11	0,22%
Espinoza			
Vegetación herbacea	62	6068,62	5,65%
natural			
Zonas Comerciales o	3	33,58	0,03%
Industriales			
Zonas Ecotonales	3	115,9	0,11%

Zonas Portuarias	1	1,7	0%
Zonas Quemadas	1	6,35	0,01%

AREA DE USO DE SUELO REGION "K"			
OCUPACION DE SUELO	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
	4	278,08	0,27%
Bosque Caducifolio	31	8535,44	8,26%
Bosque de Galeria	9	426,14	0,41%
Bosque de Mangle	11	2070,58	2%
Bosque Siempre Verdes	1	122,92	0,12%
Bosques de Coniferas	4	3407,35	3,3%
Bosques Mixto	3	233,41	0,23%
Bosques mixtos semi caducifoleos	4	1955,35	1,89%
Cultivos Anuales	1	384,73	0,37%
Asociados con Cultivos			
Espacios con Vegetación	50	4168,59	4,03%
Escasa			
Granos Basicos	17	2730,8	2,64%
Hortalizas	2	44,78	0,04%
Lagunas costeras y esteros	5	167,82	0,16%
Marismas interiores	5	102,54	0,1%
Morrales en potreros	4	1807,1	1,75%
Mosaico de Cultivos y Pastos	18	3192,62	3,09%
Pastos Cultivados	7	5535,06	5,35%
Pastos Naturales	235	24256,9	23,47%
Playas, dunas y arenales	6	36,21	0,04%
Ríos	5	1295,37	1,25%
Salinas	6	354,67	0,34%
Tejido Urbano Continuo	5	552,88	0,53%
Tejido Urbano Discontinuo	6	272,9	0,26%
Terrenos	22	26185,82	25,33%
Principalmente Agricola, pero co			

Vegetación Arbustiva	84	14892,73	14,41%
Bajas			
Vegetación herbacea	6	357,16	0,35%
natural			

AREAS DE VEGETACION REGION "A"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE (%)
Area Urbanizada	31	15536,23	1,54%
Areas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)	8	4306,03	0,43%
Cuerpos de agua	12	6814,01	0,67%
Embalse	4	15650,95	1,55%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	3	214,01	0,02%
Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulce acuícola flotante	22	1572,68	0,16%
No interpretado	23	4629,7	0,46%
Roca desnuda, lava y bancos de arena	8	47,58	0%
Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	9	13372,46	1,32%
Sistemas productivos mixtos	13	37112,92	3,68%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	88	101930,04	10,09%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	10	309,22	0,03%
Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas	15	79273,8	7,85%
Vegetación abierta predominantemente siempre verde latifoliada esclerófila (chaparral)	4	56693,23	5,61%
Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)	25	16721,46	1,66%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	8	1957,03	0,19%
Vegetación cerrada verde tropical ombrófila montana nubosa	4	2251,51	0,22%

Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	13	1724,84	0,17%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	23	2809,52	0,28%
Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada	5	2207,6	0,22%
Vegetación cerrada tropical decidua en estacion seca, de tierras bajas	12	2320,78	0,23%
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	13	19588,01	1,94%
Zonas de cultivos forestales y frutales	25	2464,33	0,24%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	149	553578,85	54,82%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	28	66758,93	6,61%

AREAS DE VEGETACION REGION "B"			
VEGETACION	Nº REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Área Urbanizada	5	972,03	1,06%
Cuerpos de agua	6	476,16	0,52%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	3	21,94	0,02%
Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulce acuícola flotante	1	7,76	0,01%
No interpretado	1	323,24	0,35%
Roca desnuda, lava y bancos de arena	6	67,12	0,07%
Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	3	417,7	0,45%
Sistemas productivos mixtos	2	231,42	0,25%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	6	13340,61	14,52%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	3	40,93	0,04%
Vegetación abierta principalmente siempre verde ombrófila tropical de arbustos (páramo)	1	26,24	0,03%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	3	600,11	0,65%

Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila montana nubosa	3	117,01	0,13%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	7	112,17	0,12%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	10	614,07	0,67%
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	3	1001,57	1,09%
Zonas de cultivos forestales y frutales	1	16,87	0,02%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	8	36192,06	39,38%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	7	37319,81	40,61%

AREAS DE VEGETACION REGION "C"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Cuerpos de agua	2	8,65	0,01%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	1	234,43	0,31%
Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	4	411,38	0,54%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	5	33477,72	43,77%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	10	199,27	0,26%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	1	5185,49	6,78%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	3	2090,26	2,73%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	1	36,25	0,05%
Vegetación cerrada tropical decidua en estacion seca, de tierras bajas	2	190,24	0,25%
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	2	234,98	0,31%
Zonas de cultivos forestales y frutales	5	188,16	0,25%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	1	22300,06	29,15%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	2	11933,92	15,6%

AREA DE VEGETACION DE REGION "D"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
Área Urbanizada	8	1540,54	1,98%
Áreas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)	7	907,55	1,17%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	7	1438,7	1,85%
Roca desnuda, lava y bancos de arena	2	847,03	1,09%
Sistemas productivos acuáticos (camaroneras o salineras)	1	64,12	0,08%
Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	1	7132,48	9,18%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	1	2607,13	3,36%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	1	36,96	0,05%
Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas	1	128,79	0,17%
Vegetación abierta principalmente siempre verde ombrófila tropical de arbustos (páramo)	1	134,97	0,17%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	5	2161,44	2,78%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	1	0,56	0%
Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas	4	222,54	0,29%
Zonas de cultivos forestales y frutales	1	89,61	0,12%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	20	31491,05	40,54%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	12	28883,25	37,18%

AREAS DE VEGETACION REGIO "E"			
VEGETACION	Nº REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Área Urbanizada	10	590,03	0,46%
Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	16	26763,53	20,68%
Sistemas productivos mixtos	2	1625,88	1,26%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	1	10,47	0,01%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	6	535,8	0,41%
Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas	3	27333,06	21,12%
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	3	271,56	0,21%
Zonas de cultivos forestales y frutales	8	1032,4	0,8%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	29	27256,53	21,06%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	6	43990,8	33,99%

AREA DE VEGETACION REGION "F"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
Área Urbanizada	4	1449,19	2,15%
Cuerpos de agua	1	7040,99	10,42%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	1	21,78	0,03%
Roca desnuda, lava y bancos de arena	1	48,47	0,07%
Sistemas productivos mixtos	5	7411,14	10,97%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	1	270,54	0,4%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	1	29,16	0,04%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	1	16,95	0,03%

Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila montana nubosa	1	3,69	0,01%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	1	218,41	0,32%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	3	2001,3	2,96%
Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada	1	509,52	0,75%
Vegetación cerrada tropical decidua en estacion seca, de tierras bajas	3	191,07	0,28%
Zonas de cultivos forestales y frutales	4	1339,35	1,98%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	5	36389,69	53,87%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	4	10615,33	15,71%

AREA DE VEGETACION REGION "G"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
Área Urbanizada	4	351,1	0,37%
Cuerpos de agua	7	129,83	0,14%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	10	1996,47	2,08%
No interpretado	5	143,25	0,15%
Roca desnuda, lava y bancos de arena	1	14,02	0,01%
Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontanea	1	2335,91	2,43%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	1	2,19	0%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	23	1160,95	1,21%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	1	2076,9	2,16%
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila montana nubosa	2	176,76	0,18%

Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	41	6082,3	6,34%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	2	653,52	0,68%
Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada	13	3656,91	3,81%
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	1	1767,97	1,84%
Zonas de cultivos forestales y frutales	9	1901,99	1,98%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	22	68081,75	70,93%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	1	5455,63	5,68%

AREAS DE VEGETACION REGION "H"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Área Urbanizada	6	572,360983	0,744312
Cuerpos de agua	28	668,403905	0,869208
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	10	68,822168	0,089498
No interpretado	2	99,70432	0,129658
Roca desnuda, lava y bancos de arena	2	74,135895	0,096408
Sistemas productivos acuaticos (camaroneras o salineras)	11	255,388029	0,332113
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	2	48,97558	0,063689
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	11	292,53647	0,380421
Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana	1	76,927006	0,100038
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	43	9848,320924	12,806986
Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada	9	1136,642565	1,478116

Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	1	511,168348	0,664735
Zonas de cultivos forestales y frutales	8	8265,613206	10,748796
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	21	46459,3336	60,416798
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	4	8519,705618	11,079223

AREAS DE VEGETACION DE REGION "T"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Área Urbanizada	3	1934,76	0,81%
Áreas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria)	4	719,04	0,3%
Cuerpos de agua	12	3057,81	1,28%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	12	3301,32	1,39%
Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulce acuícola flotante	5	240,51	0,1%
No interpretado	4	1031,05	0,43%
Roca desnuda, lava y bancos de arena	3	552,35	0,23%
Sistemas productivos acuaticos (camaroneras o salineras)	5	282,84	0,12%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	13	28187,54	11,83%
Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas	1	93,65	0,04%
Vegetación abierta principalmente siempre verde ombrófila tropical de arbustos (páramo)	1	366,77	0,15%
Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morrall)	4	3318,74	1,39%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	15	5405,72	2,27%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	1	26,06	0,01%
Vegetación cerrada siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada	1	331,31	0,14%
Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas	2	1443,85	0,61%

Vegetación cerrada semidesidua de tierras bajas	14	6817,34	2,86%
Zonas de cultivos forestales y frutales	4	1282,75	0,54%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	36	164837,1	69,2%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	16	14983,67	6,29%

AREAS DE VEGETACION REGION "J"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Área Urbanizada	6	468,93	0,44%
Cuerpos de agua	8	232,34	0,22%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	4	801,52	0,75%
Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulce acuícola flotante	5	188	0,18%
Sistemas productivos acuáticos (camaroneras o salineras)	20	528,31	0,49%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	20	10182,9	9,49%
Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola)(zona ecotonal)	5	170,73	0,16%
Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)	3	5808,9	5,41%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	22	4100,43	3,82%
Vegetación cerrada principalmente verde riparia	1	132,4	0,12%
Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas	8	2575,11	2,4%
Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas	27	16672,16	15,54%
Zonas de cultivos forestales y frutales	9	920,65	0,86%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	73	62916,26	58,63%
Zonas de cultivos permanentes (cafetales)	4	1619,12	1,51%

AREAS DE VEGETACION REGION "K"			
VEGETACION	Nº REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
	1	32,48	0,03%
Área Urbanizada	1	136,58	0,13%
Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares	1	21,37	0,02%
Sistemas productivos acuaticos (camaroneras o salineras)	7	494,31	0,48%
Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)	13	32476,38	31,4%
Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral)	2	3105,5	3%
Vegetación cerrada principalmente siempre Verde. Manglar	6	2354,66	2,28%
Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos	4	64814,58	62,66%

AREAS TEXTURA REGION "A"			
TEXTURA	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	321	92606,75	9,15%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	667	152149,08	15,03%
Lava	1	2882,28	0,28%
Media FAml-F-FL	10	22802,37	2,25%
Medios Faml -F- FL	4	528,92	0,05%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	429	90592,69	8,95%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	136	32282,77	3,19%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	63	16113,73	1,59%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	116	132029,3	13,04%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	546	462019,03	45,63%
Urbana	12	8443,26	0,83%

AREAS DE TEXTURA REGION "B"			
TEXTURA	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	34	6399,93	6,97%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	84	17092,52	18,62%
Media FAml-F-FL	3	124,8	0,14%
Medios Faml -F- FL	2	1009,36	1,1%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	71	24586,42	26,79%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	22	9030,33	9,84%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	3	520,09	0,57%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	21	6600,7	7,19%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	39	26014,85	28,34%
Urbana	3	405,44	0,44%

AREAS DE TEXTURA REGION "C"			
TEXTUA	N° REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	33	7184	9,41%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	56	20594,98	26,97%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	36	16402,9	21,48%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	6	2364,4	3,1%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	1	315,41	0,41%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	8	3514,82	4,6%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	52	25989,51	34,03%
Urbana	1	0,3	0%

AREAS DE TEXTURA REGION "D"			
TEXTURA	N° REGION	HECTAREA	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	57	16254,36	20,97%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	81	19306,46	24,91%

Media FAml-F-FL	1	6,72	0,01%
Medios Faml -F- FL	2	148,73	0,19%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	72	13842,99	17,86%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	42	9720,51	12,54%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	8	1145,1	1,48%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	24	6105,91	7,88%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	37	9836,81	12,69%

AREAS DE TEXTURA REGION "E"

TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	95	25528,46	19,84%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	107	18346,95	14,26%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	64	9565,09	7,43%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	28	4071,19	3,16%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	10	1477,08	1,15%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	33	14601,09	11,35%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	49	55106,91	42,82%

AREAS DE TEXTURA DE REGION "F"

TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	55	12523,01	18,58%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	73	10544,19	15,65%

Media FAm1-F-FL	1	7003,12	10,39%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	75	9412,52	13,97%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	43	5328,21	7,91%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	15	1351,21	2,01%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	16	1632,98	2,42%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	23	18645,81	27,67%
Urbana	2	949,55	1,41%

AREAS DE TEXTURAREGION "G"			
TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	26	5922,74	6,2%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	54	17967,78	18,8%
Medios Faml -F- FL	6	2502,09	2,62%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	77	24245,99	25,37%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	48	21645,29	22,65%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	22	4645	4,86%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	10	1209,32	1,27%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	30	17439,17	18,25%

AREAS DE TEXTURA REGION "H"			
TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	20	6357,59	8,35%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	53	15024,43	19,74%
Media FAml-F-FL	2	120,68	0,16%
Medios Faml -F- FL	9	5681,2	7,46%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	72	14935,6	19,62%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	49	14361,81	18,87%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	9	1568,86	2,06%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	10	2133,23	2,8%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	35	15683,81	20,6%
Urbana	2	260,85	0,34%

AREAS DE TEXTURAREGION "I"			
TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	114	23921,08	9,55%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	176	40729,89	16,26%
Media FAml-F-FL	6	3315,59	1,32%
Medios Faml -F- FL	9	2101,18	0,84%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	147	34980,43	13,96%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	55	12832,77	5,12%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	26	6379,24	2,55%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	54	21576,04	8,61%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	174	103122,4	41,16%
Pantano	4	953,97	0,38%
Urbana	4	623,82	0,25%

AREAS DE TEXTURA REGION "J"			
TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	87	15383,27	14,59%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	78	8788,84	8,34%
Media FAml-F-FL	2	93,47	0,09%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	51	6224,28	5,9%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	7	824,69	0,78%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	28	4644,64	4,41%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	26	8209,79	7,79%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	93	61063,69	57,93%
Urbana	2	185,14	0,18%

AREA DE TEXTURA REGION "K"			
TEXTURA	N° REGIONES	HECTAREA	PORCENTAJE
Gruesas AG-A- AF desde la superficie	1	2403,31	2,36%
Gruesos A-AFL , muy finos C siempre que estén a 20 cms de la superficie	16	5854,08	5,74%
Moderadamente Gruesos FA-AFms finos CL-CA-C abajo de 60 cms pueden ser gruesos	15	2674,96	2,62%
Moderados FCA-FC-FAL abajo de 60cms puede ser mod.grueso o mod.fino	1	72,79	0,07%
Muy finos C pesados muy gruesas AG-G desde la superficie	21	12486,84	12,24%
Muy Gruesa AG-G muy finas C pesados	12	23185,09	22,72%
Muy Gruesas A-G desde la Superficie	54	55371,35	54,26%

AREAS DE ELEVACION REGION "A"			
ALTITUD	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	144	55101,54	5,4853%
100	28	45483,98	4,5278%
200	53	116896,35	11,6368%
300	100	135200,25	13,4589%
400	174	154498,83	15,3801%
500	279	135888,29	13,5274%
600	223	110807,3	11,0307%
700	185	75383,31	7,5043%
800	158	50885,2	5,0655%
900	120	34825,55	3,4668%
1000	117	23217,38	2,3112%
1100	87	16064,14	1,5992%
1200	68	10479,24	1,0432%
1300	50	6918,85	0,6888%
1400	40	6394,32	0,6365%
1500	41	7609,32	0,7575%
1600	24	2951,28	0,2938%
1700	12	3874,5	0,3857%
1800	16	3903,67	0,3886%
1900	14	3041,57	0,3028%
2000	12	2080,04	0,2071%
2100	12	1525,16	0,1518%
2200	6	864,87	0,0861%
2300	10	363,8	0,0362%
2400	3	156,11	0,0155%
2500	1	78,2	0,0078%
2600	1	42,86	0,0043%
2700	2	2,89	0,0003%

AREAS DE ELEVACION REGION "B"			
ALTITUD	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	17	4006,63	4,36%
100	2	552,79	0,6%
200	8	842,75	0,92%

300	8	2194,31	2,39%
400	1	4713,35	5,12%
500	8	13464,19	14,64%
600	11	18448,35	20,06%
700	5	15798,07	17,18%
800	23	8609,71	9,36%
900	23	6609,2	7,19%
1000	12	4056,34	4,41%
1100	4	3074,54	3,34%
1200	9	2832,34	3,08%
1300	13	2339,5	2,54%
1400	5	1395,97	1,52%
1500	7	907,05	0,99%
1600	4	874,18	0,95%
1700	8	559,72	0,61%
1800	13	339,98	0,37%
1900	6	142,15	0,15%
2000	2	83,61	0,09%
2100	1	56,87	0,06%
2200	1	36,29	0,04%
2300	1	38,33	0,04%

AREAS DE ELEVACION REGION "C2			
ALTITUD	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	5	28060,71	36,5278%
100	2	11597,6	15,0971%
200	3	8136,92	10,5922%
300	2	5966,92	7,7674%
400	1	4536,23	5,905%
500	1	3564,15	4,6396%
600	1	3028,05	3,9417%
700	1	2656,67	3,4583%
800	3	2186,01	2,8456%
900	6	1891,19	2,4618%
1000	3	1386,64	1,805%
1100	6	1263,84	1,6452%

1200	6	1110,47	1,4455%
1300	7	734,89	0,9566%
1400	4	395,49	0,5148%
1500	4	152,07	0,198%
1600	2	78,99	0,1028%
1700	1	61,8	0,0804%
1800	2	11,51	0,015%

AREAS DE ELEVACION REGION "D"			
ALTITUD	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	1	13399,44	17,2305%
100	15	8894,27	
200	2	6143,28	7,8997%
300	3	4668,21	6,0029%
400	6	5582,78	7,179%
500	3	8555,55	11,0017%
600	10	5689,72	7,3165%
700	22	4192,15	5,3907%
800	5	3050,63	3,9228%
900	5	2754,53	3,5421%
1000	3	3266,64	4,2006%
1100	7	2342,59	3,0124%
1200	3	1872,22	2,4075%
1300	2	1689,92	2,1731%
1400	2	1974,79	2,5394%
1500	9	1162,33	1,4946%
1600	5	889,8	1,1442%
1700	8	638,22	0,8207%
1800	14	403,05	0,5183%
1900	8	214,42	0,2757%
2000	3	112,85	0,1451%
2100	1	100,26	0,1289%
2200	1	101,36	0,1303%
2300	1	66,85	0,086%

AREAS DE ELEVACION REGION "E"			
ALTITUD	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	5	28795,38	22,2486%
100	28	18151,11	14,0244%
200	43	14921,33	11,5289%
300	37	12904,42	9,9705%
400	27	11590,35	8,9552%
500	22	10118,58	7,8181%
600	23	8060,31	6,2278%
700	15	7327,2	5,6613%
800	13	6102,43	4,715%
900	11	5465,58	4,223%
1000	15	3344,01	2,5837%
1100	10	1602	1,2378%
1200	2	828,94	0,6405%
1300	4	193,48	0,1495%
1400	4	20,06	0,0155%
1500	1	0,34	0,0003%

AREAS DE ELEVACION, REGION F			
ALTITUD	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	7	20870,08	30,893%
100	2	3005,22	4,449%
200	5	3558,78	5,268%
300	6	3295,38	4,878%
400	6	5925,49	8,771%
500	12	10469,21	15,497%
600	7	11367,56	16,827%
700	7	5565,85	8,239%
800	14	2072,85	3,068%
900	14	686,39	1,016%
1000	6	343,97	0,509%
1100	5	173,83	0,257%
1200	2	68,51	0,101%
1300	2	36,76	0,054%

1400	1	28,87	0,043%
1500	1	24,39	0,036%
1600	1	18,34	0,027%
1700	1	12,02	0,018%
1800	1	10,17	0,015%
1900	1	8,33	0,012%
2000	1	10,77	0,016%
2100	2	2,53	0,004%

AREAS DE ELEVACION REGION "G"			
ALTITUD	N° REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	90	62281,64	64,711%
100	1	11298,93	11,74%
200	1	6075,48	6,312%
300	6	5110,17	5,309%
400	5	3928,97	4,082%
500	4	2145,81	2,23%
600	2	1354,51	1,407%
700	1	1000,57	1,04%
800	1	813,19	0,845%
900	1	590,04	0,613%
1000	3	432,41	0,449%
1100	2	313,41	0,326%
1200	2	220	0,229%
1300	2	172,43	0,179%
1400	1	123,01	0,128%
1500	1	101,1	0,105%
1600	1	83,28	0,087%
1700	1	63,35	0,066%
1800	1	59,21	0,062%
1900	1	47,41	0,049%
2000	2	26,59	0,028%
2100	3	4,74	0,005%

AREAS DE ELEVACION REGION "H"			
ALTITUD	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	34	51322,91	65,941%
100	7	9289,08	11,935%
200	1	4476,09	5,751%
300	1	2302,43	2,958%
400	1	1618,9	2,08%
500	1	1334,99	1,715%
600	1	1666,99	2,142%
700	2	1324,43	1,702%
800	3	2354,47	3,025%
900	3	378,71	0,487%
1000	6	609,66	0,783%
1100	5	400,6	0,515%
1200	4	342,83	0,44%
1300	3	266,07	0,342%
1400	7	116,09	0,149%
1500	3	24,86	0,032%
1600	1	2,74	0,004%

AREAS DE ELEVACION REGION "I"			
ALTITUD	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	17	61858,55	25,935%
100	56	60299,14	25,281%
200	87	44066,18	18,475%
300	51	22957,16	9,625%
400	37	14013,56	5,875%
500	34	10264,45	4,303%
600	38	6880,71	2,885%
700	24	5155,38	2,161%
800	17	4364,58	1,83%
900	13	2970,56	1,245%
1000	11	2104,79	0,882%
1100	11	1274,55	0,534%
1200	8	754,77	0,316%

1300	8	502,38	0,211%
1400	5	344,87	0,145%
1500	10	211,82	0,089%
1600	5	132,25	0,055%
1700	2	102,37	0,043%
1800	2	97,52	0,041%
1900	2	89,9	0,038%
2000	1	66,62	0,028%
2100	3	1,84	0,001%

AREAS DE ELEVACION, REGION "J"

ALTITUD	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	14	39594,3	36,589%
100	22	31373,41	28,992%
200	42	16965,66	15,678%
300	32	8675,83	8,017%
400	39	6873,1	6,351%
500	32	2441,16	2,256%
600	20	1046,31	0,967%
700	13	446,09	0,412%
800	2	307,47	0,284%
900	1	217,34	0,201%
1000	1	162,64	0,15%
1100	2	103,25	0,095%
1200	2	8,52	0,008%

AREAS DE ELEVACION REGION "K"

ALTITUD	Nº REGIONES	HECTAREAS	PORCENTAJE
0	12	26096,76	25,016%
100	48	26115,86	25,034%
200	75	14543,3	13,941%
300	37	10082,96	9,665%
400	16	8640,37	8,283%
500	19	6531,32	6,261%

600	10	4489,83	4,304%
700	11	3597,27	3,448%
800	9	2721,13	2,608%
900	16	964,76	0,925%
1000	5	296,48	0,284%
1100	3	156,75	0,15%
1200	1	83,74	0,08%

TABLA DE DATOS DE EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	PROMEDIO
Santa Ana El Palmar	316815.18	438947.90	725.00	138.00	142.00	132.00	137.33
Güija	349836.57	445301.55	485.00	144.00	140.00	138.00	140.67
Los Andes	304045.63	413833.84	1770.00	111.00	102.00	90.00	101.00
Planes de Montecristo	361199.89	458418.89	1851.00	102.00	102.00	90.00	98.00
Ahuachapán	312231.49	410406.79	725.00	135.00	140.00	129.00	134.67
San Andrés	297595.18	457706.93	460.00	132.00	133.00	123.00	129.33
Santa Tecla	283961.72	468972.02	965.00	123.00	121.00	114.00	119.33
Chiltiupán	274372.58	449687.80	680.00	123.00	127.00	123.00	124.33
Hacienda Astoria	269079.67	495903.59	40.00	141.00	146.00	138.00	141.67
Nueva Concepción	333973.07	468744.63	320.00	144.00	146.00	141.00	143.67
Chorrera del Guayabo	318584.21	528817.53	190.00	144.00	145.00	138.00	142.33
Sensuntepeque	304980.95	539639.35	650.00	129.00	130.00	126.00	128.33
Cerrón Grande	321648.83	497030.22	600.00	150.00	146.00	138.00	144.67
El Papalón	259525.98	610313.83	80.00	150.00	148.00	141.00	146.33
Hacienda La Carrera	243435.62	552513.44	75.00	144.00	143.00	138.00	141.67

Cand. De La Frontera	333040.42	429166.61	700.00	144.00	148.00	138.00	143.33
Acajutla	272122.00	409811.00	15.00	150.00	149.00	141.00	146.67
Los Naranjos	306196.00	427115.00	1450.00	153.00	152.00	144.00	149.67
La Hachadura	333040.42	429166.61	30.00	153.00	152.00	144.00	149.67
Aeropuerto Ilopango	286405.00	487203.00	615.00	129.00	133.00	123.00	128.33
La Palma	350540.30	482843.15	1000.00	123.00	124.00	114.00	120.33
Las Pilas	358148.42	489262.49	1960.00	99.00	96.00	87.00	94.00
Puente Cuscatlán	275452.46	542962.16	20.00	147.00	145.00	132.00	141.33
Cojutepeque	288874.00	507975.00	880.00	120.00	121.00	120.00	120.33
Sesori	289335.42	568464.93	195.00	138.00	133.00	129.00	133.33
La Unión	245814.26	627079.47	95.00	162.00	159.00	150.00	157.00
Santiago de María	262315.25	557167.48	920.00	129.00	130.00	123.00	127.33
San Fco. Gotera	285751.00	596330.00	250.00	150.00	146.00	141.00	145.67
Perquín	313333.93	590936.00	1225.00	129.00	125.00	120.00	124.67

ANEXO 3.3: IMÁGENES PRECIPITACIÓN, HUMEDAD DEL SUELO Y PARÁMETROS

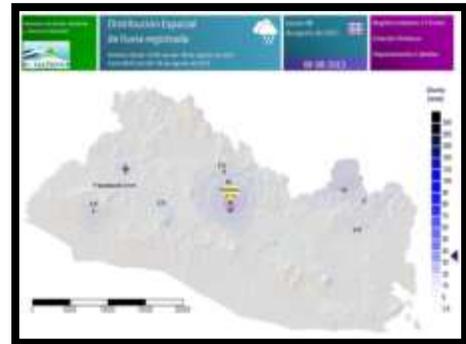
FIGURA: MAPAS DE LLUVIA

MES DE AGOSTO

DIA 7



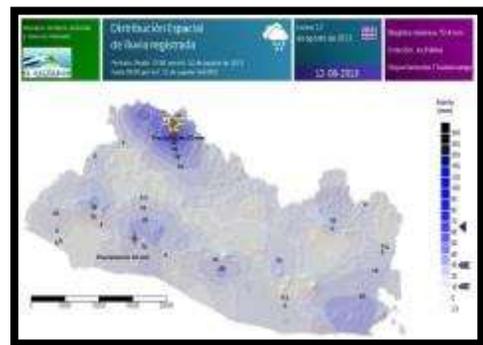
DIA 8



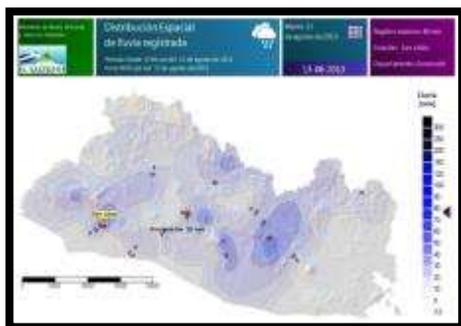
DIA 9



DIA 12



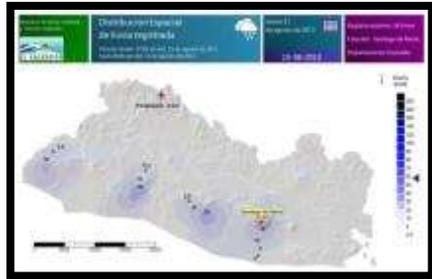
DIA 13



DIA 14



DIA 15



DIA 20



MES DE SEPTIEMBRE

DIA 4



DIA 11



DIA 18



DIA 20



DIA 25



DIA 30



MES DE OCTUBRE

DIA 1



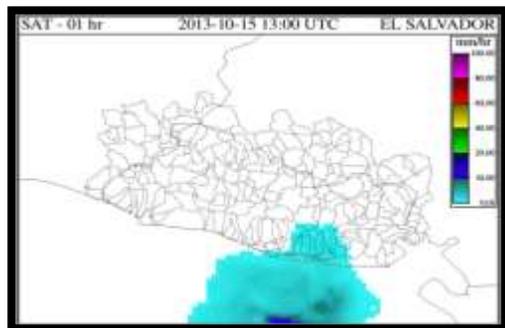
DIA 10



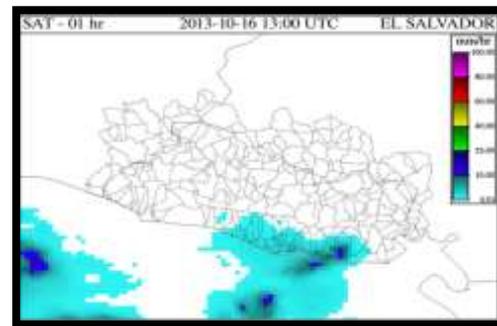
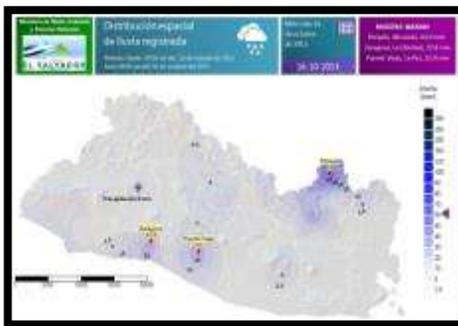
DIA 14



DIA 15



DIA 16



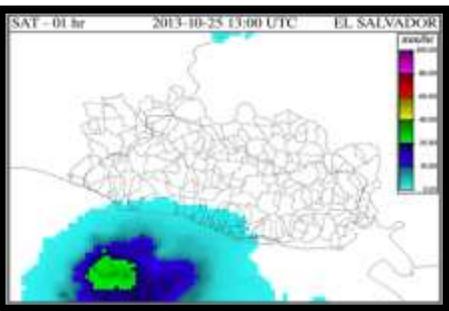
DIA 22



DIA 24



DIA 25



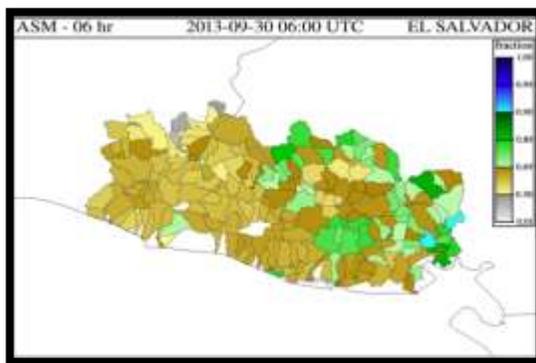
NOVIEMBRE

DIA 22



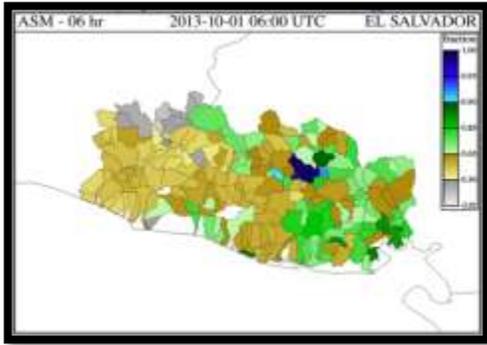
MAPAS DE HUMEDAD (ASM) REGISTRADA POR EL CAFFG

SEPTIEMBRE 30

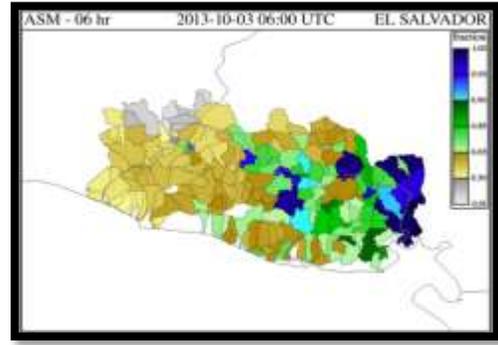


OCTUBRE

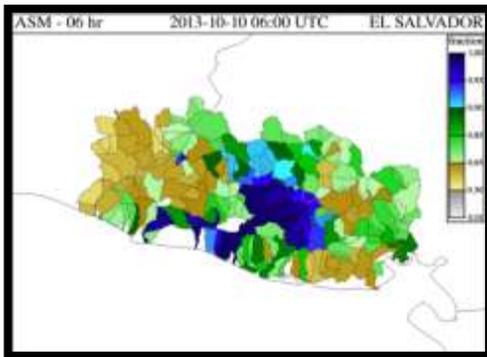
DIA 1



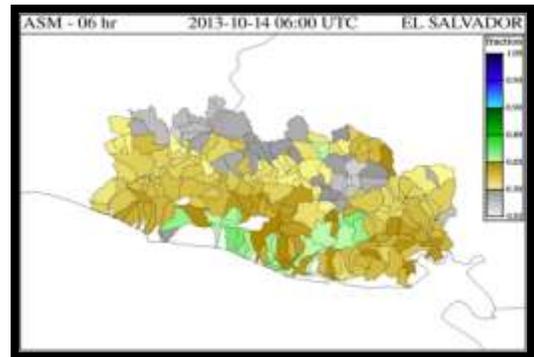
DIA 3



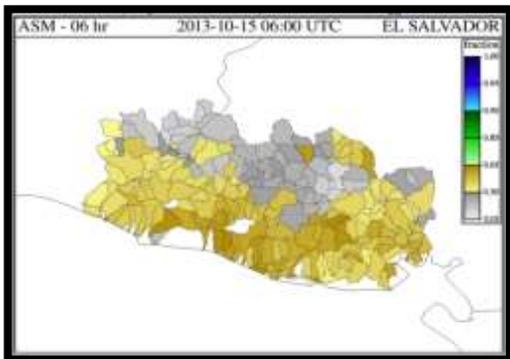
DIA 10



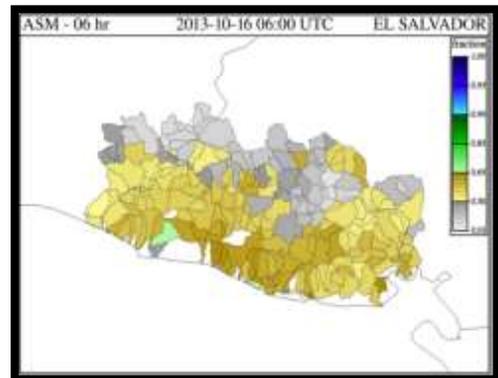
DIA 14



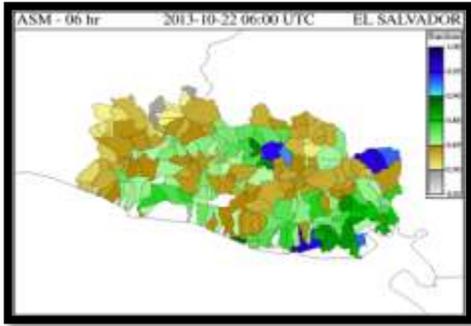
DIA 15



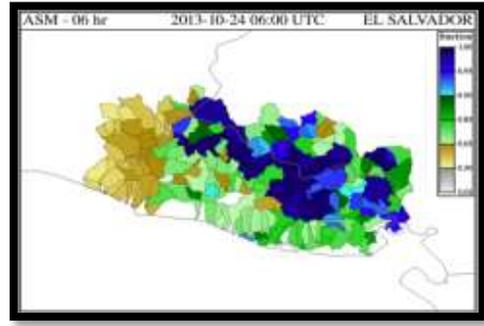
DIA 16



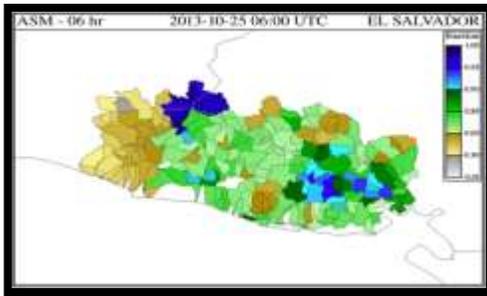
DIA 22



DIA 24

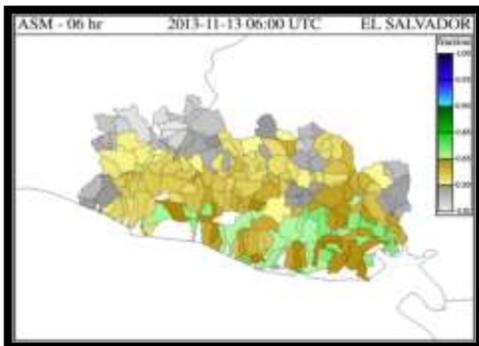


DIA 25

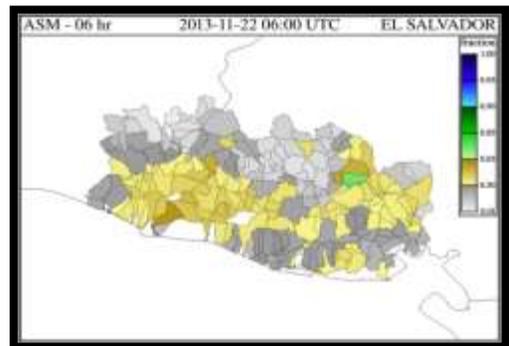


NOVIEMBRE

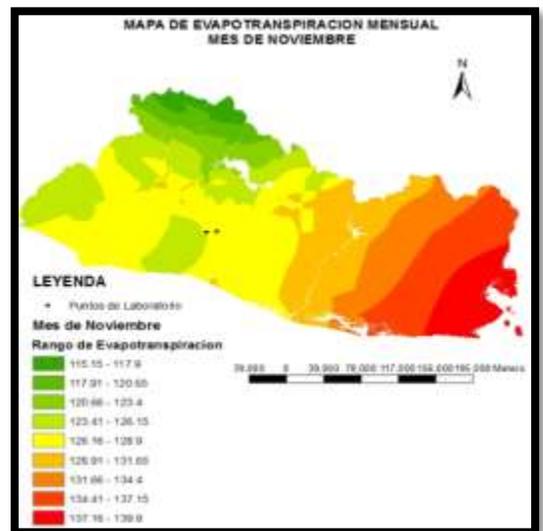
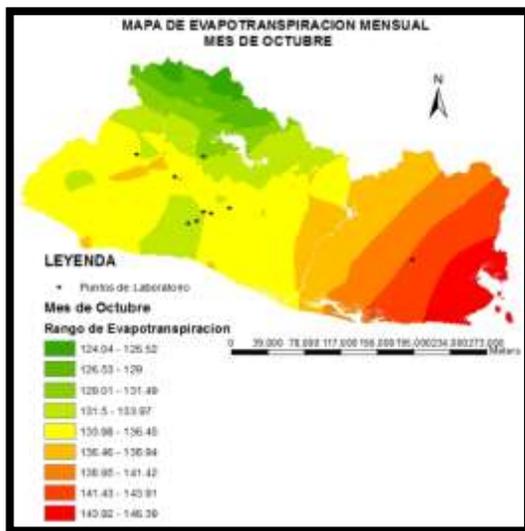
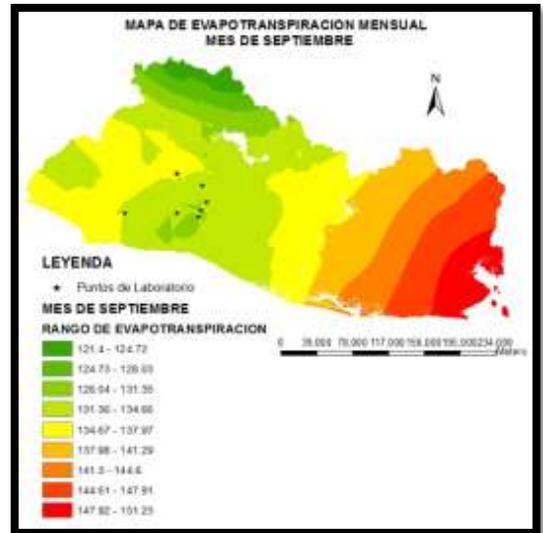
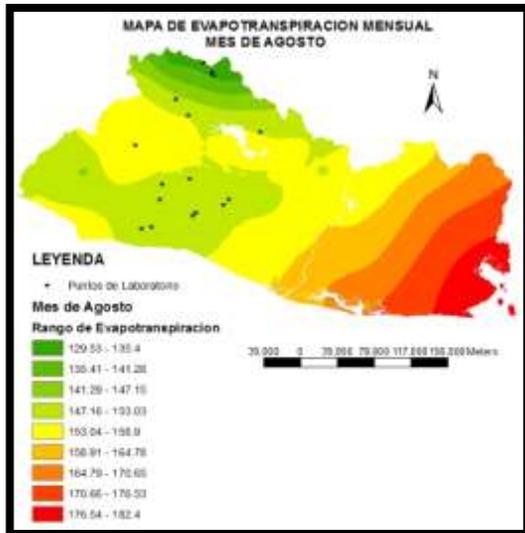
DIA 13



DIA 22



MAPAS DE EVAPOTRANSPIRACION MENSUAL



TABLAS

DATOS DE HUMEDAD

FECHA	HUMEDAD LAB	ASM CAFFG	DIFERENCIA
07/08/2013	0.26	0.68	0.41
07/08/2013	0.28	0.33	0.05
08/08/2013	0.25	0.44	0.19
09/08/2013	0.22	0.21	-0.01
09/08/2013	0.36	0.32	-0.04
12/08/2013	0.16	0.66	0.49
12/08/2013	0.57	0.45	-0.13
13/08/2013	0.21	0.78	0.57
14/08/2013	0.35	0.52	0.17
14/08/2013	0.40	0.52	0.12
15/08/2013	0.42	0.46	0.05
20/08/2013	0.33	0.53	0.19
23/08/2013	0.29	0.69	0.40
27/08/2013	0.12	0.57	0.45
04/09/2013	0.36	0.80	0.44
11/09/2013	0.24	0.61	0.37
18/09/2013	0.25	0.77	0.52
20/09/2013	0.29	0.72	0.42
23/09/2013	0.28	0.83	0.55
25/09/2013	0.26	0.87	0.61
30/09/2013	0.32	0.69	0.37
01/10/2013	0.30	0.67	0.37
03/10/2013	0.15	0.50	0.35
10/10/2013	0.44	1.46	1.01
14/10/2013	0.47	0.67	0.19
15/10/2013	0.30	0.52	0.22
16/10/2013	0.39	0.43	0.04
22/10/2013	0.38	0.67	0.29
24/10/2013	0.09	0.66	0.56
25/10/2013	0.32	0.87	0.55
13/11/2013	0.22	0.70	0.48
22/11/2013	0.24	0.44	0.20

DATOS DE PRECIPITACIÓN

FECHA	LLUVIA SATELITE (mm)	LLUVIA ESTACION	DIFERENCIA
07/08/2013	0.00	0.0	0.00
07/08/2013	0.00	0.0	0.00
08/08/2013	0.00	5.0	-5.00
09/08/2013	0.00	0.0	0.00
09/08/2013	0.00	5.0	-5.00
12/08/2013	30.00	30.0	0.00
12/08/2013	10.00	20.0	-10.00
13/08/2013	10.00	2.5	7.50
14/08/2013	0.00	0.0	0.00
14/08/2013	0.00	0.0	0.00
15/08/2013	0.00	0.0	0.00
20/08/2013	19.00	13.0	6.00
23/08/2013	10.52	40.0	-29.48
27/08/2013	0.00	0.0	0.00
04/09/2013	5.00	0.0	5.00
11/09/2013	10.00	2.5	7.50
18/09/2013	0.00	0.0	0.00
20/09/2013	0.00	0.0	0.00
23/09/2013	27.67	2.5	25.17
25/09/2013	30.00	0.0	30.00
30/09/2013	0.00	5.0	-5.00
01/10/2013	0.00	0.0	0.00
03/10/2013	2.02	0.0	2.02
10/10/2013	0.00	10.0	-10.00
14/10/2013	0.00	0.0	0.00
15/10/2013	0.00	0.0	0.00
16/10/2013	0.00	5.0	-5.00
22/10/2013	0.00	0.0	0.00
24/10/2013	0.00	5.0	-5.00
25/10/2013	10.00	5.0	5.00
13/11/2013	0.00	0.0	0.00
22/11/2013	0.00	0.0	0.00

TABLA DE DATOS DE PARAMETROS DE GEOLOGÍA PARA CADA PUNTO DE LABORATORIO

ID	DEPARTAMENTO	FORMACION	LITOLOGIA	EDAD
1	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	DEPOSITOS ACUATICOS CON INTERCALACIONES DE PIROCLASTICAS, DEPOSITOS SEDIMENTARIOS DEL CUATERNARIO	HOLOCENO
2	CHALATENANGO	BALSAMO	EPICLASTICAS VOLCANICAS Y PIROCLASTICAS; LOCALMENTE EFUSIVAS BASICAS-INTERMEDIAS INTERCALADAS	MIOCENO
3	SANTA ANA	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ACIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS (TOBAS COLOR CAFÉ)	HOLOCENO
5	CHALATENANGO	CUSCATLAN	DEPOSITOSFLUVIO-LACUSTRE EN LA CUENCA DEL RIO LEMPA: PRINCIPALMENTE DEPOSITOS FLUVIALES. PIROCLASTICAS ACIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS	PLIO-CUATERNARIO
6	SANTA ANA	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ACIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS (TOBAS COLOR CAFÉ)	HOLOCENO
7	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	DEPOSITOS ACUATICOS CON INTERCALACIONES DE PIROCLASTICAS, DEPOSITOS SEDIMENTARIOS DEL CUATERNARIO	HOLOCENO
8	CHALATENANGO	CHALATENANGO	PIROCLASTICAS ACIDAS,IGNIBRITAS,EPICLASTICAS VOLCANICAS, LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS INTERCALADAS	MIOCENO
9	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
10	CHALATENANGO	CHALATENANGO	PIROCLASTICAS ACIDAS,IGNIBRITAS,EPICLASTICAS VOLCANICAS, LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS INTERCALADAS	MIOCENO
11	CHALATENANGO	CHALATENANGO	PIROCLASTICAS ACIDAS,IGNIBRITAS,EPICLASTICAS VOLCANICAS, LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS INTERCALADAS	MIOCENO
12	CHALATENANGO	CHALATENANGO	PIROCLASTICAS ACIDAS,IGNIBRITAS,EPICLASTICAS VOLCANICAS, LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS INTERCALADAS	MIOCENO
13	CHALATENANGO	CHALATENANGO	PIROCLASTICAS ACIDAS,IGNIBRITAS,EPICLASTICAS VOLCANICAS, LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS INTERCALADAS	MIOCENO
16	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA: PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS VOLCANICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
17	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
19	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	CENIZAS VOLCANICAS Y TOBAS DE LAPILLI	HOLOCENO
20	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ÁCIDAS,EPICLASTICAS VOLCANICAS("TOBAS COLOR CAFÉ")	HOLOCENO

ID	DEPARTAMENTO	FORMACION	LITOLOGIA	EDAD
21	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	EFUSIVAS BASICAS INTERMEDIAS, PIROCLASTICAS SUBORDINADAS	PLEISTOCENO
22	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
23	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ÁCIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS("TOBAS COLOR CAFÉ")	HOLOCENO
24	LA LIBERTAD	CUSCATLAN	PIROCLASTICAS ACIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS	PLIO-CUATERNARIO
25	SONSONATE	BALSAMO	EPICLASTICAS VOLCÁNICAS Y PIROCLÁSTICAS; LOCALMENTE EFUSIVAS BASICAS-INTERMEDIAS INTERCALADAS	MIOCENO
27	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ÁCIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS("TOBAS COLOR CAFÉ")	HOLOCENO
28	SAN SALVADOR	BALSAMO	EFUSIVAS BASICAS-INTERMEDIAS	PLIOCENO
29	SANTA ANA	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ACIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS (TOBAS COLOR CAFÉ)	HOLOCENO
30	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	CENIZAS VOLCANICAS Y TOBAS DE LAPILLI	HOLOCENO
31	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
32	LA LIBERTAD	SAN SALVADOR	CENIZAS VOLCANICAS Y TOBAS DE LAPILLI	HOLOCENO
33	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
34	SAN MIGUEL	SAN SALVADOR	PIROCLASTICAS ÁCIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS("TOBAS COLOR CAFÉ")	HOLOCENO
35	LA LIBERTAD	CUSCATLAN	PIROCLASTICAS ACIDAS, EPICLASTICAS VOLCANICAS	PILO-CUATERNARIO
36	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO
37	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	TIERRA BLANCA, PIROCLASTICAS ACIDAS Y APICLASTICAS SUBORDINADAS; LOCALMENTE EFUSIVAS ACIDAS	HOLOCENO

TABLA DE ALTITUD

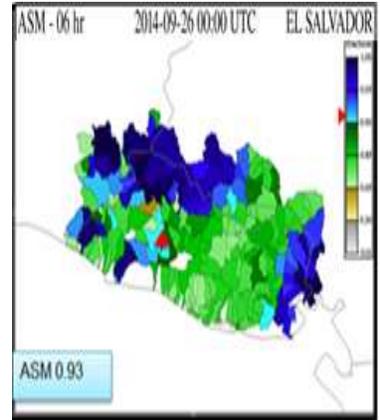
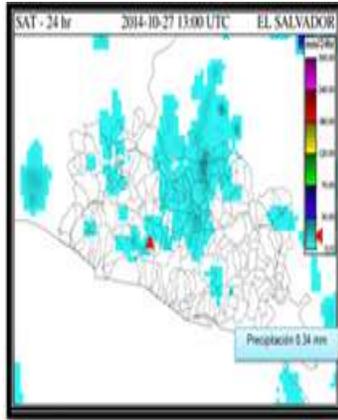
ID	DEPARTAMENTO	ELEVACIONES
1	La Libertad	400
2	Chalatenango	300
3	Santa Ana	600
5	Chalatenango	300
6	Santa Ana	400
7	La Libertad	400
8	Chalatenango	1000
9	San Salvador	700
10	Chalatenango	1000
11	Chalatenango	1000
12	Chalatenango	1000
13	Chalatenango	1000
16	La Libertad	400
17	San Salvador	600
19	La Libertad	800
20	La Libertad	500
21	San Salvador	800
22	San Salvador	400
23	San Salvador	700
24	La Libertad	800
25	Sonsonate	400
27	San Salvador	700
28	San Salvador	300
29	Santa Ana	600
30	La Libertad	1000
31	San Salvador	700
32	La Libertad	500
33	San Salvador	600
34	San Miguel	100
35	La Libertad	800
36	San Salvador	700
37	San Salvador	600

TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

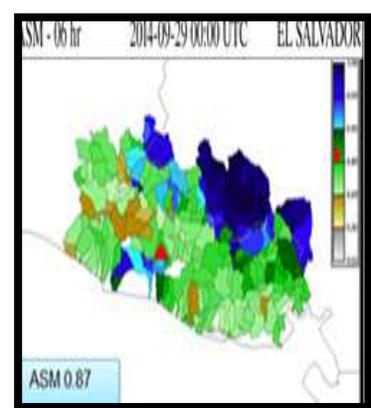
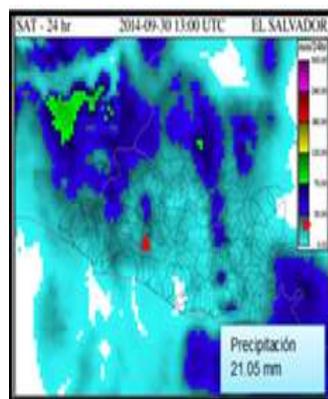
FECHA	BASIN	DEPARTAMENTO	Evapotranspiración	Evaporación anual
07/08/2013	2008201933	La Libertad	149.017746	1713.3939
07/08/2013	2008201882	Chalatenango	152.371536	1756.0508
08/08/2013	2008201928	Santa Ana	156.239624	1742.4556
09/08/2013	2008201893	Chalatenango	149.628571	1746.5503
09/08/2013	2008201900	Santa Ana	148.468979	1698.2468
12/08/2013	2008201933	La Libertad	149.416794	1701.6505
12/08/2013	2008201904	Chalatenango	133.949356	1557.0657
13/08/2013	2008201936	San Salvador	150.826035	1747.3864
14/08/2013	2008201904	Chalatenango	133.634491	1548.3678
14/08/2013	2008201904	Chalatenango	133.634491	1548.3678
15/08/2013	2008201904	Chalatenango	133.634491	1548.3678
20/08/2013	2008201904	Chalatenango	133.634491	1548.3678
23/08/2013	2008201930	La Libertad	151.415787	1732.3301
27/08/2013	2008201936	San Salvador	150.202072	1738.1938
04/09/2013	2008201937	La Libertad	131.382446	1698.7793
11/09/2013	2008201930	La Libertad	134.382004	1739.3981
18/09/2013	2008201937	San Salvador	131.227768	1699.7384
20/09/2013	2008201936	San Salvador	133.360535	1734.3669
23/09/2013	2008201938	San Salvador	132.352463	1719.5823
25/09/2013	2008201933	La Libertad	131.744781	1691.1531
30/09/2013	2008201817	Sonsonate	134.591904	1698.0691
01/10/2013	2008201938	San Salvador	134.370255	1711.5623
03/10/2013	2008201892	San Salvador	130.874008	1746.42
10/10/2013	2008201928	Santa Ana	134.119415	1742.6906
14/10/2013	2008201822	La Libertad	133.161514	1689.8936
15/10/2013	2008201936	San Salvador	135.001953	1748.1954
16/10/2013	2008201930	La Libertad	134.635635	1739.1643
22/10/2013	2008201937	San Salvador	134.68634	1721.0553
25/10/2013	2008201937	La Libertad	133.360367	1700.2513
13/11/2013	2008201938	San Salvador	126.881607	1712.8256
22/11/2013	2008201937	San Salvador	127.562492	1727.3281

**ANEXO 4.1: DATOS DE PRECIPITACIÓN
MAP, ASM, LLUVIA DE DISTRIBUCIÓN
ESPACIAL Y HUMEDAD DE CAMPO.**

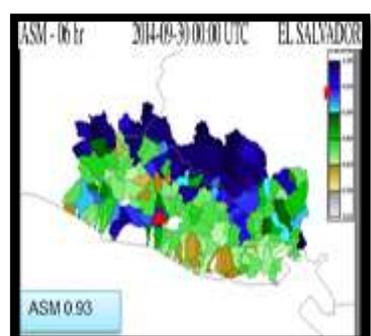
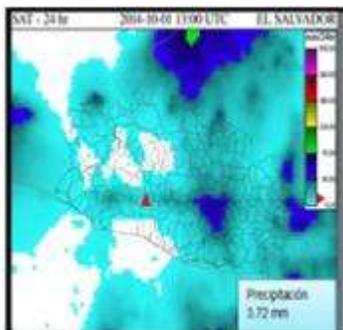
✓ 26 septiembre 2014



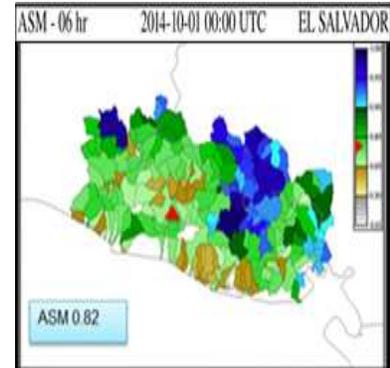
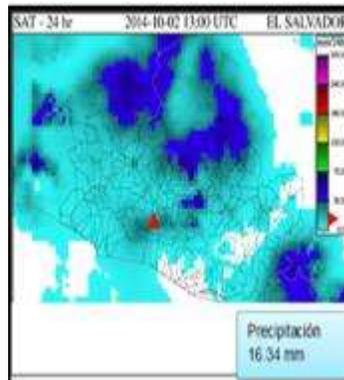
✓ 29 de septiembre de 2014



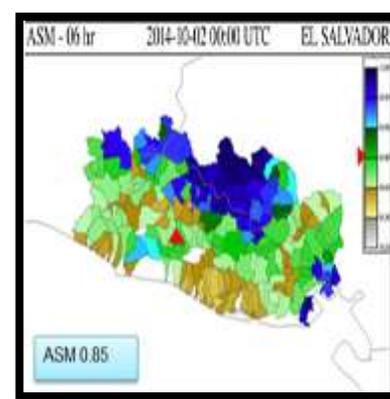
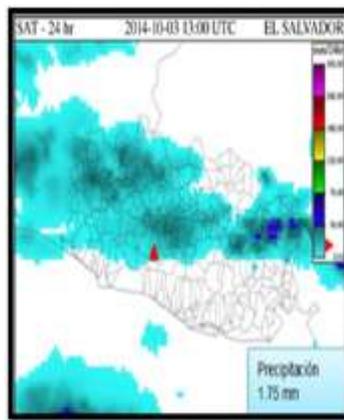
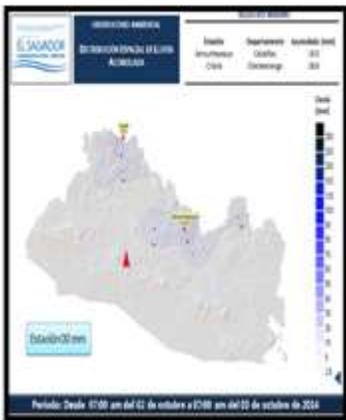
✓ 30 de septiembre de 2014



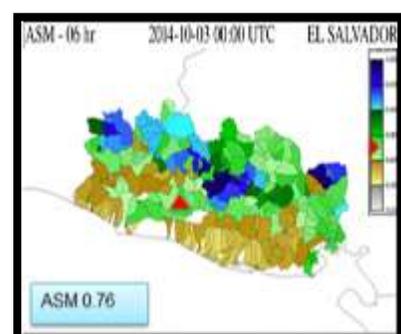
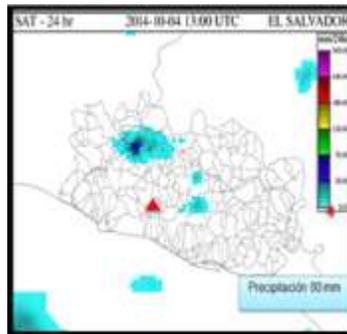
✓ 1 de octubre de 2014



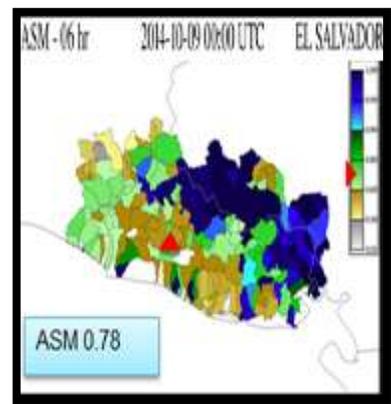
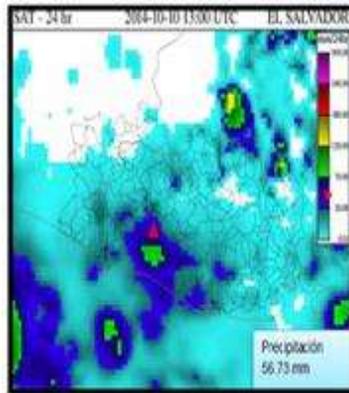
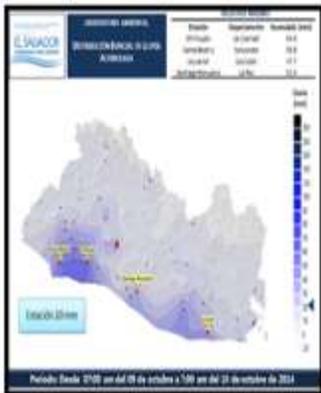
✓ 2 de octubre de 2014



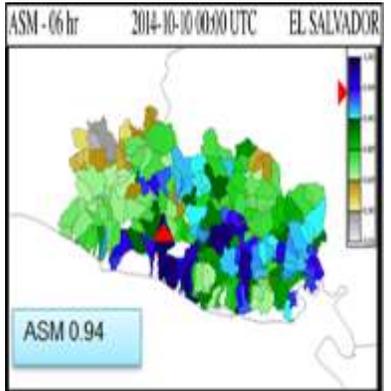
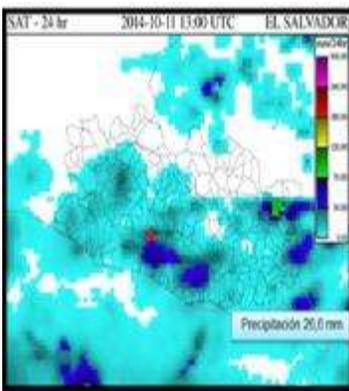
✓ 3 de octubre de 2014



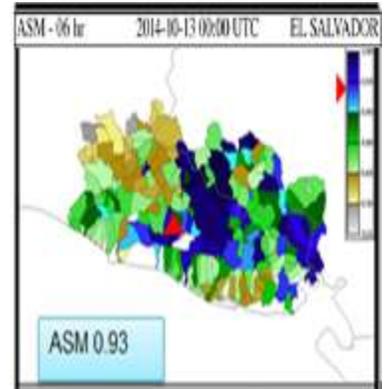
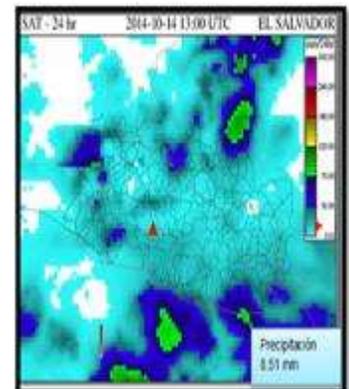
✓ 9 de octubre de 2014



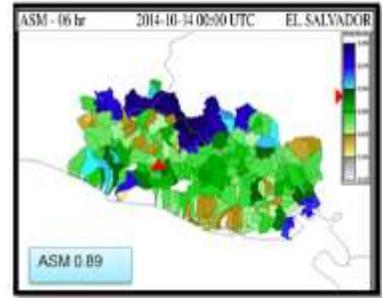
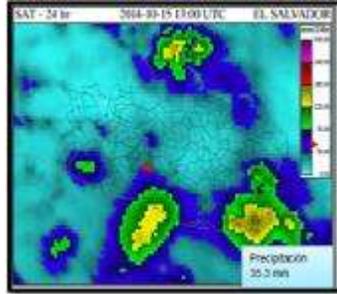
✓ 10 de octubre de 2014



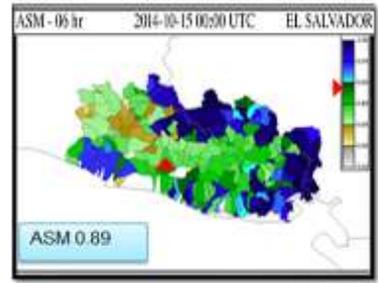
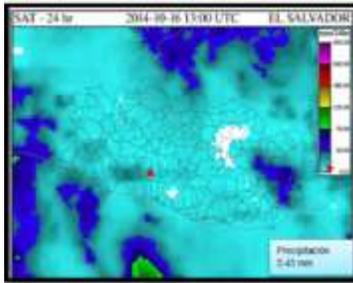
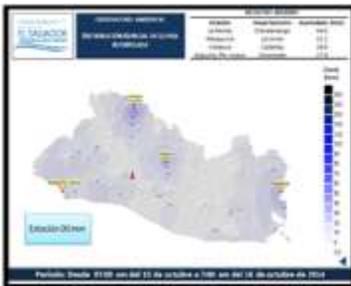
✓ 13 de octubre de 2014



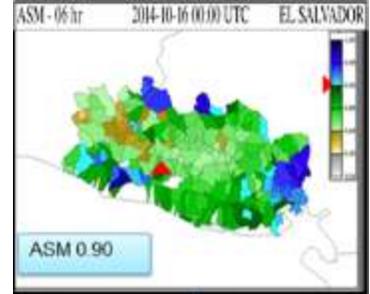
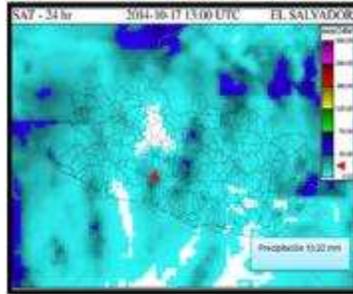
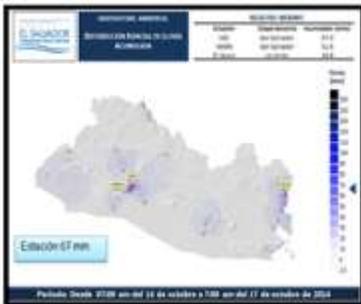
✓ 14 de octubre de 2014



✓ 15 de octubre de 2014



✓ 16 de octubre de 2014



ANEXO 4.2: TABLAS RESUMEN DE DATOS DE CAMPO

contenidos de humedad de campo y precipitación de lluvia espacial diaria

fecha	cuenca	punto 1		prom pto1	punto 2		Prom pto. 2	punto 3		prom pto 3	humedad prom de campo
		6:00 AM	6:00 PM		6:00 AM	6:00 PM		6:00 AM	6:00 PM		
24/09/2014	2008201938	23,1	26,8	25,0	25,5	28,2	26,8	27,8	24,1	25,9	25,9
25/09/2014	2008201938	30,0	27,1	28,6	25,5	30,2	27,9	28,9	34,9	31,9	29,5
26/09/2014	2008201938	28,2	31,1	29,6	29,2	33,5	31,3	30,3	32,6	31,4	30,8
29/09/2014	2008201938	29,8	32,2	31,0	34,0	32,9	33,5	30,0	31,6	30,8	31,8
30/09/2014	2008201938	25,0	24,9	24,9	29,0	29,4	29,2	26,0	29,4	27,7	27,3
01/10/2014	2008201938	27,7	22,7	25,2	28,1	25,1	26,6	27,9	25,2	26,6	26,1
02/10/2014	2008201938	25,8	21,7	23,7	25,8	23,1	24,5	29,9	26,3	28,1	25,4
03/10/2014	2008201938	22,8	20,8	21,8	24,9	22,2	23,6	23,2	20,4	21,8	22,4
06/10/2014	2008201938	24,0	22,3	23,1	21,3	19,1	20,2	22,0	20,0	21,0	21,5
07/10/2014	2008201938	19,9	18,2	19,0	18,2	17,9	18,1	20,0	18,0	19,0	18,7
08/10/2014	2008201938	26,0	27,2	26,6	25,0	28,9	27,0	32,2	30,1	31,2	28,2
09/10/2014	2008201938	21,2	22,2	21,7	38,1	39,2	38,6	29,2	33,8	31,5	30,6
10/10/2014	2008201938	41,9	40,2	41,1	39,8	44,9	42,3	39,0	45,7	42,4	41,9
13/10/2014	2008201938	34,0	29,1	31,5	37,0	38,4	37,7	33,9	39,4	36,7	35,3
14/10/2014	2008201938	29,9	30,1	30,0	33,0	36,1	34,5	32,9	37,6	35,3	33,3
15/10/2014	2008201938	32,9	31,1	32,0	48,2	48,1	48,2	35,9	36,9	36,4	38,9
16/10/2014	2008201938	26,0	29,2	27,6	28,0	29,2	28,6	34,0	35,9	35,0	30,4

fecha	cuenca	ASM (CAFFG)	humedad de campo	Diferencia
24/09/2014	2008201938	0,920	0,259	0,66
25/09/2014	2008201938	0,990	0,295	0,70
26/09/2014	2008201938	0,930	0,308	0,62
29/09/2014	2008201938	0,870	0,318	0,55
30/09/2014	2008201938	0,930	0,273	0,66
01/10/2014	2008201938	0,820	0,261	0,56
02/10/2014	2008201938	0,850	0,254	0,60
03/10/2014	2008201938	0,760	0,224	0,54
06/10/2014	2008201938	0,590	0,215	0,38
07/10/2014	2008201938	0,545	0,187	0,36
08/10/2014	2008201938	0,635	0,282	0,35
09/10/2014	2008201938	0,780	0,306	0,47
10/10/2014	2008201938	0,940	0,419	0,52
13/10/2014	2008201938	0,930	0,353	0,58
14/10/2014	2008201938	0,895	0,333	0,56
15/10/2014	2008201938	0,905	0,389	0,52
16/10/2014	2008201938	0,890	0,304	0,59

fecha	cuenca	satelite (MAP)	Estaciones	diferencia
24/09/2014	2008201938	75,51	10	65,51
25/09/2014	2008201938	11,57	6	5,57
26/09/2014	2008201938	0,34	0	0,34
29/09/2014	2008201938	21,05	0	21,05
30/09/2014	2008201938	3,72	0	3,72
01/10/2014	2008201938	16,34	0	16,34
02/10/2014	2008201938	1,75	0	1,75
03/10/2014	2008201938	0	0	0
06/10/2014	2008201938	4,67	0	4,67
07/10/2014	2008201938	20,79	20	0,79
08/10/2014	2008201938	30,93	35	-4,07
09/10/2014	2008201938	56,73	20	36,73
10/10/2014	2008201938	26,6	15	11,6
13/10/2014	2008201938	8,51	5	3,51
14/10/2014	2008201938	35,3	35	0,3
15/10/2014	2008201938	5,43	0	5,43
16/10/2014	2008201938	13,22	67	-53,78

FECHA	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	HUMEDAD%	CLASIFICACION VISUAL
24/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	30	25,9	ARENA LIMOSA ORGANICA
25/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	33	29.5	ARENA LIMOSA ORGANICA
26/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	31	30.8	ARENA LIMOSA ORGANICA
29/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	30	31.8	ARENA LIMOSA ORGANICA
30/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	38	27.3	ARENA LIMOSA ORGANICA
01/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	45	26.1	ARENA LIMOSA ORGANICA
02/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	42	25.4	ARENA LIMOSA ORGANICA
03/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	39	22,4	ARENA LIMOSA ORGANICA
06/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	31	21.5	ARENA LIMOSA ORGANICA
07/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	38	18.7	ARENA LIMOSA ORGANICA
08/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	35	28.2	ARENA LIMOSA ORGANICA
09/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	39	30,6	ARENA LIMOSA ORGANICA
10/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	40	41.9	ARENA LIMOSA ORGANICA
13/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	38	35.3	ARENA LIMOSA ORGANICA
14/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	35	33.3	ARENA LIMOSA ORGANICA
15/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	31	38.5	ARENA LIMOSA ORGANICA
16/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23"N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	41	30.4	ARENA LIMOSA ORGANICA

fecha	cuenca	ASM (CAFFG)	humedad de campo	Diferencia
24/09/2014	2008201938	0,920	0,259	0,66
25/09/2014	2008201938	0,990	0,295	0,70
26/09/2014	2008201938	0,930	0,308	0,62
29/09/2014	2008201938	0,870	0,318	0,55
30/09/2014	2008201938	0,930	0,273	0,66
01/10/2014	2008201938	0,820	0,261	0,56
02/10/2014	2008201938	0,850	0,254	0,60
03/10/2014	2008201938	0,760	0,224	0,54
06/10/2014	2008201938	0,590	0,215	0,38
07/10/2014	2008201938	0,545	0,187	0,36
08/10/2014	2008201938	0,635	0,282	0,35
09/10/2014	2008201938	0,780	0,306	0,47
10/10/2014	2008201938	0,940	0,419	0,52
13/10/2014	2008201938	0,930	0,353	0,58
14/10/2014	2008201938	0,895	0,333	0,56
15/10/2014	2008201938	0,905	0,389	0,52
16/10/2014	2008201938	0,890	0,304	0,59

fecha	cuenca	satelite (MAP)	Estaciones	diferencia
24/09/2014	2008201938	75,51	10	65,51
25/09/2014	2008201938	11,57	6	5,57
26/09/2014	2008201938	0,34	0	0,34
29/09/2014	2008201938	21,05	0	21,05
30/09/2014	2008201938	3,72	0	3,72
01/10/2014	2008201938	16,34	0	16,34
02/10/2014	2008201938	1,75	0	1,75
03/10/2014	2008201938	0	0	0
06/10/2014	2008201938	4,67	0	4,67
07/10/2014	2008201938	20,79	20	0,79
08/10/2014	2008201938	30,93	35	-4,07
09/10/2014	2008201938	56,73	20	36,73
10/10/2014	2008201938	26,6	15	11,6
13/10/2014	2008201938	8,51	5	3,51
14/10/2014	2008201938	35,3	35	0,3
15/10/2014	2008201938	5,43	0	5,43
16/10/2014	2008201938	13,22	67	-53,78

FECHA	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	HUMEDAD%	CLASIFICACION VISUAL
24/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	30	25,9	ARENA LIMOSA ORGANICA
25/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	33	29.5	ARENA LIMOSA ORGANICA
26/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	31	30.8	ARENA LIMOSA ORGANICA
29/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	30	31.8	ARENA LIMOSA ORGANICA
30/09/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	38	27.3	ARENA LIMOSA ORGANICA
01/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	45	26.1	ARENA LIMOSA ORGANICA
02/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	42	25.4	ARENA LIMOSA ORGANICA
03/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	39	22,4	ARENA LIMOSA ORGANICA
06/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	31	21.5	ARENA LIMOSA ORGANICA
07/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	38	18.7	ARENA LIMOSA ORGANICA
08/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	35	28.2	ARENA LIMOSA ORGANICA
09/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	39	30,6	ARENA LIMOSA ORGANICA
10/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	40	41.9	ARENA LIMOSA ORGANICA
13/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	38	35.3	ARENA LIMOSA ORGANICA
14/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	35	33.3	ARENA LIMOSA ORGANICA
15/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	31	38.5	ARENA LIMOSA ORGANICA
16/10/2014	89°12' 1.81"O	13°43'19.23" N	San Salvador	microcuenca comprendida en tramo UES	41	30.4	ARENA LIMOSA ORGANICA

ANEXO 4.3: ENSAYOS DE LABORATORIO

CALCULOS

✓ GRAVEDAD ESPECIFICA norma ASTM D653

➤ Calibración del picnómetro

Peso del matraz N°3 (M_p): 164.8 gr

Temperatura ambiente (°C) 20°C

T (°C)	20
Peso (matraz+ agua) gr	661.7

1- Volumen calibrado de cada frasco volumétrico.

$$V_p = \frac{M_{pwt} - M_p}{\rho_{wt}}$$

$V_p =$ volumen calibrado del frasco volumetrico(ml)

$M_{pwt} =$ masa del frasco volumetrico mas agua ala temperatura de calibracion (g)

$M_p =$ masa del frasco volumetrico seco y limpio (g)

$\rho_{wt} =$ Densidad del agua a la temperatura de calibracion $\frac{g}{ml}$

(tomado de la tabla siguiente)

$\rho_{wt} = 0.99825$ de tabla b-1 para T°C=16 de tabla norma ASTM D854

$$V_p = \frac{661.7 - 164.8}{0.99825} = 497.8 \text{ ml}$$

2-masa del frasco volumétrico + agua a la temperatura de ensayo

$$M_{pwt} = M_p + (V_p \times \rho_{wt})$$

$M_{pwt} =$ masa del frasco volumetrico y agua a temperatura de ensayo (g)

$M_p =$ masa del frasco volumetrico seco calibrado (g)

$V_p =$ volumen promedio del frasco volumetrico calibrado ml

$\rho_{wt} = \text{densidad del agua a la temperatura de ensayo a } \frac{g}{ml}$

(obtenido en tabla anterior)

$$M_{pwt} = 164.8 + (497.8 \times 0.99825) = 661.72 \text{ g}$$

Determinación de Gravedad Específica

$$M_s = 86.1 \text{ g}$$

$$M_{pwst} = 715.3 \text{ g}$$

$$G_s = \frac{M_s}{(M_{pwt} - (M_{pwst} - M_s))}$$

$G_s = \text{gravedad específica a temperatura de ensayo}$

$M_s = \text{masa de los sólidos secados al horno}$

$M_{pwt} = \text{masa del frasco volumétrico y agua a temperatura de ensayo}$

$M_{pwst} = \text{masa del frasco volumétrico, agua y sólidos del suelo a la temperatura de ensayo g}$

$$M_s = 86.1 \text{ g}$$

$$M_{pwst} = 715.3 \text{ g}$$

$$G_s = \frac{M_s}{(M_{pwt} - (M_{pwst} - M_s))} = \frac{86.1}{661.72 - (715.3 - 86.1)} = 2.65$$

PUNTO 1			
prueba N°	1	2	3
matraz n°	3	3	3
temperatura (T°C)	20	24	25
Mpicn+agua+suelo (g)	715,30	713,10	714,8
Mpicn+agua (g)	661,72	661,28	661,17
Tara	1,00	2,00	3
tara (gr)	200,00	200,00	200,00
tara + muestra seca	286,10	283,40	285,90
Mhum	88,30	86,00	87,80
Ms	86,10	83,40	85,90
Gs	2,65	2,64	2,66
	Gs promedio	2,65	

Tabla 4.3-1 cálculo de gravedad específica para punto1

PUNTO 2			
prueba N°	1	2	3
matraz n°	2	2	2
temperatura (T°C)	21	25	26
Mpicn+agua+suelo (g)	713,80	714,20	715,1
Mpicn+agua (g)	661,72	661,23	661,2
Tara	1,00	2,00	3
tara (gr)	200,00	200,00	200,00
tara + muestra seca	283,10	284,60	285,90
Mhum	86,30	85,80	87,80
Ms	83,10	84,60	85,90
Gs	2,68	2,67	2,68
	Gs promedio	2,68	

Tabla 4.3-2 cálculo de gravedad específica para punto 2

PUNTO 3			
prueba N°	1	2	3
matraz n°	3	3	2
temperatura (T°C)	22	26.6	23.5
Mpicn+agua+suelo (g)	715,10	716,10	716,2
Mpicn+agua (g)	661,30	661,90	662,2
Tara	1,00	2,00	3
tara (gr)	200,00	200,00	200,00
tara + muestra seca	286,30	287,00	287,00
Mhum	87,20	288,60	88,10
Ms	86,30	87,00	87,00
Gs	2,66	2,65	2,64
	Gs promedio	2,65	

Tabla 4.3-3 cálculo de gravedad específica para punto 3

✓ ANALISIS GRANULOMETRICO norma ASTM D422

Modelo 152H	L1=8.9 R=10 L1=5.6 R=30	L2=14 cm	Vb=67 cm ³
-------------	----------------------------	----------	-----------------------

Tabla b-4 Especificaciones del hidrómetro

PUNTO 1

Tabla b-5 DATOS A USAR

Muestra de Suelo a Analizar	750 g
Masa Retenida En El Tamiz N°10	250.1 g
Masa Que Pasa El Tamiz N°10	499.9 g
masa retenida en el tamiz N°10 (Lavada Y Secada al Horno)	201.7 g
Muestra de Suelo Para el Hidrométrico	100 g
Masa de Suelo para el Análisis por Tamizado de Arenas	76.83
Gravedad Especifica	2.65

Tabla 4.3-4 datos a usar

RAGISTRO DE ANALISIS POR TAMIZ

Malla	abertura del tamiz (mm)	Peso retenido en malla (g)
1 "	25	
3/4"	19	0
1/2"	12,5	0
N ° 4	4,75	57,8
N° 10	2	132,3
N° 20	0,8333	26,31
N° 40	0,425	16,56
N° 60	0,246	18,22
N°100	0,15	8.59
N° 200	0,075	6,62
Fondo		

Tabla 4.3-5registro de análisis por tamizado

1- Determinación de las fracciones de suelo retenida y que pasan la malla N°10 con sus respectivos porcentajes que representan.

a) Fracción retenida en la malla N°10

Fracción retenida en la malla N°10= masa retenida en el tamiz N°10 (lavada y secada al horno)

Fracción retenida en la malla N°10= 201.7 g

b) Fracción que pasa la malla N°10

- humedad higroscópica del suelo (material que pasa la malla N°10)

$$w = \frac{22-21.62}{21.62-10} * 100 = 3.27 \text{ g}$$

- fracción que pasa la malla N°10

$$Msh = \frac{Mh}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{499.9}{1 + \frac{3.27}{100}} = 484.1 \text{ g}$$

- c) Determinación de los porcentajes de la fracción retenida y que pasa la malla N°10

Muestra Total=M Higroscópica+ fracción ret. Por lavado

Muestra Total=201.7+484.1=685.8 g

Masa (g)	Porcentaje en fracción
Ret en N°10 201.7 201.7/685.8	29
Pasa N°10 484.1 484.1/685.8	71
Muestra total de ensayo 685.8	100

Tabla 4.3-6 porcentaje en fracción de muestra total

- 1- Determinación de las fracciones de suelo que pasa cada una de las malla (fracción retenida en la malla N°10)

- a) Ajuste de la masa de suelo ensayada

a.1 cantidad a compensar

Cantidad a compensar= M total de ensayo- (sumas de masa retenida en los tamices de la fracción retenida en la malla N°10 + cantidad de la muestra total que pasa la malla N°10)=685.8- (190.1+484.1) =11.6 g

RESULTADOS GLOBALES DEL ENSAYO PARA LA FRACCION RETENIDA EN MALLA N°10

Malla	abertura del tamiz mm	Peso retenido en malla (g)	Peso compensado retenido malla	% retenido parcial	% ret. acumulad o	%acum pasa
1/2"	12,5	0	0	0,0	0,0	100,0
N ° 4	4,75	57,8	57,8	8	8	92,0
N° 10	2	132,3	137,8	20,0	28,0	72,0
Pasa N°10		489,9	489,9	72,0	100	0
suma		680	685,5	100,0		

Tabla 4.6-7 fracción retenida en tamiz #10

$$e = \frac{685.8-680}{685.8} \times 100 = 0.85 < 1 \text{ ok}$$

2- Determinación de las fracciones de suelo que pasa cada una de las mallas (Fracción que pasa la malla N°10)

a) Determinación de la masa para el ensayo hidrométrico corregida por humedad higroscópica.

$$Msh = \frac{Mh}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{100}{1 + \frac{3.27}{100}} = 96.83 \text{ gr}$$

b) Determinación de la masa de suelo que pasa la malla N°200

b.1 determinación de la masa perdida por el proceso de lavado del material remanente de la hidrometría.

Cantidad perdida por lavado: masa de suelo para el ensayo hidrométrico corregida por humedad- masa de suelo para análisis tamizado por arena.

Cantidad perdida por lavado=96.83-76.83=20 g

Masa de suelo que pasa la malla N°200 = cant. Perdida por lavado+ cant. De suelo paso malla N°200 en proceso de tamizado de la muestra de suelo remanente de la hidrometría.

Masa de suelo que pasa la malla N°200=20+0=20 g

Nota si más de 12 % pasa malla #200 realizar hidrometría

c) Ajuste la masa de suelo ensayada.

c.1 Determinación de la masa a compensar por pérdida o exceso de material en el proceso de tamiz de la muestra.

Cantidad a compensar= M total de ensayo hidrométrico- (sumas de masa retenida en los tamices de la fracción que pasa en la malla N°10 + cantidad de la muestra total que pasa la malla N° 200)

Cantidad a compensar=96.83-(76.3+20)=0.53 g

$$e = \frac{96.83 - 96.3}{96.83} \times 100 = 0.55 < 1 \text{ ok}$$

Malla	abertura del tamiz mm	Peso retenido en malla (g)	masa retenida ajustada lo que pasa la malla 200	masa retenida ajustada compensada	% retenido parcial	% ret. acumulado	% acum pasa	% pasa ref muestra total
N° 10							100	72
N° 20	0,8333	26,31	26,31	26,84	28	28	72	52
N° 40	0,425	16,56	16,56	16,56	17	45	55	40
N° 60	0,246	18,22	18,22	18,22	19	64	36	26
N°100	0,15	8.59	8.59	8.59	9	73	27	19
N° 200	0,075	6,62	6,62	6,62	7	78	22	14
PASA		0	20	20	20	100	0	
total		76,3	96,3	96,83				

Tabla 4.3-8 fracción que pasa malla #10

4. Determinación de diámetros de las partículas menores de la malla N°200 y sus respectivos porcentajes que pasan de cada tamaño, obtenidos en el análisis hidrométrico.

a) Determinación de la lectura corregida por el hidrómetro

a.1 corrección por defloculante (Cd)

Cd= lectura del nivel inferior del menisco en probeta con agua- Lectura en nivel inferior del menisco en probeta con agua+ defloculante

$$Cd=0-1= -1$$

a.2 Determinación de la corrección por temperatura (Ct)

Temperatura (°C)	Ct
15	- 1.10
16	- 0.90
17	- 0.70
18	- 0.50
19	- 0.35
20	0.00
21	+ 0.20
22	+ 0.40
23	+ 0.70
24	+ 1.00
25	+ 1.30
26	+ 1.65
27	+ 2.00
28	+ 2.50
29	+ 3.05
30	+ 3.80

Imagen 4.3-1 fuente manual de laboratorio de Joseph E. Bowes

a.3 determinación de lectura corregida por hidrómetro

$$RC=R_{real}-Cd\pm Ct$$

Para un t=2min R_{real}=36

T°C=26.6

$$\frac{27-26}{2-1.65} = \frac{26.6-26}{ct-1.65} \quad Ct = 1.86 \quad \text{De interpolación de tabla b-10 de temperatura}$$

$$RC=36-1+1.86=36.86$$

b) Determinación del porcentaje de partículas que permanecen en suspensión.

Specific Gravity	Correction Factor ^a
2.65	0.94
2.60	0.95
2.55	0.96
2.50	0.97
2.45	0.98
2.40	0.99
2.35	1.00
2.30	1.01
2.25	1.02
2.20	1.03
2.15	1.04

^aFor use in equation for percentage of soil remaining in suspension when using Hydrometer 152H.

Imagen 4.3-2 partículas en suspensión

$$G_s=2.65 \quad a=1 \text{ de tabla b-11 para } t=2\text{min}$$

$$P = \%mas \text{ fino} = \frac{R_c \times a}{M_{sh}} = \frac{36.86 \times 1}{96.83} = 0.38 \times 100 = 38.1$$

c) Determinación del porcentaje de partículas que permanecen en suspensión referido a muestra total del ensayo.

Porcentaje que permanece en suspensión referido a la muestra total de ensayo= (porcentaje en suspensión X porcentaje que representa la porción de la muestra que pasa la malla N°200)/100

$$\text{Porcentaje que permanece en suspensión referido a la muestra total de ensayo} = (38.1 \times 14) / 100 = 5.3\% \quad (\text{para } t=2\text{min})$$

d) Determinación de diámetro de las partículas que permanecen en suspensión.

d.1 corrección por menisco (cm)

Corrección de menisco= menisco superior- menisco inferior=0-(-1)=+1

d.2 determinación de lectura corregida por menisco

R=lectura real del hidrómetro+ corrección por menisco.

R=36+1=37(t=2min)

d.3 determinación de la profundidad efectiva (L) hidrómetro 152 H

Para Rreal =36 (t=2min) de tabla 2 de norma ASTM 422-63 L=10.4

d.4 determinación de la constante k

Para (t=2min y T°C=26.6)

 D 422 – 63 (2002)

TABLE 3 Values of K for Use in Equation for Computing Diameter of Particle in Hydrometer Analysis

Temperature,°	Specific Gravity of Soil Particles								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.1323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01198	0.01182	0.01165	0.01149

Imagen 4.3-3 valor de constante K

Para t=2min G_s=2.65

$$\frac{27 - 26}{0.01272 - 0.01258} = \frac{26.6 - 26}{X - 0.01258} \quad k = 0.01266$$

d.5 determinación del diámetro de las partículas en suspensión D

Diámetro de las partículas de suelo

$$D = k \sqrt{\frac{l}{t}} \quad D = (0.01266) \left(\sqrt{\frac{10.4}{2}} \right) = 0.0284$$

T (min)	T (°C)	Ra real	Cd (-)	Cm (+)	cT (+)	Rc	a	R (cm)	L (cmt)	(L/t)½	K (g/cm²)	D (mm)	% más fino (P)	% pasa ref M total
2	26,6	36	1	1	1,86	36,9	1	37	10,4	2,28	0,01266	0,0289	38,1	5,3
15	26,8	32	1	1	1,93	32,9	1	33	11,1	0,86	0,01269	0,0109	34,0	4,8
30	26,5	25	1	1	1,83	25,8	1	26	12,2	0,64	0,01265	0,0081	26,7	3,7
60	26,4	18	1	1	1,79	18,8	1	19	13,3	0,47	0,01264	0,0059	19,4	2,7
250	26,3	13	1	1	1,76	13,8	1	14	14,2	0,24	0,01262	0,0030	14,2	2,0
1440	26	10	1	1	1,65	10,7	1	11	14,7	0,1	0,01272	0,0013	11,0	1,5

Tabla 4.3-9 tabla resumen

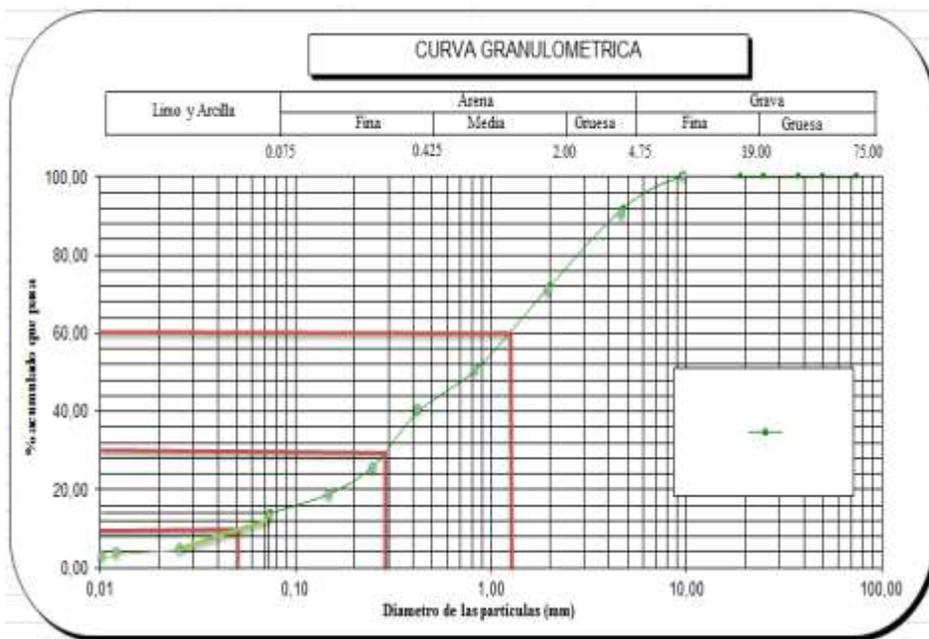


Gráfico 4.3-1 curva granulométrica de punto 1

$$cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.3}{0.05} = 26 > 6 \text{ ok}$$

$$cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.3)^2}{0.05 \times 1.3} = 1.38 \quad 1 < cc < 3 \text{ ok}$$

Por tanto, el Suelo es un **suelo bien graduado**

Porcentaje de grava, arena y finos considerando los límites para clasificación SUCS

Grava malla 3" a N°4

Arena N°4... N°200

Finos pasa N°200

LL NP

IP NP

3" - - - N°4-----	8%
N°4-N°200-----	77%
Pasa N°200-----	15%
Total.....	100%
Si entre el 15%y 12% GM, GC, SM, SC	

Clasificación SUCS....SM (arena limosa Orgánica) bien graduada

PUNTO 2 (ver calculo más detallado en punto 1)

DATOS A USAR

MUESTRA DE SUELO A ANALIZAR	750 g
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N°10	261.1g
MASA QUE PASA EL TAMIZ N°10	488.9 g
MASA RETENIDA EN EL TAMIZN°10(lavada y secada al horno)	215.1 g
Muestra de suelo para el hidrométrico	100 g
Masa de suelo para el análisis por tamizado de arenas	74.9
Gravedad específica	2.68

REGISTRÓ DE ANALISIS POR TAMIZ

Malla	abertura del tamiz mm	Peso retenido en malla (g)
N ° 4	4,75	98,34
N° 10	2	111,96
N° 20	0,8333	8,93
N° 40	0,425	12,8
N° 60	0,246	20,01
N°100	0,15	11,82
N° 200	0,075	19,32
Fondo		

Determinación de las fracciones de suelo retenida y que pasan la malla N°10 con sus respectivos porcentajes que representan.

Fracción retenida en la malla N°10= masa retenida en el tamiz N°10 (lavada y secada al horno)

Fracción retenida en la malla N°10= 215.1 g

Fracción que pasa la malla N°10

Humedad higroscópica (material que pasa la malla N°10)

$$w = \frac{23.1-22.52}{22.52-11.1} * 100 = 5.1 \text{ g}$$

$$\text{Fracción que pasa la malla N°10 } Msh = \frac{Mh}{1+\frac{w}{100}} = \frac{488.9}{1+\frac{5.1}{100}} = 465.18 \text{ g}$$

Muestra Total=M Higroscópica+ fracción ret. Por lavado

Muestra Total=215.1+465.18=680.28 g

Masa (g)		Porcentaje en fracción
Ret en N°10	215.1 215.1/680.28	32
Pasa N°10	465.18 465.18/680.28	68
Muestra total de ensayo 680.28		100

Determinación de las fracciones de suelo que pasa cada una de las mallas (fracción retenida en la malla N°10)

Ajuste de la masa de suelo ensayada

Cantidad a compensar=680.28- (210.3+465.18) =4.8 g

Malla	Peso retenido en malla (g)	Peso compensado retenido malla	% retenido parcial	% ret. acumulado	%acum pasa
1/2"	0	0	0,0		100
N° 4	98,34	98,34	14	14	86
N° 10	111,96	112,64	17	31	69
pasante 10	469,3	469,3	69	100	
suma	679,6	680,28	100		

$$e = \frac{680,28 - 679,6}{680,28} \times 100 = 0,1 < 1 \text{ ok}$$

Determinación de las fracciones de suelo que pasa cada una de las mallas
(Fracción que pasa la malla N°10)

Determinación de la masa para el ensayo hidrométrico corregida por humedad

higroscópica. $Msh = \frac{Mh}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{100}{1 + \frac{5,1}{100}} = 95,15gr$

Determinación de la masa de suelo que pasa la malla N°200

Cantidad perdida por lavado=95.15-74.9=20.25 g

Masa de suelo que pasa la malla N°200=20.25+0=20.25 g

Cantidad a compensar=95.15-(72.88+20.25)=2.02g

Malla	abertura del tamiz mm	Peso retenido en malla (g)	masa retenida ajustada	masa retenida ajustada	% retenido parcial	% ret. acumulado	%acum pasa	% pasa ref
N° 10	2	0					100	69
N° 20	0,8333	8,93	8,93	8,93	9	9	91	63
N° 40	0,425	12,8	12,8	12,8	13	23	77	53
N° 60	0,246	20,01	20,01	22,03	23	46	54	37
N°100	0,15	11,82	11,82	11,82	12	58	42	29
N° 200	0,075	19,32	19,32	19,32	20	79	21	15
PASA		0	20,25	20,25	21	100	0	
total		72,88	93,13	95,15				

$$e = \frac{95.15-93.13}{95.15} \times 100 = 2.2 \text{ Ok}$$

Determinación de diámetros de las partículas menores de la malla N°200 y sus respectivos porcentajes que pasan de cada tamaño, obtenidos en el análisis hidrométrico.

Corrección por defloculante (Cd)

$$Cd = 0 - 1 = -1$$

Determinación de la corrección por temperatura (Ct)

Determinación de lectura corregida por hidrómetro $RC = R_{real} - Cd \pm Ct$

Para un $t=2\text{min}$ $R_{real}=36$

$T^{\circ}C=26.6$

$$\frac{27-26}{2-1.65} = \frac{26.5-26}{ct-1.65} \quad Ct = 1.82 \quad \text{De interpolación de temperatura}$$

$$RC = 36 - 1 + 1.82 = 36.82$$

Determinación del porcentaje de partículas que permanecen en suspensión.

$G_s=2.68$ $a=0.99$ para $t=2\text{min}$

$$P = \% \text{mas fino} = \frac{Rc \times a}{Msh} = \frac{36.82 \times 0.99}{95.15} = 0.383 \times 100 = 38.3$$

Porcentaje que permanece en suspensión referido a la muestra total de

ensayo = $(38.3 \times 15) / 100 = 5.75\%$ (para $t=2\text{min}$)

Determinación de diámetro de las partículas que permanecen en suspensión.

Corrección de menisco (cm) = $0 - (-1) = +1$

Determinación de lectura corregida por menisco

R=lectura real del hidrómetro+ corrección por menisco=36+1=37(t=2min)

Determinación de la profundidad efectiva (L) hidrómetro 152 H

Para Rreal =36 (t=2min) de tabla anexo b-12 L=10.4

Determinación de la constante k

Para (t=2min y T°C=26.6)

Para t=2min Gs=2.68 T°C=26.6

Para un Gs=2.65

$$\frac{27 - 26}{0.01272 - 0.01258} = \frac{26.6 - 26}{X - 0.01258} \quad k = 0.01266$$

Para un Gs=2.7

$$\frac{27 - 26}{0.01253 - 0.01239} = \frac{26.6 - 26}{X - 0.01239} \quad k = 0.01247$$

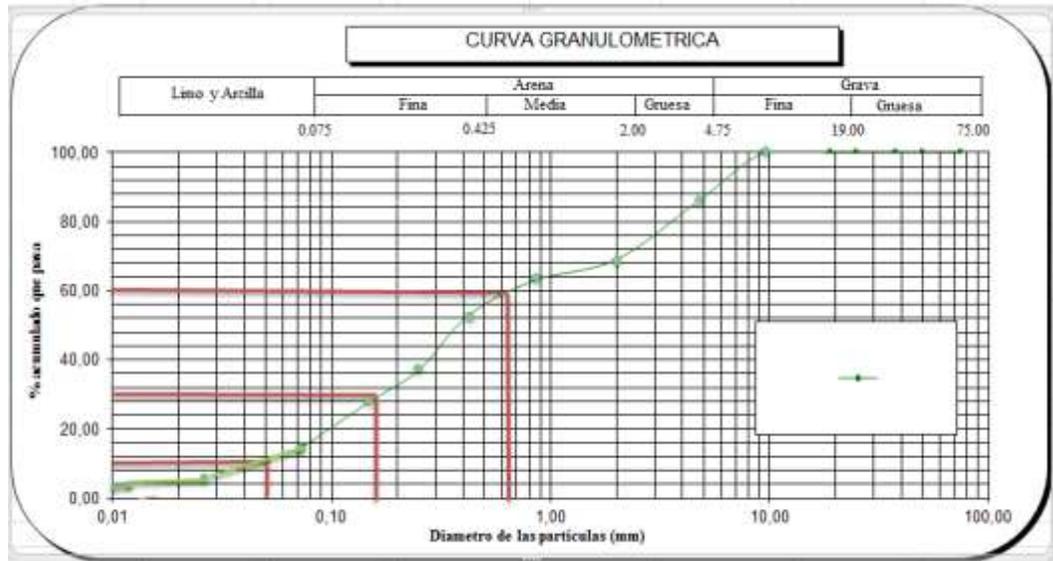
Interpolando resultados de Gs=2.65 y Gs=2.7 para obtener Gs=2.68

$$\frac{2.7 - 2.65}{0.01266 - 0.01247} = \frac{2.68 - 2.65}{X - 0.01247} \quad k = 0.01258$$

Determinación del diámetro de las partículas en suspensión D

$$D = k \sqrt{\frac{l}{t}} = (0.01258) \left(\sqrt{\frac{10.4}{2}} \right) = 0.0287$$

t(min)	T (°C)	Ra real	cd(-)	cm(+)	cT(+)	Rc	a	R (cm)	L(cm)	(L/t) ^{1/2}	K(g/cm ²)	D (mm)	% más fino(P)	%pasa ref Mtotal
2	26,3	35	1	1	1,76	35,8	1	36	10,6	2,3	0,01262	0,0290	40,5	4,9
15	25,9	28	1	1	1,62	28,6	1	29	11,7	0,88	0,01257	0,0111	32,5	3,9
30	26,9	22	1	1	1,97	23	1	23	12,7	0,65	0,01252	0,0081	26,0	3,1
60	26,5	18	1	1	1,86	18,9	1	19	13,3	0,47	0,01264	0,0059	21,4	2,6
250	26,3	18	1	1	1,76	18,8	1	19	13,3	0,23	0,01256	0,0029	21,3	2,6
1440	26	10	1	1	1,65	10,7	1	11	14,7	0,1	0,01264	0,0013	12,1	1,4



$$cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.65}{0.05} = 13 > 6 \text{ ok}$$

$$cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.17)^2}{0.65 \times 0.05} = 0.89 \quad 1 < cc < 3 \text{ ok}$$

Por tanto, el Suelo es un **suelo bien graduado**

Porcentaje de grava, arena y finos considerando los límites para clasificación SUCS

Grava malla 3" a N°4

Arena N°4... N°200

Finos pasa N°200

LL NP IP NP

3" - - - N°4-----	16%
N°4-N°200-----	69%
Pasa N°200-----	15%
Total.....	100%
Si entre el 15% y 12% GM, GC, SM, SC	

Clasificación SUCS....SM (arena limosa Orgánica) bien graduada

PUNTO 3 (ver calculo más detallado en punto 1)

DATOS A USAR

MUESTRA DE SUELO A ANALIZAR	750 g
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N°10	190.3g
MASA QUE PASA EL TAMIZ N°10	559.7 g
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N°10 (lavada y secada al horno)	188.3 g
Muestra de suelo para el hidrométrico	100 g
Masa de suelo para el análisis por tamizado de arenas	73.8
Gravedad específica	2.65

RAGISTRO DE ANALISIS POR TAMIZ

Malla	abertura del tamiz mm	Peso retenido en malla (g)
N° 4	4,75	60.8
N° 10	2	125.9
N° 20	0,8333	19.73
N° 40	0,425	15.11
N° 60	0,246	12.28
N°100	0,15	18.1
N° 200	0,075	5.9
Fondo		

Determinación de las fracciones de suelo retenida y que pasan la malla N°10 con sus respectivos porcentajes que representan.

Fracción retenida en la malla N°10= 188.3 g

Fracción que pasa la malla N°10

Humedad higroscópica (material que pasa la malla N°10)

$$w = \frac{20.4 - 19.22}{19.22 - 10.4} * 100 = 13.38 \text{ g}$$

$$Msh = \frac{Mh}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{559.7}{1 + \frac{13.38}{100}} = 493.65 \text{ g}$$

Determinación de los porcentajes de la fracción retenida y que pasa la malla N°10

Muestra Total=M Higroscópica+ fracción ret. Por lavado
 =188.3+493.65=681.95g

Masa (g)		Porcentaje en fracción
Ret en N°10	188.3 188.3/681.95	28
Pasa N°10	493.65 493.65/681.95	72
Muestra total de ensayo 680.28		100

Determinación de las fracciones de suelo que pasa cada una de las malla (fracción retenida en la malla N°10)

Ajuste de la masa de suelo ensayada

Cantidad a compensar=681.95- (186.7+493.65) =1.6 g

Malla	Peso retenido en malla (g)	Peso compensado retenido malla	% retenido parcial	% ret. acumulado	%acum pasa
1/2"	0	0	0,0		100
N ° 4	60,8	60,8	9	9	91
N° 10	125,9	134,85	20	29	71
pasante 10	486,3	486,3	71	100	
suma	673	681,95	100		

$$e = \frac{681.95-673}{681.95} \times 100 = 1.31 \text{ ok}$$

Determinación de las fracciones de suelo que pasa cada una de las mallas (Fracción que pasa la malla N°10)

Determinación de la masa para el ensayo hidrométrico corregida por humedad

higroscópica. $Msh = \frac{Mh}{1+\frac{w}{100}} = \frac{100}{1+\frac{13.38}{100}} = 88.19gr$

Determinación de la masa de suelo que pasa la malla N°200

Cantidad perdida por lavado=88.19-73.8=14.39g

Masa de suelo que pasa la malla N°200=14.39+0=14.39 g

Ajuste la masa de suelo ensayada.

Cantidad a compensar=88.19-(71.12+14.39)=2.68 g

Malla	abertura del tamiz mm	Peso retenido en malla (g)	masa retenida ajustada	masa retenida ajustada	% retenido parcial	% ret. acumulado	%acum pasa	% pasa ref
N° 10	2	0					100	71
N° 20	0,8333	19,73	19,73	22,41	25	25	75	53
N° 40	0,425	15,11	15,11	15,11	17	43	57	41
N° 60	0,246	12,28	12,28	12,28	14	56	44	31
N°100	0,15	18,1	18,1	18,1	21	77	23	16
N° 200	0,075	5,9	5,9	5,9	7	84	16	12
PASA		0	14,39	14,39	16	100	0	
total		71,12	85,51	88,19				

$$e = \frac{88,19-85,51}{88,19} \times 100 = 2.80k$$

Determinación de diámetros de las partículas menores de la malla N°200 y sus respectivos porcentajes que pasan de cada tamaño, obtenidos en el análisis hidrométrico.

Corrección por defloculante (Cd)

Cd=0-1= -1

Determinación de la corrección por temperatura (Ct) de tabla b-10

RC=Rreal-Cd±Ct

Para un t=2min Rreal=35

T°C=26.3

$$\frac{27-26}{2-1.65} = \frac{26.3-26}{ct-1.65} \quad Ct = 1.76$$

$$RC=35-1+1.76=35.76$$

Determinación del porcentaje de partículas que permanecen en suspensión

$$Gs=2.65 \quad a=1 \quad \text{para } t=2\text{min}$$

$$P = \%mas \text{ fino} = \frac{Rc \times a}{Msh} = \frac{35.76 \times 1}{88.19} = 0.405 \times 100 = 40.5$$

Determinación del porcentaje de partículas que permanecen en suspensión referidos a muestra total del ensayo.

Porcentaje que permanece en suspensión referido a la muestra total de ensayo= $(38.3 \times 15)/100=5.75\%$ (para $t=2\text{min}$)

Determinación de diámetro de las partículas que permanecen en suspensión.

$$\text{Corrección de menisco} = \text{menisco superior} - \text{menisco inferior} = 0 - (-1) = +1$$

Determinación de lectura corregida por menisco

$$R=35+1=36(t=2\text{min})$$

Determinación de la profundidad efectiva (L) hidrómetro 152 H

Para $R_{real} = 35(t=2\text{min})$ de tabla ver calculo punto 1 $L=10.6$

Determinación de la constante k

Para $(t=2\text{min y } T^{\circ}C=26.3)$

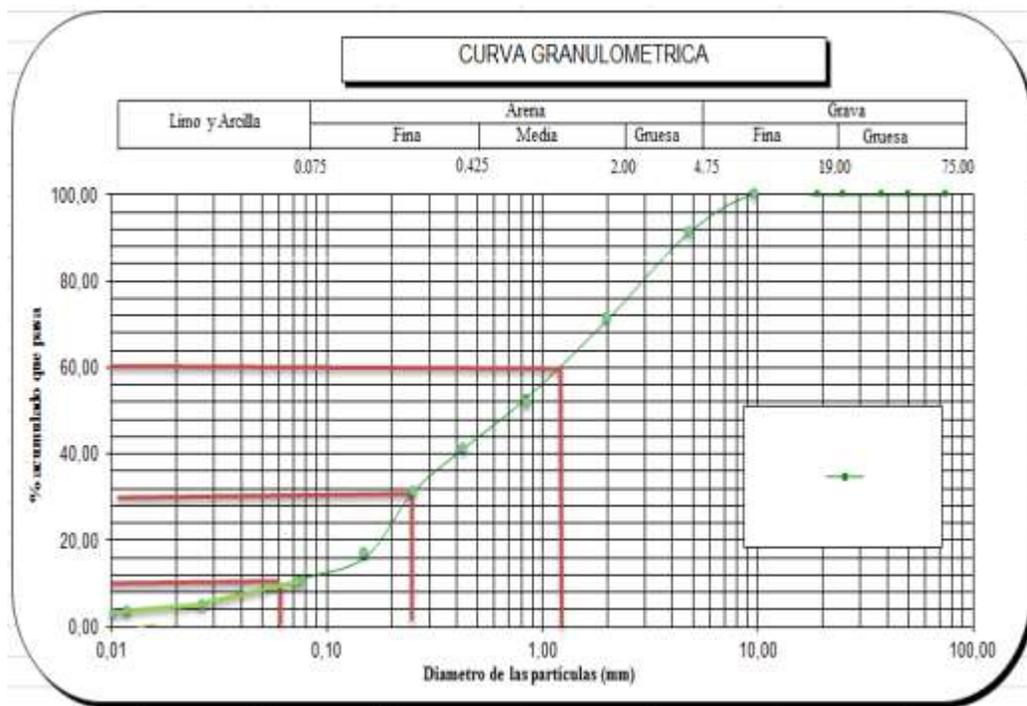
Para $t=2\text{min } Gs=2.65 \quad T^{\circ}C=26.3$

$$\frac{27 - 26}{0.01272 - 0.01258} = \frac{26.6 - 26}{X - 0.01258} \quad k = 0.01266$$

Determinación del diámetro de las partículas en suspensión D

$$D = (0.01266) \left(\sqrt{\frac{10.6}{2}} \right) = 0.029$$

t(mi n)	T (°C)	Ra real	cd(-)	cm(+)	cT(+)	Rc	a	R (cm)	L(cmt s)	(L/t) ½	K(g/cm ³)	D (mm)	% más fino(P)	%pasa ref Mtotal
2	26,3	35	1	1	1,7 6	35, 8	1	36	10,6	2,3	0,0125 8	0,028 9	40,5	4,5
15	25,9	28	1	1	1,6 2	28, 6	1	29	11,7	0,88	0,0125 7	0,011 1	32,5	3,6
30	26,9	22	1	1	1,9 7	23	1	23	12,7	0,65	0,0125 2	0,008 1	26,0	2,9
60	26,5	18	1	1	1,8 6	18, 9	1	19	13,3	0,47	0,0126 4	0,005 9	21,4	2,4
250	26,3	18	1	1	1,7 6	18, 8	1	19	13,3	0,23	0,0125 6	0,002 9	21,3	2,3
1440	26	10	1	1	1,6 5	10, 7	1	11	14,7	0,1	0,0126 4	0,001 3	12,1	1,3



$$cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.3}{0.06} = 21.67 > 6 \text{ ok}$$

$$cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.25)^2}{1.3 \times 0.06} = 0.8 \quad 1 < cc < 3 \text{ ok}$$

Por tanto, el Suelo es un **suelo bien graduado**

Porcentaje de grava, arena y finos considerando los límites para clasificación

SUCS

Grava malla 3" a N°4

Arena N°4... N°200

Finos pasa N°200

LL NP

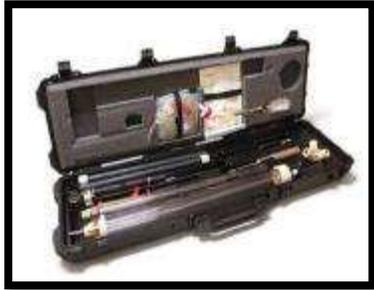
IP NP

3" - - - - N°4-----	10%
N°4-N°200-----	78%
Pasa N°200-----	12%
Total.....	100%
Si entre el 15%y 12% GM, GC, SM, SC	

Clasificación SUCS....SM (arena limosa Orgánica) bien graduada

ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERMEAMETRO GUELPH

1. Descripción del permeámetro de Guelph



El Permeámetro de Guelph (Figura 1) es un instrumento fácil de usar para una medida rápida y exacta in - situ de la conductividad hidráulica. La evaluación exacta de suelo del que la conductividad hidráulica, adsorción del suelo, y potencial de flujo matricial puede hacerse en todos los tipos de suelo. El equipo puede ser transportado, montado, y de operativa fácil por

una persona. Las medidas pueden hacerse entre 1/2 a 2 horas, según el tipo de suelo, y requerir sólo unos 2.5 litros de agua. Las medidas pueden hacerse en la horquilla de 15 a 75 cm bajo la superficie de suelo. El Permeámetro de Guelph es un equipo completo que consiste en el permeámetro, trípode de campo, barrena, preparación de la perforación y herramientas de limpieza, contenedor de agua plegable, y bomba de mano de vacío, todos embalados para su transporte. Hay accesorios disponibles para ampliar la capacidad de medida del permeámetro. Los accesorios de profundidad aumentan la profundidad de operación en 80 cm. la profundidad máxima alcanzable es de 315 cm. Los accesorios acopladores de anillos permiten medidas de anillos de diámetro de 10 cm y 20 cm. Un adaptador de tensión permite que las medidas sean hechas bajo tensión a muy bajas condiciones de carga. Los infiltrómetros de anillo y tensión están también disponibles como unidades independientes. Las unidades independientes vienen como equipos que incluyen caja de transporte y todos los artículos necesarios de hacer medidas. Peso de permeámetro: 14.97 kg

CALCULOS DE PERMEAMETRO DE GUELPH

Condiciones de Humedad de las muestras.

- **ARENA LIMOSA (0-30cm).**

Peso de charola	62.3g
Peso de charola + muestra húmeda	224.1g
Peso de charola + muestra Seca	217.5g
Peso de muestra Humedad	161,8 g
Peso de muestra Seca	155.2 g

$$\omega\% = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} * 100$$

$$\omega\% = \frac{161.8 - 155.2}{155.2} * 100$$

$$\omega\% = 4.25\%$$

• **ARENA LIMOSA (0-34 cm).**

Peso de charola	64.7 g
Peso de charola + muestra húmeda	170.06 g
Peso de charola + muestra Seca	163.9g
Peso de muestra Humedad	105.36 g
Peso de muestra Seca	99.2g

$$\omega\% = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} * 100$$

$$\omega\% = \frac{105.36 - 99.2}{99.2} * 100$$

$$\omega\% = 6.21\%$$

$$\omega_{prom}\% = 5.23\%$$

• **ARENA LIMOSA (0-36cm).**

Peso de charola	63.7 g
Peso de charola + muestra húmeda	187.8 g
Peso de charola + muestra Seca	184.9g
Peso de muestra Humedad	124.1 g
Peso de muestra Seca	121.2 g

$$\omega\% = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} * 100$$

$$\omega\% = \frac{124.1 - 121.2}{121.2} * 100$$

$$\omega\% = 2.39$$

- **ARENA LIMOSA (0-31cm).**

Peso de charola	63.7 g
Peso de charola + muestra húmeda	188.8 g
Peso de charola + muestra Seca	183.9g
Peso de muestra Humedad	125.1 g
Peso de muestra Seca	120.2 g

$$\omega\% = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} * 100$$

$$\omega\% = \frac{125.1 - 120.2}{120.2} * 100$$

$$\omega\% = 4.1\%$$

$$\omega_{prom}\% = 3.25\%$$

- **Cálculo de contenido de vacíos de la masa de suelos.**

- Volumen del agujero 1.

$$V_{agujero} = h \cdot \left(\frac{D^2 \pi}{4} \right) = 30cm \cdot \left(\frac{\pi(6cm)^2}{4} \right) = 848.23cm^3 = 0.000848 m^3$$

- Volumen de la masa seca de suelo.

Considerando gravedad específica para arena limosa $GS_{prom} = 2.66$

Muestreo 1

$$V_{suelo seco} = \frac{\text{Peso de suelo seco}}{\text{Gravedad específica}} = \frac{0.1552 Kg}{2.66} = 0.058 \text{ litros}$$

$$V_{suelo seco} = 0.000058m^3$$

- Contenido de vacíos del suelo.

$$e = \frac{V_{\text{agujero}} - V_{\text{suelo seco}}}{V_{\text{agujero}}} = \frac{0.00085 \text{ m}^3 - 0.000058 \text{ m}^3}{0.00085 \text{ m}^3} = 0.9317 * 100$$

$$e = 93.18\%$$

Muestreo 3

$$V_{\text{suelo seco}} = \frac{\text{Peso de suelo seco}}{\text{Gravedad específica}} = \frac{0.1212 \text{ Kg}}{2.66} = 0.04556 \text{ litros}$$

$$V_{\text{suelo seco}} = 0.00004556 \text{ m}^3$$

- Contenido de vacíos del suelo.

$$e = \frac{V_{\text{agujero}} - V_{\text{suelo seco}}}{V_{\text{agujero}}} = \frac{0.00085 \text{ m}^3 - 0.00004556 \text{ m}^3}{0.00085 \text{ m}^3} = 0.946 * 100$$

$$e = 94.64\%$$

HOJA DE DATOS DE CAMPO PERMEÁMETRO GUELPH

Fecha:9-3-15		Lugar: microcuencia arenal tramo UES		
Valor de constantes.		Constante	Dimensiones del agujero.	
Reservorios	X= 35.22	X	Profundidad.	38 cm
Reservorio interior.	Y= 2.16		Diámetro.	6 cm
			Volumen.	848.23cm ³

Muestreo 1

H1= 7cm					
Número de lectura	Tiempo (min)	Intervalo de tiempo (min)	Nivel de agua en el reservorio (cm)	Cambio en el nivel de agua (cm)	Tasa de cambio de nivel (cm/min) R1
1	0	-	23	-	-
2	2	-	56,1	33,1	16,55
3	4	2	76	19,9	9,95
4	6	2	103,1	27,1	13,55
5	8	2	118,4	15,3	7,65
6	10	2	128,2	9,8	4,9
7	12	2	136,1	7,9	3,95
8	14	2	140	3,9	1,95
9	16	2	142,9	2,9	1,45
10	18	2	145,8	2,9	1,45
11	20	2	148,7	2,9	1,45

Muestreo 2

H2=10cm					
Número de lectura	Tiempo (min)	Intervalo de tiempo (min)	Nivel de agua en el reservorio (cm)	Cambio en el nivel de agua (cm)	Tasa de cambio de nivel (cm/min) R2
1	0	-	12	-	-
2	2	2	55,9	43,9	21,95
3	4	2	76	20,1	10,05
4	6	2	99,9	23,9	11,95
5	8	2	115	15,1	7,55
6	10	2	123,8	8,8	4,4
7	12	2	128,9	5,1	2,55
8	14	2	134,1	5,2	2,6
9	16	2	136,9	2,8	1,4
10	18	2	140,2	3,3	1,65
11	20	2	143,5	3,3	1,65
12	22	2	146,8	3,3	1,65
13	24	2	150,1	3,3	1,65

Muestreo 3

H2=6cm					
Número de lectura	Tiempo (min)	Intervalo de tiempo (min)	Nivel de agua en el reservorio (cm)	Cambio en el nivel de agua (cm)	Tasa de cambio de nivel (cm/min) R3
1	0	-	11,9	-	-
2	2	-	47,1	35,2	17,6
3	4	2	76	28,9	14,45
4	6	2	101,3	25,3	12,65
5	8	2	120,6	19,3	9,65
6	10	2	130,2	9,6	4,8
7	12	2	136,1	5,9	2,95
8	14	2	140,9	4,8	2,4
9	16	2	143,9	3	1,5
10	18	2	146,8	2,9	1,45
11	20	2	149,7	2,9	1,45
12	22	2	152,6	2,9	1,45
13	24	2	155,5	2,9	1,45
14	26	2	158,4	2,9	1,45

Muestreo 4

H2=6.6cm					
Número de lectura	Tiempo (min)	Intervalo de tiempo (min)	Nivel de agua en el reservorio (cm)	Cambio en el nivel de agua (cm)	Tasa de cambio de nivel (cm/min) R4
1	0	-	12,5	-	-
2	2	2	51,7	39,2	19,6
3	4	2	76	24,3	12,15
4	6	2	106,3	30,3	15,15
5	8	2	125	18,7	9,35
6	10	2	133,3	8,3	4,15
7	12	2	141,2	7,9	3,95
8	14	2	145,4	4,2	2,1

9	16	2	147,9	2,5	1,25
10	18	2	150,2	2,3	1,15
11	20	2	152,5	2,3	1,15
12	22	2	154,8	2,3	1,15
13	24	2	157,1	2,3	1,15

CÁLCULOS.

$$\text{Para muestreo 1 } \bar{R}_1 = (1.45)/60 = 0.0242 \frac{cm}{seg}$$

$$\text{Para muestreo 2 } \bar{R}_2 = 1.65/60 = 0.0275 \frac{cm}{seg}$$

$$\text{Para muestreo 3 } \bar{R}_3 = 1.45/60 = 0.0242 \frac{cm}{seg}$$

$$\text{Para muestreo 4 } \bar{R}_4 = 1.15/60 = 0.0192 \frac{cm}{seg}$$

Valor de permeabilidad.

Muestreo 1 y 2

$$\begin{aligned}
 K_{fs} &= (0.0041 \cdot X \cdot \bar{R}_2) - (0.0054 \cdot X \cdot \bar{R}_1) \\
 &= (0.0041 \cdot 35.22 \cdot 0.0275) - (0.0054 \cdot 35.22 \cdot 0.0242) \\
 &= 0.04205 \frac{cm}{seg}
 \end{aligned}$$

Muestreo 3 y 4

$$\begin{aligned}K_{fs} &= (0.0041 \cdot X \cdot \overline{R_4}) - (0.0054 \cdot X \cdot \overline{R_3}) \\&= (0.0041 \cdot 35.22 \cdot 0.0192) - (0.0054 \cdot 35.22 \cdot 0.0242) \\&= 0.00183 \frac{cm}{seg}\end{aligned}$$

Valor de flujo másico potencial.

Muestreo 1 y 2

$$\begin{aligned}\varphi_m &= (0.0572 \cdot X \cdot \overline{R_1}) - (0.0237 \cdot X \cdot \overline{R_2}) \\&= (0.0572 \cdot 35.22 \cdot 0.0242) - (0.0237 \cdot 35.22 \cdot 0.0192) \\&= 0.0258 \frac{cm^2}{seg}\end{aligned}$$

Muestreo 3 y 4

$$\begin{aligned}\varphi_m &= (0.0572 \cdot X \cdot \overline{R_3}) - (0.0237 \cdot X \cdot \overline{R_4}) \\&= (0.0572 \cdot 35.22 \cdot 0.0242) - (0.0237 \cdot 35.22 \cdot 0.0192) \\&= 0.0327 \frac{cm^2}{seg}\end{aligned}$$

Parámetro alfa.

Muestreo 1 y 2

$$\alpha = K_{fs}/\varphi_m = -0.04205 \frac{cm}{seg} / 0.0258 \frac{cm^2}{seg} = 1.63 cm^{-1}$$

Muestreo 3 y 4

$$\alpha = K_{fs}/\varphi_m = -0.00183 \frac{cm}{seg} / 0.03275 \frac{cm^2}{seg} = 0.0559 cm^{-1}$$

Absorción.

- **Muestreo 1 y 2**
- *Humedad considerada: 5.23%*
- *Contenido de vacíos: 93.18%*

$$\theta_{fs} = 0.9318 \text{ y } \theta_i = 0.523$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{2 \cdot (\Delta\theta) \cdot (\varphi_m)} = \sqrt{2 \cdot (\theta_{fs} - \theta_i) \cdot (\varphi_m)} \\ &= \sqrt{2 \cdot (0.9318 - 0.523) \cdot \left(0.0258 \frac{cm^2}{seg}\right)} \\ S &= 0.145 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

- **Muestreo 3 y 4**
- *Humedad considerada: 3.23%*
- *Contenido de vacíos: 94.64%*

$$\theta_{fs} = 0.9464 \text{ y } \theta_i = 0.323$$

$$S = \sqrt{2 \cdot (\Delta\theta) \cdot (\Phi_m)} = \sqrt{2 \cdot (\theta_{fs} - \theta_i) \cdot (\Phi_m)}$$
$$= \sqrt{2 \cdot (0.9464 - 0.323) \cdot \left(0.0327 \frac{cm^2}{seg}\right)}$$

$$S = 0.2019 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-\frac{1}{2}}$$

ANEXO 4.4: REGISTRO FOTOGRAFICO

✓ MUESTREO PARA CONTENIDOS DE HUMEDAD

Día 24 de septiembre de 2014



Día 25 de septiembre de 2014



Día 26 de septiembre de 2014





Dia 1 de octubre de 2014



Dia 5 de octubre de 2014



Día 9 de octubre de 2014



Día 15 de octubre de 2014



Dia 16 de octubre de 2014 vegetacion de la zona en estudio





Anexo 4.4-1 muestreo de microcuenca para contenidos de humedad

✓ MUSTREO DE PUNTOS

22 de enero de 2015



Anexo4.4 -2 estratigrafías de la microcuenca el arenal

22 de enero de 2015



Anexo 4.4 A-3 recolección de muestra para granulometría

✓ REDUCCION DE MUESTRA A TAMAÑO DE ENSAYO

5 de febrero de 2015





Anexo 4.4 -4 imagen de reduccion de muestra

✓ ANALISIS POR TAMIZADO

9 de febrero de 2015



Anexo 4.4 -5 analisis por tamizado

✓ ANALISIS HIDROMETRICO

11 de febrero de 2015



Anexo 4.4 -6 análisis hidrométricos

✓ ANALISIS POR TAMIZADO DE MUESTRA REMANENTE DE HIDROMETRIA

13 de febrero de 2015



Anexo 4.4 -7 tamizados remanentes de hidrometría

✓ LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

17 de febrero de 2015





Anexo 4.4 -7 limites líquido y plástico

✓ GRAVEDAD ESPECIFICA

17 de febrero de 2015



Anexo 4.4 -8 gravedades específicas

✓ ENSAYO DE PERMEABILIDAD GUELPH

9 marzo de 2015



Anexo 4.4 -10 ensayos de permeabilidad