



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**IDENTIFICACIÓN DE LAS
POTENCIALIDADES AGROECOLÓGICAS
DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN
CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA**

*Tesis de grado previo a la
obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo*

AUTOR:

CÉSAR BERNARDO BENAVIDEZ SILVA

DIRECTOR:

ING. MAX ENCALADA CÓRDOVA MG. SC.

LOJA-ECUADOR

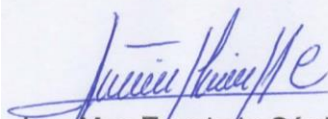
2014

Ing. Máx. Encalada Córdova Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“IDENTIFICACIÓN DE LAS POTENCIALIDADES AGROECOLÓGICAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA”**, de la autoría del señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica **CÉSAR BERNARDO BENAVIDEZ SILVA**, ha sido desarrollado de acuerdo a las actividades de investigación previstas, las mismas que cumplen con la planificación, cronograma, metodologías y requisitos legales exigidos por el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Por lo expuesto, queda autorizada la presentación para fines legales.

LO CERTIFICO
Loja, 27 de Febrero del 2014



Ing. Máx. Encalada Córdova Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

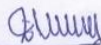
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS: Identificación de las potencialidades agroecológicas de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, Provincia de Loja.

Presentada al Tribunal de Grado como requisito previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

En el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja



~~Dra. Zoila Zaruma Hidalgo~~
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Gilberto Álvarez Cajas
VOCAL DEL TRIBUNAL



Ing. Klever Chamba Caillagua
VOCAL DEL TRIBUNAL

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**


Yo, César Bernardo Benavidez Silva, declaro ser autor de la tesis titulada **“IDENTIFICACIÓN DE LAS POTENCIALIDADES AGROECOLÓGICAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO AGRÓNOMO**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 31 días del mes de marzo del 2014, firma el autor.

Firma:



Autor:

César Bernardo Benavidez Silva

Número de Cédula:

1104061195

Dirección:

Loja, Juan León Mera 21-76 y Antonio Neumane

Correo electrónico:

tatobenavidez@gmail.com

Teléfono:

072547797 **Celular:** 0982259426

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Ing. Max Encalada Córdova Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Dra. Zoila Zaruma Hidalgo

Ing. Gilberto Álvarez Cajas

Ing. Klever Chamba Caillagua

AUTORÍA

Yo, César Bernardo Benavidez Silva declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: César Bernardo Benavidez Silva

Firma:

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Cédula: 1104061195

Fecha: 31 de marzo del 2014

AGRADECIMIENTO

*Gracias a la vida que me ha dado tanto
Me ha dado la marcha de mis pies cansados
Con ellos anduve ciudades y charcos
Playas y desiertos, montañas y llanos
Y la casa tuya, tu calle y tu patio*

*Gracias a la vida que me ha dado tanto
Me dio el corazón que agita su marco
Cuando miro el fruto del cerebro humano
Cuando miro el bueno tan lejos del malo
Cuando miro el fondo de tus ojos claros.*

Violeta Parra

A mis padres, quienes con su esfuerzo, ejemplo y lucha han demostrado ser seres humanos extraordinarios y lo mejor de este mundo, por el apoyo fundamental en cada paso dado, guía y consejo de bien para la vida.

Al Ing. Max Encalada y su Familia por su amistad y por guiarme en cada momento que acudí en busca de su ayuda... Gracias.

A la Carrera de Ingeniería Agronómica y a la Universidad Nacional de Loja, cuna de intelectuales y luchadores, por haberme permitido formarme en sus aulas. A cada uno de los docentes que contribuyeron en mi formación. A Paulina Vallejo y Aníbal Carrión, gracias por su amistad y apoyo en cada circunstancia de mi vida universitaria. A mis compañeros de aula. A Darío, Paola, Marco, Orly y Byron por su amistad sincera y por su paso trascendental en mi vida, siendo apoyo fundamental en mi realización en cada faceta como universitario.

Al Frente de Izquierda Universitario por su contribución a la Universidad y a la Sociedad y por haberme formado como luchador y ser humano.

Gracias...

DEDICATORIA

Plegaria a un Labrador

*Levántate y mira la montaña
de donde viene el viento, el sol y el agua.
Tú que manejas el curso de los ríos,
tú que sembraste el vuelo de tu alma.
Levántate y mírate las manos
para crecer estréchala a tu hermano.
Juntos iremos unidos en la sangre
hoy es el tiempo que puede ser mañana.
Libranos de aquel que nos domina
en la miseria.
Tráenos tu reino de justicia
e igualdad.
Sopla como el viento la flor
de la quebrada.*

*Limpia como el fuego
el cañón de mi fusil.
Hágase por fin tu voluntad
aquí en la tierra.
Danos tu fuerza y tu valor
al combatir.
Sopla como el viento la flor
de la quebrada.
Limpia como el fuego
el cañón de mi fusil.
Levántate y mírate las manos
para crecer estréchala a tu hermano.
Juntos iremos unidos en la sangre
ahora y en la hora de nuestra muerte*

Victor Jara

La concepción de este trabajo está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mi familia y la sociedad en general.

A mi Familia entera...

A mis primos César Hernán, César Alfredo, María Verónica, Maricarmen, Carlos Emerson, Mateo Fabián, Noelia del Cisne, Fabián Camilo, Antoni Fabián y Zarela Alejandra, decirles que no consideren este logro como un ejemplo, tómelo más bien como un consejo, del cual les puedo transmitir que nunca deben bajar los brazos, nunca deberán dejarse derrotar por las adversidades y que caminen por la vida siempre con la frente en alto, convencidos, que ese es el orgullo más grande que tenemos.

A mi Abuelita Hortensia Valarezo, a la Memoria de mi abuelita Celia Maldonado y de mis abuelitos José Bernardo Benavidez y César Silva, siendo las raíces para mi formación y los valores inculcados a través de mis padres.

Y, con Plegaria a un Labrador, dedico este trabajo a los campesinos, obreros, estudiantes y a la militancia del Frente de Izquierda Universitario, haciendo un llamado a seguir luchando, porque los utópicos estamos aquí y seguimos en pie, convencidos que

Llegará el día...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. GENERALIDADES DEL CAFÉ.....	3
2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL CAFÉ	7
2.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL CAFÉ	8
2.3.1. <u>Clasificación Taxonomía</u>	8
2.3.2. <u>Características Botánicas</u>	8
2.3.2.1. Tallo	8
2.3.2.2. Raíz	8
2.3.2.3. Hojas	9
2.3.2.4. Flores	9
2.3.2.5. Fruto.....	9
2.4. ZONAS CAFETALERAS ECUATORIANAS	10
2.5. DIVERSIDAD EN LA ESPECIE Y VARIEDADES	12
2.5.1. <u>Cafés Arábigos</u>	12
2.5.1.1. Variedades de cafés arábigos	13
2.5.2. <u>Café Robusta</u>	16
2.6. FACTORES CLIMÁTICOS PARA EL CAFÉ	16
2.6.1. <u>Altitud</u>	17
2.6.2. <u>Temperatura</u>	17
2.6.3. <u>Precipitación</u>	18
2.6.4. <u>Humedad Relativa</u>	19
2.6.5. <u>Radiación Solar y Nubosidad</u>	20
2.7. FACTORES EDÁFICOS PARA EL CAFÉ	21
2.7.1. SUELOS CAFETALEROS DEL ECUADOR	21
2.7.2. <u>Requerimientos Edáficos del café</u>	23
2.7.2.1. Características Físicas	24
2.7.2.2. Características Químicas	25
2.8. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA	26
2.8.1. <u>Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la zonificación Agroecológica</u>	26
2.8.1.1. <u>Elementos de un SIG</u>	27
2.8.1.2. Componentes de información geográfica	27
2.8.1.3. <u>Funciones de los SIG</u>	28
2.9. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA	30
2.9.1. <u>Uso de los SIG en la Zonificación Agroecológica</u>	30
2.10. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA	31
2.10.1. <u>Definición</u>	31
2.10.2. Elementos de una Zonificación Agroecológica	34

2.11. TRABAJOS REALIZADOS	36
3. <u>METODOLOGÍA</u>	45
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	45
3.2. MATERIALES UTILIZADOS	46
3.3. <u>METODOLOGÍA</u>	46
3.3.1. <u>Metodología para el Primer Objetivo</u>	47
<i>"Identificar las características agroecológicas de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, provincia de Loja"</i>	
3.3.1.1. <u>Clima</u>	47
- Temperatura del aire	47
- Precipitación	54
- Suelos	57
- Pendiente	57
3.3.2. <u>Metodología para el Segundo Objetivo</u>	58
<i>"Determinar las potencialidades y limitaciones de las zonas cafetaleras en estudio"</i>	
- Precipitación	58
- Profundidad efectiva	58
- Textura	59
- pH en la zona Cafetalera	59
- Materia Orgánica	60
- Pendiente	60
3.3.2.1. <u>Modelo matemático para el establecimiento de zonas potenciales para el cultivo de Café</u>	64
3.3.3. <u>Metodología para el Tercer Objetivo</u>	67
<i>"Difundir los resultados a agricultores, profesionales, estudiantes e interesados en la producción del cultivo de café Coffea arabica L."</i>	
4. <u>RESULTADOS</u>	68
4.1. <u>CANTÓN CHAGUARPAMBA</u>	68
- Temperatura	68
- Precipitación	68
- Pendientes	69
- Profundidad	69
- Materia Orgánica	69
- pH	70
- Textura	70
4.2. <u>POTENCIALIDADES PARA LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL CANTON CHAGUARPAMBA</u>	72
4.3. <u>ZONA CAFETALERA</u>	74
- Temperatura	74
- Precipitación	74
- Textura	74
- Pendientes	75
- Profundidad	76
- Materia Orgánica	76

- pH	76
4.4. POTENCIALIDADES AGROECOLÓGICAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTON CHAGUARPAMBA	77
5. <u>DISCUSIÓN</u>	80
6. <u>CONCLUSIONES</u>	84
7. <u>RECOMENDACIONES</u>	86
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	87
9. <u>ANEXOS</u>	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Zonas cafetaleras del Ecuador. COFENAC, 2012.	11
Figura 2.	Ubicación general de la zona de estudio, Chaguarpamba, 2013.	45
Figura 3.	Modelo de Regresión lineal entre Temperatura mensual y altura de las estaciones. Loja, 2013.....	50
Figura 4.	Modelo de Elevación Digital (DEM), provincias de Loja y El Oro. Loja, 2013.	51
Figura 5.	Datos de las estaciones climáticas en ArcGIS 9.3. Loja, 2013.....	52
Figura 6.	Estaciones climáticas y DEM de elevación para las provincias de Loja y El Oro. Loja, 2013.....	52
Figura 7.	Isotermas primarias utilizando el método IDW. Loja, 2013.	53
Figura 8.	Utilización de la ecuación en ArcGIS 9.3. Loja, 2013.	54
Figura 9.	Ingreso de datos de precipitación a ArcGIS 9.3. Loja, 2013.	55
Figura 10.	Interpolación de datos para trazado de Isoyetas, utilizando kriging. Loja, 2013.....	56
Figura 11.	Isoyetas primarias utilizando el método kriging. Loja, 2013.	56
Figura 12.	Superposición de información cartográfica para la obtención de un mapa potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, provincia de Loja.....	62
Figura 13.	Diagrama metodológico para la identificación de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	63
Figura 14.	Caracterización de la precipitación para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.....	68
Figura 15.	Caracterización de pendientes para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	69
Figura 16.	Caracterización de la distribución de materia orgánica para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	70
Figura 17.	Caracterización del pH para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	70
Figura 18.	Clases texturales de los suelos del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	71
Figura 19.	Caracterización de la textura para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	71

Figura 20.	Mapa de potencialidades para la producción cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.....	73
Figura 21.	Caracterización de la precipitación para la evaluación de zonas potenciales de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	74
Figura 22.	Caracterización de la textura para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	75
Figura 23.	Caracterización de la pendiente para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	75
Figura 24.	Caracterización de la distribución de materia orgánica para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.....	76
Figura 25.	Caracterización del pH para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	77
Figura 26.	Mapa de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Estaciones meteorológicas utilizadas para la generación de isotermas. Loja, 2014.	48
Cuadro 2.	Organización de datos para generación de isotermas. Loja, 2014.	49
Cuadro 3.	Generación de temperaturas determinadas de acuerdo a una altitud base. Loja, 2014.	51
Cuadro 4.	Estaciones meteorológicas y pluviométricas utilizadas para la generación de isoyetas. Loja, 2014.	55
Cuadro 5.	Categorías para evaluación de la precipitación en promedio anual. Loja, 2014.	58
Cuadro 6.	Categorías de profundidad para evaluación de suelos. Loja, 2014.	59
Cuadro 7.	Categorías para evaluación de la profundidad de suelos. Loja, 2014.	59
Cuadro 8.	Categorías para la evaluación de la textura de suelos. Loja, 2014.	59
Cuadro 9.	Categorías para la evaluación de pH. Loja, 2014.	60
Cuadro 10.	Categorías para la evaluación del contenido de materia orgánica. Loja, 2014.	60
Cuadro 11.	Categorías para la evaluación de la pendiente. Loja, 2014.	60
Cuadro 12.	Resumen de requerimientos y categorías para zonificación de café. Loja, 2014.	61
Cuadro 13.	Valores de índices para establecimiento de zonas potenciales. Loja, 2014.	67
Cuadro 14.	Resumen de zonificación para la producción cafetalera en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	72
Cuadro 15.	Resumen de resultados de zonificación para el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	73
Cuadro 16.	Resumen de zonificación para la producción cafetalera en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	77
Cuadro 17.	Resumen de resultados de zonificación para la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Georeferenciación de fincas. Chaguarpamba, 2013	95
Anexo 2.	Identificación del estado actual de cafetales y sistema agroforestal. Chaguarpamba, 2013.....	95
Anexo 3.	Identificación de especies que generan sombra al café en sistema agroforestal. Chaguarpamba, 2013.	96
Anexo 4.	Muestreo de suelos para análisis de laboratorio. Chaguarpamba, 2013.	96
Anexo 5.	Elaboración de calicatas para determinación de profundidad de suelos. Chaguarpamba, 2013.	96
Anexo 6.	Identificación de zonas cafetaleras para fotointerpretación. Chaguarpamba, 2013.....	97
Anexo 7.	Resultados de Laboratorio de muestras de suelos provenientes del cantón Chaguarpamba. UNL. LASAB. Loja, 2013.	98
Anexo 8.	Datos de Estaciones meteorológicas de las provincias de Loja y El Oro. Loja, 2014.....	100
Anexo 9.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática La Argelia. Loja, 2014.	102
Anexo 10.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Saraguro. Loja, 2014.....	103
Anexo 11.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Malacatos. Loja, 2014.	104
Anexo 12.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Vilcabamba. Loja, 2014.....	105
Anexo 13.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Quinara. Loja, 2014.....	106
Anexo 14.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Cariamanga. Loja, 2014.	107
Anexo 15.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Yangana. Loja, 2014.	108
Anexo 16.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Celica. Loja, 2014.....	109
Anexo 17.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Amaluza. Loja, 2014.....	110
Anexo 18.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Zapotillo. Loja, 2014.	111
Anexo 19.	Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Zaruma. Loja, 2014.	112
Anexo 20.	Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Alamor. Loja, 2014.....	113
Anexo 21.	Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Catacocha. Loja, 2014.	114
Anexo 22.	Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Piñas. Loja, 2014.	115

Anexo 23.	Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Machala-UTM. Loja, 2014.	116
Anexo 24.	Mapa de división política del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	117
Anexo 25.	Mapa base del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	118
Anexo 26.	Mapa de distribución de fincas muestreadas en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	119
Anexo 27.	Mapa de distribución de calicatas en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	120
Anexo 28.	Mapa de distribución de cultivo de café en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	121
Anexo 29.	Mapa de isotermas del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	122
Anexo 30.	Mapa de Isotermas de la Zona Cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	123
Anexo 31.	Mapa de isoyetas del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	124
Anexo 32.	Mapa de isoyetas de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.	125
Anexo 33.	Mapa de estructura de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	126
Anexo 34.	Mapa de pendientes del cantón Chaguarpamba del cantón Chaguarpamba. MAGAP. Loja, 2013.	127
Anexo 35.	Mapa de pendientes de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. MAGAP. Loja, 2013.	128
Anexo 36.	Mapa de distribución de Materia Orgánica del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	129
Anexo 37.	Mapa de distribución de materia orgánica de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	130
Anexo 38.	Mapa de distribución de pH del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	131
Anexo 39.	Mapa de distribución de pH de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	132
Anexo 40.	Mapa de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	133
Anexo 41.	Mapa de potencialidades del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.	134
Anexo 42.	Díptico para día de campo	135

RESUMEN

El cultivo de café en Ecuador posee tanto valor económico, como social y ecológico. La importancia social y económica se basa en la generación de empleo para 105.000 familias de productores. En el orden ecológico, la importancia del café radica en la amplia adaptabilidad de los cafetales a los distintos agro ecosistemas de las cuatro regiones del país (COFENAC, 2011). Soto (2007), señala que la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura. Ante esta situación se constituye como elemento importante la zonificación agroecológica de cultivos, es por ello que en la presente investigación se realizó la delimitación de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba; así como, un estudio de factores edafo-climáticos que permitieron la identificación de zonas potenciales para el cultivo de café. Las variables evaluadas fueron: temperatura, precipitación, pendiente, textura, materia orgánica, pH y profundidad; para el efecto se aplicó dos modelos matemáticos; el primero que permitió determinar la temperatura influyente en la zona de estudio y la segunda que permitió sistematizar el proceso de cualificación de variables para la generación de mapas de potencialidades de la zona de estudio, los mismos que demuestran que en el cantón Chaguarpamba la zona cafetalera ocupa el 14,42% del total del territorio, en donde existen dos categorías de zonificación: Zonas óptimas y medianamente óptimas; excluyendo las zonas no aptas para la producción. Los resultados permiten concluir que es muy complicado que las siete condiciones óptimas se produzcan al mismo tiempo en la zona de estudio; sin embargo, en las zonas valoradas como medianamente óptimas existen cafetales, en los cuales se deben considerar medidas adecuadas para asegurar el correcto desarrollo de los cafetos.

Palabras clave: Café, *Coffea arabica*, zonificación, potencialidades, clima, suelo.

ABSTRACT

The coffee crop in Ecuador has economic, social and ecologic value. The social and economic importance is based on employment generation for 105 000 families. The ecological importance resides in the wide adaptability of coffee to different agroecosistemas of the 4 country regions: Coast, Sierra, Amazon and Galapagos Islands (COFENAC, 2013). It is known that for adequate growth and production of crops is essential to consider the ecological conditions of the region concerned. Soto (2007), said that agroecological zonification, is one of the main tools to reduce the risks to which is subjected the agriculture. Front this situation is important the crop agroecological zonification, for that reason, in this research was made a delimitation of coffee zone of canton Chaguarpamba, as well as, a study of soil and climate factors, they allowed the identification of potential zones for coffee crop; the evaluate variables was: temperature, precipitation, slope, texture, organic matter, pH and depth; for this purpose was used 2 mathematical models, the first one allowed calculated the influential temperature in the research zone and the second one allowed systematize the qualification process of variables for generation of maps of potentialities of study zone, which allowed that in the canton Chaguarpamba the coffee zone occupies 14,42% of total territory, where there are 2 categories of zonification: Optimal zones and optimal medium zones; excluding areas not suitable for the production. The results allow conclude that it's very difficult that the 7 optimal conditions occur in the same time in the study zone, but, in zones rated like optimal medium there are coffee crops, where should implement appropriate techniques in order to ensure the correct development of coffee crops.

Keywords: Coffee, *Coffea arabica*, zonification, potentialities, weather, soil.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico de un sector, contempla actividades productivas que se basan en el aprovechamiento sostenido de los recursos naturales, inducido por la participación e integración de actores locales (Castro, 2012), en donde el ambiente y el genotipo de las especies son determinantes para garantizar el éxito de la producción.

El café constituye un importante producto básico de la economía mundial, dado que es uno de los productos comerciales primarios más importantes en cerca de 70% de países de los trópicos húmedos. Se cultiva en 10 millones de hectáreas y la producción mundial es de alrededor de cinco millones de toneladas de café verde, de las cuales el 69% provienen de variedades de *Coffea arabica* (Rodríguez, 2002).

El cultivo de café en Ecuador posee tanto valor económico, como social y ecológico. La importancia social y económica se basa en la generación de empleo para 105 000 familias de productores; así como para 700 000 familias adicionales vinculadas a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación. En el orden ecológico, la importancia del café radica en la amplia adaptabilidad de los cafetales a los distintos agro ecosistemas de las cuatro regiones del país: Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos (COFENAC, 2011).

En el Ecuador se produce las especies de café arábigo y robusta, distribuidas en las cuatro regiones geográficas. El café arábigo tiene una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas de las cuatro regiones del Ecuador (COFENAC, 2013).

En términos generales se distinguen cuatro zonas de producción de café arábigo: Manabí-Guayas, de 300 a 700 msnm (las partes altas del sistema montañosos Chongón-Colonche); la zona sur, de 500 a 2 000

msnm (El Oro-Loja); las estribaciones occidentales, de 500 a 1 750 msnm (vertiente occidental de Los Andes); y, las estribaciones orientales, de 500 a 1 500 metros de altura, en la parte centro-norte, y de 1 000 a 1 800 msnm, en la parte suroriental (Duicela, 2003).

Es conocido que para lograr un adecuado crecimiento y producción de los cultivos es imprescindible tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la región de que se trate; Soto (2007), señala que la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura.

La zonificación del cultivo de café es importante ya que permite la determinación de las áreas que presenten condiciones agroecológicas óptimas y/o aceptables para el establecimiento del cultivo y producciones aceptables; así como, para la obtención de calidades organolépticas que satisfagan los requerimientos de la demanda especializada (COFENAC, 2013).

A partir de los antecedentes planteados se desarrolló un trabajo en donde las metodologías desarrolladas permitieron establecer relaciones entre las condiciones agroecológicas de la zona de estudio y los requerimientos agroecológicos del café, estableciendo categorías de zonificación como óptima, medianamente óptima y no apta, para lo cual, a través de modelos matemáticos se estableció que en el cantón Chaguarpamba existen dos zonas para la producción cafetalera, representadas por zona óptimas y medianamente óptimas.

Esto se logró en función de los objetivos que guiaron la presente investigación, los mismos que fueron:

Identificar las características agroecológicas y sus potencialidades en las zonas cafetaleras del cantón Chaguarpamba, para establecer la relación entre lo óptimo y lo establecido actualmente.

- Identificar las características agroecológicas de las zonas cafetaleras del cantón Chaguarpamba, Provincia de Loja.
- Identificar las potencialidades y limitaciones de las zonas cafetaleras en estudio.
- Difundir los resultados a agricultores, profesionales, estudiantes e interesados en la producción del cultivo de café *Coffea arábica*.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL CAFÉ

El género Coffea tiene más de 70 especies distribuidas en África tropical, Madagascar e islas cercanas, todas las especies son leñosas y varían en tamaño y forma de crecimiento (Rena et al. 1994). Actualmente la producción de café se ubica en 51 países de los continentes americano, asiático y africano.

El vocablo café se deriva del árabe “kahwah” (cauá), llegando a nosotros a través del vocablo turco “kahweh” (cavé). Según la historia es originario de Etiopía, sobre su descubrimiento existen varias teorías, pero dos son las más relevantes: la primera manifiesta que el cafeto fue descubierto por un pastor que fue a ver sus cabras y se ponían nerviosas e intranquilas después que habían comido el fruto de esta planta. La segunda versión afirma que el café fue descubierto por unos monjes que lo utilizaban para proporcionarse insomnio en sus horas de oración nocturna (Columbus, M.; Pulgarín, G. 2002).

El consumo de café inicia en Etiopía donde los habitantes recolectaban los frutos de plantas silvestres. Al inicio del siglo XVIII los comerciantes árabes lo llevaron a Asia donde la demanda creció rápidamente, estableciéndose las primeras plantaciones en Yemen. Durante los siglos XVIII y el XIX se registró una constante expansión del consumo de la bebida por todo el mundo y las plantas de café fueron diseminadas en muchos países (Wintgens, 2004).

Es en 1860, que el cultivo de café se establece por primera vez en el cantón Jipijapa, en la provincia de Manabí, constituyéndose en uno de los lugares preponderantes de cultivo del mismo. En 1903 este cultivo pierde importancia y es abandonado, pero en el año 1905 se retoma la

producción debido a las exportaciones a los países europeos, desde la provincia de Manabí, a través del puerto de Manta (Ortega, 2003).

En el año 1935, según el Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG, 2002), las exportaciones ascendieron a 220 000 sacos; en 1950, a 337 000 sacos; en 1960, a 552 000 sacos; para 1970 se sobrepasó el 1 000 000 de sacos exportados y para 1982 el promedio exportado alcanzó los 1 200 000 sacos, equivalente a un incremento del 20 % respecto del año 1970.

Según el Censo Cafetalero de 1983, existían 246 667 hectáreas de café arábigo y 180 302 hectáreas de café robusta, o sea una superficie cafetalera total de 426 969 hectáreas. Los resultados del III Censo Nacional Agropecuario del 2002 señalan una superficie de 151 941 hectáreas de cafetales “solos” y de 168 969 hectáreas de cafetales “asociados” a otras especies vegetales, dando un total nacional de 320 910 hectáreas (MAG 2002).

La superficie cafetalera del Ecuador, estimada por COFENAC, en Diciembre del 2012, es de 199 215 hectáreas, de las cuales 136 385 hectáreas corresponden a cafetales arábigos (COFENAC, 2013).

En el Ecuador existen 842 882 UPAs a nivel nacional, de las cuales, 105 mil están dedicadas a la producción cafetalera, según el censo agropecuario del 2000. A nivel nacional prevalecen los pequeños propietarios; el 33,4% tiene UPAs menores a 5 hectáreas; el 17,7% de 5 a 10 hectáreas; el 16,1% de 10 a 20 hectáreas y el 32,8% restante más de 20 hectáreas (COFENAC, 2013).

COFENAC (2013), indica que en la provincia de Loja existe una superficie de 29 345 hectáreas de café, de las cuales 22 009 se encuentran en

producción, dado que existen cafetales abandonados y otras áreas de cafetales en crecimiento, estimando que solo el 75% de la superficie total corresponde a cafetales en producción efectivamente cosechados. Al analizar la distribución de la superficie cafetalera por provincias se destaca que Manabí, Loja, Orellana y Sucumbíos tienen las mayores áreas cafetaleras.

Las provincias con mayor relación de UPAs que vinculan la actividad cafetalera en función de los totales provinciales son: Orellana (89,2%); Sucumbíos (84,5%); Manabí (41,9%); Loja (31,5%) y El Oro (26,7%).

Según Pérez, 2007, en el sistema más tradicional, el café se cultiva bajo árboles que le proporcionan sombra. Es un sistema de cultivo rústico y poco intensivo, donde los cafetos forman parte del estrato arbustivo de bosques y selvas, solo es necesario despejar la parte inferior de estos ecosistemas para plantar los cafetos. Por lo regular, cerca de la casa-habitación de los productores, se desarrolló el policultivo tradicional, éste también es un sistema poco intensivo en el cual la estructura del estrato arbóreo tiene un carácter más antropocéntrico, ya que se encuentran especies que proporcionan alimentos, combustibles y materiales para construcción, entre otros.

Los países de mayor producción de café en el mundo son: Brasil, Indonesia, Colombia y Vietnam. América aporta a la producción mundial con el 60% aproximadamente: solo Brasil aporta con el 25%, seguido de Colombia con el 16%. Los países productores en América son: Brasil, Colombia, Méjico, Antillas, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Cuba, Venezuela, Ecuador, Paraguay, Perú y Guayanas (Ortega, 2003).

2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL CAFÉ

El café representa uno de los principales productos agrícolas en Ecuador, sin embargo el rendimiento productivo del cultivo es muy bajo (195,5 kg/ha) al compararlo con otros países de Sudamérica como Brasil y Colombia (1 140,2 y 1 896,7 kg/ha, respectivamente) (FAO, 2009).

El Ecuador representa alrededor del 1% de la producción mundial; el aporte del sector cafetalero a la economía del Ecuador es de aproximadamente el 4% al PIB agropecuario, mientras que al PIB total su contribución es de aproximadamente del 0.5% (Ortega, 2003).

El café se cultiva en aproximadamente 120 000 unidades de producción y emplea al 12% de la población económicamente activa agrícola PEAA y 4% de la PEA total (COFENAC-INIAP, 2006).

La Región Sur del Ecuador contribuye con el 20 - 23% de la producción nacional de café, tiene de 45 000 – 50 000 ha cultivadas por 10 000 productores aproximadamente (SENPLADES, 2007).

A través del sistema cafetalero se contribuye a la conservación de la biodiversidad, protección de las cuencas y las fuentes hídricas, captura de carbono, uso recreacional y belleza escénica. Los sistemas agroforestales en base del cultivo del café, tienen un potencial de fijación de carbono de 187,5 t/ha⁻¹ a los 6,5 años después de su plantación (COFENAC – GTZ 2009).

2.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL CAFÉ

2.3.1. Clasificación Taxonómica

Según Alvarado (2004), las características botánicas del café son las siguientes:

Reino	Vegetal
División	Antofita
Clase	Dicotiledonal
Subclase	Simpétala
Orden	Rubiales
Familia	Rubiáceas
Género	<i>Coffea</i>
Sección	Eucoffea
Especies	<i>Arábica, Canephora</i>

2.3.2. Características Botánicas

2.3.2.1. Tallo

Los cafetos son arbustos que llegan hasta los 12 m de altura, con algunas variedades salvajes llegan a medir hasta los 20 m. En las plantaciones, con fines de recolección, son podados entre los 2 y 4 m de altura. Posee tronco recto y liso. Se considera un árbol leñoso.

2.3.2.2. Raíz

El sistema radical de los cafetos está constituido por una raíz cónica y pivotante que puede llegar hasta los 60 cm de profundidad. De la raíz principal se derivan dos tipos de raíces de segundo orden: las raíces de sostén o axiales, las cuales son profundas, y las raíces laterales, en donde crecen las raicillas encargadas del intercambio de nutrientes con el suelo; comprendiendo estas últimas el 80% del sistema radical, están a una profundidad de 0.30 m y un radio de 2.5 m alrededor del tronco de la planta (Alvarado, 2004).

2.3.2.3. Hojas

Se generan en ramas primarias, secundarias y tallo joven. Hay un par de hojas por cada nudo, con unos 12 cm de largo y 6 cm de ancho, elípticas, algo onduladas y opuestas (Sánchez, C. 2005), caracterizándose por tener color verde oscuro brillante en la cara superior y verde claro opaco en la inferior. El tamaño y número de hojas varía principalmente de acuerdo a la variedad, cantidad de sombra en el cafetal, estado fitosanitario, edad y densidad de siembra en la plantación (Alvarado, 2004).

2.3.2.4. Flores

En las axilas de las hojas se forman flores en grupos de 4 y color blanco, un solo ovario y cinco estambres en la unión de los pétalos. Un cafeto requiere alrededor de 3 años para la primera floración y 5 para la primera cosecha (Sánchez, C. 2005). En las variedades de Coffea arabica que se cultivan en el país, la auto polinización alcanza alrededor de un 90-95%, lo garantiza en gran medida que no se tengan problemas de mezcla genética en las plantas “hijas” que se obtienen por la semilla (Alvarado, 2004).

2.3.2.5. Fruto

Madura en 28 semanas después de la floración, con forma elíptica y con 1,5 cm de largo, está formado por epicarpio o piel, mesocarpio o pulpa, endocarpio o pergamino y dos semillas. Botánicamente es una cereza. En el interior de cada cereza hay dos semillas separadas por un surco y rodeadas de pulpa amarilla, estos son los granos de café, protegidos a su vez, por una película plateada y, sobre esta, un tegumento fino amarillo o pergamino (Sánchez, C. 2005).

2.4. ZONAS CAFETALERAS ECUATORIANAS

Según Duicela (2003), la caficultura ecuatoriana se encuentra en una situación crítica debido a la baja productividad y deficiente calidad del grano de exportación, que tiene como causas el cultivo en zonas marginales, cafetales viejos e improductivos.

Sin embargo, el sector cafetalero ecuatoriano presenta grandes fortalezas, como la amplia variedad de ecosistemas, la consolidación de gremios de productores, un elevado número de pobladores vinculados a la producción cafetalera, el apoyo de instituciones nacionales y la cooperación internacional, entre otras.

En el Ecuador existen las especies de café arábigo y robusta, las mismas que se cultivan en las cuatro regiones geográficas del Ecuador. Siendo el café arábigo el que mayor adaptabilidad presenta para permanecer en los distintos ecosistemas del Ecuador, cultivándose desde zonas cercanas al nivel del mar hasta los 2000 msnm. Distinguiéndose 4 zonas productoras de esta variedad como Manabí y Guayas; Loja y El Oro; así como en las estribaciones orientales y occidentales de los Andes ecuatorianos (COFENAC, 2012).

Las zonas de Puyango, Céllica, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas y Vilcabamba, en Loja; las zonas de Piñas, Las Lajas, Balsas, Marcabelí, Zaruma, Portovelo y Ayapamba, en El Oro; Pallatanga en Chimborazo; Balsapamba, Caluma y Echeandía, en Bolívar; Pangua, en Cotopaxi; Tandapi, Mindo, Puerto Quito, San Miguel de los Bancos, Pedro Vicente Maldonado, Pacto, Gualea y Nanegal, en Pichincha; Intag, en Imbabura, representan las localidades con condiciones climáticas favorables para la producción de café arábigo (COFENAC, 2012).



Figura 1. Zonas cafetaleras del Ecuador. COFENAC, 2012.

La provincia de Loja es una de las pioneras en producción de café arábigo, dentro de ésta especie existen diversos cultivares que se han establecido a través del tiempo. En el Censo Agropecuario realizado en el año 2000, la provincia de Loja contaba con 29.500 hectáreas sembradas, lo que correspondía al 14% de la producción de café en Ecuador y la colocaba en la segunda provincia con más superficie y producción del país; sin embargo, en el año 2008 la superficie destinada al cultivo era de 18.220 hectáreas, con una representación en la producción del país del 10% (MAG, 2008), lo que denota la importante baja de superficie y producción, debida especialmente a la crisis del café.

2.5. DIVERSIDAD EN LA ESPECIE Y VARIEDADES

Ecuador es uno de los pocos países del mundo en el que se cultivan las dos principales especies, cuyos porcentajes en el país son: 62% para el arábica y 38% para el robusta (Ortega, 2003). A nivel mundial el arábica representa el 70% de la producción y la especie robusta simboliza el 30% restante (Alarcó, 2011).

Las especies y variedades de café que caracterizan al género *Coffea* están mal definidas, no bien entendidas y sumamente confusas desde el punto de vista hortícola. La dificultad surge del hecho de que los cafés, como los cítricos y algunos otros cultivos frutales, son sumamente polimórficos y sus mutaciones son frecuentes. Muchas, si no todas, de las especies hibridan fácilmente, ya sea en forma silvestre o bajo cultivo, entre las clases de híbridos están: híbridos Intervarietales y los híbridos Interespecíficos (Columbus, M.; Pulgarín, G., 2002).

Aunque Ecuador es uno de los pocos países que poseen producción mixta de café, en la zona sur del país sólo se produce café tipo arábica. El café arábica se adapta perfectamente a todos los ecosistemas existentes en el país: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos. Las principales variedades arábicas cultivadas en Ecuador son: típica, bourbón, caturra, pacas, catuaí, catimor, sarchimor y cavimor (Alarcó, 2011).

2.5.1. Cafés Arábicos

Nativo de las tierras altas de Etiopía, entre los 1350 y 2000 msnm. Tiene características morfológicas de arbusto, de copa piramidal, hojas elípticas, oblongas y a veces lanceoladas. Inflorescencias de 2 a 3 cimbras por axila. Frutos drupas de forma elipsoidal. Floración y producción con tendencia estacionaria (Ortuño, M.; Salinas, V., 2009).

Según manifiesta Ortega (2003), las variedades que se cultivan en el

Ecuador dentro de la especie arábica son Nacional o Typica, Caturra y Bourbon, difundándose en los últimos años las nuevas variedades arábicas de Pacas, Catuaí, y Catimor que son cultivadas en menor proporción, ratificado por Alarcó (2011), quien también indica que éstas se pueden diferenciar en dos grandes grupos, según, si son de porte alto o bajo.

2.5.1.1. Variedades de cafés arábicos

- Typica

Es una variedad originaria de Etiopía que presenta plantas de hasta 4 metros de altura. Tiene un amplio rango de adaptabilidad, buena calidad de bebida, baja producción y susceptibilidad a roya. La variedad typica fue introducida al Ecuador en el año 1.830 y se empezó a cultivar en la Provincia de Manabí. La mayor parte de las plantaciones de café arábicos del país (92%) corresponden a cafetales de esta variedad (Columbus, M.; Pulgarín, G., 2002).

- Bourbon

El café Bourbon rojo se empezó a cultivar en el Ecuador en el año 1.956, es originario de las Islas Reunión (antes Bourbon) y comprende dos cultivares: el Bourbon rojo y el amarillo, nombres basados en el color de las cerezas. Comparado con la variedad Typica el porte de las plantas de Bourbon es similar a la variedad Typica, y, aunque la variedad Bourbon es más precoz, su grano es de menor tamaño (Columbus, M.; Pulgarín, G., 2002).

Su producción es más temprana y uniforme que la variedad typica, además su rendimiento es bastante superior, siempre y cuando, se realice una poda temprana y la densidad de siembra sea baja (Alarcó, 2011).

- **Caturra**

Su nombre proviene de la lengua guaraní, que significa “tamaño pequeño” y consiste en una mutación de la variedad bourbón. Se ha hecho popular gracias a su tamaño reducido y a sus grandes producciones. A pesar de ser plantas de porte pequeño, se puede concluir que esta variedad es de producción alta. A nivel individual las plantas de bourbón producen más, pero por unidad de área, puede ser que la plantación de caturra produzca más, ya que necesita menor distancia de siembra para su buen establecimiento (Alarcó, 2012). La variedad Caturra se empezó a cultivar en el país en el año de 1.956 y en la actualidad el 5% aproximadamente de las zonas de producción de cafés arábigos corresponden a plantaciones de esta variedad (Columbus, M.; Pulgarín, G., 2002).

- **Pacas**

Originaria de El Salvador, considerada como una mutación del café Bourbón. Las características agronómicas y productivas son similares a la variedad Caturra. La variedad Pacas se empezó a cultivar en el Ecuador alrededor de 1.966. Los cultivares Caturra amarillo, Caturra rojo y Pacas son recomendadas por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para zonas de producción de café arábigo, bajo un sistema de manejo tecnificado. Se adapta mejor en altitudes de 500 a 1.000 msnm, ya que, por encima de esta altitud, su crecimiento vegetativo se ralentiza, disminuyendo la producción (Alarcó, 2011).

El factor limitante para el empleo de las variedades en referencia es su susceptibilidad a roya, enfermedad que puede ser eficientemente controlada mediante la estrategia fitosanitaria conocida como control integrado, la misma que comprende, básicamente, un apropiado manejo del cultivo complementado con aspersiones de fungicidas (Columbus, M.; Pulgarín, G., 2002).

- **Catuaí**

Esta variedad resulta del cruzamiento de las variedades caturra y mundo novo, generando las variedades catuaí amarillo y catuaí rojo. Es una planta muy resistente y de porte bajo, aunque es más alta y menos compacta que la variedad pacas y caturra. Las ventajas de esta variedad son muchas: buenas condiciones productivas, ramificación abundante, entrenudos cortos, precocidad para entrar en producción, fácil adaptabilidad a diferentes ambientes y tolerancia a zonas de altura, aunque la poca uniformidad y tardanza en la maduración en zonas altas se consideran un inconveniente.

- **Catimor**

Consiste en un cruce entre el híbrido timor (especie no cultivable y resistente a la roya del café) y caturra. Es un cafeto de gran interés ya que tiene resistencia a treinta especies de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix*, hongo característico de la caficultura andina, además posee buenas características agronómicas. Las características más representativas de esta variedad son: alto rendimiento, bajo porte, tronco de grosor intermedio, gran número de ramas laterales que conforman una copa vigorosa y compacta, y buena calidad de la bebida. El catimor se ha adaptado perfectamente en toda Sudamérica y Centroamérica.

- **Sarchimor**

Variedad que proviene de cruzar el villa sarchi y el híbrido timor con el objetivo de transmitirle al villa sarchi genes de resistencia a la roya. Es una planta de porte bajo, pero muy desarrollada y vigorosa. Posee un follaje abundante y frutos grandes. Se ha registrado incidencia de mancha de hierro y de ojo de gallo en esta variedad.

- **Cavimor**

Variedad resultante del cruce entre el híbrido timor y catuaí. Consiste en una variedad de bajo porte que presenta resistencia a la roya del cafeto y altos rendimientos.

2.5.2. Café Robusta

Es nativo de los bosques ecuatoriales de África. Se trata de un árbol o arbusto liso, con hojas anchas y tiene flores blancas. La planta es muy variable en su estado silvestre. La calidad del grano robusta es bastante inferior a las variedades arábicas, sin embargo, el café robusta y sus híbridos con otras especies manifestaron características favorables como su resistencia a la roya, gran capacidad productora y capacidad para retener la fruta en el árbol por algún tiempo después de su plena madurez (Columbus, M.; Pulgarín, G., 2002).

2.6. FACTORES CLIMÁTICOS PARA EL CAFÉ

El comportamiento del clima es de vital interés para la vida social del hombre; sus consecuencias se reflejan en campos muy diversos de la economía nacional, pero muy especialmente en la agricultura, pues esta puede ser considerada como una gran fábrica a ciclo abierto, en la cual todas las actividades que se realizan son dependientes del tiempo atmosférico y el clima, teniendo en cuenta, sin considerar los efectos extremos, que es responsable del 60-70 % de la variabilidad de la producción (Soto, 2007).

El Ecuador es un país agrícola y posee una gama de climas ampliamente diversificados, con grandes variaciones de un año a otro (Pourrut, P. (1983) y particularmente en el Austro, hay diferentes zonas climáticas, caracterizadas principalmente por su ubicación especial con respecto al nivel del mar (de 0 a 4000 msnm). Estas variaciones de altitud traen como consecuencia gran una variedad de temperaturas y de precipitaciones

(Dercon, 1998).

Los factores que inciden sobre el crecimiento y producción de este cultivo son: Altitud, temperatura, precipitación y radiación solar.

2.6.1. Altitud

La altitud óptima para el cultivo del café se localiza entre los 1.200 y 1.700 msnm, sin embargo, en Ecuador, en la región costa, los cafetales se han llegado a establecer desde los 300 msnm con buenos rendimientos aunque, no con el cuerpo, acidez y aroma típicos de las zonas más altas. Asimismo, en las zonas de altitud superior a los 1.700 msnm también se han implantado con buenos resultados (Alarcó, 2011).

2.6.2. Temperatura

La temperatura del aire está controlada principalmente por la radiación solar, si bien también está influenciada por la naturaleza de la superficie terrestre y, muy particularmente, por las diferencias entre tierra, agua y vientos dominantes (Castillo, F. 2001). La temperatura es uno de los componentes climáticos más importantes en los diferentes procesos biológicos de la naturaleza. Su influencia va desde las más simples reacciones bioquímicas hasta la distribución ecológica de las especies animales y vegetales en el globo terráqueo (Guzmán, 1985 citado Duicela, 2003).

La temperatura es el componente más interrelacionado con el crecimiento del árbol, con temperaturas bajas el árbol se desarrolla lentamente, por lo que el fruto también; por el contrario, con temperaturas elevadas, el nacimiento de los frutos es muy rápido y se producen anomalías en las flores, además la incidencia de plagas y enfermedades es mayor (Alarcó, 2011).

El cultivo de café crece y se desarrolla sin limitaciones en rangos de temperatura media anual entre 18 y 21°C (Guzmán; Baldión, 2003). Según Durán (2010), el café es un cultivo que se desarrolla favorablemente en zonas templadas y calientes; sin embargo, cuando la temperatura sobrepasa los 23°C, la duración de la plantación, la cantidad y calidad de los frutos tienden a disminuir; sin embargo, Alarcó (2011), manifiesta que la temperatura media óptima adecuada para los cafetales se ubica entre los 15 a 24°C, permitiéndose una oscilación diaria de 10°C. Según el estado fenológico, los requerimientos de temperatura pueden variar, ya que, en la germinación, es conveniente temperaturas cercanas a los 24°C para que de este modo la semilla germine en tres semanas, mientras que con temperaturas de 15°C puede llegar a tardar hasta tres meses. Presentándose también problemas como la incidencia mayor de broca, así como el incremento de plagas como minador. La temperatura, asociada con la concentración de CO₂ son factores ambientales que afectan procesos como la fotosíntesis, la fotorrespiración y la respiración mitocondrial. La fotosíntesis es el principal proceso en la producción de materia orgánica vegetal, y, paralelo a éste, ocurre el proceso respiratorio que afecta el balance de carbono y la acumulación de materia orgánica.

2.6.3. Precipitación

La precipitación es la fuente principal del ciclo hidrológico, y puede definirse como el agua en forma líquida o sólida que alcanza la superficie terrestre (Castillo, 2001). El agua es uno de los principales factores que inciden en la producción agrícola, por lo que la precipitación constituye una medida indirecta de la cantidad de agua disponible para las plantas (Duicela, 2003).

Según Duicela 2003, la cantidad de lluvia necesaria para el café, es un tema controversial; pues, los límites máximo y mínimo de precipitación necesaria, dependen de factores como temperatura, estructura del suelo,

pendiente, drenaje y tipo de asociación. Los límites bajos para un buen desarrollo del café, varían desde 760 a 1780 mm, mientras que los límites altos varían e 990 a 3000 mm. En cualquier condición de las dos citadas anteriormente, lo más importante de éstas es la adecuada distribución; pues un periodo seco aceptable no puede sobrepasar los tres meses.

En cambio, Alarcó (2001), señala que el rango de precipitaciones óptimas para el café varía desde los 1.000 a 3.000 mm, por lo que es una especie adaptada a diferentes regímenes de lluvia, aguantando incluso épocas no muy prolongadas de sequía. En cuanto a la distribución anual de lluvias se recomienda que haya un rango de entre 145 a 245 días lluviosos. Los periodos sensibles a una ausencia de lluvia se encuentran comprendidos, durante el rápido crecimiento del fruto y durante la maduración. También, cabe destacar que el cafeto requiere de un periodo seco de entre tres y cuatro meses para el crecimiento de la raíz, desarrollo las ramas secundarias y hojas, emergencia de las flores y maduración de los frutos.

2.6.4. Humedad Relativa

En el Ecuador, la Cordillera de los Andes influye directamente sobre el comportamiento macroclimático y microclimático, particularmente sobre la humedad relativa. El ascenso o enfriamiento del aire proveniente de la costa y Región Amazónica provocan muchas lluvias en las vertientes externas de la cordillera. En la costa, el régimen anual de humedad no es uniforme, debido a que recibe la influencia de las dos corrientes marinas: El Niño y Humbolt (Duicela, 2003).

Para el caso del café, cuanto menor es la temperatura y menos húmedo el terreno, la calidad del fruto incrementa, siendo un punto favorable más para este factor la humedad constante de la atmósfera, debiendo estar sobre el 70% (Durán, 2010).

La humedad relativa interviene en gran medida en el desarrollo sanitario del cafeto y en el crecimiento vegetativo. Se considera como óptimo las humedades en torno al 70-85%, considerando que las superiores al 85% disminuyen la calidad del café y favorecen el desarrollo de hongos y enfermedades (ICAFE, 1998).

2.6.5. Radiación Solar y Nubosidad

Según Durán (2010), el café es un cultivo de fotoperiodo corto, es decir, que requiere para florecer, menos de 13 horas luz por día. La influencia de la radiación solar sobre las plantas, incide fundamentalmente sobre aspectos como la intensidad, duración y calidad de luz, factores que afectan de manera especial en la fotosíntesis, proceso principal en el crecimiento de las plantas, ligado íntimamente a la intensidad de la luz (Castillo, 2001).

La radiación solar es la fuente de energía que utilizan las plantas en el proceso de la fotosíntesis para sintetizar materia orgánica. Los rayos luminosos son absorbidos por los cloroplastos y utilizados para la formación y asimilación de complejos compuestos orgánicos, constituyéndose en un complejo preponderante sobre la productividad y uso de agua en los cultivos (Castillo, F. 2001). El área foliar del cafeto es uno de los factores más importantes en la interceptación de la radiación solar, pues determina la fracción de energía solar que puede ser captada y convertida en material orgánico, a través de la fotosíntesis (Duicela, 2003).

En cuanto a la radiación solar, el agente que más influencia tiene sobre el cultivo del café es la irradiación o intensidad lumínica. Un exceso de irradiación provoca una reducción de la fotosíntesis, en cambio, una falta de la misma, implica una mayor incidencia de plagas y enfermedades, así como problemas de maduración y recolección (Alarcó, 2011).

2.7. FACTORES EDÁFICOS PARA EL CAFÉ

2.7.1. SUELOS CAFETALEROS DEL ECUADOR

El suelo es la capa superior de la tierra donde se desarrollan las raíces de las plantas. De éste, la planta toma la mayor parte de sus alimentos. Sin embargo no es suficiente que en el suelo existan elementos químicos como nitrógeno, hierro, calcio, entre otros; es necesario que se encuentren en forma tal que la planta los puede absorber (Durán, 2010).

Según Duicela (2003), en el Ecuador se cultivaban 320 910 ha de café, distribuidas en 105 271 unidades de producción agropecuarias, en 20 provincias de las 4 regiones naturales del Ecuador y desde el punto de vista biofísico el Ecuador disponía de 278 617 hectáreas aptas para el cultivo de café de altura, que representa el 1,16% del territorio nacional.

De este total nacional de áreas aptas, las calificadas biofísicamente como Muy buenas representan la mayor superficie con 160 617 ha. Las áreas Buenas con limitaciones representan 3 308 ha. Las áreas calificadas como Buenas y Óptimas representan 103 968 ha y 10 706 ha, respectivamente.

En la actualidad, la superficie cafetalera del Ecuador, estimada por COFENAC (2013), en Diciembre del 2012, es de 199.215 hectáreas, de las cuales 136.385 hectáreas corresponden a cafetales arábigos, de las cuales según el MAGAP (2013) indican que 187 992 son aptas biofísicamente para la producción de café, las mismas que están distribuidas en las provincias de Bolívar, Cañar, Cotopaxi, Chimborazo, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha, Zamora Chinchipe, Sucumbíos, Orellana y Santo Domingo.

Los suelos de la provincia de Loja, por norma general, suelen ser ricos en arcilla, con un pH entre neutro y alcalino. La cantidad de nitrógeno y

materia orgánica es media, la disponibilidad de fósforo es relativamente baja, y la de potasio, en especial en zonas secas, es relativamente alta (Alarcó, 2011).

En la costa ecuatoriana, hacia el centro – sur de la Provincia de Manabí, encontramos suelos arcillosos originados en su mayor parte a partir de materiales aluviales recientes sobre las llanuras y terrazas. Mientras que en los relieves andinos de la sierra sur, como en Loja (cantones Quilanga, Paltas, Olmedo y Celica), la mayor parte de los suelos arcillosos se originan de materiales antiguos; correspondiendo a sedimentarios en valles subtropicales andinos (Duicela, 2003).

Duicela también manifiesta que en la provincia de Loja, encontramos suelos Caolíníticos, de color rojo con contenidos de 30 a 60% de arcilla y que en su mineralogía presentan un predominio de arcilla del tipo 1:1 o caolinitas. Sus propiedades físicas son adecuadas debido a una buena agregación de sus partículas sólidas, dando lugar al desarrollo de estructuras favorables que permiten una adecuada aireación, permeabilidad e infiltración de agua y retención de humedad; por lo tanto, son de fácil laboreo. Sin embargo es estos suelos encontramos un alto contenido de P, que no puede ser asimilado debido a la formación de complejos insolubles dando lugar también a situaciones deficitarias.

Según Duicela (2003), en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes y en la provincia de Loja particularmente en los cantones de Celica, Olmedo, Paltas, Puyango, Gonzanamá y Quilanga se encuentran suelos con alto grado de desarrollo pedogenético, presentando en la superficie un horizonte orgánico mineral (A1) y/o un horizonte de eluviación franco arenoso fino o franco (A2), bajo el cual se halla en el subsuelo un horizonte de acumulación de arcilla. En algunos de estos suelos, la percolación por acción del agua a través del subsuelo es muy lenta, la aireación es baja o nula y la penetración de raíces muy limitada.

En el Horizonte A2 de estos suelos, quedan los elementos minerales más resistentes a la meteorización, constituyendo en una fuente muy pobre de elementos nutritivos. Las capas arables en la superficie presentan serios problemas de erosión y compactación.

2.7.2. Requerimientos Edáficos del café

El cafeto no parece tener exigencias bien definidas en cuanto al origen de los suelos. Se desarrolla tanto en las tierras arcillo-silíceas de origen granítico de la baja Costa de Marfil y Camerún, como en las de origen volcánico, distribuidas por todo el mundo (Pérez Portilla, 2007), las propiedades físico-químicas de los suelos condicionan el desarrollo de la raíz y la disponibilidad de los elementos minerales, y por lo tanto, la capacidad de asimilación y uso de nutrientes y agua (ICAFE, 1998).

El cafeto es una planta rústica, por ello, se puede adaptar fácilmente a condiciones topográficas desfavorables que para otros cultivos sería imposible. La importancia de la topografía radica en otros factores que si pueden influir en la toma de decisión del establecimiento del cultivo, como por ejemplo: la posibilidad de mecanización, si son suelos propensos a sufrir erosión superficial, si es posible el transporte dentro y fuera de la finca, si son suelos con capacidad de retención de agua de lluvia (Alarcó, 2011).

Pérez Portilla (2007), menciona que el café requiere de una fertilidad relativamente alta, o bien de propiedades físicas que faciliten la corrección de deficiencias de nutrientes. El café es especialmente beneficiado por la materia orgánica que coadyuva a mejorar la estructura y las condiciones físicas del suelo, así como también a la solubilización de los nutrientes tales como el potasio y el fósforo. Esta especie presenta una fuerte tendencia a desarrollar un abundante sistema radical muy superficial, por lo que la cobertura orgánica resulta importante. En Brasil se considera que un suelo ideal debe contener alrededor del 5% de materia orgánica.

Según Torrente, la productividad de los suelos está determinada por sus características físicas y químicas, que integradas con las climáticas determinan su producción con un sistema específico de cultivo, o sea, la “vocación” de los suelos.

2.7.2.1. Características Físicas

Según Valencia (1998), las características físicas más relevantes en los suelos cafetaleros son: textura, estructura y profundidad efectiva, las mismas que pueden determinar la productividad del cultivo. Según Durán (2010), el mejor suelo para el café, es flojo y profundo, proveniente de la disgregación de diferentes rocas en pequeños cascajos, con una riqueza de humus mediana, también los suelos de origen volcánico, es decir, aquellos suelos que están formados por piedras o cascajos aglutinados por una masa de consistencia media, son de primera calidad para el cafeto, Alarcó (2011), sostiene que los suelos adecuados para el cultivo del café deben ser profundos, permeables y de buena textura. Los suelos arenosos, sueltos, que no retienen humedad, no son adecuados, así como tampoco lo son los suelos compactos, arcillosos y de escaso drenaje, el inconveniente de estos suelos parece estar asociada principalmente a su baja capacidad de retención de humedad y nutrientes, y también al contenido absoluto de materia orgánica, así como a la alta velocidad de pérdida de la humedad por evaporación y percolación.

El drenaje del suelo es un factor de especial importancia para el cultivo del café, ya que no tolera excesos de agua en su zona radical (Willson 1985). Se desarrolla mejor en suelos bien drenados, tolera los excesiva y moderadamente drenados y no produce satisfactoriamente en suelos imperfectamente drenados o mal drenados (Pérez, 2007).

Pérez Portilla (2007), indica que la profundidad del suelo tiene gran importancia ya que el cafeto tiene un sistema radical que alcanza gran

extensión, lo que le permite explorar un gran volumen de suelo. En zonas donde los suelos son compactos o poco profundos, el tallo se queda corto y las raíces no se extienden más que en los horizontes superficiales, en un espesor que raramente sobrepasa los 30 cm. Mesa (1974) al hacer una clasificación en cuanto a profundidad, establece que los suelos con menos de 30 cm no son aptos para este cultivo.

En cuanto a pendiente, el cultivo del café se practica tanto en suelos planos como de fuerte pendiente (Rojas 1989). Sin embargo, en declives menores del 5% se pueden tener problemas de drenaje (Pérez, 2007). Por otra parte en zonas con fuerte pendiente, el riesgo a la erosión es bastante alto y se dificultan las prácticas agrícolas. Teniendo en cuenta los problemas de erosión asociados a los terrenos de fuerte pendiente, en un estudio realizado en el noreste de Argentina se consideró que pendientes mayores del 40% no eran aptas para el cultivo de café, entre 20 y 40 % eran moderadamente aptas y menores del 20% fueron valoradas como aptas (Zuviría y Valenzuela 1994).

2.7.2.2. Características Químicas

Para el correcto crecimiento del cafeto es necesario que exista una disponibilidad de nutrientes adecuada, también que tengan sistemas de amortiguamiento que regulen la concentración de los nutrientes como la materia orgánica. El déficit de materia orgánica, la acidificación, el aumento de la solución de hierro y aluminio, y la presencia de arcilla de baja actividad, contribuyen en la reducción de la fertilidad de los suelos (Alarcó, 2011).

Pérez Portilla, 2007, con relación al pH del suelo, se ha señalado que el cafeto prefiere una reacción ligeramente ácida, que varíe entre 6.0 y 6.5, pero se pueden obtener cosechas en suelos más ácidos, siempre y cuando sus propiedades físicas sean satisfactorias. En estudios sobre el

efecto del pH en el crecimiento del cafeto, se ha demostrado que a pH de 6.5 el crecimiento es superior en un intervalo de 4.0 a 7.5. Las bases de potasio, magnesio y calcio pueden ser factores limitantes. Se considera que una saturación de bases de alrededor del 40% es el valor mínimo, para que las raíces de las plantas absorban fácilmente los nutrientes. Una saturación de bases del 60% puede ser ideal. Sin embargo Durán (2010), sostiene que los suelos aptos para la producción de café deben tener una acidez entre 5 y 5.5 ya que al café, no le convienen suelos con valores de la acidez por debajo de 5 o por encima de 5.5, ya que pH sobre los rangos dificulta la nutrición del cultivo.

2.8. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA

2.8.1. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la zonificación Agroecológica

Los sistemas de información geográfica SIG, son herramientas cada vez más utilizadas en los procesos de planificación económica, territorial y ambiental. La zonificación agroecológica es una de las primeras etapas del ordenamiento y del planeamiento ambiental (FAO, 1996). Según Lima (2010), los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que permiten trabajar con información espacial (geográfica), la integración y superposición de diferentes tipos de información.

Los SIG son sistemas destinados a la gestión, análisis y presentación del conocimiento geográfico, que se representa por medio de una serie de conjuntos de información (Lowry 2007), que permiten validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre un punto en específico (del Bosque, I. 2012).

Recogiendo los conceptos anteriores, se define precisamente a un SIG como un sistema que integra tecnología, informática, personas e

información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Olaya, V. 2012).

2.8.1.1. Elementos de un SIG

Un SIG está integrado por un conjunto de subsistemas donde convergen aspectos tecnológicos con otros más tradicionales. Lo forman una serie de elementos estrechamente relacionados entre sí, en los que cada uno de ellos posee identidad propia, pero el conjunto de todos genera una herramienta de potencial extraordinario (del Bosque, I. 2012). Un SIG está formado por cuatro elementos fundamentales, los cuales permiten realizar sus operaciones posibles considerando la complejidad del tratamiento del dato espacial y sus componentes espacial y temática (Gómez, 2001).

Los elementos que componen un SIG fueron definidos Gómez, (2001), en 4, los mismos que los definimos como Hardware, Software, Datos y Liveware (personas que interactúan con el sistema).

Olaya también incluye un quinto componente designado como **Factor Organizativo**, indicando que el sistema SIG requiere una organización y una correcta coordinación entre sus distintos elementos. El factor organizativo ha ido progresivamente ganando importancia dentro del entorno SIG, a medida que la evolución de estos ha ido produciendo un sistema más complejo y un mayor número de intrarelaciones e interrelaciones entre los distintos componentes que lo forman. Del Bosque, 2012, sostiene que una buena organización es fundamental para que el sistema funcione adecuadamente, donde se establezcan: definiciones claras de objetivos, procesos de planificación, coordinación, procedimientos normalizados de gestión enfocados a la funcionalidad y controles de calidad.

2.8.1.2. Componentes de información geográfica

Comprender la información geográfica es vital para poder capturar dicha

información e incorporarla a un SIG. Según del Bosque, 2012; integrar la realidad geográfica en un sistema informatizado es una ardua y delicada tarea, que requiere un alto nivel de abstracción y generalización espacial. Según Olaya, 2012; podemos dividir está en dos componentes principales:

1. Componente espacial

Este componente hace referencia a la posición dentro de un sistema de referencia establecido. Esta componente es el que hace que la información pueda calificarse como geográfica, ya que sin ella no se tiene una localización, y por tanto el marco geográfico no existe.

2. Componente temático

El componente temático, muestra el que ver y va invariablemente unido al anterior. En la localización establecida por el componente espacial, tiene lugar algún proceso o muestra algún fenómeno dado. La naturaleza de dicho fenómeno y sus características particulares, quedan establecidas por el componente temático.

El componente temático se constituye en una variable de soporte para entender el componente espacial y comprender su significado.

2.8.1.3. Funciones de los SIG

Las funciones de los SIG se pueden agrupar en cuatro conjuntos fundamentales:

- Entrada de Información

Esta etapa es de fundamental importancia, ya que se debe disponer de una base de datos sólida, operativa, libre de errores y versátil, lo que permitirá un adecuado funcionamiento del SIG (Gómez, 2001).

Los datos espaciales y sus características temáticas asociadas provienen

por lo general de diversas fuentes y en distintos formatos. Son fuentes de información frecuentes para los SIG: mapas analógicos, imágenes de sensores espaciales y fotografías aéreas, lo que implica que esta información debe ser homogeneizada y corregida para que pueda ser introducida en el sistema (Gómez, 2001).

En la etapa de entrada de datos se incluyen también los procedimientos de corrección de errores, así como la generación de topología de los datos espaciales y su caracterización o identificación temática (Gómez, 2001).

- **Gestión de datos**

Esta función de los SIG abarca las operaciones de almacenamiento y recuperación de los datos de la base de datos, es decir, los aspectos concernientes a la forma en que se organizan los datos espaciales y temáticos en la base de datos (Gómez, 2001).

- **Transformación y análisis de datos**

Esta función es el aspecto fundamental de los SIG, aquí radica todo su potencial operativo. Las funciones de transformación y análisis de datos son las que proveen nuevos datos a partir de los existentes originalmente, es aquí donde el usuario define los datos y como los utilizará, para resolver problemas espaciales determinados, estableciéndose así soluciones a través del SIG con las operaciones que utilizan los datos espaciales de diferentes maneras (Gómez, 2001).

- **Salida de datos**

En un SIG existen diversas formas de salida de datos, las cuales dependen de los requerimientos del usuario, las más frecuentes son: mapas analógicos, tablas de valores, gráficos, representaciones tridimensionales, simulaciones de vuelo sobre ciertas zonas, etc., con estas salidas podemos representar la información contenida en la base de

datos, o bien mostrar el resultado de determinadas aplicaciones (Gómez, 2001).

2.9. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA

2.9.1. Uso de los SIG en la Zonificación Agroecológica

Las investigaciones más avanzadas de zonificaciones agroecológicas, están compuestas por bases de datos enlazadas a un sistema de información geográfica y relacionadas con modelos computarizados, que contienen múltiples aplicaciones potenciales en el manejo de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra (FAO, 1997).

Los SIG nos permiten obtener resultados confiables para la toma de decisiones, a través del análisis e interpretación de gran cantidad de datos biofísicos, socioeconómicos, estadísticos en forma espacial y temporal, necesarios para generar de una forma flexible, versátil e integrada productos de información tales como tablas y mapas (Jiménez, 2004), que nos permitan desarrollar una zonificación agroecológica, tomando en cuenta que esta es una de las primeras etapas del ordenamiento y del planeamiento ambiental. Hoy es casi imposible imaginar un plano de gestión ambiental, de adecuación de las técnicas agrícolas o de monitoreo ambiental, en cualquier escala, sin la utilización de la zonificación agroecológica (de Miranda, 1996).

Los SIG, permiten la realización para un mismo territorio, de un gran número de zonificaciones. En función de problemas específicos o de las preocupaciones de los responsables de la zona en estudio, de la agricultura o del desarrollo, pueden ser ejecutadas zonificaciones específicas de diversas formas. Gracias a los SIG, una misma base de datos numéricos y cartográficos puede ser articulada y manipulada de forma diferente y fácil, en función de “quién y para qué”. No existen zonificaciones agroecológicas absolutas. Los SIG representan la

posibilidad de adecuar las respuestas a las demandas. Nuevos escenarios de uso de las tierras pueden ser simulados con facilidad (de Miranda, 1996).

La aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en estudios de zonificación agroecológica ha facilitado el análisis de la información y el cálculo de las áreas de las diferentes calidades de tierra. En el caso particular de la caficultura, se han utilizado los SIG en la identificación de áreas potenciales para la producción de café, identificando datos topoclimáticos, topográficos y el mapa de unidades de suelos para valorar y representar cartográficamente la aptitud de la tierra (Zuviría y Valenzuela, 1994).

2.10. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA

2.10.1. Definición

La Zonificación Agroecológica es el instrumento que establece la ordenación de estos territorios, y las normas de ocupación y uso de la tierra y los recursos naturales (Lima, 2010).

La zonificación es un instrumento que nos permite desarrollar dinámicas que apuntan a la construcción de un marco para el diseño de planes y estrategias de desarrollo, por ello; la zonificación y en general el ordenamiento territorial son indispensables en la planificación territorial del desarrollo económico, social, agropecuario y ambiental, garantizando un correcto aprovechamiento de la tierra (Castro y Enríquez, 2004).

La zonificación agroecológica de cultivos consiste en determinar áreas físicas homogéneas que puedan responder a un uso determinado con prácticas de manejo similares (Castro, 2012).

Según la FAO 1996, La zonificación agroecológica consiste en dividir áreas más grandes en zonas más pequeñas, éstas deben contar con características comunes en cuanto a potencialidades y limitaciones para

el desarrollo del campo a investigar. Pérez-Portilla, 2006; cita que como resultado de este proceso se identifican los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agroecosistemas

Una zonificación agrícola de una región debe ser constantemente actualizada, procurando obtener mayor información sobre las condiciones climáticas de los cultivos seleccionados y sobre todo proporcionar una planificación a mediano y a largo plazo a los productores (Sediyama-Chohaku et al., 2001).

Cortez et al. (2005), manifiesta que la zonificación agrícola permite, a partir del conocimiento de las variables climáticas (como precipitación y evapotranspiración de referencia) y de su espacialización regional por medio de los sistemas de información geográficos (SIG), definir regiones de aptitud climática y épocas más adecuadas de siembras como forma de disminuir los efectos causados por la distribución de las lluvias.

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

La zonificación es la sectorización de un territorio con diversos criterios, para identificar unidades geográficas relativamente homogéneas con características: físicas, biológicas, y socioeconómicas con potencial ecológico para su evaluación con diversas opciones de uso sostenible (Castro, 2012).

La zonificación identificará y recomendará los usos de la tierra en función de las potencialidades y limitaciones identificadas en la evaluación de la aptitud de la tierra, del análisis bio-ecológico , Para cumplir adecuadamente con su propósito, la zonificación debe reflejar las

posibilidades de utilización sostenible de la tierra y del mantenimiento de bienes y servicios ambientales/ecosistémicos, en el marco de las potencialidades y limitantes físicas, biológicas identificadas en el diagnóstico (Maldonado, 2010).

El mirar a un agroecosistema como un sistema funcional de relaciones complementarias entre el ambiente y los organismos vivientes, manejados por humanos con el propósito de establecer producción agrícola, provee una base para integrar o superponer características ambientales y ecológicas con características sociales, económicas y otras componentes de la agricultura. Todas ellas pueden variar en el espacio y tiempo, por lo tanto los métodos de manejo tienen diferentes óptimos en diferentes lugares (Castro, 2012).

Soto (2001), señala que la zonificación agroecológica representa gran para la planificación de los sectores productivos, constituyendo una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura, además de lograr una explotación racional de los recursos naturales.

Según Soto, *et al* (2007), los estudios detallados del suelo y el uso de la tierra resultan de gran importancia para el planeamiento del desarrollo agrícola de una región y constituyen un arma insustituible para que los especialistas, productores y decisivos puedan conocer cuáles son los cultivos a sembrar. En este sentido, la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura.

Soto (2007) también manifiesta que la zonificación agroecológica de los cultivos se entiende como la distribución de las plantas cultivadas en un área, una región o un país determinado, conforme a las exigencias agroecológicas de las especies. Los trabajos de zonificación revisten gran importancia, fundamentalmente cuando se trata de hacer una

planificación en los sectores productivos donde el ambiente juega un rol decisivo. Cada especie vegetal tiene exigencias agroecológicas específicas y su potencial de producción y rendimiento unitario dependerán en gran parte de la satisfacción de esos requerimientos.

La zonificación de los cultivos es un problema complejo dada la cantidad de información requerida para los análisis: uno de los objetivos de la ecología es la zonificación de áreas aptas para el desarrollo de cultivos, la cual puede hacerse a un nivel general o específico para cada especie; generalmente se consideran dos elementos condicionantes del medio físico: el climático y el edáfico (Soto, 2002).

Según COFENAC (2012), la zonificación del cultivo de café consiste en la determinación de las áreas que presenten condiciones biofísicas óptimas y/o aceptables para el establecimiento del cultivo; así como para la obtención de calidades de café que permitan competir a nivel mundial y satisfacer los requerimientos de los consumidores.

En el caso del cafeto, aun cuando es tolerante a un amplio rango de condiciones ecológicas donde crece y se desarrolla adecuadamente, muchas de las plantaciones cafetaleras se encuentran ubicadas en áreas que presentan uno o más factores limitantes que imposibilitan alcanzar rendimientos aceptables, al igual que existen zonas que no están dedicadas a este cultivo y que por sus condiciones agroecológicas pueden resultar aptas (Soto, 2002)

2.10.2. Elementos de una Zonificación Agroecológica

- Clima

Un trabajo de zonificación agroecológica comprende: el análisis de la información climática y edáfica existente, así como de los requerimientos ambientales del cultivo. Una vez que se dispone de toda la información necesaria, se debe definir las bases para la zonificación, o sea, establecer

las diferentes categorías para clasificar cada una de las zonas (Soto, 2001).

Para la zonificación agroecológica los dos elementos más importantes del clima son la temperatura y la precipitación, siendo éstos altamente condicionantes: el primero, de los procesos biológicos, y el segundo, de la frondosidad de la vegetación y la producción de los cultivos.

El clima es un factor de gran importancia en asuntos relevantes a la agronomía, ecología, y riesgos ambientales, entre otros; sin embargo, en América Latina las temporadas climáticas son limitadas y están distribuidas de una manera heterogénea, siendo también la información climática y meteorológica, bastante escasa e irregular. Es por ello que la interpretación de la información climática en relación con la agricultura sostenible y la zonificación agroecológica, implica, entre otras cosas; el uso eficiente del agua lluvia (Delgado, 2011).

- **Suelos**

Otro elemento importante para la zonificación lo constituyen indudablemente los suelos, para lo que debe tenerse en cuenta en primer lugar sus características químicas, físicas y mineralógicas, lo cual define la aptitud para el cultivo; en segundo lugar, debe considerarse la profundidad efectiva partiendo de las características de la planta de café, ya que la profundidad efectiva de los suelos para este cultivo debe estar alrededor de los 120 cm aunque estos pueden ser no menores a 70 cm (Soto, 2001).

Pérez (2006), cita a varios autores los mismos que indican que los trabajos iniciales de zonificación en el cultivo de café, se caracterizaron por proponer clasificaciones de aptitud, las cuales solo consideraron los requerimientos agroclimáticos de la especie y el comportamiento de las variables ambientales en las zonas de estudio. Posteriormente, se empezaron a generar metodologías que incorporaron variables asociadas

a las características del suelo.

De las experiencias de investigación se puede establecer que los objetivos de la zonificación agroecológica siempre se relacionan con la clasificación y representación espacial de la aptitud de la tierra con respecto a un determinado uso. Sin embargo, cada estudio tiene sus particularidades que están determinadas entre otros aspectos por la disponibilidad de información ambiental del área de estudio y el conocimiento de los requerimientos agroecológicos de las especies (Pérez, 2006.)

Se debe considerar como base fundamental para la zonificación la temperatura requerida (elaboración de isotermas) para el café (18 – 24°C), la precipitación (isoyetas), ambos elementos deben combinarse definiendo potenciales de rendimiento para cada condición, otro elemento el suelo en primer lugar se tuvieron en cuenta los tipos de suelo y su aptitud para el cultivo y posteriormente se consideró la profundidad efectiva donde se analizaron 5 categorías, desde Muy profundos (>100 cm.) hasta Muy poco profundos (<20 cm.) (Soto, F. 2002).

El producto final de la zonificación es un mapa, que asigna para cada unidad de tierra usos recomendados, incorporando un conjunto de categorías y subcategorías de manejo (Mendoza, 2001).

2.11. TRABAJOS REALIZADOS

MODELO DE GESTIÓN PRODUCTIVA PARA EL CULTIVO DE CAFE *Coffea arabica* L. EN EL SUR DE ECUADOR – ALARCÓ, A. 2011.

Este trabajo fue realizado por Alarcó (2011), quien concluye que a través de un conjunto de variables ambientales propias de la parroquia Vilcabamba, del conocimiento de las condiciones agroecológicas óptimas para el establecimiento y manejo del cultivo de café, y del análisis de una imagen Landsat TM, se confeccionó un mapa potencial del café, que

mostró una zonificación de los sitios adecuados para el establecimiento de los cafetales y su respectiva planificación en el manejo del cultivo.

Para la generación de mapas (como el de uso potencial del café) mediante sistemas de información geográfica es necesario disponer de variables ambientales incorporadas a un sistema de información geográfica, como por ejemplo: variables meteorológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y heliofanía), condiciones del suelo (textura, capacidad de campo, permeabilidad, materia orgánica, pH, contenido de N, P y K, Ca, entre otros), disponibilidad de agua para riego (infraestructura, caudales disponibles, gestión de los sistemas de riego, etc.); sin embargo, para el desarrollo del presente trabajo no se dispuso de todas estas variables, tratándose de un trabajo preliminar se considerará la siguiente información de la cual se dispone: temperatura, precipitación, textura, topografía, materia orgánica, pH y nitrógeno.

Con el uso del programa informático ArcGis 9.3, se realizó una superposición de capas temáticas considerando los rangos preestablecidos de las condiciones agroecológicas adecuadas para el cultivo de café; a través de lo cual se obtuvo el mapa potencial del café para la parroquia Vilcabamba

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CAFETO EN LOS MACIZOS MONTAÑOSOS SAGUA-NIPE-BARACOA, SIERRA MAESTRA Y GUAMUHAYA – SOTO, F. 2007.

El proyecto titulado “Zonificación agroecológica del cafeto en los macizos montañosos Sagua-Nipe-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya”, se desarrolló desde 1996 hasta el 2001 y contó con un colectivo de 18 autores, de los cuales 5 son Doctores en Ciencia, 3 Maestros en Ciencias, el resto son investigadores y especialistas de alto nivel. El Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) fue la Institución cabecera,

participaron otras 6 Instituciones: Instituto de Suelos, Instituto de Meteorología, Instituto de Geografía Tropical, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao e Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, además se tuvo la colaboración de GEOCUBA. Se crearon un grupo importante de bases de datos, las cuales fueron: registros (más de 100) de sitios experimentales y bancos de semillas de todas las regiones cafetaleras del país con 13 campos, lo cual permitió establecer los requerimientos ecológicos del cultivo para nuestras condiciones; información climática de 14 Estaciones Meteorológicas y 587 pluviómetros de la red del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, con lo cual se llevó a cabo la zonificación climática; se estudiaron 1040058 ha⁻¹ en las cuales se obtuvo información de más de 3600 perfiles con planillas completas lo que permitió caracterizar los suelos desde el punto de vista físico, químico, mineralógico y de fertilidad. Se utilizaron diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG) para establecer las relaciones entre los diferentes parámetros estudiados y llegar a la zonificación agroecológica. A partir del análisis de la información sobre el comportamiento del cafeto en Cuba se establecieron las bases para la zonificación, tomándose como elementos de clima fundamentales la temperatura, para lo cual se consideró el rango entre 18 y 24 °C, las precipitaciones, donde se establecieron 4 categorías; ambos elementos se combinaron y se definieron los potenciales de rendimiento para cada condición, el otro elemento discriminante fue el suelo, en primer lugar se tuvieron en cuenta los tipos de suelo y su aptitud para el cultivo y posteriormente se consideró la profundidad efectiva donde se analizaron 5 categorías, desde Muy profundos (>100 cm.) hasta Muy poco profundos (<20 cm.). Se dan las características del clima en los tres macizos, así como su relieve y geomorfología, también se ofrecen las características de cada uno de los agrupamientos de suelo y su distribución en cada uno de los macizos. Por último se presenta la zonificación agroecológica de cada macizo, la cual arroja que en condiciones óptimas de producción ha

y 19701,5 ha⁻¹ pudiendo alcanzarse un rendimiento potencial superior a las 2 t.ha⁻¹, en condiciones medianamente óptimas hay 95851,9 ha y se puede alcanzar un rendimiento potencial entre 1-2 t.ha⁻¹ y en condiciones aceptables existen 98110,1 ha⁻¹ y los rendimientos pueden estar entre 0,5-0,9 t.ha⁻¹. En los tres macizos existen 222569,8 ha⁻¹ las cuales no son aptas para explotar eficientemente el café. La metodología utilizada en este trabajo puede utilizarse para la zonificación de otros cultivos haciendo las adecuaciones necesarias.

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL DEL CULTIVO DE LA YUCA *Manihot esculenta* Crantz EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO – RIVERA, B.; ACEVES, L.; JUAREZ, J.; PALMA, D.; GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ, V. 2012.

El estado de Tabasco es el principal productor de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en México, mismo que ha perdido en los últimos cinco años cerca del 45% de la superficie dedicada a este cultivo. Razón por la cual, las políticas actuales de desarrollo rural se enfocan a dirigir todo tipo de apoyos, especialmente los económicos, hacia las áreas con mayor potencial productivo para diferentes cultivos, entre ellos, la yuca. Derivado de esta política y del interés del gobierno del estado de Tabasco, se realizó el presente estudio, con los objetivos de conocer las áreas con mayor potencial productivo en el estado y estimar el rendimiento potencial esperado del cultivo de la yuca. Para ello, se utilizó el procedimiento de zonificación agro-ecológica (zae) propuesto por la Fao para áreas muy aptas y para una situación de alta inversión en condiciones de agricultura de temporal. Se analizaron cuatro variables climáticas y seis propiedades edafológicas. El análisis de las variables climáticas y edafológicas (físicas y químicas) y su posterior representación cartográfica mostraron que en el

estado de Tabasco existen 476,617 hectáreas con alto potencial edafoclimático para cultivar yuca, con rendimientos potenciales de 42.3 t ha⁻¹.

EL CLIMA EN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ ARÁBIGO DEL ECUADOR – DUICELA, L. 2003.

Las zonas cafetaleras del Ecuador se localizan desde alturas cercanas al nivel del mar hasta, aproximadamente, la cota de los 2000 msnm. El Consejo Cafetalero Nacional, con la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), conformó una base de datos de 33 estaciones meteorológicas localizadas en las zonas cafetaleras. Además, a partir del análisis de los datos meteorológicos del INAMHI, de los mapas de isoyetas e isotermas de la Dirección de Información de Recursos Naturales Renovables (DINAREN) y de la información secundaria disponible, se realizó una descripción del clima de las zonas de producción de café arábigo del Ecuador.

En el referido estudio se destacan los siguientes aspectos: Las zonas apropiadas para el cultivo de café arábigo, en las provincias de Manabí y Guayas, se localizan sobre el sistema montañoso Chongón Colonche, entre los 300 y 700 metros de altitud. En las estribaciones orientales de los Andes, incluyendo Loja y El Oro, las altitudes apropiadas se localizan de 500 a 1800 metros de altura. En las estribaciones orientales, del sur oriente, en el cantón Chinchipe, las altitudes adecuadas se ubican de 1000 a 1800 msnm, hacia el norte, desde el cantón Zamora hasta el Napo, las áreas con aptitud se localizan de 500 a 1200 metros.

La precipitación anual óptima para el café arábigo está en el rango 1000 y 2000 mm con un periodo seco de tres a seis meses, tomando medidas de conservación de la humedad. La temperatura media en las zonas cafetaleras varía en función de la altitud; a mayor altura menos temperatura. En Manabí y Guayas, la temperatura media apropiada para

la producción de café arábigo fluctúa de 22 a 24 °C y en las estribaciones occidentales y orientales de 18 a 24 °C.

La humedad relativa de las zonas cafetaleras es muy variable. En las partes altas de las estribaciones orientales, arriba de los 1200 metros de altura, desde el cantón Zamora, hacia el norte, hasta la provincia de Napo, las medidas de humedad relativa son superiores al 92%, condición no apropiada para el cultivo de café arábigo, porque crean ambientes predisponentes para la incidencia de plagas y enfermedades.

El déficit hídrico se toma cuando en zonas donde la precipitación es inferior a los 800 mm anuales. Cuando la evapotranspiración potencial (ETP) es mayor a los 800 mm, el déficit de agua de los suelos se incrementa rápidamente. Se estima que por cada 10 mm de ETP, el déficit de agua es de 4.46 mm. En las zonas secas de Manabí y Loja, el manejo de la sombra de los cafetales y el uso del mantillo (cobertura), en la parte basal de los cafetos, constituyen prácticas indispensables para mantener la humedad del suelo. Por otra parte, las zonas cafetaleras con una heliofanía anual mayor a las 1000 horas luz/año, tienden a ser las más apropiadas para producir cafés.

Las condiciones climáticas del Ecuador, en general, y de las zonas cafetaleras, en particular, son muy diversas. Por lo tanto, los mapas de isotermas, Isoyetas y clima, solo constituyen referentes a nivel macro. La información histórico social, la observación de la fenología del cafeto y la interpretación de los datos meteorológicos constituyen los elementos esenciales para realizar una aproximación del nivel de aptitud climática de un microambiente cafetalero.

CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ ARÁBIGO EN EL ECUADOR – DUICELA, L. 2003.

El conocimiento de las características físico-químicas de los suelos cafetaleros constituye una herramienta para la determinación de las zonas potenciales de producción de café arábigo. Con este propósito se realizó un muestreo en 349 fincas, distribuidas en 53 cantones de 14 provincias del Ecuador.

Los análisis de suelos se realizaron en el laboratorio de la Estación Pichilingue del INIAP, orientándose a determinar los contenidos de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B, pH y Materia Orgánica; así como, la clase textural.

Los resultados de los análisis de los suelos permitieron establecer que las texturas prevalentes en las fincas cafetaleras son de tipo franco: 27% francos, 24% franco arcillosos, 23% franco arenoso, 15% franco arcilloso arenoso y 2% franco limoso.

El 74% de las fincas cafetaleras mostraron contenidos bajos en Nitrógeno; el 35% y el 46% tuvieron contenidos altos en fósforo y Potasio, respectivamente. El 65% de los suelos cafetaleros mostró niveles bajos de Azufre y el 30% contenido medios de este elemento. El 71% de fincas registró niveles altos de Magnesio y el 20% contenido medios. El Zinc se registró en niveles muy variables, donde el 23% fueron altos, 37% medios y 40% bajos. En cuanto al Cobre, solo el 1% mostró niveles bajos.

En lo referente al hierro, el 96% de suelos mostró niveles altos y el 4% medios; es decir, no hubo deficiencias. El manganeso fue variable; el 24% se registró niveles bajos, el 34% medios y el 42% altos. En cuanto a Boro, el 44% de suelos cafetaleros mostraron deficiencias; el 25% estuvo en niveles medios, el 24% en altos y el 7% en niveles tóxicos.

En los suelos cafetaleros, que generalmente se encuentran en diversos arreglos agroforestales, el 63% de las fincas mostraron niveles altos de materia orgánica, 23% contenidos medios y el 14% niveles bajos. El 82% de las fincas registraron valores de pH entre 5.0 y 7.0.

En consecuencia, se estableció que la mayor parte de suelos cafetaleros del Ecuador reúnen las condiciones físico-químicas para el cultivo de café arábigo y que las deficiencias de N, P, K, S, Zn, Mn, B y Materia Orgánica; así como, el pH, pueden ser corregidas mediante prácticas apropiadas de manejo de suelos y fertilización.

THERMAL STRUCTURE OF A MEGADIVERSE ANDEAN MOUNTAIN ECOSYSTEM IN SOUTHERN ECUADOR AND ITS REGIONALIZATION – FRIES, A. 2009.

The thermal structure of a megadiverse mountain ecosystem in southern Ecuador is examined on the basis of temperature measurements inside the natural mountain forest and at open-sites along an altitudinal gradient from 1600 to 3200 m. The main methodological aim of the current study is to develop an air temperature regionalization tool to provide spatial datasets on average monthly mean, minimum and maximum temperature by using observation data. The maps, based on data of the period 1999–2007, are needed by ecological projects working on various plots where no climate station data are available. The temperature maps are generated by combining a straightforward detrending technique with a Digital Elevation Model and a satellite-based land cover classification which also provides the relative forest cover per pixel. The topical aim of the study is to investigate the thermal structure of both manifestations of our ecosystem (pastures and natural vegetation) with special considerations to the ecosystem temperature regulation service by converting natural forest into pasture. The results reveal a clear thermal differentiation over the year, partly triggered by the change of synoptic weather situation but also by land cover effects. Thermal amplitudes are

particularly low during the main rainy season when cloudiness and air humidity are high, but markedly pronounced in the relative dry season when daily irradiance and outgoing nocturnal radiation cause distinct differences between the land cover units. Particularly the lower pasture areas gained by slash and burn of the natural forest exhibit the most extreme thermal conditions while the atmosphere inside the mountain forest is slightly cooler due to the regulating effects of the dense vegetation. Thus, clearing the forest clearly reduces the thermal regulation function (regulating ecosystem services) of the ecosystem which might become problematic under future global warming.

3. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente investigación se llevó a cabo en el cantón Chaguarpamba, provincia de Loja.

Según el MAGAP (2011), el cantón Chaguarpamba es un territorio que se encuentra en la parte noroccidental de la provincia de Loja. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el cantón Chaguarpamba presenta las siguientes características:

- Bosque seco Tropical (bs - T)
- Bosque húmedo – Pre montano (bh - PM)
- Bosque húmedo Montano Bajo (bh - MB)

El cantón Chaguarpamba se encuentre ubicado en las siguientes coordenadas:

Norte 9 583 171 – 9 570 237

Este 654 941 – 637 799

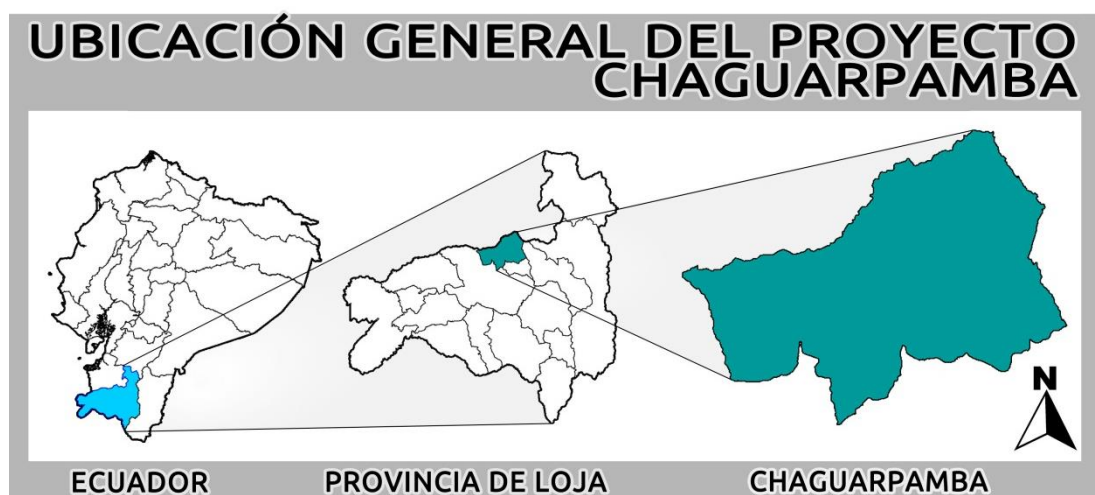


Figura 2. Ubicación general de la zona de estudio, Chaguarpamba, 2013.

3.2. MATERIALES UTILIZADOS

Materiales de campo

GPS
Cartas topográficas
Mapas temáticos
Formularios de observación
Cámara fotográfica
Barreta
Lampa
Cinta
Barreno
Machete
Higro-termómetro

Materiales de oficina

Computadora
Software SIG: ArcGIS 9.3
Materiales de escritorio

3.3. METODOLOGÍA

El método utilizado fue descriptivo – analítico – explicativo y cuantitativo – cualitativo llegando a establecer relaciones entre los diferentes parámetros y la identificación de las potencialidades agroecológicas, como medios de información y análisis previo, se utilizó mapas temáticos como:

- Mapa de división política de la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Curvas a nivel cada 40 metros (MAGAP, 2011).
- Mapa base de la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa de Zonas de Vida de la provincia Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa hidrológico de la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa de uso actual del suelo (MAGAP, 2011).
- Mapa de uso potencial del suelo en la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa de cultivos predominantes en la provincia de Loja (MAGAP, 2011).

Con los cuales, junto a datos climáticos de 12 estaciones climáticas y pluviométricas y análisis de laboratorio de muestras de suelo, se identificó

zonas homogéneas y se procedió a la toma de muestras de suelo para los análisis correspondientes.

3.3.1. Metodología para el Primer Objetivo

“Identificar las características agroecológicas de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, provincia de Loja”

3.3.1.1. Clima

Dado que en el área de estudio no existen estaciones climáticas que permitan obtener datos de temperatura y precipitación para la identificación de las características agroecológicas de la zona cafetaleras del cantón Chaguarpamba, se procedió de la siguiente manera:

Como primer paso, se procedió a obtener la promedios mensuales de precipitación y temperatura (periodo 1990-2010 a través del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), datos que permitieron la elaboración de mapas de Isotermas e Isoyetas, procedimiento que se describe a continuación.

- Temperatura del aire

Para la elaboración de isotermas se utilizó una serie de 20 años (1990-2010) de las estaciones meteorológicas del INAMHI, las mismas que corresponden a 12 estaciones distribuidas alrededor de la zona de estudio, en las provincias de Loja y El Oro, para luego a través del software ArcGIS 9.3 generar mapas de Isotermas que permitieron obtener los valores de temperatura que influyen en el cantón Chaguarpamba.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas utilizadas para la generación de isotermas. Loja, 2014.

Estación	Código	Cantón	Altitud	Latitud	Longitud
La Argelia	M033	Loja	2160	699711	9553630
Machala	M185	Machala	13	640755	9657269
Malacatos	M143	Loja	1453	691894	9533772
Vilcabamba	M144	Loja	1563	697804	9528598
Quinara	M145	Loja	1559	694953	9522952
Cariamanga	M146	Calvas	1950	660414	9520874
Yangana	M147	Loja	1835	702556	9516943
Celica	M148	Celica	1904	616393	9546221
Amaluza	M150	Espíndola	1672	674106	9493049
Zapotillo	M151	Zapotillo	223	584727	9515549
Zaruma	M180	Zaruma	1100	654213	9591035
Pozul	MB87	Celica	1739	604705	9545099

Para el cumplimiento de este objetivo se siguió la metodología planteada por Fries, A. (2009), la misma que permite generar un mapa de isotermas tomando en consideración la gradiente altitudinal, para lo cual es necesario un Modelo de Elevación Digital y datos de temperatura de estaciones meteorológicas influyentes en el área de estudio.

Este método aplica dos ecuaciones básicas para la generación de modelos numéricos meteorológicos: La primera corresponde a la estandarización de los datos para interpolación. Esta se basa en un modelo de regresión lineal entre la temperatura medida y la altitud de la estación sobre el nivel del mar.

$$T_{det} = T_{mensual} + (\Gamma \cdot (Z_{det} - Z_{estación}))$$

Donde T_{det} es la temperatura a una altitud estandarizada, $T_{mensual}$ es el promedio mensual de la temperatura (1990-2010), Γ es la pendiente del modelo de regresión lineal, Z_{det} es la altitud de estandarización y $Z_{estación}$ es la altitud de la estación meteorológica.

La altitud determinada (Z_{det}) es un valor aleatorio que se plantea en la investigación, con esto se trata de estandarizar las estaciones climáticas a una misma altura para los posteriores cálculos e interpolación de datos con un DEM en ArcGIS 9.3, considerando de esta forma la gradiente altitudinal.

Luego se procesó los datos ordenándolos en una tabla de Excel con información como Nombre, Código, Longitud, Latitud, Altitud y promedio mensual de temperatura.

Cuadro 2. Organización de datos para generación de isotermas. Loja, 2014.

Nombre	CÓDIGO	X	Y	Z	T mensual °C
Argelia	M033	699711	9553630	2160	16,17
Machala	M185	640755	9657269	13	24,78
Malacatos	M143	691894	9533772	1453	19,90
Vilcabamba	M144	697804	9528598	1563	20,79
Quinara	M145	694953	9522952	1559	21,16
Cariamanga	M146	660414	9520874	1950	17,97
Yangana	M147	702556	9516943	1835	19,27
Celica	M148	616393	9546221	1904	15,62
Amaluza	M150	674106	9493049	1672	20,51
Zapotillo	M151	584727	9515549	223	25,83
Zaruma	M180	654213	9591035	1100	21,74
Pozul	MB87	604705	9545099	1739	17,03

Seguido a esto se aplica un modelo de regresión lineal entre la temperatura (T mensual) y la altitud (Z).

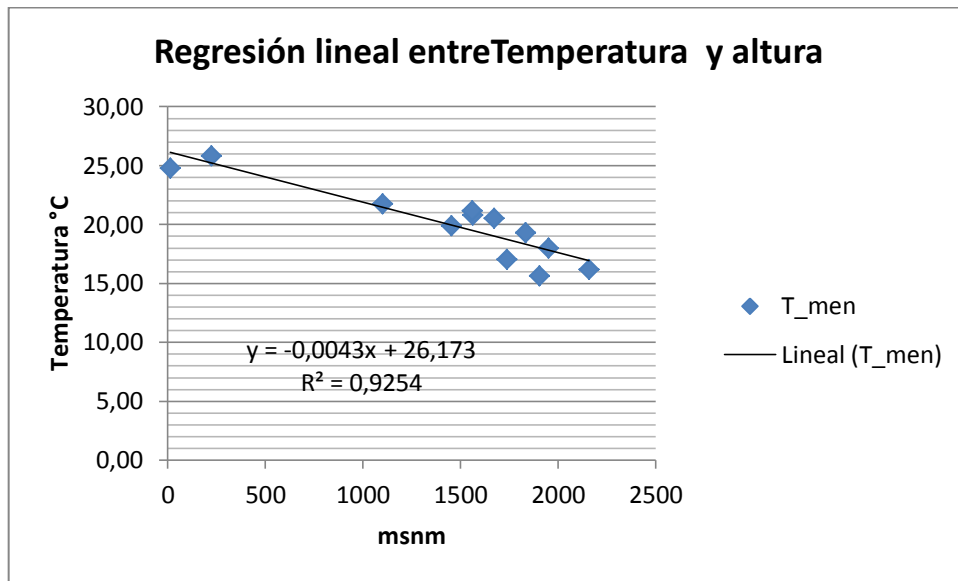


Figura 3. Modelo de Regresión lineal entre temperatura mensual y altura de las estaciones. Loja, 2013.

Luego de esto, se generaron dos datos que permitieron procesar la información a través de la ecuación:

- El valor Z es un valor aleatorio que se plantea sin ningún parámetro fijo que se utiliza en toda esta parte de la metodología.

$$Z_{det} = 1000$$

- Se consideró al valor "y" del Modelo de regresión lineal como el gradiente altitudinal existente entre la altura de las estaciones disponibles.

$$\Gamma = -0.0043$$

Se procede a resolver la ecuación para cada estación

$$T_{det} = T_{mensual} + (\Gamma \cdot (Z_{det} - z_{estación}))$$

$$T_{det(Zaruma)} = 21,74 + (-0.0043 \cdot (1000 - 1100))$$

$$T_{det(Zaruma)} = 22,17$$

Con esta ecuación se dispuso de datos estandarizados a una altitud base, lo que se llamó temperatura determinada.

Cuadro 3. Generación de temperaturas determinadas de acuerdo a una altitud base. Loja, 2014.

Nombre	CÓDIG				T_men	T_De t
	O	X	Y	Z		
Argelia	M033	699711	9553630	2160	16,17	21,15
Machala	M185	640755	9657269	13	24,78	20,54
Malacatos	M143	691894	9533772	1453	19,90	21,85
Vilcabamba	M144	697804	9528598	1563	20,79	23,21
Quinara	M145	694953	9522952	1559	21,16	23,56
Cariamang a	M146	660414	9520874	1950	17,97	22,06
Yangana	M147	702556	9516943	1835	19,27	22,86
Celica	M148	616393	9546221	1904	15,62	19,51
Amaluza	M150	674106	9493049	1672	20,51	23,40
Zapotillo	M151	584727	9515549	223	25,83	22,49
Zaruma	M180	654213	9591035	1100	21,74	22,17
Pozul	MB87	604705	9545099	1739	17,03	20,21

Luego se obtuvo un Modelo de Elevación Digital de elevación (DEM) a través del portal web: <http://www.geosur.info/geosur/>.

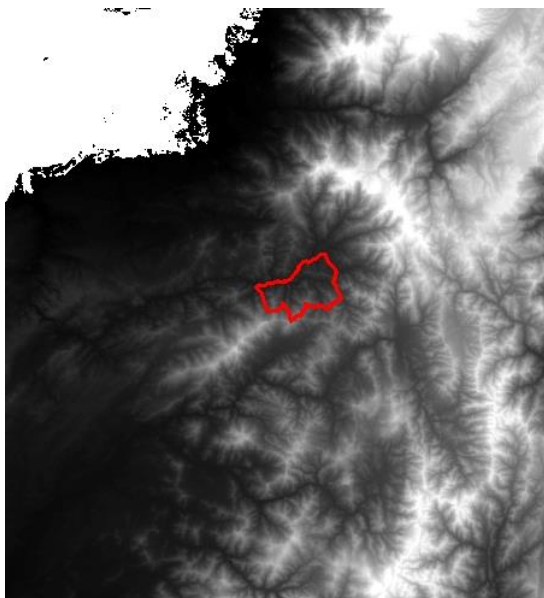


Figura 4. Modelo de Elevación Digital (DEM), provincias de Loja y El Oro.
Loja, 2013.

Seguido a esto, se ingresó los datos de las estaciones al software ArcGIS 9.3, ordenando los datos por Código, Nombre, Latitud, Longitud, Temperatura Mensual y Temperatura Determinada.

ID	X	Y	Z	Nombre	T men	T Det
M03	69971	955363	216	Arg	16,17	21,97
M14	69616	960057	252	Sara	14,87	22,49
M14	69189	953377	145	Mala	19,9	22,17
M14	69780	952859	156	Vilca	20,79	23,61
M14	69495	952295	155	Quin	21,16	23,95
M14	66041	952087	195	Cari	17,97	22,72
M14	70255	951694	183	Yang	19,27	23,45
M14	61639	954622	190	Celi	15,62	20,14
M15	67410	949304	167	Ama	20,51	23,87
M15	58472	951554	223	Zap	25,83	21,95
M18	65421	959103	110	Zaru	21,74	22,24
MB8	60470	954509	173	Poz	17,03	20,73

Figura 5. Datos de las estaciones climáticas en ArcGIS 9.3. Loja, 2013.

Luego se ingresó el DEM de elevación al software ArcGIS 9.3, para los posteriores cálculos.

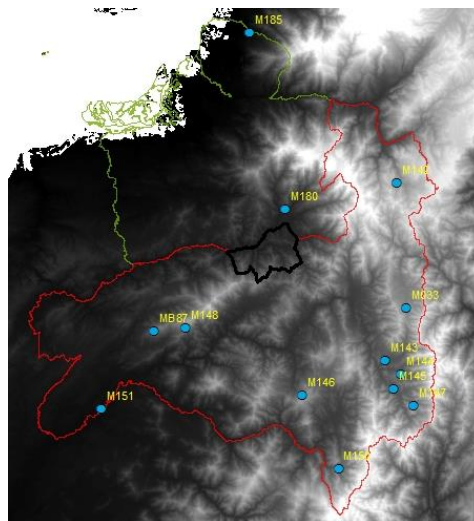


Figura 6. Estaciones climáticas y DEM de elevación para las provincias de Loja y El Oro. Loja, 2013.

Una vez ingresados los datos de las estaciones climáticas y el DEM, se procede a interpolar los datos de las estaciones climáticas utilizando el método de **IDW** en **Spatial Analyst Tools – Interpolation** en ArcGIS 9.3.

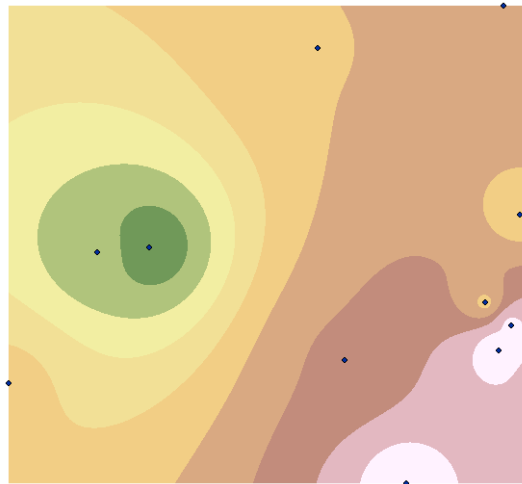


Figura 7. Isotermas primarias utilizando el método IDW. Loja, 2013.

La segunda ecuación que se utilizó, se trata de una corrección del modelo obtenido mediante interpolación, usando un DEM. Para ello aplica principios de álgebra de mapas usando una inversión de la primera ecuación.

$$T_{(x,y)} = T_{det} + (\Gamma \cdot (Z_{(x,y)}^{DEM} - Z_{Det}))$$

Donde, $T_{(x,y)}$ es el modelo numérico corregido, T_{det} es la temperatura del aire calculada con la primera ecuación, Γ es la pendiente del modelo de regresión lineal, $Z_{(x,y)}^{DEM} - Z_{Det}$ es la diferencia entre el DEM y la altitud de estandarización.

Esta fórmula se ejecuta en ArcGIS 9.3, a través de **Spatial Analyst – Raster Calculator**, en donde T_{det} es el modelo obtenido a través del método IDW, Γ es igual a -0.0043, Z_{det} es igual a 1000 msnm y Z^{DEM} es el Modelo de Elevación Digital.

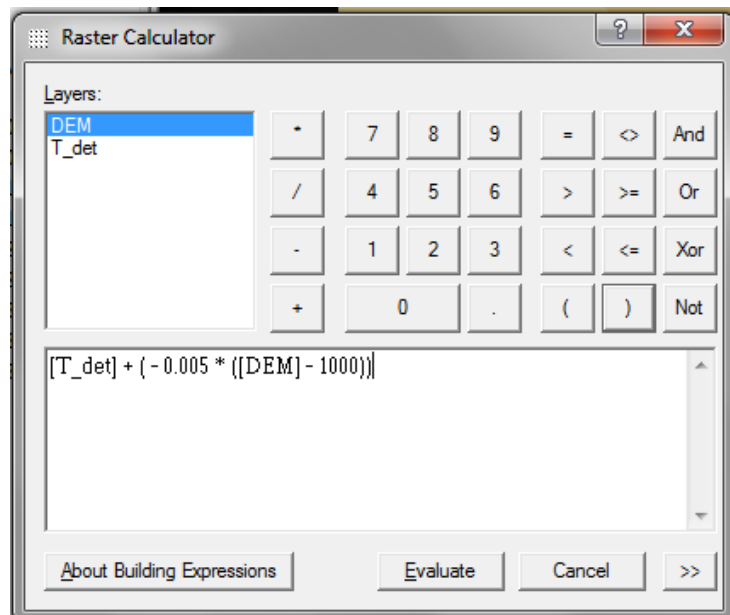


Figura 8. Utilización de la ecuación en ArcGIS 9.3. Loja, 2013.

Luego de aplicada esta ecuación, se obtiene la malla interpolada (Isotermas) de temperatura para puntos donde no se ha hecho mediciones.

- **Precipitación**

Para la elaboración de Isoyetas se utilizó una serie de 20 años (1990-2010) de las estaciones meteorológicas y pluviométricas del INAMHI, las mismas que correspondieron a 14 estaciones distribuidas alrededor de la zona de estudio en las provincias de Loja y El Oro, para luego a través del software ArcGis 9.3 generar mapas de Isoyetas, las mismas que permitieron obtener con precisión los valores de precipitación que influyen en el cantón Chaguarpamba.

Cuadro 4. Estaciones meteorológicas y pluviométricas utilizadas para la generación de isoyetas. Loja, 2014.

Estación	Código	Cantón	Elevación	Latitud	Longitud
La Argelia	M033	Loja	2160	699711	9553630
Machala	M185	Machala	13	640755	9657269
Malacatos	M143	Loja	1453	691894	9533772
Vilcabamba	M144	Loja	1563	697804	9528598
Quinara	M145	Loja	1559	694953	9522952
Cariamanga	M146	Calvas	1950	660414	9520874
Yangana	M147	Loja	1835	702556	9516943
Celica	M148	Celica	1904	616393	9546221
Amaluza	M150	Espíndola	1672	674106	9493049
Zapotillo	M151	Zapotillo	223	584727	9515549
Zaruma	M180	Zaruma	1100	654213	9591035
Alamor	M435	Puyango	1250	607925	9555751
Catacocha	M515	Paltas	1808	650478	9551575
Piñas	M773	Piñas	1126	644066	9593508

Dado que la precipitación no es una variable dependiente que sea afectada directamente por el rango altitudinal entre una estación a otra, se utilizó la metodología estándar para el trazado de Isoyetas, la cual emplea el método **Spatial Analyst Tools – Kriging**, para lo cual debemos seguir el siguiente procedimiento:

- Ingreso de datos de ubicación y promedios mensuales a ArcGIS 9.3.

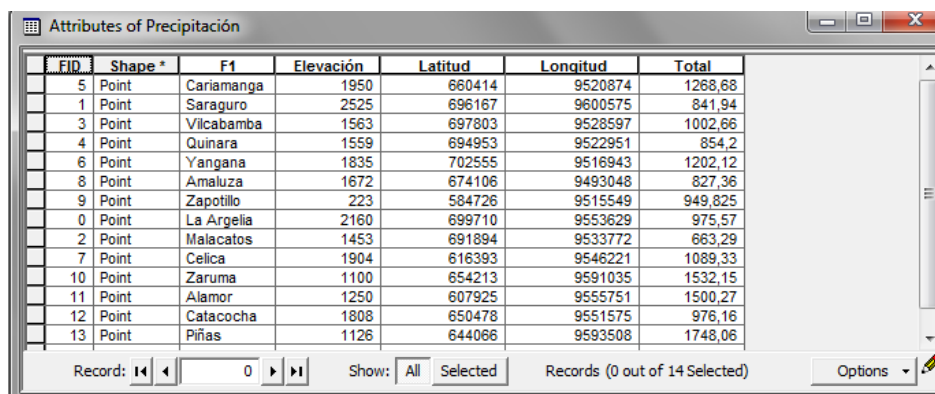


Figura 9. Ingreso de datos de precipitación a ArcGIS 9.3. Loja, 2013.

- Se realizó la interpolación de datos a través del método Kriging y se obtiene un modelo primario de los valores de precipitación (isoyetas) de las zonas en donde no han sido realizadas las mediciones.

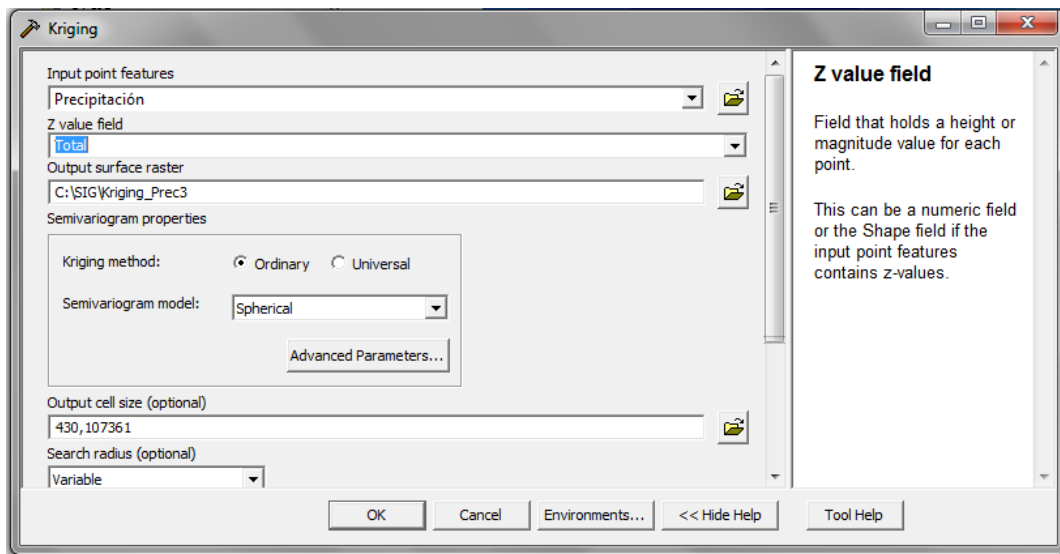


Figura 10. Interpolación de datos para trazado de Isoyetas, utilizando kriging. Loja, 2013.

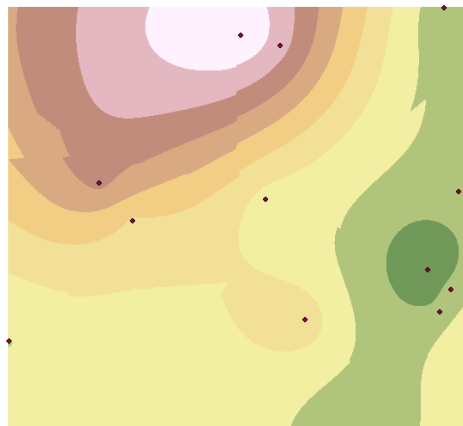


Figura 11. Isoyetas primarias utilizando el método kriging. Loja, 2013.

También se realizó un análisis de la distribución de la lluvia por meses de cada una de las estaciones; puesto que el café necesita una temporada relativamente seca durante el periodo de iniciación de las yemas florales.

- **Suelos**

Para la identificación de las características físico – químicas de los suelos de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, se procedió a identificar 4 variables: pH, Materia Orgánica, Textura y profundidad.

Para los análisis de las 3 primeras variables, se tomaron 14 muestras provenientes de fincas cafetaleras del cantón Chaguarpamba, las mismas que fueron procesadas en el Laboratorio de Suelos del Área Agropecuaria de la Universidad Nacional de Loja.

Posterior a ello, se procedió a interpolar los valores de pH y MO a través del método Kriging, tal cual se procedió para la elaboración de isotermas e Isoyetas, estableciendo de esta forma valores de Materia Orgánica y pH en todo el cantón Chaguarpamba y en la Zona cafetalera del mismo.

De igual forma se elaboraron 10 calicatas, las mismas que se realizaron a una profundidad de 1 m, para luego con la ayuda de una cinta tomar la medida correspondiente a la profundidad de suelos.

- **Pendiente**

Para la identificación de la pendiente se tomó en consideración las mapa de pendientes del MAGAP en escala 1: 50 000 el mismo que fue procesado en ArcGIS 9.3.

3.3.2. Metodología para el Segundo Objetivo

“Determinar las potencialidades y limitaciones de las zonas cafetaleras en estudio”

Para el cumplimiento del presente objetivo, se tomó en consideración la metodología planteada por Soto, F (2011); en donde se utiliza variables de evaluación como temperatura, precipitación y profundidad de suelos; para de esta forma determinar si la zona cafetalera de Chaguarpamba se encuentra dentro de parámetros adecuados, según los requerimientos climáticos para el correcto desarrollo y producción del café.

Dentro de la variable temperatura, se consideró un rango entre 15 y 24°C, dado que según Alarcó (2011), para la provincia de Loja estos son los valores óptimos para el desarrollo del cafeto.

- Precipitación

Para la variable precipitación se tomaron en consideración 3 categorías que según Soto (2007), se dividen en óptima, medianamente óptimos y no aptos, estableciendo rangos desde los valores máximos hasta los mínimos recomendados.

Cuadro 5. Categorías para evaluación de la precipitación en promedio anual. Loja, 2014.

Categoría	Precipitación (mm)
Óptima	1800 – 2200
Medianamente óptima	1200 – 1800
No apta	<1200 / >2200

- Profundidad efectiva

Para la caracterización de la profundidad de suelos, se dividió la profundidad en 5 niveles, para luego generar 4 categorías que permiten evaluar los suelos más adecuados para el desarrollo del cafeto (Soto, 2007).

Cuadro 6. Categorías de profundidad para evaluación suelos. Loja, 2014.

Categoría	Profundidad (cm)
Muy profundos	>100
Profundos	61 – 100
Medianamente profundos	41 – 60
Poco profundos	21 – 40
Muy poco profundos	<20

Cuadro 7. Categorías para evaluación de la profundidad de suelos. Loja, 2014.

Categoría	Precipitación (mm)
Óptima	Muy profundos y profundos
Medianamente óptima	Profundos/ Medianamente profundos / Poco profundos
No apta	Medianamente profundos, poco profundos y muy poco profundos.

- **Textura**

De acuerdo a Duicela (2003), se tomaron en consideración como suelos óptimos para la producción de café los que presentaron características texturales como textura franca, franca arenosa o franca arcillosa.

Cuadro 8. Categorías para la evaluación de la textura de suelos. Loja, 2014.

Categoría	Textura
Franco, franco arenosos, franco arcillosos, Franco arcillo arenosos	Óptimos
Arenosos, Arcillosos	No aptos

- **pH en la zona Cafetalera**

Para la caracterización de acuerdo al pH, se tomaron en valores óptimos y no aptos para la producción cafetalera (Alarcó, 2011).

Cuadro 9. Categorías para la evaluación de pH. Loja, 2014.

Categoría	pH
Óptimo	4,5 – 6,5
No aptos	<4,5 / >6.5

- **Materia Orgánica**

Para la caracterización de los porcentajes de materia orgánica, se tomaron en consideración 2 niveles los mismos que se describen en el cuadro 11, valores que permitieron identificar la idoneidad de esta variable para la producción de café (Alarcó, 2011).

Cuadro 10. Categorías para la evaluación del contenido de materia orgánica. Loja, 2014.

Categoría	Contenido MO
Óptimos	2 - 5
Medianamente óptimos	< 2

- **Pendiente**

Según Alarcó (2011), los suelos óptimos para la producción de café son aquellos que tienen una pendiente que oscila entre el 0 – 30% y medianamente óptimos entre 30 – >70%, dado que el café se adapta con facilidad a condiciones topográficas desfavorables y el sistema de cultivo en el cantón Chaguarpamba, este factor no se considera como limitante para la producción cafetalera.

Cuadro 11. Categorías para la evaluación de la pendiente. Loja, 2014.

Categoría	Pendiente %
Óptimos	0 – 30
Medianamente óptimos	30 – > 70

La información obtenida se procesó en el software ArcGIS 9.3, el mismo permitió interpolar la información climática y edáfica con la ubicación espacial de las fincas cafetaleras muestreadas, determinando de esta

forma si las fincas se encuentran en Zonas óptimas, medianamente óptimas y no aptas.

Cuadro 12. Resumen de requerimientos y categorías para zonificación de café. Loja, 2014.

Categoría	Temperatura	Precipitación	Profundidad Efectiva	Textura	pH	Materia Orgánica	Pendiente
Óptima	15 – 24	1800 – 2200	Muy profundos	Franco, franco arenosos, franco arcillosos, Franco arcillo arenosos	4,5 – 6,5	Alto	0 - 30
Medianamente Óptima	-	1200 – 1800	Profundos/ Medianamente profundos / Poco profundos	-	-	Medio - bajo	30 - > 70
No apta	< 15 / >24	<1200 / >2200	Medianamente profundos, poco profundos y muy poco profundos.	Arenosos y arcillosos	< 4,5 / > 6,5	-	-

Para la generación de mapas (como el de potencialidades de la zona cafetalera de Chaguarpamba) mediante sistemas de información geográfica es necesario disponer de variables ambientales incorporadas a un sistema de información geográfica, como por ejemplo: variables meteorológicas (temperatura, precipitación), condiciones del suelo (textura, materia orgánica, pH), adicional a ello se utilizó información correspondiente pendiente y profundidad.

El mapa de potencialidades de la zona cafetalera de Chaguarpamba se elaboró de la siguiente manera:

Se dispuso de mapas temáticos (escala 1: 50 000) de las condiciones ambientales mencionadas, dentro de una base de datos SIG elaborados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Estos mapas corresponden a las siguientes temáticas:

- Mapa de división política de la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Curvas a nivel cada 40 metros (MAGAP, 2011).
- Mapa base de la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa de Zonas de Vida de la provincia Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa hidrológico de la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa de uso actual del suelo (MAGAP, 2011).
- Mapa de uso potencial del suelo en la provincia de Loja (MAGAP, 2011).
- Mapa de cultivos predominantes en la provincia de Loja (MAGAP, 2011).

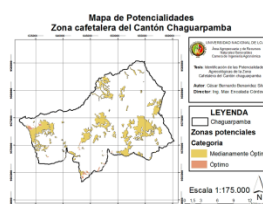
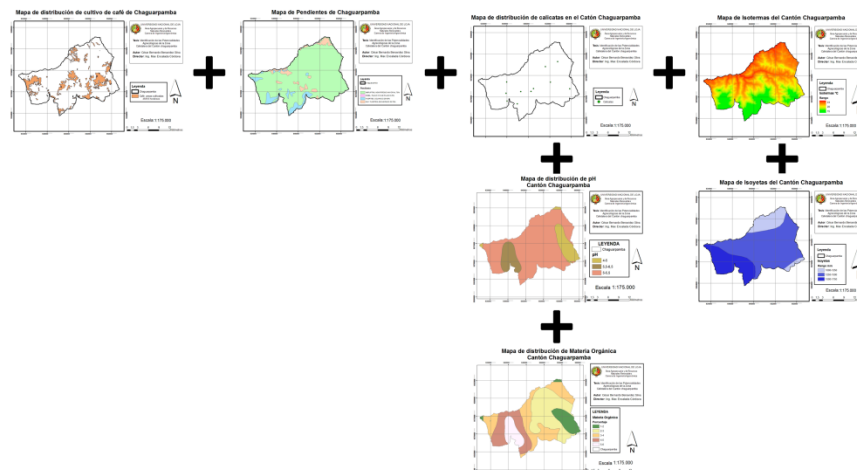


Figura 12. Superposición de información cartográfica para la obtención de un mapa de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, provincia de Loja.

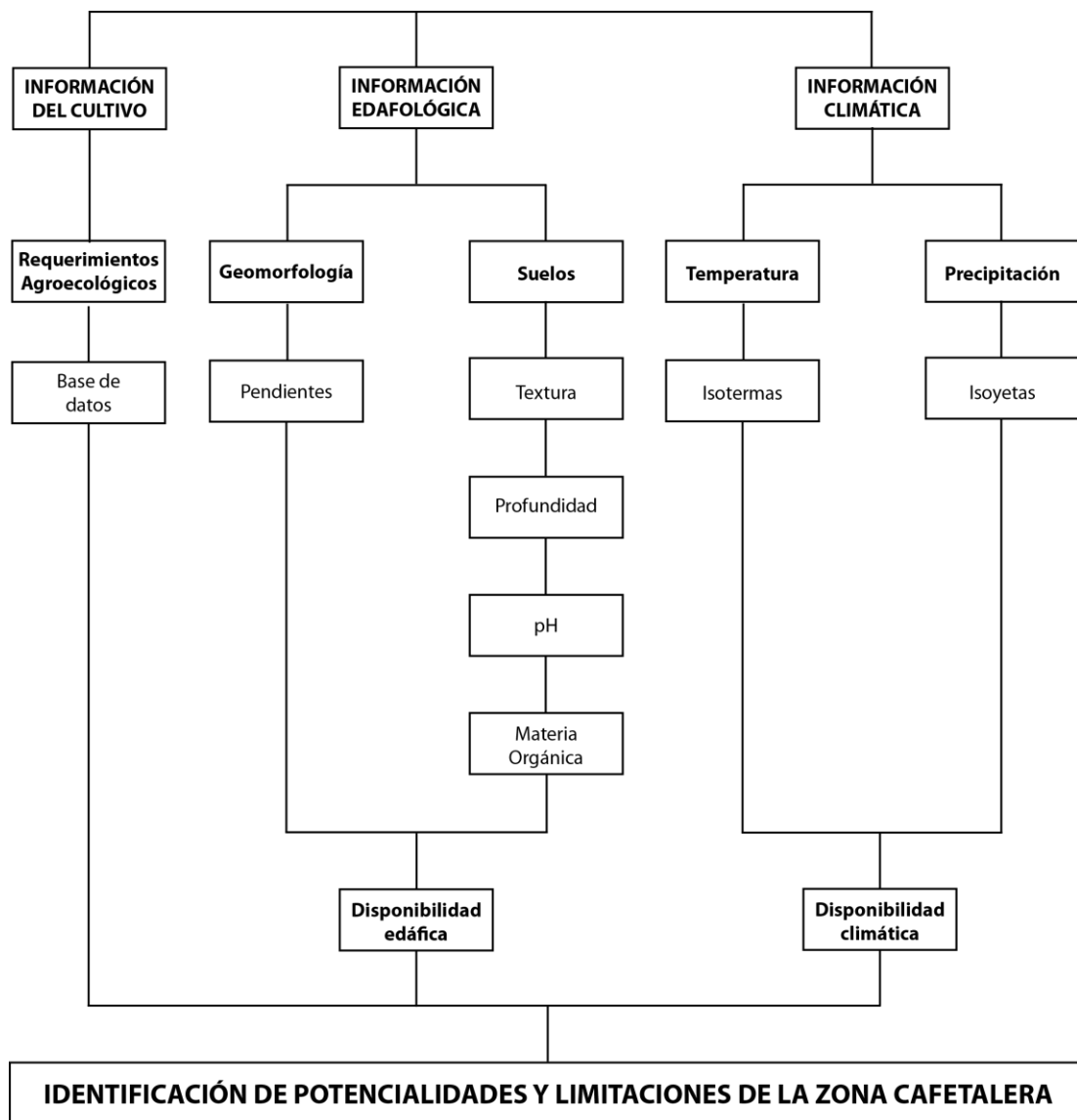


Figura 13. Diagrama metodológico para la identificación de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

Con el uso del software ArcGis 9.3, se realizó una superposición de capas temáticas considerando los rangos preestablecidos de las condiciones agroecológicas adecuadas para el cultivo de café; a través de lo cual se obtuvo el mapa de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba.

3.3.2.1. Modelo matemático para el establecimiento de zonas potenciales para el cultivo de Café

Para determinar las zonas potenciales de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, se utilizó la metodología planteada por Alarcó (2011), quien plantea un modelo matemático basado en los factores utilizados en los mapas elaborados con el programa ARGIS 9.3, siendo estos los siguientes: T^a (temperatura), P (precipitaciones), MO (materia orgánica), pH (potencial hidrógeno), Pte (pendiente del terreno), Pr (profundidad del suelo) y Tex (Textura del suelo).

La ecuación que permite definir la zona potencial de cultivo de café según el modelo propuesto es:

$$ZP = \frac{I_T + I_p + I_{MO} + I_{pH} + I_{Pte} + I_{Pr} + I_{Tex}}{n_I}$$

Donde ZP es la zona potencial para cultivo del cafetal y toma un valor entre 1 y 3, n_I es el número de índices que hay en total, en este caso son 7 y se obtienen de la siguiente forma:

Índice de temperaturas (It): Obedece a las temperaturas medias anuales, T_{med} del área considerada y a las temperatura máxima (Ta) y mínima (Tb) necesarias para el desarrollo óptimo del cultivo.

$Si (Tx) \subset (Ta; Tb) \Rightarrow It = 3$

$Si (Tx) \not\subset (Ta; Tb) \text{ y } (Tx) \cap (Ta; Tb) \neq \{\} \Rightarrow It = 2$

$Si (Tx) \cap (Ta; Tb) = \{\} \Rightarrow It = 1$

Índice de precipitaciones (Ip): Depende de las precipitaciones máximas (P_{máx}) y mínimas (P_{mín}) anuales de la zona de estudio y de las precipitaciones óptimas máximas (Pa) y mínimas (Pb) para el desarrollo del café.

$Si (P_{m\acute{a}x}; P_{m\acute{i}n}) \subset (Pa; Pb) \Rightarrow Ip = 3$
 $Si (P_{m\acute{a}x}; P_{m\acute{i}n}) \not\subset (Pa; Pb) \text{ y } (P_{m\acute{a}x}; P_{m\acute{i}n}) \cap (Pa; Pb) \neq \{\} \Rightarrow Ip = 2$
 $Si (P_{m\acute{a}x}; P_{m\acute{i}n}) \cap (Pa; Pb) = \{\} \Rightarrow Ip = 1$

Índice de materia orgánica (IMO): Depende del porcentaje de materia orgánica (MO) establecido en la zona estudiada y del porcentaje máximo (MOa) y mínimo (MOb) adecuado para el correcto establecimiento y desarrollo del cultivo.

$Si (MO) \subset (MOa; MOb) \Rightarrow IMO = 3$
 $Si (MO) \not\subset (MOa; MOb) \text{ y } (MO) \cap (MOa; MOb) \neq \{\} \Rightarrow IMO = 2$
 $Si (MO) \cap (MOa; MOb) = \{\} \Rightarrow IMO = 1$

Índice de pH (IpH): Se relaciona con el pH existente en los suelos del cantón Chaguarpamba y al pH máximo (pHa) y mínimo (pHb) óptimo para el cafeto.

$Si (pH) \subset (pHa; pHb) \Rightarrow IpH = 3$
 $Si (pH) \not\subset (pHa; pHb) \text{ y } (pH) \cap (pHa; pHb) \neq \{\} \Rightarrow IpH = 2$
 $Si (pH) \cap (pHa; pHb) = \{\} \Rightarrow IpH = 1$

Índice de pendiente (IPte): Se refiere a la pendiente máxima (Ptemáx) y mínima (Ptemín) que se puede encontrar en la zona evaluada y a la pendiente máxima (Ptea) y mínima (Pteb) adecuada para el establecimiento de un cafetal.

$Si (P_{tem\acute{a}x}; P_{tem\acute{i}n}) \subset (P_{tea}; P_{teb}) \Rightarrow IPte = 3$
 $Si (P_{tem\acute{a}x}; P_{tem\acute{i}n}) \not\subset (P_{tea}; P_{teb}) \text{ y } (P_{tem\acute{a}x}; P_{tem\acute{i}n}) \cap (P_{tea}; P_{teb}) \neq \{\} \Rightarrow IPte = 2$

$Si (P_{tem\acute{a}x}; P_{tem\acute{i}n}) \cap (P_{tea}; P_{teb}) = \{\} \Rightarrow IPte = 1$

Índice de profundidad (IPr): Corresponde a la profundidad máxima (PR) presente en la zona objeto de estudio y a la profundidad máxima (Pra) y mínima (Prb) necesaria para el óptimo establecimiento y crecimiento del cultivo.

$Si (Pr) \subset (Pra; Prb) \Rightarrow IPr = 3$

$Si (Pr) \not\subset (Pra; Prb) y (Pr) \cap (Pra; Prb) \neq \{\} \Rightarrow IPr = 2$

$Si (Pr) \cap (Pra; Prb) = \{\} \Rightarrow IPr = 1$

Los índices se obtuvieron relacionando los valores determinados para cada índice con los requerimientos del cultivo, estableciendo valores entre 1 y 3 de la siguiente manera:

- 1 No apta
- 2 Medianamente óptima
- 3 Óptima

Seguido a esto se realizó la superposición final, la misma que fue consecuencia de los mapas de temperatura, precipitación, pendiente, textura, profundidad, pH y materia orgánica. Esto permitió dividir el terreno en varias clases: Zonas óptimas, medianamente óptimas y no aptas.

Como se mencionó anteriormente, la zona potencial toma valores entre 1 y 3, siendo 3 el máximo valor que pudiera obtener cada índice, para la obtención de cada clase se procedió a establecer los posibles resultados procedentes de la sumatoria de cada índice (cuadro_), para luego dividir cada valor de la sumatoria para el número de índices.

$$Zona = \frac{\Sigma_{indice}}{n_{indices}}$$

Cuadro 13. Valores de índices para establecimiento de zonas potenciales. Loja, 2014.

Zonas	Σ índice	Σ Índice/nl
Óptima	21	3,00
	20	2,86
	19	2,71
	18	2,57
Medianamente óptima	17	2,43
	16	2,29
	15	2,14
	14	2,00
No aptas	13	1,86
	12	1,71
	11	1,57
	10	1,43
	9	1,29
	8	1,14
	7	1,00

Una vez hecho esto las clases se han establecido de la siguiente manera:

- Zona óptima $\geq 2,57$
- Zona medianamente óptima $\geq 2 < 2,57$
- No apta $\geq 1 < 2$

3.3.3. Metodología para el Tercer Objetivo

“Difundir los resultados a agricultores, profesionales, estudiantes e interesados en la producción del cultivo de café Coffea arabica L.”

Para el cumplimiento del presente objetivo, se procedió a realizar un seminario, cuyo público fueron los alumnos del Módulo 9 de la carrera de ingeniería agronómica, en donde se realizó una exposición de PowerPoint y se entregó un Díptico, el cual contiene Introducción, Metodología, Resultados y conclusiones.

4. RESULTADOS

4.1. CANTÓN CHAGUARPAMBA

El cantón Chaguarpamba, tiene un área de 31 298,08 ha⁻¹, con un rango altitudinal que fluctúa entre los 429 y 2 146 msnm.

- **Temperatura**

Los valores de temperatura anual, varían entre 15 y 24 °C, los mismos que se según Alarcó (2011), encuentran dentro de los valores óptimos para la producción cafetalera.

- **Precipitación**

Los valores de precipitación influyentes en el cantón Chaguarpamba varían entre los 1 000 y 1 750 mm anuales, según Soto (2007), dichos valores se encuentran dentro de las categorías de No aptas (15 %) y Medianamente óptimas (85 %) para la producción cafetalera.

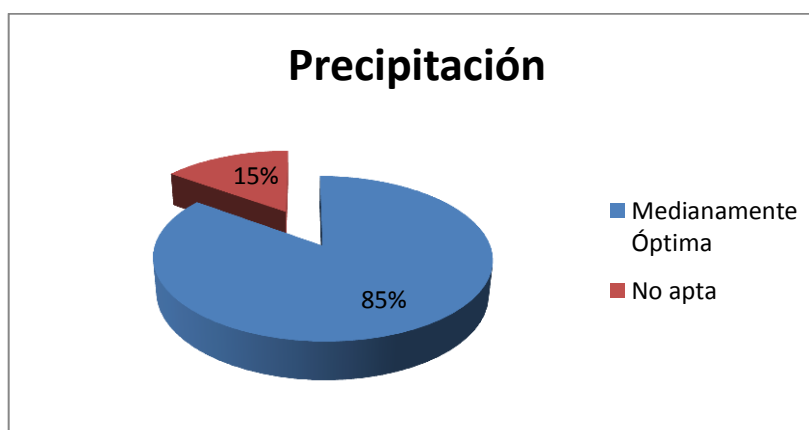


Figura 14. Caracterización de la precipitación para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- **Pendientes**

En el cantón Chaguarpamba encontramos pendientes que varían entre el 25 y más del 70%, siendo los valores medianamente óptimos del 8% (0-30%) y los valores de zonas medianamente óptimos del 92% (30 – 70%).

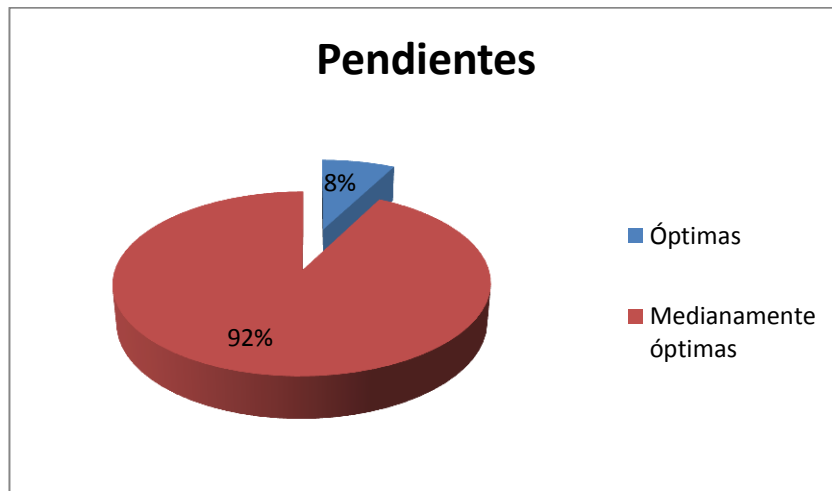


Figura 15. Caracterización de pendientes para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- **Profundidad**

Realizadas las técnicas para determinación de profundidad de suelos y siendo las diferencias mínimas entre calicata y calicata, el cantón Chaguarpamba tiene una profundidad promedio de 30 cm, según Soto (2007), estos valores corresponden a la categoría no apta para la producción cafetalera.

- **Materia Orgánica**

Según los análisis de suelo podemos determinar que en el cantón Chaguarpamba existen valores entre el 1 y 6 %, estableciéndose según Alarcó (2011) en Óptimos (10 %) (2 - 5% MO) y medianamente óptimos (90 %) (< 2% MO).

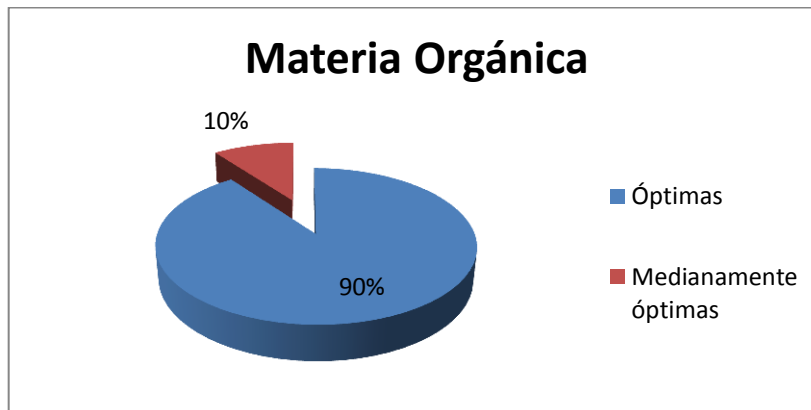


Figura 16. Caracterización de la distribución de materia orgánica para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- **pH**

Según los análisis de suelo, los valores de pH encontrados en el cantón Chaguarpamba varían entre 4 y 7, estableciéndose valores óptimos correspondientes a 3 352,63 ha⁻¹ (4,5 – 6,5) y medianamente óptimos correspondientes a 27 945,44 ha⁻¹ (<4,5 - >6,5).

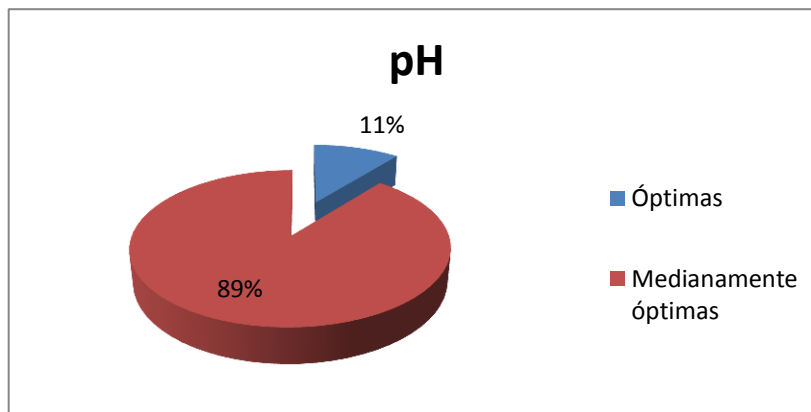


Figura 17. Caracterización del pH para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- **Textura**

Los análisis texturales de suelo arrojaron resultados que determinan que:

El 55% de los suelos son arcillosos, 20% Franco arcillosos, 20% Francos y 5% Franco arcillo arenosos, según Duicela (2003), siendo los suelos arcillosos no aptos para la implantación y desarrollo del café.

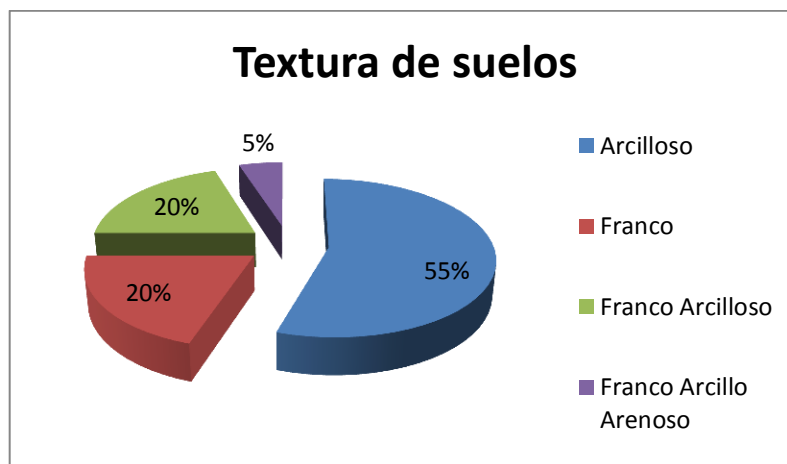


Figura 18. Clases texturales de los suelos del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

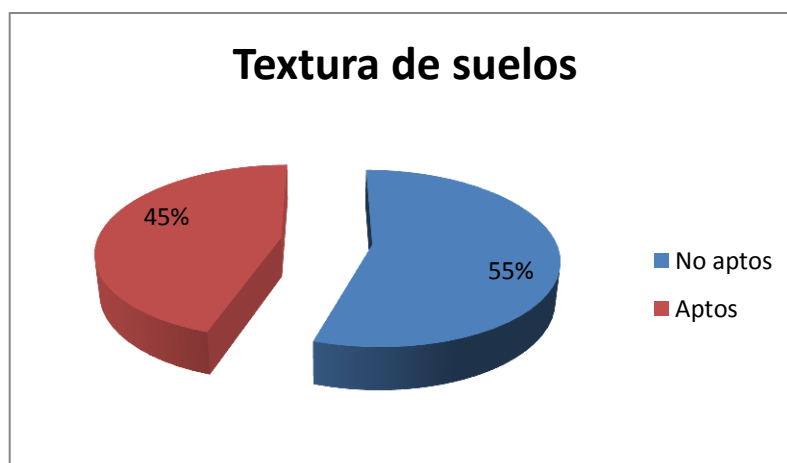


Figura 19. Caracterización de la textura para la evaluación de zonas potenciales en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

4.2. POTENCIALIDADES PARA LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL CANTON CHAGUARPAMBA

Una vez aplicado el modelo matemático, calculados los índices y obtenido el mapa de potencialidades podemos evidenciar que en el cantón Chaguarpamba existen dos categorías con potencialidades para la producción cafetalera, distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 14. Resumen de zonificación para la producción cafetalera en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

Zonas	Índice	Superficie ha ⁻¹	Porcentaje
Zonas óptimas	≥ 2,57	2 318,715	7,41
Zonas medianamente óptimas	≥ 2 < 2,57	28 979,36	92,59
Zonas no aptas	≥ 1 < 2	0	0
Superficie total del área cafetalera	Σ	31 298,08	100

Luego de hacer un análisis de cada categoría de zonificación se puede establecer lo siguiente:

Zona óptima: Abarca un área de 2 318,715 ha⁻¹ del área total del cantón Chaguarpamba, se caracteriza por presentar un rango de temperatura anual entre 15 y 24°C, precipitaciones entre 1 500 y 1 750 mm, con suelos poco profundos (30 cm), pH fluctuante entre 4,5 y 6,5 y porcentajes de materia orgánica altos, con pendientes entre el 25 y 50%.

Zona Medianamente óptima: Abarca un área de 28 979,36 ha⁻¹, se caracteriza por presentar un rango de temperatura anual entre 16 y 24°C, precipitaciones entre 1 000 y 1 750 mm, con suelos poco profundos (30 cm), pH fluctuante entre 4,5 y 6,5; y valores de materia orgánica entre medios y altos, con pendientes entre 25 y mayores al 70%.

Cuadro 15. Resumen de resultados de zonificación para el cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

Categoría	Temperatura	Precipitación	Profundidad Efectiva	Textura	pH	Materia Orgánica	Pendiente
Óptima	15 – 24	1 500 – 1 750	Poco profundos	Franco, franco arenosos, franco arcillosos, Franco arcillo arenosos	4,5 – 6,5	Alto	25 – 50%
Medianamente Óptima	16 - 24	1 000 – 1 750	Poco profundos	Franco, franco arenosos, franco arcillosos, Franco arcillo arenosos	4,5 – 6,5	Medio - alto	25 – 70%

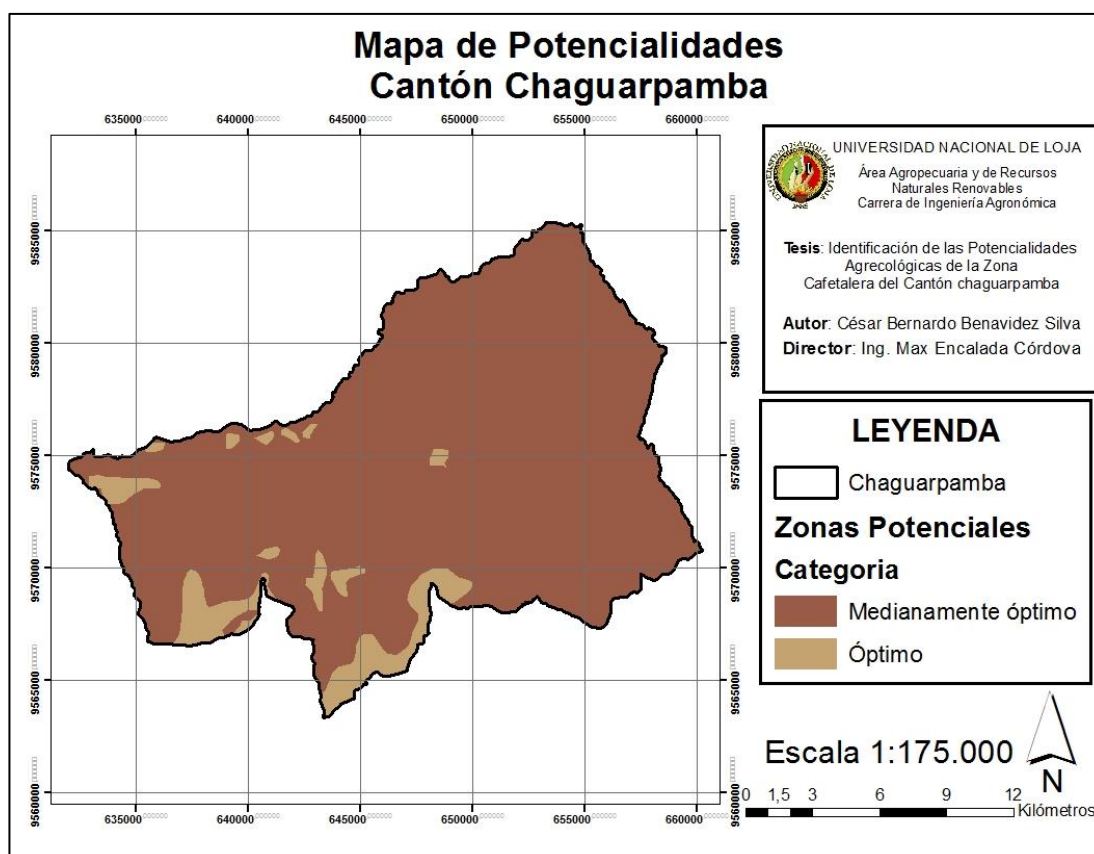


Figura 20. Mapa de potencialidades para la producción cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

4.3. ZONA CAFETALERA

La zona cafetalera de estudio, tiene una superficie de 4 514,71 ha⁻¹, encontrándose ubicada entre los 503 y 2 056 msnm, ocupando las 5 parroquias existentes en el Cantón Chaguarpamba.

- Temperatura

La zona cafetalera del área en estudio, se encuentra entre los valores óptimos de temperatura anual planteados por Alarcó (2011) que son entre 15 y 24°C para el café en la provincia de Loja.

- Precipitación

Los valores de precipitación media anual demuestran que en la zona cafetalera de estudio existen para el presente parámetro: 4 023,84 ha⁻¹ medianamente óptimas (1 200 – 1 800 mm) para la producción cafetalera y 483,7 ha⁻¹ no aptas (<1 200 - > 2 200 mm).

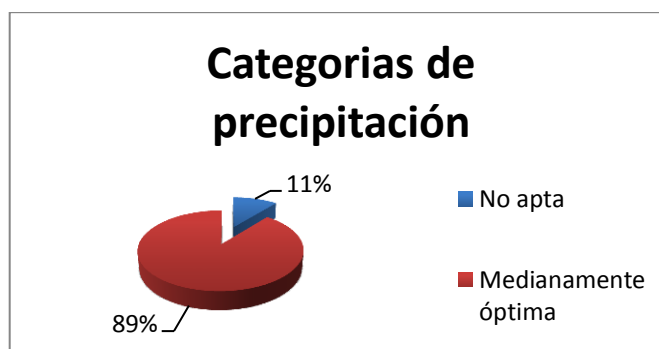


Figura 21. Caracterización de la precipitación para la evaluación de zonas potenciales de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- Textura

Los análisis texturales de suelo arrojaron resultados que determinan que:

El 55% de los suelos son arcillosos, 20% Franco arcillosos, 20% Francos y 5% Franco arcillo arenosos, según Duicela (2003), siendo los suelos arcillosos no aptos para la producción cafetalera.

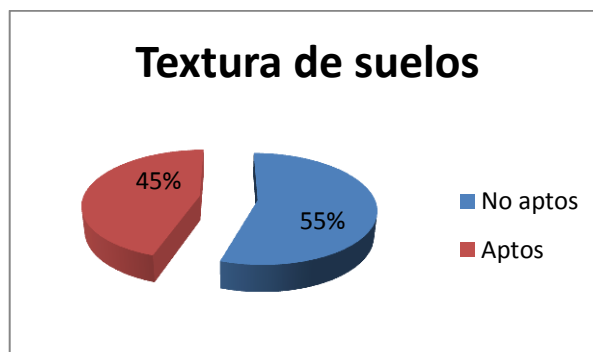


Figura 22. Caracterización de la textura para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- Pendientes

En la zona cafetalera del área de estudio se determinaron valores de pendiente entre 0 – 30% clasificadas como óptimas y entre las mimas que están distribuidas en: 291,24 ha⁻¹ óptimas y 4 223,46 ha⁻¹ medianamente óptimas (20 - >70%).

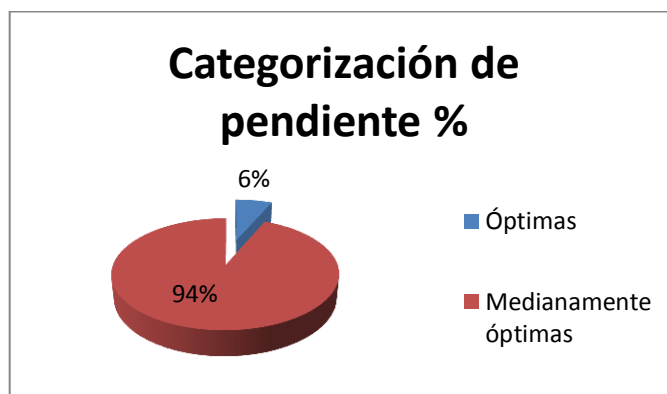


Figura 23. Caracterización de la pendiente para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- **Profundidad**

La zona cafetalera tiene un promedio de profundidad de suelos de 30 cm, la misma que fue identificada a través de la elaboración de 10 calicatas, distribuidas en toda la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba y según Soto (2007), los suelos cafetaleros del cantón Chaguarpamba, son considerados como no óptimos para la producción.

- **Materia Orgánica**

Los valores de materia orgánica obtenidos a través del muestreo y posterior análisis de laboratorio indican que el 86% (3 865,19ha⁻¹) de los suelos de la zona cafetalera en estudio presentan valores de materia orgánica altos siendo estos óptimos (2 - 5% MO) y el 14% (649,5 ha⁻¹) valores medianamente óptimos (< 2% MO) para la implantación, desarrollo y producción del café.

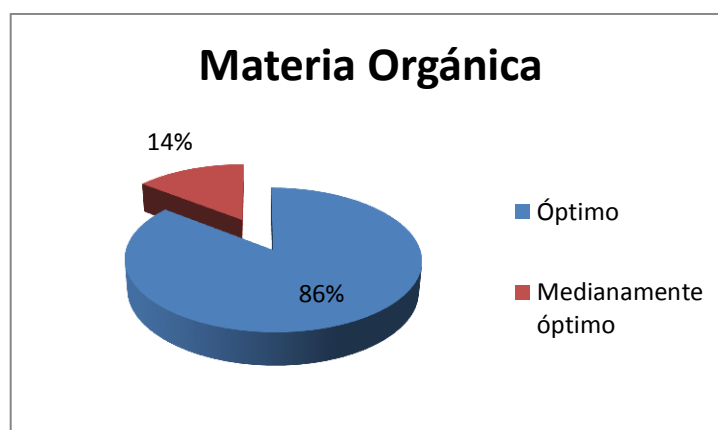


Figura 24. Caracterización de la distribución de materia orgánica para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

- **pH**

Los suelos de la zona cafetalera en estudio, presenta categorías de pH óptimas y medianamente óptimas, predominando los suelos

medianamente óptimos los mismos que equivalen a una superficie total de 4 378,83 (97%).

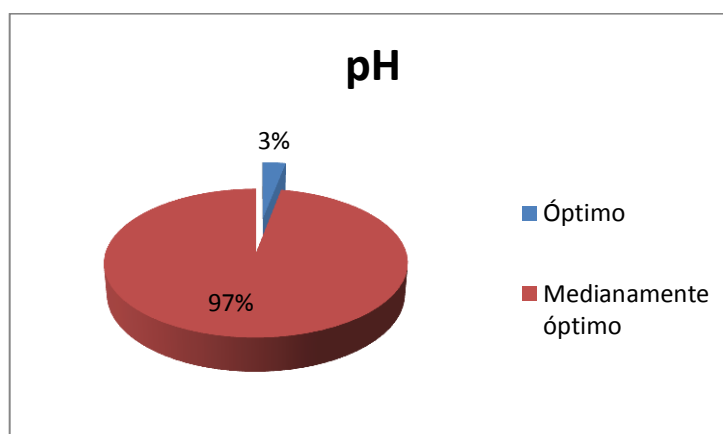


Figura 25. Caracterización del pH para la evaluación de zonas potenciales en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

4.4. POTENCIALIDADES AGROECOLÓGICAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTON CHAGUARPAMBA

Una vez aplicado el modelo matemático, calculados los índices y obtenido el mapa de potencialidades podemos evidenciar que en la zona de estudio existen dos categorías con potencialidades para la producción cafetalera, distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 16. Resumen de zonificación para la producción cafetalera en la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

Zonas	Índice	Superficie ha ⁻¹	Porcentaje
Zonas óptimas	$\geq 2,57$	291,02	93,55
Zonas medianamente óptimas	$\geq 2 < 2,57$	4 223,69	6,45
Zonas no aptas	$\geq 1 < 2$	0	0
Superficie total del área cafetalera	Σ	4 514,71	100

Luego de hacer un análisis de cada categoría de zonificación se puede establecer lo siguiente:

Zona óptima: Abarca un área de 291,02 ha⁻¹, del área total de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, se caracteriza por presentar una temperatura media anual entre 19 y 23°C, precipitaciones entre 1 500 y 1 750 mm, con suelos poco profundos (30 cm), pH fluctuante entre 5,5 y 6,5 y porcentajes de materia orgánica altos, con pendientes entre 25 y 50%.

Zona medianamente óptima: Abarca un área de 4 223,69 ha⁻¹, se caracteriza por presentar una temperatura media anual promedio entre 18 y 24°C, precipitaciones entre 1 000 y 1 750 mm, con suelos poco profundos (30 cm), pH fluctuante entre 4,5 y 6,5; y valores de materia orgánica entre medios, con pendientes entre 25% y mayores al 70%.

Cuadro 17. Resumen de resultados de zonificación para la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

Categoría	Temperatura	Precipitación	Profundidad Efectiva	Textura	pH	Materia Orgánica	Pendiente
Óptima	19 – 23	1 500 – 1 750	Poco profundos	Franco, franco arenosos, franco arcillosos, Franco arcillo arenosos	5,5 – 6,5	Alto	25 – 50%
Medianamente Óptima	18 - 24	1 000 – 1 750	Poco profundos	Franco, franco arenosos, franco arcillosos, Franco arcillo arenosos	4,5 – 6,5	Medio - alto	25 – >70%

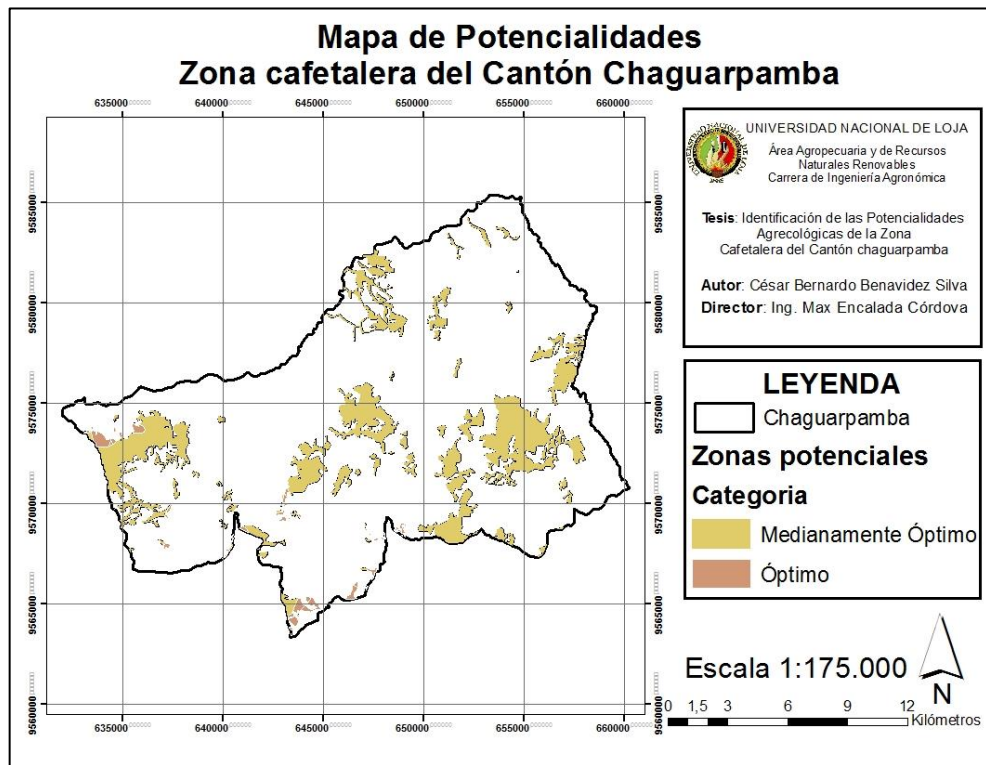


Figura 26. Mapa de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

Tanto en la totalidad del cantón como en la zona cafetalera, la superficie óptima es bastante reducida, pues es muy complicado que las siete condiciones óptimas se produzcan al mismo tiempo; sin embargo, en las zonas valoradas como medianamente óptimas existen cafetales, en los cuales se deben considerar medidas adecuadas para asegurar el correcto desarrollo de los cafetos.

5. DISCUSIÓN

La zonificación agroecológica de los cultivos, se entiende como la distribución de las plantas cultivadas en una determinada área, región o país, conforme a las exigencias agroecológicas de las especies (Soto, 2002), la misma que ha sido ampliamente aplicada para el cultivo de café en varios trabajos por Pérez-Portilla (2007), Soto (2007), quien plantea una metodología que permite categorizar variables edafo-climáticas para la determinación de zonas potenciales y Alarcó (2011) quien plantea la utilización de dos modelos matemáticos que integrados a un software SIG, permiten determinar las zonas potenciales para la producción cafetalera.

Como criterios para la determinación de las potencialidades y limitaciones de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, se tomaron en consideración: temperatura, precipitación, pendiente, textura, profundidad, pH y Materia Orgánica, factores considerados como importantes para la producción cafetalera.

En el Mapa de Zonificación Agroecológica del cultivo de Café en el Ecuador Continental del MAGAP (2013), no se considera a la provincia de Loja como zona con condiciones naturales de suelos, relieve y clima que presenta las mejores características para el establecimiento del cultivo de café, sin embargo, Duicela (2003); indica que la provincia de Loja con los cantones Puyango, Celica, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas y Vilcabamba, presentan zonas con condiciones favorables para el cultivo de café, dado que por su amplio rango de adaptabilidad, el café ha logrado adaptarse y produce bien en estas zonas tropicales secas, lo cual es ratificado en el presente estudio, dado que el cantón Chaguarpamba presenta zonas óptimas y medianamente óptimas para la producción, sin la presencia de zonas no aptas.

Según Pérez-Portilla (2007), la profundidad del suelo tiene gran importancia, ya que el café tiene un sistema radicular que alcanza gran extensión, permitiéndole explorar un gran volumen de suelo, dado esto, los suelos con una profundidad menor a 30 cm no son aptos para el cultivo de café; los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran que en el cantón Chaguarpamba existen suelos con una profundidad promedio de 30 cm, considerados en su totalidad como suelos no aptos para la producción cafetalera, sin embargo; los valores de materia orgánica y textura son aptos para la producción cafetalera, de igual manera según Alarcó (2011), el café es un cultivo que se da en sistemas agroforestales, lo que permite mejorar las condiciones de los suelos del sector, disminuyendo la erosión, generando un aporte permanente de materia orgánica y de Nitrógeno en el caso de los sistemas con leguminosas nativas.

La pendiente del terreno es considerada un factor importante, mas no como determinante para la producción cafetalera, dado que el café es una planta que se ha adaptado a condiciones no aptas de pendiente, sin embargo se debe tomar en consideración como un factor importante para la posibilidad de mecanización, el transporte dentro de la finca y la posibilidad de sufrir erosión superficial, este último puede ser mitigado a través de la conservación de los sistemas agroforestales que además de prevenir en gran medida la erosión, aportan para el café: sombra, materia orgánica producto de la caída de las hojas, fijación de nitrógeno a través de leguminosas presentes en la zona, y para el agricultor representa otro ingreso económico o alimenticio dado que parte de este sistema encontramos especies como Guaba, Guineo o Plátano.

Duicela (2003), indica que dentro de las zonas con mayor potencial agroecológico, los cafetales de las localidades de Vilcabamba, Celica, Puyango, Quilanga, Olmedo, Gonzanamá y Chaguarpamba presentan

mejores características de **Aroma**, sobre cafetales de otras localidades del Ecuador; así como también los cafetales de Chaguarpamba presentan características sobresalientes en **Sabor**. Los cafetales con mayor **grado de acidez** destacan en las localidades de Vilcabamba, Celica, Puyango, Quilanga, Gonzanamá y Chaguarpamba. Las zonas con mayor potencial agroecológico para la producción cafetalera y con potencial para la producción para **café especial**, destacan Vilcabamba, Celica, Quilanga y Chaguarpamba. A nivel nacional destacando las localidades de Pallatanga (Chimborazo), Marcabelí (El Oro) y Chaguarpamba en la provincia de Loja, como **zonas óptimas para la producción de cafés finos**, reuniendo buenas características de aroma, sabor y acidez de bebida. Lo que permite ratificar que el cantón Chaguarpamba, según el presente estudio, muestra condiciones favorables para la producción cafetalera, permitiendo también obtener café de alta calidad para el mercado local y nacional.

Rojas (1987) determinó que las temperaturas óptimas para la producción de café se encuentran entre los rangos de 17 y 25°C, mientras que Soto (2007), indica que las temperaturas óptimas para la producción cafetalera varían entre 20 y 24°C, por su parte Alarcó (2011), manifiesta que las temperaturas óptimas para la producción cafetalera en el Ecuador y la provincia de Loja fluctúan entre 15 y 24°C, Duicela (2003), manifiesta que temperaturas entre los 19 y 23°C favorecen a la acidez de la bebida. En el presente estudio se determinó que el cantón Chaguarpamba se encuentra influenciado por temperaturas fluctuantes entre 16 y 24°C, siendo una característica favorable para la producción dado que temperaturas más altas provocan efectos fisiológicos negativos y deterioro en la calidad organoléptica del café, los resultados ratifican que se encuentra dentro de los rangos establecidos para el efecto.

En cuanto a la precipitación, existen en su mayoría zonas medianamente óptimas, con rangos comprendidos entre 1 000 y 1 750 mm anuales, Soto (2002), indica que el café necesita un periodo seco que no sea mayor a 5 meses, coincidiendo con Duicela (2003), quien indica la época de ausencia de lluvia para la producción cafetalera en el Ecuador no puede extenderse más allá de los meses comprendidos entre junio y noviembre.

El aroma y el grado de acidez varían según la altura en donde se produce el café, Duicela (2003), menciona que el café de zonas altas es más fragante y penetrante, en el cantón Chaguarpamba encontramos altitudes que desde los 429 msnm hasta los 2 146 msnm y la zona cafetalera actualmente establecida varía desde los 503 msnm hasta 2 056 msnm, lo que nos permite indicar que es una zona favorable para la para la producción cafetalera y la producción de cafés de buena calidad organoléptica

El cultivo de café se constituye en uno de los principales cultivos a nivel provincial y nacional, ya que se produce en 16 cantones de la provincia, la superficie cafetalera en el país es de 199 215 hectáreas, la provincia cuenta con aproximadamente 29 345 hectáreas (COFENAC, 2013), de las cuales 4 514 ha⁻¹, se encuentran en el cantón Chaguarpamba representando el 15% de la superficie sembrada a nivel de la provincia y el 2,26% de la superficie nacional.

6. **CONCLUSIONES**

- El cantón Chaguarpamba tiene una superficie de 31 298,08 ha⁻¹, en donde existe una zona cafetalera actualmente establecida de 4514,71ha⁻¹.
- Las especies que forman parte de los sistemas agroforestales asociados con café en la zona de estudio son: Plátano, Guabo, Roble, Guabilla y Cítricos.
- Actualmente el cultivo de café se encuentra distribuido en las 5 parroquias del cantón Chaguarpamba: Amarillos, Buenavista, El Rosario, Santa Rufina y Chaguarpamba.
- El gradiente térmico para el cantón Chaguarpamba en relación a las estaciones climáticas utilizadas para el estudio es de 0,43°C.
- El rango de precipitación en el cantón Chaguarpamba fluctúa entre los 1000 y 1750 mm anuales.
- Los suelos cafetaleros del cantón Chaguarpamba, presentan profundidades promedio de 30 cm.
- Según los análisis de laboratorio, el pH y Materia Orgánica de los suelos de la zona de estudio, no son un factor limitante para la producción cafetalera.
- En la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, existen factores edáficos no aptos para la producción como pendiente y profundidad efectiva, sin embargo, son considerados como no limitantes para la producción cafetalera.

- Según los análisis de laboratorio realizados, en los suelos cafetaleros del cantón Chaguarpamba, predominan los suelos de textura arcillosa, siendo estos no aptos para la producción cafetalera.
- Las variables de temperatura y precipitación no son factores limitantes para la producción dado que sus rangos se encuentran dentro de los requerimientos del café.
- El cantón Chaguarpamba presenta dos categorías con potencialidades para la producción cafetalera: Zonas óptimas (2318,71 ha⁻¹) y medianamente óptimas (29979,36 ha⁻¹), distribuidas en sus 5 parroquias, descartando la presencia de zonas no aptas para la producción.
- En la zona de estudio predomina la categoría medianamente óptima para la producción cafetalera.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones concernientes a características físico-químico de suelos del cantón Chaguarpamba, para mediante los resultados obtenidos, tomar medidas para el mejoramiento de suelos de la zona de estudio.
- Realizar investigaciones sobre la influencia de los sistemas agroforestales en asocio con el café, analizando variables como: fertilidad, materia orgánica y sombra para el café.
- Los Gobiernos seccionales, deben generar políticas que beneficien a los productores de café, evitando la migración de los actores sociales y productivos de las diferentes zonas, para de esta manera generar un impulso económico para los productores.

8. BIBLIOGRAFÍA:

- ALARCÓ, A. 2011. Modelo de Gestión productiva para el cultivo de café *Coffea arabica* L. en el Sur del Ecuador. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de Producción Vegetal. Madrid, ES. p 228.
- ALVARADO, D.; EVANGELISTA, R.; MEJÍA, K. 2004. Identificación de territorios de café *Coffea arabica* de calidad en El Salvador. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. P 4-7.
- CASTILLO, F.; CASTELLVÍ, F. 2001. Agro-meteorología. 2 ed. Mundi Prensa Libros Madrid – ES. . p 517.
- CASTRO, H. 2012. Zonificación Agroecológica basada en un plan de ordenamiento territorial en la comunidad de la Pacífica, parroquia Tixán, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Agro. Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, ESPOCH. Riobamba, EC. P. 1 – 4.
- CASTRO, R.; ENRIQUEZ, J. 2004. Zonificación agroecológica preliminar de la microcuenca del Rio Tambo Blanco. Loja, Ec. Tesis previa a la obtención del título de Especialista en SIG aplicado al ordenamiento territorial de cuencas hidrográficas. 3 p. Nivel de posgrado, ÁREA AGROPECURIA, UNL.
- COFENAC – GTZ, 2009. Café y Ambiente, reflexiones sobre la contribución de la caficultura en la conservación de los recursos naturales.
- COFENAC. 2011. El Sector Cafetalero Ecuatoriano. Disponible en www.cofenac.org.
- COFENAC. 2012. El Sector Cafetalero Ecuatoriano – Diagnóstico.

Disponible en www.cofenac.org.

COFENAC. 2013. El Sector Cafetalero Ecuatoriano – Diagnóstico.

Disponible en www.cofenac.org.

COFENAC-INIAP. 2006. Plan de investigación y desarrollo tecnológico cafetalero con enfoque participativo. Ecuador, 24 pp.

COLUMBUS M, PULGARÍN G. 2002. Proyecto de Producción de café orgánico para exportación como una nueva alternativa comercial para el Ecuador. Tesis de grado. Instituto de Ciencias Humanísticas y Económicas, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, ECU. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3807/1/6334.pdf>

CONAM-MAG. 2006. Plan maestro de desarrollo del sector agropecuario 2006-2010. Café. Ecuador. Pags. 32, 33, 34.

CORTÉZ MARIN, A.; ACEVES NAVARRO, L.; ARTEAGA RAMÍREZ, R; VÁZQUEZ-PEÑA, M. 2005. Zonificación agroecológica para aguacate en la zona central de Venezuela. TERRA Latinoamericana, Vol. 23, Núm. 2, abril-junio, 2005. pp. 159-166

DE MIRANDA, E. 1996. Aplicaciones de los SIG en la zonificación agroecológica y en el manejo de los recursos naturales en el Brasil. Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe - FAO. Santiago – CHI. ECOFORÇA - Pesquisa e Desenvolvimento. pp 47, 48

DEL BOSQUE, I.; *et al.* 2012. Los Sistemas de Información Geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales. Madrid, ES. Editorial: CSIC – España. 34-36;

- DELGADO, C.; *et al.* 2011. Classification and agroclimatic zoning using the relationship between precipitation and evapotranspiration in the state of Yucatán, Mexico. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.* Núm. 75. pp 51-60.
- DERCON, G.; BOSSUYT B.; DE BIEVRE, B.; CISNEROS, F.; DECKERS, J.; *et al.* 1998. Zonificación Agroecológica del Austro Ecuatoriano. Cuenca – Ec. Universidad de Cuenca. Programa para el manejo del Agua y del Suelo. 28 p.
- DUICELA GUAMBI, L.A.; CORRAL CASTILLO, R.G; FARFAN TALLEDO, D.S. 2002. El clima en las zonas de producción de café arábigo del Ecuador. Portoviejo, EC, Consejo Cafetalero Nacional - COFENAC, Ultramares Corp. El Café, Nestlé R & D Center S.A., Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios - PROMSA. Es. ++ Ilus. Dat. num. Ref. Anex. *EC-INIAP-BEETP, Quevedo (633.7/D873e).
- DUICELA, L. *Et al.* 2003. Caracterización edafológica de las zonas de producción de café arábigo en el Ecuador.
- DUICELA, L. *Et al.* 2003. Zonificación cafetalera del Ecuador para la producción de cafés de especialidades.
- DURÁN, F. 2010. Cultivo del café. COL. Grupo Latino Editores. P 66-89.
- FAO. 1996. Aplicaciones de los SIG en la zonificación agroecológica y en el manejo de recursos naturales en el Brasil. Taller Regional sobre aplicaciones de la metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe. FAO. Santiago – CHI.60 pp.
- FAO. 1996. Zonificación Agroecológica. Boletín de Suelos # 73. FAO. Roma, ITA. 96 pp.

- FRIES, A. *et al.* 2009. Thermal structure of a megadiverse andean mountain ecosystem in southern Ecuador and its regionalization. ERDKUNDE. Vol 63. No. 4. pp 321-335.
- GÓMEZ, M.; BARREDO, J. 2001. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio. ES. RA-MA EDITORIAL. 2 ED. P 2-6
- GUZMÁN, M.; BALDIÓN, J. 2003. El clima en la sede principal del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas. CENICAFÉ – Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Federación Nacional de Cafetaleros. Caldas-COL. Vol. 54. Num. 2.
- ICAFE – INSTITUTO DE CAFE DE COSTA RICA. 1998. “Manual de recomendaciones para el cultivo del café”. 1ª ed. Heredia, Costa Rica, 193pp.
- JIMÉNEZ, A.; *et al.* 2004. Agroecological suitability for the sugarcane crop in southern Tamaulipas, Mexico. Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía – UNAM. Num53. pp 58-74.
- LIMA, T.C., TEIXEIRA, D.A., HERCULANO, R.N. Y NOGUEIRA, S.M.A. 2010. El uso de SIG en la zonificación de las áreas protegidas – APA-ITAÚNA/BRASIL-. Un caso de estudio. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. pp. 890.
- LOWRY, J. 2007. La utilización de programas y datos de SIG de bajo costo para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar. Secretaría de la Convención sobre los Humedales. Gland – SUI. 15 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC). 2002. Tercer censo nacional agropecuario. Resultados nacionales y provinciales. INEC, MAG, SICA, Quito, EC. v. 1, 255 p.

- MALDONADO, C. 2010. Propuesta para la incorporación del componente de biodiversidad en los procesos de planificación territorial. Ministerio de Planificación del Desarrollo. La Paz, BOL. P 20.
- MENDOZA, N. 2001. Guía metodológica para la formulación de los planes municipales de ordenamiento territorial en áreas rurales. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. La Paz, BOL. p 39, 40.
- MESA, N. 1974. Selección de suelos para el cafeto. Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba.
- ORTEGA J. 2003. Análisis sectorial del café. Ecuador: Apunte de Economía, Dirección General de Estudios. Banco Central del Ecuador.
<http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Apuntes/ae40.pdf>
- ORTEGA, J. 2003. Análisis sectorial del café. Apuntes de Economía No. 40. Ecuador.
- ORTUÑO M.; SALINAS V. 2009 Proyecto de procesamiento y comercialización de café ecológico en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja para el año 2011. [Tesis de grado]. Ecuador; Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Económica y Administrativas. N 40.
- OYALA, V. 2012. Sistemas de información geográfica. Disponible en http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG.
- PEREZ-PORTILLA, E. 2007. Zonificación Agroecológica del Sistema Agroforestal Café *Coffea arabica* L. - Palma Camedor *Chamaedorea elegans* Mart, en la región central del estado de Veracruz. Tesis Doctoral (Ecología y Manejo de Recursos

- Naturales). Xalapa, Veracruz, MEX. Universidad Autónoma de Chapingo, Instituto de Ecología. Pp 18, 19; 50-74.
- PEREZ-PORTILLA, E.; GEISSERT-KIENTZ, D. 2006. Zonificación Agroecológica de Sistemas Agroforestales: El caso Café *Coffea arabica* L. - Palma Camedor *Chamaedorea elegans* Mart. Revista Interciencia Vol 31, N° 8. Venezuela. P 556-562.
- POURRUT, P. 1983. Los climas del Ecuador. Fundamentos Explicativos. ORSTROM-PRONAREG. 8 p.
- RENA, A.; SANTOS-BARROS, R.; MAESTRI, M.; SÖNDAHL M. R. 1994. Handbook of environmental physiology of fruit crops. CRC Press, Inc., Boca Ratón, Florida. pp. 101-122.
- RIVERA, B.; *et al.* 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. Avances de investigación agropecuaria. Revista de Investigación y difusión científica agropecuaria. Vol 16. N° 1.p 29-47.
- RODRÍGUEZ, L. 2002. Efecto eco-fisiológico de diferentes niveles de irradiancia en la productividad biológica y agrícola del cafeto *Coffea arabica* L. en ecosistemas típicos de la Sierra Maestra. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas Universidad Agraria de la Habana. Facultad de Agronomía. 87 p.
- ROJAS, O. 1987. Zonificación Agroecológica para el cultivo de café en Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. San José, CR. 83 p.
- SÁNCHEZ C. 2005. Cultivo, Producción y Comercialización del Café. Lima-Perú: Editorial Ripalme. Pág. 13- 18.
- SEDIYAMA-CHOHAKU, G, J.C. FERRAIRA-MELO, A. ROSA-DOS

- SANTOS, A. RIBEIRO, M. HEIL-COSTA, P. HAMAKAWA, J. NOGUEIRA-DA COSTA y L. COSTA. 2001. Zoneamiento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. Rev. Brasileira de Agrometeorología. Passo Fundo (Número Especial Zoneamiento Agrícola) 9-3: 501-509.
- SENPLADES. 2007. Secretaría Nacional de Planificación para el Desarrollo. Mesas de construcción del Plan Regional. Mesa económico-productiva, potencialidades de la Región Sur del Ecuador. Ecuador.
- SOTO, F.; *et al.* 2001. Metodología para la zonificación Agroecológica de *Coffea arabica* L. en Cuba.
- SOTO, F.; *et al.* 2007. Zonificación agroecológica de la Cordillera de Guaniguanico, Cuba. Cultivos Tropicales, Vol. 28. Núm 1. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas – INCA. La Habana – CU. P 41, 42
- SOTO, F.; *et al.* 2002. La Zonificación Agroecológica de *Coffea arabica* L. en Cuba. Macizos montañosos Sierra Maestra y Guamuhaya p 35.
- TORRENTE, A.; LADINO, A. Caracterización de Propiedades Físicoquímicas de los suelos de la zona cafetalera del Municipio de Isnos con el fin de establecer su aptitud de uso y manejo. Revista Ingeniería y Región. Vol 6. Num 1. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana.
- UNL, AARNR, Coordinación de Investigación. 2009. Líneas de Investigación. Loja, Ec.
- UNL. 2008. Aportes para la agenda económica productiva regional. Loja, Ec. P 3.
- VALENCIA, A. 1988. Nutrición mineral del cafeto, In: Tecnología del cultivo del café, Comité Café-Caldas, Cenicafé. 2 ed. Colombia.

Editorial INPOFOS.

VALENCIA, G. 1998. Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Quito, EC, Instituto de la Potasa y el Fósforo – INPOFOS.

WILLSON, K. C. 1985. Mineral nutrition and fertilizer needs. In M. N. Clifford y K. C. Willson (Eds.). Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage, pp. 135-155. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.

WINTGENS, J. N. (Ed.). 2004. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley-VCH, Weinheim.

ZURITA, G. 2000. Análisis estadístico de la producción de café en el Ecuador. Centro de Investigaciones ESPOL, tomado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/>

ZUVIRÍA, M.; VALENZUELA, C. 1994. Mapping land suitability for coffee with ILWIS. ITC Journal 3: 301-307.

9. **ANEXOS**



Anexo 1. Georeferenciación de fincas. Chaguarpamba, 2013



Anexo 2. Identificación del estado actual de cafetales y sistema agroforestal. Chaguarpamba, 2013.



Anexo 3. Identificación de especies que generan sombra al café en sistema agroforestal. Chaguarpamba, 2013.



Anexo 4. Muestreo de suelos para análisis de laboratorio. Chaguarpamba, 2013.



Anexo 5. Elaboración de calicatas para determinación de profundidad de suelos. Chaguarpamba, 2013.



Anexo 6. Identificación de zonas cafetaleras para fotointerpretación. Chaguarpamba, 2013.



Provincia:	Loja	FECHA DE INGRESO:	03 de septiembre de 2013
Cantón:	Chaguarpamba	FECHA DE EGRESO:	19 de septiembre de 2013
Parroquia:	El Rosario	RESPONSABLE:	Cesar Benavidez
Sector o Proyecto:	Santa Rufina		

1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	Análisis Mecánico % TFSA			Textura	pH en agua	MO
		Ao	Lo	Ac			%
1052	N1	20.8	37	42.2	Ac	6.32	5.8
1053	N2	24.0	31.8	44.2	Ac	5.48	3.0
1054	N3	26.8	32.0	41.2	Ac	6.02	5.5
1055	5L-1	32.8	30.0	37.2	FoAc	6.37	6.5
1056	5L- 2	30.8	32.0	37.2	FoAc	6.47	4.6
1110	Mish-1	25.8	27.0	47.2	Ac	5.76	3.4
1111	Ros1	56.8	22.0	21.2	FoAcAo	5.52	3.5
1112	Ros3	38.8	34.0	27.2	Fo Ac	4.37	3.0
1113	Jor1	10.4	56.6	33.0	Ac	4.81	1.5
1114	Ros2	34.4	25.2	40.4	Fo	5.50	2.0
1115	Pach	40.8	20.0	39.2	Fo	4.96	1.5
1116	El Aro	20.4	40.4	39.2	Ac ≈ Fo Ac	5.30	3.3
1117	La Esp. 1	24.2	36.0	39.8	FoAc	4.88	2.1
1118	Ven	23.6	44.0	32.4	Ac	4.92	1.5
1119	V. Am.	41.6	24.0	34.4	Fo	6.2	5.6



2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	Textura	pH en agua	MO
1052	N1	Arcilloso	Ligeramente Ácido	Alto
1053	N2	Arcilloso	Ácido	Medio
1054	N3	Arcilloso	Ligeramente Ácido	Alto
1055	5L-1	Franco Arcilloso	Ligeramente Ácido	Alto
1056	5L- 2	Franco Arcilloso	Ligeramente Ácido	Medio
1110	Mish-1	Arcilloso	Medianamente Ácido	Medio
1111	Ros1	Franco Arcillo Arenoso	Medianamente Ácido	Medio
1112	Ros3	Franco Arcillo	Muy Ácido	Medio
1113	Jor1	Arcilloso	Muy Ácido	Bajo
1114	Ros2	Franco	Ácido	Bajo
1115	Pach	Franco	Muy Ácido	Bajo
1116	El Aro	Arcilloso ≈ Franco Arcilloso	Ácido	Medio
1117	La Esp. 1	Franco Arcillo	Muy Ácido	Bajo
1118	Ven	Arcilloso	Muy Ácido	Bajo
1119	V. Am.	Franco	Ligeramente Ácido	Alto



Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 8. Datos de Estaciones meteorológicas de las provincias de Loja y El Oro. Loja, 2014.

Temperatura Anual Estaciones												
AÑO	PROMEDIO ANUAL											
	M033	M185	M143	M144	M145	M146	M147	M148	M150	M151	M180	MB87
	La Argelia	Machala	Malacatos	Vilcabamba	Quinara	Cariamanga	Yangana	Celica	Amaluza	Zapotillo	Zaruma	Pozul
1990	16	26,1	-	-	-	-	-	-	20,1	-	21,7	-
1991	16,2	25,2	19,9	21,2	-	17,3	19	15,9	20,2	-	21,8	-
1992	16,1	24,7	19,9	21,1	-			15,7	20,8	25,9	21,9	-
1993	15,9	24,7	19,3	20,5	-	17,04	19,6	15,7	20,4	-	21,7	-
1994	15,9	24,1	19,5	20,5	-	17,6	19,3	15,4	20,6	-	21,5	-
1995	16,3	-	-	21,1	-	18,1	19,8	15,6	-	-	21,9	-
1996	15,9	-	-	20,5	-	17,5	19,5	-	-	25,8	21,8	-
1997	-	-	-	21,4	-	17,7	-	15,6	-	27,3	22,3	-
1998	16,6	-	-	21	-	18,1	20,3	15,5	-	-	22,5	-
1999	15,7	24	-	20,5	-	17,6	19,2	15,5	21,3	-	21,2	-
2000	15,8	-	-	-	-	17,5	19,5	15,2	-	-	21,3	-
2001	16,3	-	-	-	21,1	-	-	-	-	-	21,6	-
2002	16	-	-	-	-	18	-	15,4	21,1	-	-	-

Continuación del cuadro 1...

2003	16,1	-	19,5	-	21,4	-	-	-	-	-	-	-
2004	16,1	-	-	-	-	18,2	-	15,6	20,7	-	21,8	-
2005	16,5	-	19,6	-	-	18,1	-	-	21	-	-	17,06
2006	16,7	-	19,8	-	21,4	-	-	16	21,3	-	-	17
2007	16,3	-	20,5	-	21	18,4	-	-	19,9	-	-	-
2008	15,9	-	20,1	20,1	20,7	-	18,1	-	19,4	25,1	21,3	-
2009	16,4	24,8	20,5	-	21,2	20,5	18,8	16	20,2	25,6	-	-
2010	16,6	24,6	20,3	-	21,3	-	18,9	-	20,2	25,3	-	-
Promedio	16,17	24,78	19,90	20,79	21,16	17,97	19,27	15,62	20,51	25,83	21,74	17,03

Anexo 9. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática La Argelia. Loja, 2014.

Precipitación Estación La Argelia M033														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	131,7	161,3	142,8	131,1	77,1	83	43,8	33,2	27,1	85,4	107,8	115	1139,3	242
1991	113,1	153,5	197	59,6	70,1	64	39,2	61,9	30,9	61	22,6	66,5	939,4	212
1992	83,5	125,3	94,1	97	57,6	47,7	50,4	15,7	39,4	47,1	103,6	64,5	825,9	226
1993	85,4	105,4	317,2	93,4	23,4	50,3	62,7	29,2	45,6	91,5	48	198,1	1150,2	232
1994	213	77,6	285,5	123,3	54,1	53,8	81,5	69,3	37	29,6	42,8	104,6	1172,9	252
1995	59,8	88,0	93,4	52,8	64,7	10,1	33,6	19,9	22,3	36,8	129,0	121,3	731,7	203
1996	98,3	126,9	153,2	97,8	30,7	46,5	38,6	34,4	37,1	57,9	13,0	27,0	761,4	212
1997	68,1	109,2	101,2	69,9	46,2	20,7	50,2	35,2	42	59,9	73,6	123,9	800,1	211
1998	40,4	101,9	136,2	88,5	51,2	75,2	49,5	35,7	31,4	116,7	85,8	39,2	851,7	222
1999	124,3	299,1	132,2	83,7	120,2	58,9	59,8	50,2	81,7	27,8	48,1	116,7	1202,7	245
2000	152,1	178,5	192,1	105,0	81,8	86,8	37,1	50,3	67,7	31,6	25,4	57,6	1066,0	250
2001	82,8	116,6	68,3	69,8	63,7	86,9	81,2	52,1	42	33,5	128	98,3	923,2	225
2002	102	99,2	53,5	126,7	68,2	39,2	62,8	5,9	18,2	67,7	71,4	70,6	785,4	208
2003	80,3	113,3	188	68,8	92,4	53,9	34,1	6,9	25	73,3	56,5	106,8	899,3	220
2004	48,1	119	177,6	198,7	46,5	85,4	47,5	12,1	25,2	125,8	95,3	96,3	1077,5	228
2005	46,4	134,5	173,6	157,6	33	79	15,3	13,4	18,1	86,2	62,5	98,3	917,9	201
2006	138,1	88,8	188,3	82,7	33,6	78,5	33,7	13,2	22,5	37,2	93,1	90,6	900,3	208
2007	50,1	66,3	93,5	99,1	80,7	120,0	11,3	152,4	55,0	55,7	153,3	77,6	1015,0	
2008	62,3	251,0	237,9	137,8	74,6	51,3	89,5	89,7	20,6	136,4	102,9	126,3	1380,3	248
2009	133,0	90,2	134,4	93,1	43,3	29,8	55,7	61,9	55,6	69,7	26,0	118,4	911,1	248
2010	59,4	109,6	46,3	75,8	70,7	77,5	31,1	46,2	60,6	34,4	60,0	81,1	752,7	203
Promedio	102,22	117,68	171,45	109,88	56,34	65,61	50,20	28,45	31,08	67,12	75,60	100,87	975,57	225

Anexo 10. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Saraguro. Loja, 2014.

Precipitación Estación Saraguro M142														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990														
1991	32	60,2	124,6	28,6	48,1	28,9	16,6	28,4	18,2	51,1	86,9	94	617,6	170
1992	38,1	101,7	77,8	67,5	72,1	54		31,4	70,7	20,7	44,2	43,4		
1993	76,5	179,1	404	139,2	20,6	21,2	26,3	13,4	35,5	65,5	66,4	156,3	1204	
1994	131,9	85,1	173,5	141	30,8	56,5	22,5	81,5	55,1	43,2	66	78	965,7	237
1995	13,7	77,0	94,3	118,5	44,0	20,0	45,2	8,2	23,9	36,3	147,7	108,4	737,2	181
1996	75,2	98,7	100,6	66,9	48,6	63,1	51,8	14,9	29,7	99,6	29,4	47,0	725,5	206
1997	143,2	109,5	107,7	60,3	56,8	20	31	31,1	36,6	50,1	90	82	818,3	211
1998	39,1	67,0	187,1	79,4	89,3	10,0	30,5	28,6	29,9	84,7	45,9	42,5	734,0	
1999	129,0	254,0	157,5	62,4	112,8	66,7	42,4		63,2	35,6	24,8	179,7		
2000	79,7	126,4	146,2	85,7	60,1	59,5	11,3							
2001		82,8	122,1	43,2	61,7	53,2	16,7	26,6	23,6	29,8	79,2	66,8		
2002	21,6	71,9	68,4	95,9	83,4	54,5	54		7,2	51,8		116,9		
2003	26,4	48,6	119,5	97,4	54	28,9		13,6	46,8	43,8	65,3	79,4		
2004	50,8	51,4	55,8	103,9	50,1	58,2	17	4,4	42	60	95,5	75,1	664,2	
2005	48	104	218	81,9	36,7	28,4	11,2	6,8	27,9	37,9	7,4	150	758,2	
2006														
2007	105,8	42,0	85,3	120,8	44,6	39,4	15,6	48,2	22,5	69,4	65,5	117,8	776,9	
2008	58,2	148,0	155,5	115,3	83,7	46,1	23,2				107,0	62,6		
2009	150,7	87,0	108,2	56,0	41,5	21,4	26,3	22,0	20,4	68,3	41,0	63,8	706,6	
2010	29,8	111,3	56,4	107,7	91,9	57,7	52,1	16,2	29,1	36,1	63,2	112,5	764,0	
Promedio	53,16	87,20	151,52	88,73	50,83	40,38	24,41	25,76	36,33	44,87	66,77	94,19	841,94	201

Anexo 11. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Malacatos. Loja, 2014.

Precipitación Estación Malacatos M143														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	105,2	129,4	22,4	279,8	13,2	7,6	21,3	4,1			101,9	37,2		
1991	103,2	30,7	233,8	72,6	94,3	0,6	12,1	0	51,9	27,4	26,4	15,8	668,8	65
1992	44,4	22,7	147,2	28,8	17,6	3,3	0	0,1	40,8	0	52,5	80,1	437,5	42
1993	64,5	187,7	187	68,2	28,5	6,4	0	0	20,1	134,6	18,9	98,5	814,4	92
1994	102,2	74,6	78,3	43	30,7	0	0	18,6	4,8	41,8	42,8	63,7	500,5	63
1995	10,4	81,2	118,5	8,4	2,6	0	0	3,5		8,6	62,5	38,8		
1996	38,7	84,1	15,1	41,8	16,2	0	0	0	17,7	68,4	0	0	282	
1997	68,1	4,1	40	98,6		7,1	0	0	18,8	72,1	119,6	41,6		
1998	49,7	136,4	108,6	79,2	10,6	0	0	0	0	141,1				
1999														
2000	111,9	432,2	196,7	309,8	65,4									
2001	68,8	47,6	93,9	57,3			5,8	0	0	72,2	19,8	129,4		
2002	44,4	59,1	34	154,6	4,5	0	0				28,2	127,3		
2003	17,6	100	108,2	84,7	2,1	0	8,1	0	0,1	164,8	19,8	27,3	532,7	52
2004	21,8	29,1	20,4	143,9	31,9	5,1	14,6		29,4	115,6	151,2	107,4		
2005	21,7	91,4	228,5	41,7	51,4	15,3	0	0	0	103,3	29,2	55,9	638,4	
2006	53,3	132,8	222,8	76,9	1,2	38,8	21,1	0	1,6	44,2	136,5	136,6	865,8	76
2007	30,9	53,8	155,2	149,3	46,4	11,6	5,7	14,4	6,2	78,6	142,7	62,2	757	105
2008	45,6	195,7	173	83,4	54,1	22,3	0,1	14,7	20,6	162,9	64,5	171,2	1008,1	127
2009	173,8	164,9	164	87,6	58	3,8	5,7	6,3	5,3	36,2	8,3	70	783,9	94
2010	3,6	116,5	71,3	80	93,3	37,9	25	15,9	12,6	46,5	92,2	75,6	670,4	88
Promedio	58,99	108,70	120,95	99,48	34,56	8,88	6,29	4,56	14,37	77,55	62,06	74,37	663,29	80

Anexo 12. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Vilcabamba. Loja, 2014.

Precipitación Estación Vilcabamba M144														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	64,2	197,6	84,5	127	59,1	20,4	9,2	9,6	12,2	112,2	63,9	82,2	842,1	129
1991	53	110,8	190,8	97,4	73,8	28,1	4	2,1	41,4	28,9	125,9	74,1	830,3	119
1992	49,9	112,5	87,2	71,2	51,5	2,6	0,8	5,8	47,4	38,2	129,2	141	737,3	103
1993	174,2	221,5	337,7	127,9	35,8	1,2	45,3	0,3	82,2	103,6	119,6	256,4	1505,7	131
1994	147,4	205	204,6	139,2	26,3	5,5	5,9	12,8	9,1	222	73,3	46,8	1097,9	123
1995	19,0	111,5	111,2	162,4	35,2	2,2	11,6	2,8	7,8	85,5	175,4	127,0	851,6	116
1996	113,9	162,0	247,9	101,3	26,2	106,6	0,0	4,1	11,6	52,9	47,0	50,9	924,4	124
1997	47,7	136,9	148,7	169,7	92,0	11,4	1,6	16,4	4,6	116,6	4,2	43,0	792,8	98
1998														
1999	169,2	287,6	228,6	14,3	68,2	6,1	0,0	0,0	6,3	31,2	36,6	67,3	915,4	110
2000	3,5	20,6	247,5											
2001														
2002														
2003														
2004														
2005														
2006														
2007														
2008														
2009														
2010														
Promedio	97,74	169,48	180,96	112,54	49,30	11,56	13,04	6,12	38,46	100,98	102,38	120,10	1002,66	117

Anexo 13. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Quinara. Loja, 2014.

Precipitación Estación Quinara M145														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990														
1991														
1992	67,5	78,7	96,4	90,5	38,3	6,2	0	5,3						
1993		153,3		83,8	50,9	0,3	2	0	127	135,9	72,5	293,2		
1994														
1995														
1996														
1997														
1998														
1999							9,3	6,8	50,2	17,6	114,2	154,5		
2000	113,9	99,3	145,5	81,6	41	10,3	3,2	0,3	11	71,8	18,4	96,7	693	
2001		98,8		126,5	42,8	8,5		1,2	0	100,2	78			
2002	47,1	94,2	220,7	92,8	15,9	3,4	1,5	0	28	101,9	80,8	73,2	759,5	
2003	66,1	91,8	76,3	105	34,2	4,4	11,6	0	23,7	61,5	162,4	163,3	800,3	
2004														
2005	67,5	51,8	97,9	128	129,4	161,3	118	103,9	126,9	60	42,3	77	1164	257
2006	64,3	94,0	137,9	114,4	36,2	2,5	11,2	11,0	8,5	81,7	164,8	98,3	824,8	
2007	99,8	269,9	268,1	215,9	71,7	23,0	3,1	6,0	7,4	78,6	92,6	113,3	1249,4	
2008	185,5	463,9	683,4	150,7	5,0	2,9	1,8	0,0	0,0	1,8	10,8	0,0	1505,8	
2009	136,6	258,2	284,1	120,3	40,1	7,6	0,0	3,1	0,0	24,9	68,3	101,4	1044,6	
2010	18,5	161,9	107,7	91,2	50,8	97,7	13,1	9,1	32,4	45,3	107,7	127,2	862,6	
Promedio	72,42	95,41	127,36	101,17	50,36	27,77	22,72	15,81	52,77	88,55	75,73	140,68	854,20	257

Anexo 14. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Cariamanga, Loja, 2014.

Precipitación Estación Cariamanga M146														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	150,7	276,5	191,3				8,2	0	1	96,6	65,6	113,4		
1991	48,4	142,8	523	98,3	41,9	8	1	0	13	17,4	13,7	25,4	932,9	81
1992	23,6		199,7	273,9	64,9	6,1	0	9,2	68,1	62,2	30,5	71,4		
1993	94,6	369,7	546,8	470,7	86,8	2	25,3	0,5		136,5	61,6	262,5		
1994	331,7	375	382,7	303,4	60,1	3	1,6	1,2	6,7	5,3	64,1	171,8	1706,6	
1995	56,2	246,4	348,2	103,9	89,5	10,6	12,5	0,0	2,0	43,7	104,8	175,0	1192,8	106
1996	145,9	224,2	446,7	146,0	51,6	42,3	0,0	0,2	19,3	77,1	9,4	18,9	1181,6	110
1997	49,5	148,8	181,6	205	55	12,2	5,8	0	29,1	113	219,6	290,1	1309,7	
1998	196,9	636,3	347,9	479,5	293,7	0,0	0,0	34,6	31,7	107,8	107,1	62,0	2297,5	115
1999	97,3	612,6	495,4	132,3	241,4	48,8	10,5	0,0	49,4	22,7	29,0	155,2	1894,6	142
2000	152,7	239,7	542,2	266,8	120,2	20,9	0,3	0,3	64,4	17,0	2,3	139,7	1566,5	129
2001	267,4	337,7	416,3	135,7	62,5	0	0	0		13,3	139,6	125,1		
2002	55,5	209,8	431,2	328,6	59,7	5,8	8,8	0	6,2	113,6	156,5	133	1508,7	
2003	82,5	154,5	255	164,8	38,8	28	13,3	0		20,6	114	82,6		
2004	132,7	111,2	43,7	199	55,9	1,6	23,4	0	44,7	38,5	87,7	159,3	897,7	
2005	57,8	315,3	531,1	106,8	64,4	33,2	2,3	0	0	31,7	32,4	122,5	1297,5	
2006														
2007	245,8	100,8	384,2	317,8	136,3	0,6	4,5	0,6	1,7	41,8	120,8	119,0	1473,9	
2008	237,0	458,6	400,7	440,3	95,1	14,8		17,0	24,0	121,1	127,0	30,7		
2009	499,7	300,8		155,6	167,1	15,4	21,6	4,8	0,0	15,7	48,0	139,2		
2010	187,1	229,8	301,8	280,5	83,8	87,2	41,3			31,4	19,7	81,8		
Promedio	124,49	254,72	352,08	228,62	59,00	9,74	8,39	0,99	19,96	58,97	76,57	126,70	1268,68	114

Anexo 15. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Yangana. Loja, 2014.

Precipitación Estación Yangana M147														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990		211,5	182,8	152,6	61,7	56,5	24,8	5,5	35,2	127,1	75,4	123,1		
1991	73	115,6	197,2	90	48,4	54,4	21,2	65,9	11,3	64,3	88,5	153,7	983,5	160
1992	69	161,7		112,4	30,7	86,3	41,6	13,5	58,8	22,3	88,4	69,2		
1993	101,2	179,9	371	87,4	31,6	67,8	81,2	26,4	62,9	84,9	111,8	208	1414,1	160
1994	179	100,7	200,8	146,6	99,9	86,1	85,9	99,4	76	59,8	46,5	65,7	1246,4	160
1995	41,0	115,6	136,5	82,9	78,4	5,5	41,7	3,9	16,0	72,1	112,0	149,3	854,9	140
1996	144,5	130,5	225,4	138,7	34,1	41,8	72,0	35,8	35,1	45,2	38,0	25,9	967,0	153
1997	158,9	63,1	201,1	117,9	72,2	8,2	55	72,4	30,6	86,9				
1998	58,9	75,6	159,2	152,1	61,8	63,4	36,4	28,1	16,5	203,6	141,4	130,1	1127,1	140
1999	188,8	416,8	118,3	101,9	176,6	58,3	62,6	27,1	36,3	15,6	91,4	201,3	1495,0	154
2000	181,5	294,1	321,6	86,5	137,3	66,3	19,5	47,9	76,5	8,9	7,3	78,4	1325,8	
2001	148,7	193,6						100,4	51,2	156,9	74,5	90,4		
2002	57,8	127,6	161,3	177,3	96,5	33,7	55,2	14,5			89,6	172		
2003	94,8	94,5	176,9	96,7	201,3	59,3	18,8	3,7		10,2	129,5	102,5		
2004	60,5	91,9	147,4	158,5	59,2	87,8	73,1	16,4	24,7	136,2	128,6	191,1	1175,4	
2005	63	126	233,8	120,1	59,8	73,9	15,1	8,1	5,9	286	35,6	163,9	1191,2	
2006														
2007	66,7	155,7	142,9	188,4	46,0	118,0	5,9	66,1	58,8	130,8	117,3	100,4	1197,0	125
2008	194,9	276,0	409,2	126,2	89,1	67,5	69,2	37,0	39,5	106,9	74,4	66,7	1556,6	
2009	251,6	239,3	210,7	133,3	62,7	51,1	37,6	48,3	3,2	56,5	127,3	77,9	1299,5	
2010	80,8	331,4	67,8	123,7	107,0	78,4	46,2	70,9	16,8	7,7	70,1	82,0	1082,8	
Promedio	94,11	140,30	208,90	126,84	76,57	67,31	47,19	35,38	40,75	105,30	86,84	133,96	1202,12	149

Anexo 16. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Celica. Loja, 2014.

Precipitación Estación Celica M148														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	96,9	217,6	137,7	180,7	16	13,2	2	0	0,5	15,9	33,5			
1991	36,6	260,9	371,2	141,8	72,6	12,3	0	0	0	13,8	6,9	59	975,1	125
1992	172,7	242,4	381,2	260,8	144,3	5	0	0,2	24,3	16,5	8,3	58,9	1314,6	157
1993	112,9	543	471,7	324,5	75,8	0	5,3	1,1	12,5	49,8	24,5	52,1	1673,2	160
1994	166,1	213,6	226,8	176,4	23,6	9,1	1	0	14,9	3,5	11,8	106,5	953,3	142
1995	166,0	172,5	186,9	72,9	44,0	5,6	5,9	0,5	3,5	17,4	17,6	13,1	705,9	124
1996	266,0		47,9	15,1	0,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	36,0		
1997	125,5	170,2	126,7	67	50,2	6,9	0	4	80,8	74,8	125,6	165	996,7	110
1998	80,6	276,4	382,2	208,5	55,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	13,6	46,6	1063,9	96
1999	129,5	193,6	278,4	57,2	118,3	0,3	0,0	0,0	6,2	4,5	17,2	98,2	903,4	90
2000	138,7	450,1	274,7	88,2	4,8	12,2	0,1	0,0	1,6	0,0	0,0	5,5	975,9	99
2001	80,1	177,2	389,1	174,6	27,7	0	0	0	0,1	14	30,9	43,1	936,8	
2002	17,7	345	443,4	249,2	14,2	0,2	0,3	0	0	31	13,1	74,2	1188,3	126
2003	120,5	195,3	301,2	101,1	18,6	18,5	4,3	0	0	1,3	17,4	113	891,2	119
2004	188,4	227,8	205,9	146,7	52,1	3,9	6,4	0	11,4	34,7	11,3	63,3	951,9	
2005	60,8	271,3	312,2	151,7	7,9	28,6	0	0	2,1	8,8	21,1	55,1	919,6	
2006	158,6	149,2	380,3	113,7	16,3	0,0	1,1	1,7	5,4	9,1	12,4	13,8	861,6	155
2007														
2008	318,3	522,9	451,3	276,7	52,0	12,7	20,2	0,7	0,0	52,3	35,3	27,5	1769,9	184
2009	245,3	336,7	386,8	129,3	48,8	0,0	1,1	4,9	0,0	2,9	25,6	55,4	1236,8	
2010	185,3	270,5	207,4		44,3	0,0	15,6	0,0	0,0	9,7	7,7	55,8		
Promedio	105,27	269,41	324,04	179,50	45,28	9,08	1,75	0,48	6,58	18,93	17,88	79,02	1089,33	130

Anexo 17. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Amaluza Loja, 2014.

Precipitación Estación Amaluza M150														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	0	73,2	48,6	85,4	17,6	0	0	0	0	37,2	104,7	56	422,7	54
1991	94,8	74	274,5	50,3	48,5	3,6	8,6	0	20,6	24,9	0	58,7	658,5	74
1992	18,1	93,5	185,4	71	0	0	0	0	56,5	17,8	130,7	66,7	639,7	55
1993	205,7	452,7	1198	34,6	9	0	0	18,6	0	106,7	93,3	100,7	2219,3	99
1994	270,6	330,3	482,6	302,2	96,2	0	0	14,8	0	31	90,9	41,2	1659,8	113
1995	47,3	55,7	89,8	348,2	56,4	0,0	0,0	0,0	24,6	67,8				
1996														
1997														
1998	117,8	308,7	210,1	230,9	177,5	2,2	0,0	0,0	29,3	127,0	116,5	25,2	1345,2	104
1999	214,8	301,7	216,0	27,8	76,2	42,3	4,1	0,0	44,2	60,3	85,4	55,8	1128,6	147
2000	24,5	10,7	17,0	2,1	1,0	1,8	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,9	
2001	0	0	10,3	9,5	6,4	3	1	1,6	4,4	21,8	40,9	19,7	118,6	
2002	38,6	18,4	47,9	34,7	7,8	0,2	0	0	8,2	0,2	25,6	23,5	205,1	96
2003	12,5	24,4	25	20,4	0	0	1,2	0	9,4	2	11,5			
2004														
2005	22	92,4	178	1,2	86,4	0	0	0	0	75,6	0	239,6	695,2	
2006														
2007	135,0	104,5	315,9	152,0	75,2	2,9	2,4	3,8	3,2	66,8	142,9	125,6	1130,2	
2008	236,5	436,4	331,9	312,9	82,2	8,4	1,7	11,6	1,2	89,8	101,5	131,4	1745,5	
2009	371,1	257,0	338,0	215,7	52,9	8,9	0,0	0,8	0,0	29,8	83,3	143,8	1501,3	
2010	111,8	170,3	166,1	87,1	109,8	27,8	23,9	9,8	3,5	38,9	88,6	102,7	940,3	
Promedio	73,59	128,77	272,26	67,70	30,21	0,76	1,20	3,89	11,01	35,24	55,29	75,76	827,36	93

Anexo 18. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Zapotillo. Loja, 2014.

Precipitación Estación Zapotillo M151														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	16,7	27,7	20,5	27,7	0	0	0	0	0	0	6,4	8	107	
1991		113,7	163,5	5,6	0	0		0	0	0	0	0		
1992	36,3	95,9	392,8	172	155,5	0	0	0	0	0	0	0	852,5	
1993	2,7	282,8	675,4	294,2	67,7	0	0,6							
1994	4,8		3,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	14,6		
1995	5,8	39,7	38,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	1,0	89,9	19
1996	7,8	112,4	133,9	242,8	39,2	4,4	0	0,5	24,7	10	21,2	336,2	933,1	78
1997														
1998	619,4	568,5	685,6	883,7	73,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	1,7	2836,5	113
1999	14,0	412,3	180,2	51,8	22,1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	683,9	68
2000			373,2	157,3	23,7	7,1	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	85,2		
2001	250	144,7	485	247,7	2	0	0	0	0			4,8		
2002	55,2	84,3	945,7	280,9	12,6	0	0	2	0	5,7	23,6	0	1410	
2003	79,2	60,9	96,5	0			0	0		0		6,5		
2004	141,1	50,1	28,6	25,5		0	4	0						
2005	276,7	618,4	371,8	77	20,2	3,8	0,4	1,6	1,6	0,7	13,5	44,1	1429,8	120
2006														
2007	44,7	36,2	331,2		1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,9	0,0		
2008	185,5	463,9	683,4	150,7	5,0	2,9	1,8	0,0	0,0	1,8	10,8	0,0	1505,8	
2009	205,3	327,0	321,6	135,3	66,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,2	9,1	1070,2	
2010	55,8	298,7	537,4	139,1	22,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,3	1062,5	
Promedio	107,24	164,28	353,31	125,62	36,86	0,48	0,56	0,45	0,27	2,34	8,70	9,06	949,83	80

Anexo 19. Datos de precipitación multianual de la Estación Climática Zaruma. Loja, 2014.

Precipitación Estación Zaruma M180														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	184,7	224,2	172	258,7	132,9	13,6	8,5	0	8,2	36,1	38,5	103,4	1180,4	172
1991	136,5	193,7	376,3	136,4	86,4	31,8	9,8	0	1,3	23,9	33,3	189,9	1219,3	179
1992	237	315,7	237	338,1	166,5	58	1,5	3,5	37,9	2,8	16,8	67,4	1482,2	
1993	253,2	543,5	435	501,4	124,1	3,3	11,7	0,5	4	28,7	18,8	218,2	2142,4	186
1994	411,2	411,3	249,6	268,8	120,3	8,3	1,2	0	11,4	5,1	25	133	1645,2	178
1995	129,8	288,4	301,3	136,7	121	12	10	1,1	2,7	19,4	67,8	166,4	1256,6	166
1996	381,3	357,4	383,3	168,8	36,5	21,1	0,7	0	0	53,1	8,7	74,8	1485,7	160
1997	172,1	296	256,6	313,7	45,5	134,6	0,1	0	51,2	78,1	237,7	404,5	1990,1	
1998	126,8	343,5	402,3	404,8	175	6,9	2	5,7	12,3	23,2	35,3	57	1594,8	199
1999	295,6	336,4	312,6	173,9	89,4	63,6	11,4	0,3	45,5	18,4	47,9	265,4	1660,4	237
2000	144,5	380,6	351,5	336	180,8	35,6	0,2	0,3	21,8	0,4	13,2	101,8	1566,7	
2001	298,4	237,2	274,9	98,3	118,8	1,6	4,1	0,1	1,4	1,5	76,8	89,5	1202,6	
2002	112,2	309,7	385,2	225,6		6,5	2	0	1,2	21	63	175,4		
2003	97,3		264,9	199,3	53,3	15,1	4,7	8,1			92,8	96		
2004	170,3	264,6	240,4	245,4	79,1	6,2	2,2	1,5	47,5	25,1	21,5	59,4	1163,2	
2005	199,1	276,3	475,9	82,8	22,8	9,4	0	0,1	1,2					
2006	204,1	432,4	461,3	221,5	12,9	24,3	6,7	1,3	8,2	14,6		282,2		
2007	204,8		408,4	265,3	103,8	7,6		3,4	0	10,5	29,7	94,1		
2008	349,7	338,6	320,3	479,6	136,3	33,7	8,4	15,4	6,9	55,7	64,7	51,3	1860,6	240
2009	359,9	336,4	242,4	209,7	196,1	11		1,7		2,8	24,9	171,7		
2010	220,5	320,1	423,7	213,3	103,5	22,2	27,5	15	5,3	18,7	38,7			
Promedio	223,29	326,63	332,14	251,34	105,25	25,07	5,93	2,76	14,11	23,11	50,27	147,44	1532,16	191

Anexo 20. Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Alamor. Loja, 2014.

Precipitación Estación Alamor M435														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	65,5	157,4	140,1	160,7	27	42,4		0		3,7	6	20		
1991	67	382,1	439,3	105,2	84,4	13,9	0	0	0	13,2	3,5	90,5	1199,1	98
1992	197,7	223,7	747,1	380,4	147,7	16,5	2,5	0	2,2	6,5	3,8	26	1754,1	125
1993	163,4	682,5	639,1	736,4	200,3	7,4	21,2	1,8	18,5	24,8	34,6	100,2	2630,2	125
1994														
1995	136,6	252,8	190,2	90,9	124,6	0	12,6	1,7	0	5,7	14,4	59,7	889,2	83
1996	159,6	117,3	242,6	48,3	2,1	0	0	0	0	0	0	0	569,9	86
1997	66,5	185,8	395,2	276,5	38,2	34,8	7,3	8,4	72,2	113,3	239,7	752,4	2190,3	179
1998	27,4	595,5	628,2	705,9	218,4	22,8	9,9	3,1	22,3	4,2	27,4	41,9	2307	
1999	130,8	394	468,6	144,3	143,4	40,7		0	1,2	3,4	24,8	52,5		
2000	33,5	129,6	600,8	312,5	170,7	17,7	0	0	0	0	0	49,6	1314,4	97
2001	246,1	301,1	510,4	162,9	43,3	0	0	0	0	4,6	22,2	23,9	1314,5	87
2002	5,6	414,9	644,3	279,6	8,7	3,8	0	0	0	41,7	14,1	51,8	1464,5	94
2003	99,7	302,3	183,4	176,3	5,9	5,8								
2004														
2005														
2006	151,5	439,1	399,4	210,5	28	21	0	0	0	1,5	94	170,3	1515,3	86
2007	117,8	73,3	548,2	173,6	31,5	0	0	0	0	0	0	56	1000,4	68
2008	239,5	454,6	779,7	378,8	102,8		10,6	7,1	0	11,2	3	69,3		
2009	316,6	345	349,6	155	52,8	21,3	0	0	0	3,7	0	110,7	1354,7	
2010	201,2	255,3	483,7	190	30,6	0	0,8	0	0					
Promedio	134,78	317,02	466,11	260,43	81,13	14,59	4,33	1,30	7,28	14,84	30,47	104,68	1500,28	103

Anexo 21. Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Catacocha. Loja, 2014.

Precipitación Estación Catacocha M515														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	75,8	184	98	176,7	20,1	10	10,3	2,5	0,5	12,3	18,5	80,4	689,1	89
1991	54,4	222,6	376,6	141,1	65,7	17,6	0,5	4,1	11,6	5,1	2,3	63,6	965,2	87
1992	121,3	174,2	213,5	128,6	155,5	1,5	1,5	1,5	17,7	22,7	4,5	36,3	878,8	90
1993	85,5	325,9	456,6	190,3	26	6,5	0	0	6	48,1	49,6	196	1390,5	132
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	63,1	143,1	247,2	64	54,5	0	18,5	0	1	3,5	50,3	94,7	739,9	105
1996	81	181,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	262,9	
1997	106,6	114,4	223,6	109,5	6,5	14,3	0	0	20,4	64,3	108,4	278,4	1046,4	104
1998	110,1	229,2	195,8	249,3	80,3	13,5	0	8,5	5,1	34,9	15,1	58,8	1000,6	99
1999	127,5	503,2	402,2	153,1	103,3	22,7	0	1,8	9,2	13,3	6,3	141,6	1484,2	140
2000	142,6	372,4	440,2	235,8	96,8	23,9	0	1,5	16,7	0	1,5	68,2	1399,6	126
2001	188,9	184,9	331,5	79,7	25,8	23,7	1,8	0	5,8	17,9	66,3	61,5	987,8	96
2002	16,5	270,6	232,6	274,9	35	0	2	0	0	47,5	25,1	54,2	958,4	99
2003	45,9	154,9	202,8	74,7	12	47,1	0	0	1	2,1	7,8	81,2	629,5	
2004	-	-	-	-	0	0	4,3	0	24,8	31,9	5,4	77,1		
2005	23,4	292,6	264,6	4,2	10,8	15,5	5,2	0	1,3	12,1	14,2	4	647,9	
2006	26,6	315,2	263,1	175,4	0,4	3,4	10,4	0	0	10,2	88,7	51,5	944,9	82
2007	57,1	101,6	324,7	234,6	40,1	3,4	2,6	0	0,6	19,6	13,8	35,6	833,7	
2008	278,8	381,6	318	307,9	50,6	10	2	21,5	10,9	31,8	58,1	20,1	1491,3	114
2009	290,6	294,9	392,3	102,8	84,7	0	0	3,8	0	1,2	11,2	38,7	1220,2	77
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	105,32	247,07	276,85	150,14	45,69	11,22	3,11	2,38	6,98	19,92	28,79	75,89	976,16	103

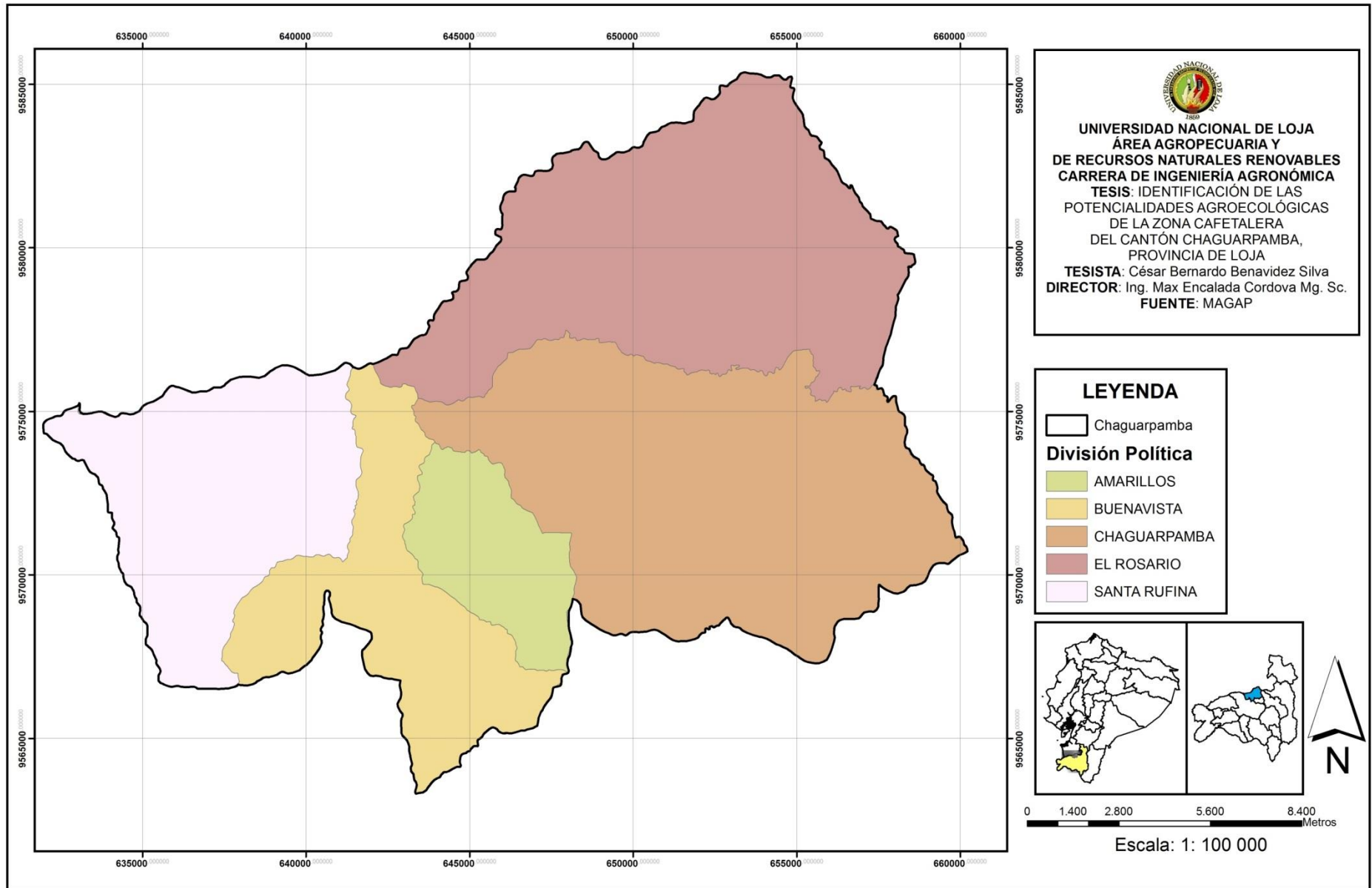
Anexo 22. Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Piñas. Loja, 2014.

Precipitación Estación Piñas M773														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	905	1830	1110	1817	512	326	165	0,1	0	7,1	2,7	52	6726,9	132
1991	39,9	252,6	404,8		224,5	116	16,6	6	14	46,4		310,4		
1992	177	239,1	319,7	215,4	132,4	72,7	10,9	7	33,7	5,3	10,2	70	1293,4	208
1993	164,6	490,9	398,2	2,3	132,8	18,2	23,2	14,4	23,7	38	17	159,2	1482,5	228
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	141	194,4	267,4	131,5	61,5	12,1	28,9	4,8	3	10,4	52,3	186	1093,3	202
1996	246,5	301	355,6	152,6	9,4	4,1	3,5					63,4		
1997	104,6	161,3	188,2	255,2	49,2	85,5	3,2	22,7	47,4	140,8		309,1		
1998	36,6	352,8	333,5	381,1	210,2	29,5	16,3	22,3	30,8	30,8	38,6	84,5	1567	
1999	158,7	414,2	353,3	91,3	128,5	68,9	12,9	23,9	65,1	42	75,7	209,6	1644,1	282
2000	179,1	297,1		321,8	117,7	4	1,2							
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	148,6	168,5	220,8	154,3	39,4	20,7	15,5	7,2	1,5	5	44,7	107,7	933,9	
2004	110,2	197,4	192,7	172,4	62,6	0,6	11,7	0,1	33,8	12,6	17,2	49,6	860,9	152
2005	167,9	114,8	447,1	118,3			0,7	0,1	1,3	6,5	19,9			
2006	266,4	384,4	407,7	174,5	35,6	16,2	3,7	0,5	5,4	7,3	125,9	175,5	1603,1	
2007	210,5	117,4	277,2	200,4	117,9	14,6	7,3	8,6	0,1	7	29,7	77,9	1068,6	174
2008	308,5	305,2	405,7	398,2	119,2	41,6	12,2	29,2	11,3	55,5	53	29,9	1769,5	
2009	341,2	334,9	287,3	135,9	117,6	41,2	11,4	3,6	6,1	2,3	24,3	201,5	1507,3	
2010	133,2	220,5	267,9	231,6	73,2	56,1	27,8	6,9	9,2	8,7	9,9	129,3	1174,3	179
Promedio	213,31	354,25	366,89	291,40	126,10	54,59	20,67	9,84	17,90	26,61	37,22	138,48	1748,06	195

Anexo 23. Datos de precipitación multianual de la Estación pluviométrica Machala-UTM Loja, 2014.

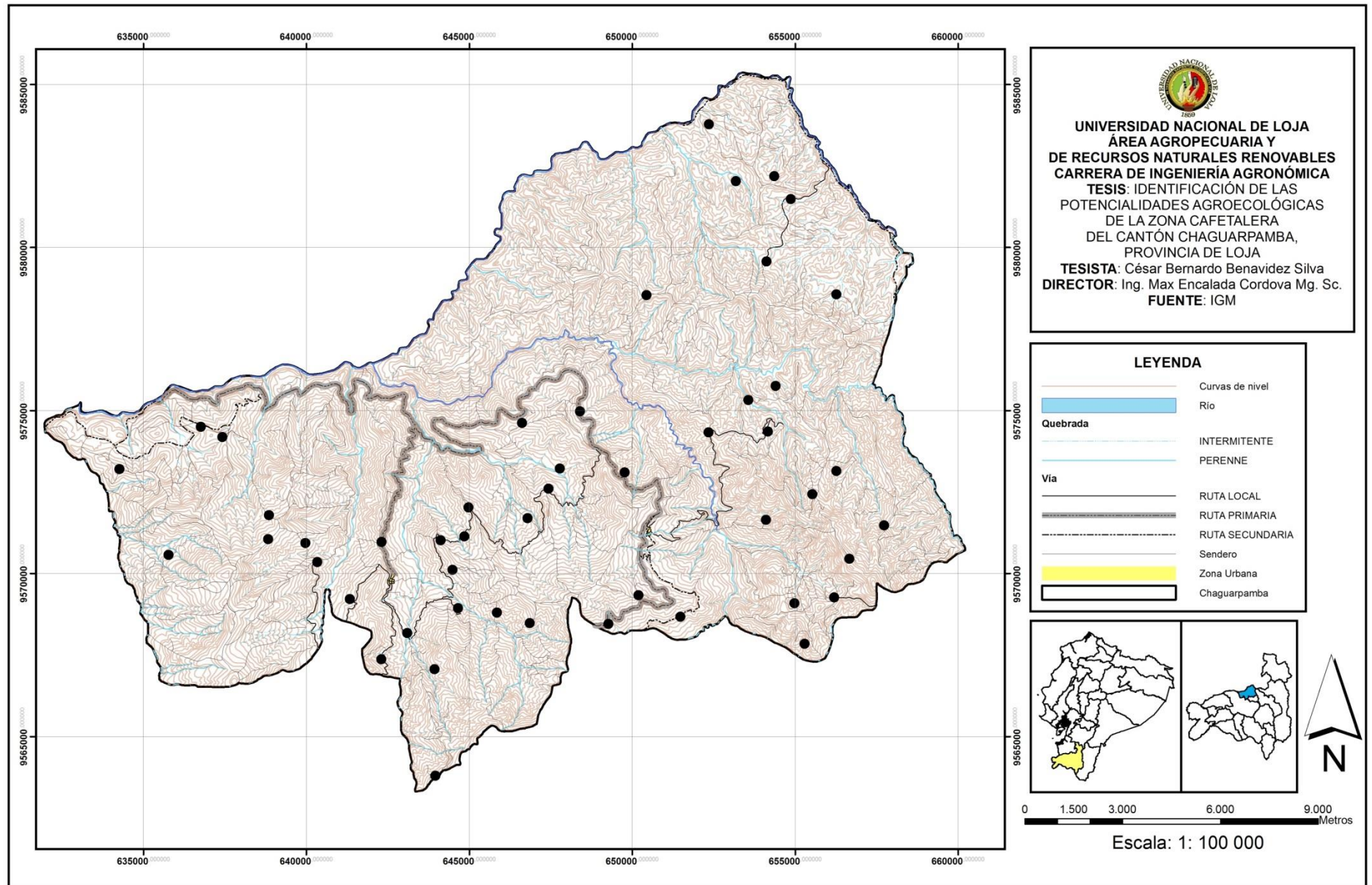
Precipitación Estación Machala-UTM														
AÑO	PRECIPITACIÓN MENSUAL												TOTAL	N días
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	28,3	114,1	55,7	110,3	24,4	45,6	33,7	39,5	35,5	75,5	57	13,6	633,2	243
1991	35,3	610,2	113,6	38,4	38,1	38,2	36,6	49,5	52,2	73,3	32	44	1161,4	242
1992	116,2	392,5	505	466,8	238,4		41,2	68,8	70	59,6	82,8	11,2	2052,5	
1993	177,9	221,6	174,2	200,4	245,6	36,1	55,5	32,6	33,7	46,7	78,6	81,6	1384,5	282
1994	402,5	161,5	85,7	104,4	31,1	36,6	24,3	30,5	24,3	60,6	38,7	162	1162,2	273
1995	192,6	170,2	306,7	45,6	36,5	20,3	68,7	24,7	42,4	76,5	123,3	66,2	1173,7	234
1996	189,4	439,1	162,2	29,5	24,3	45,8	34,8	35,1	29	49,4	41,7	29,9	1110,2	246
1997	100,9	217	584,2	254,1	137,4	75,8	95,1	100	150,8	182,1	497,4	613,9	3008,7	
1998	906,5	739,3	463,1	384,4	351	255,5	143,4	69,6	67,5	64,5	30,7	16,2	3491,7	287
1999	33,5	311,7	338,2	73	112	46,8	64	32,5	50,4	86,8	49,6	142,4	1340,9	278
2000	148	168	194	129,8	130,9	54,8	57	40,8					923,3	
2001	-												0	
2002	-												0	
2003	-												0	
2004	75,2	75,7	173,4	131,7	32,8	42,3						2,1	533,2	
2005	-												0	
2006	-												0	
2007	225,6				70,7	70,8		46	29,5	53,7	54,7	75,2	626,2	
2008	315	722,7	437,9	219,1	55,5		57,8	47	65,4	81,3	50,6	10,2	2062,5	
2009	208,1	305,5	194,8	29	28,2	7,9	4,9	50,4	55,2	70,9	33,1	105,5	1093,5	
2010	262,4	412,1	481,3	268,5	101,8	55,8	40	40,1	58,5	70,1	56,6	100,2	1947,4	
Promedio	213,59	337,41	284,67	165,67	103,67	59,45	54,07	47,14	54,60	75,07	87,63	98,28	1128,81	261

MAPA DE DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



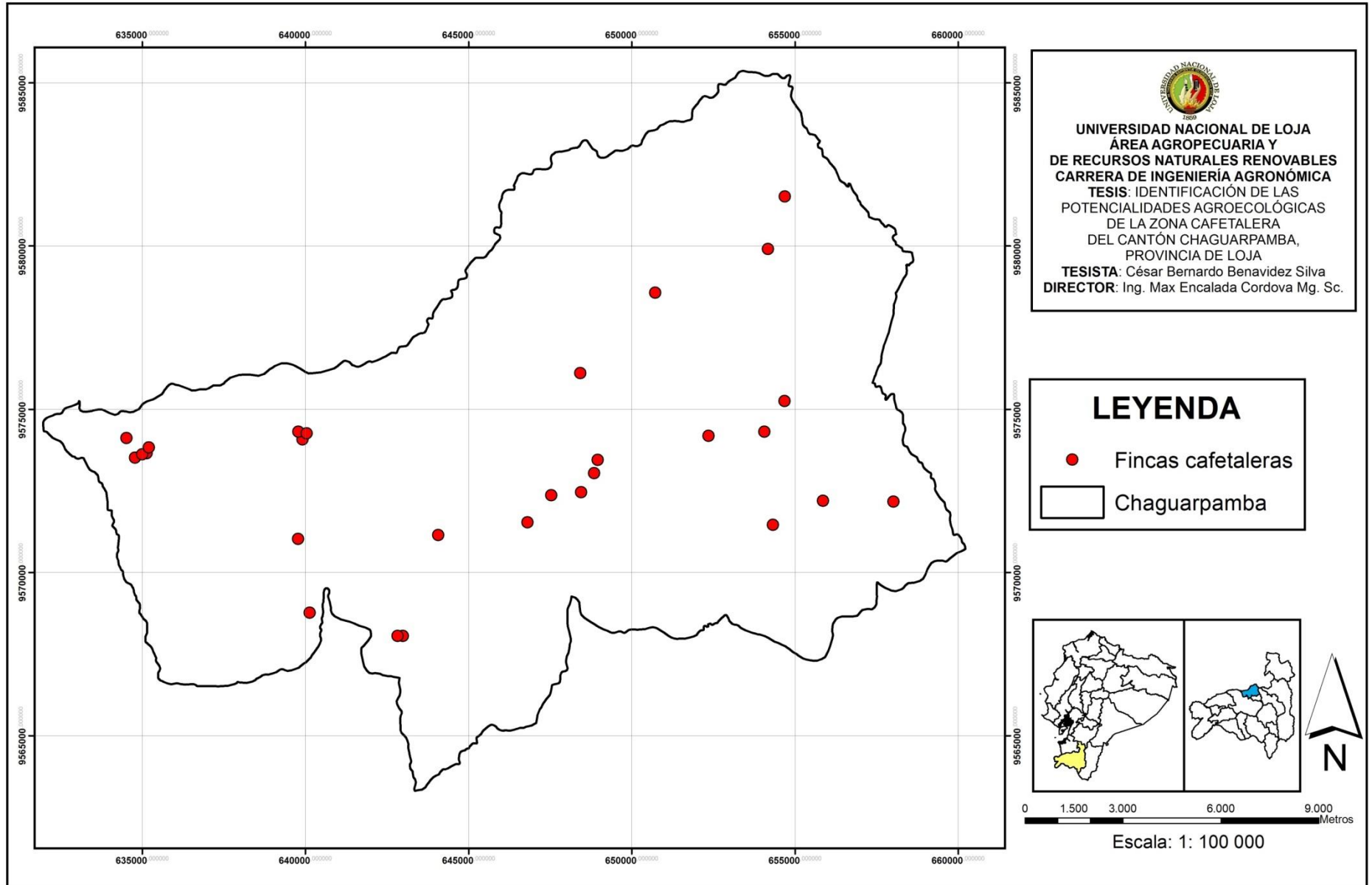
Anexo 24. Mapa de división política del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA BASE DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



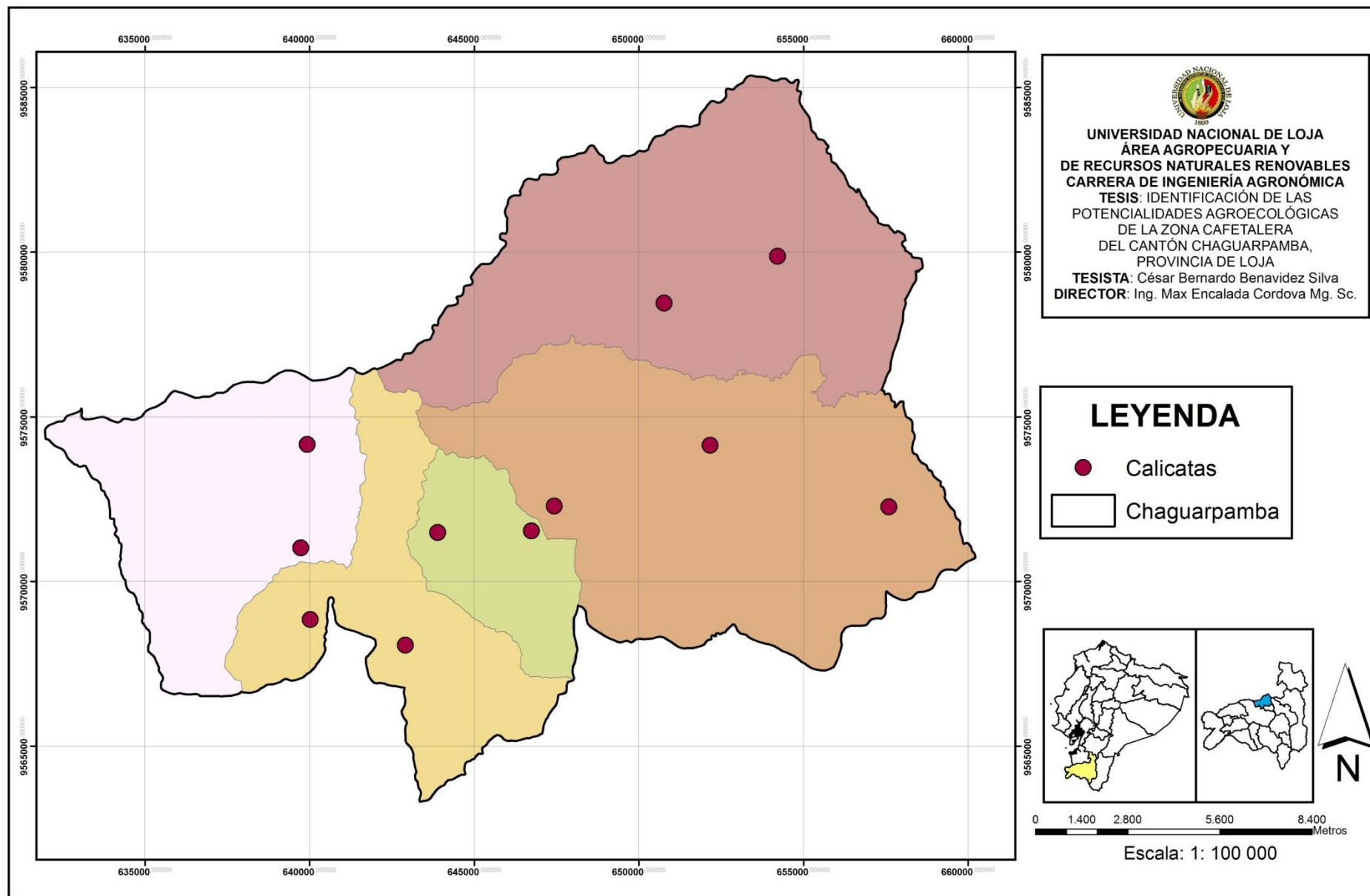
Anexo 25. Mapa base del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE FINCAS CAFETALERAS MUESTREADAS EN EL CANTÓN CHAGUARPAMBA



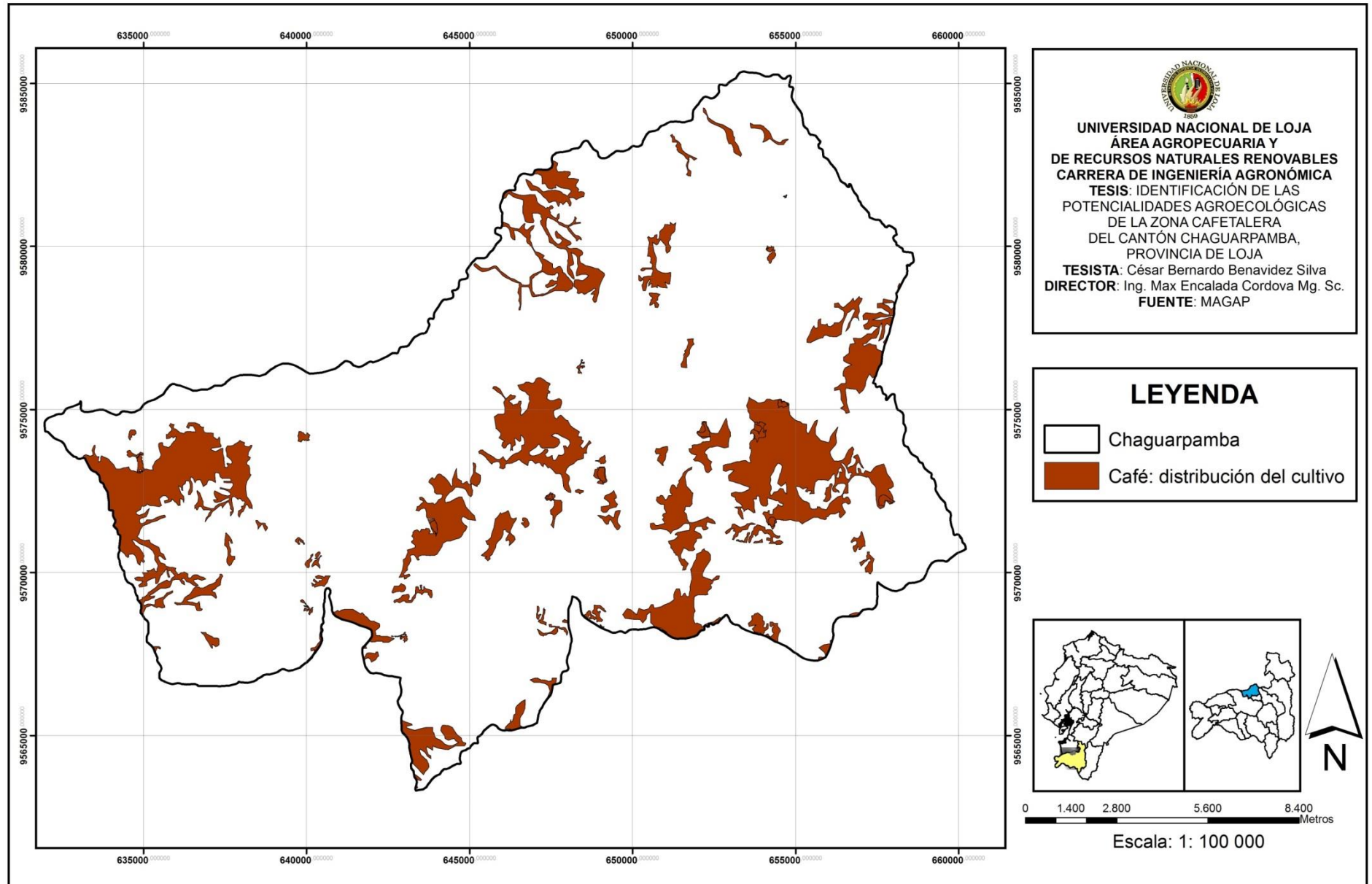
Anexo 26. Mapa de distribución de fincas muestreadas en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



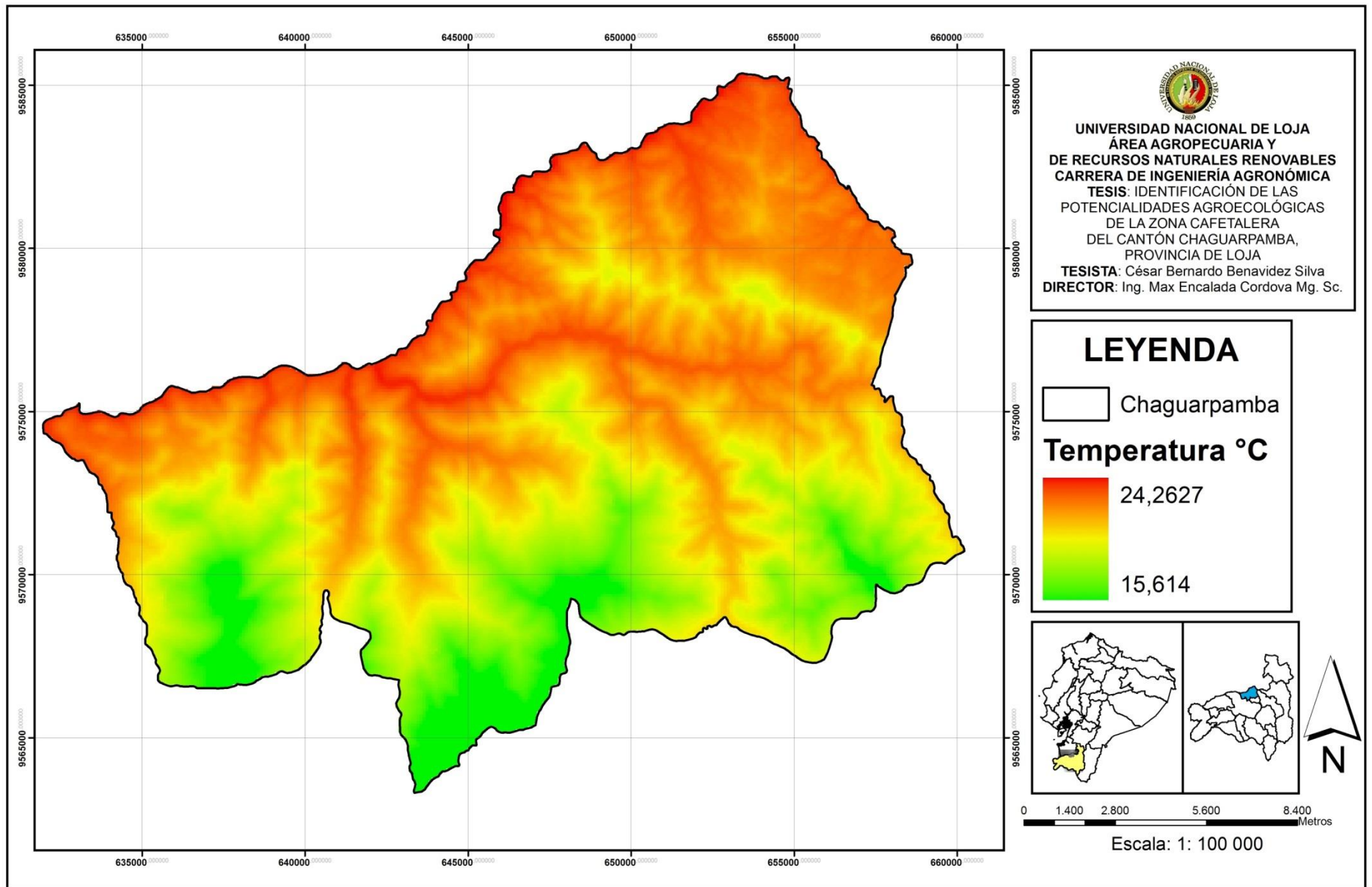
Anexo 27. Mapa de distribución de calicatas en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DISTRIBUCIÓN DE CAFÉ DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



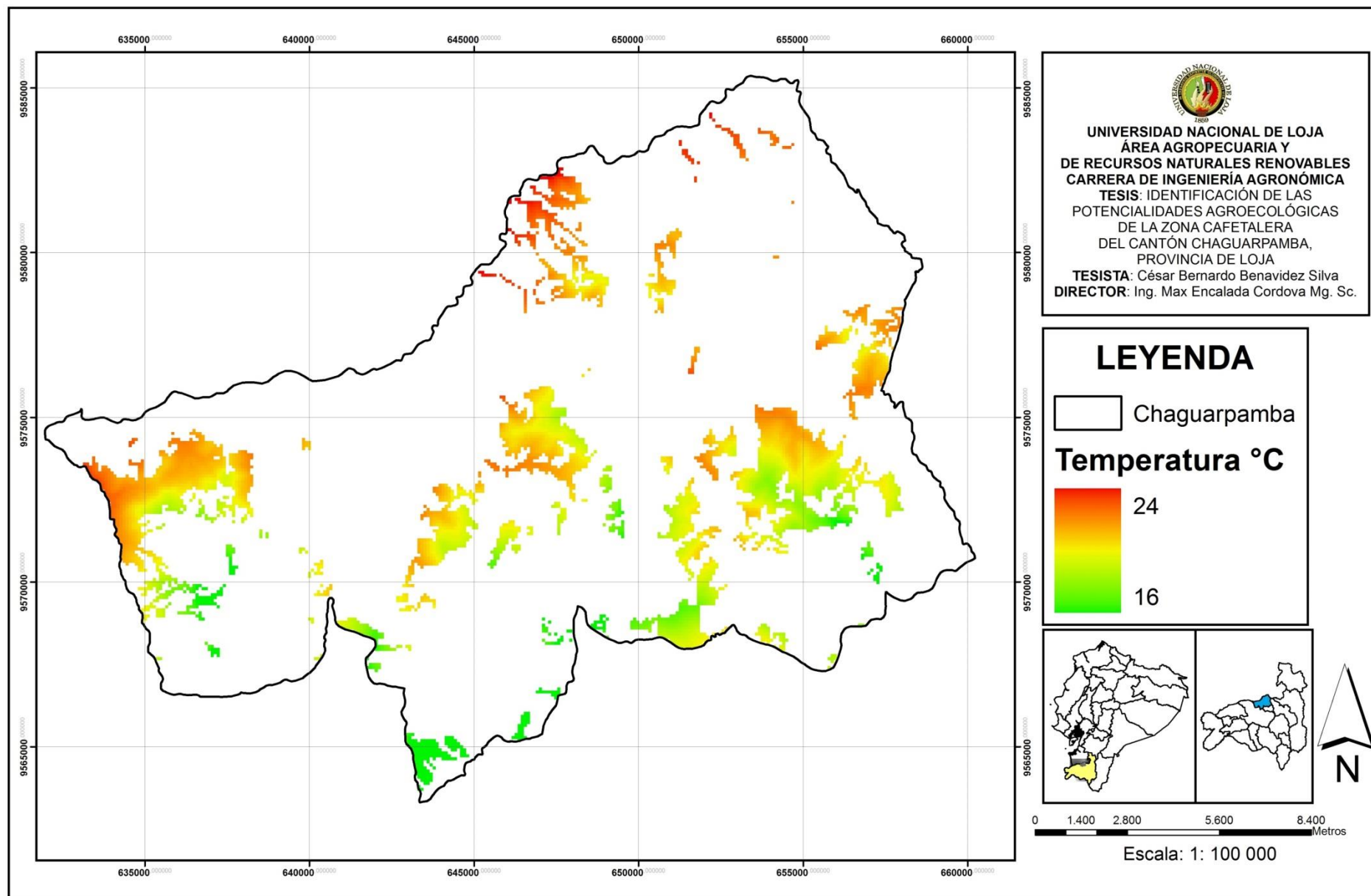
Anexo 28. Mapa de distribución de cultivo de café en el cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE ISOTERMAS DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



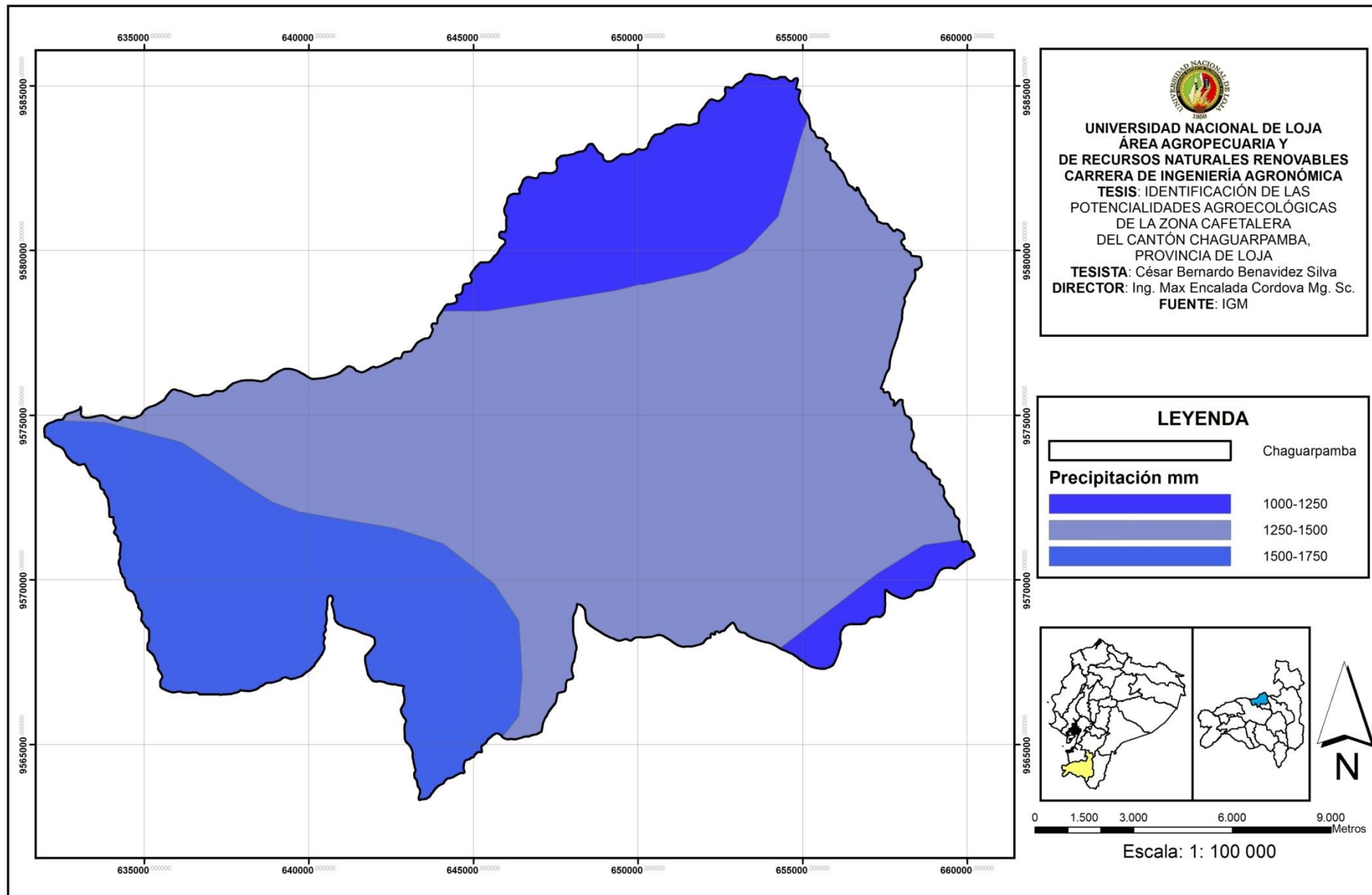
Anexo 29. Mapa de isotermas del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE ISOTERMAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



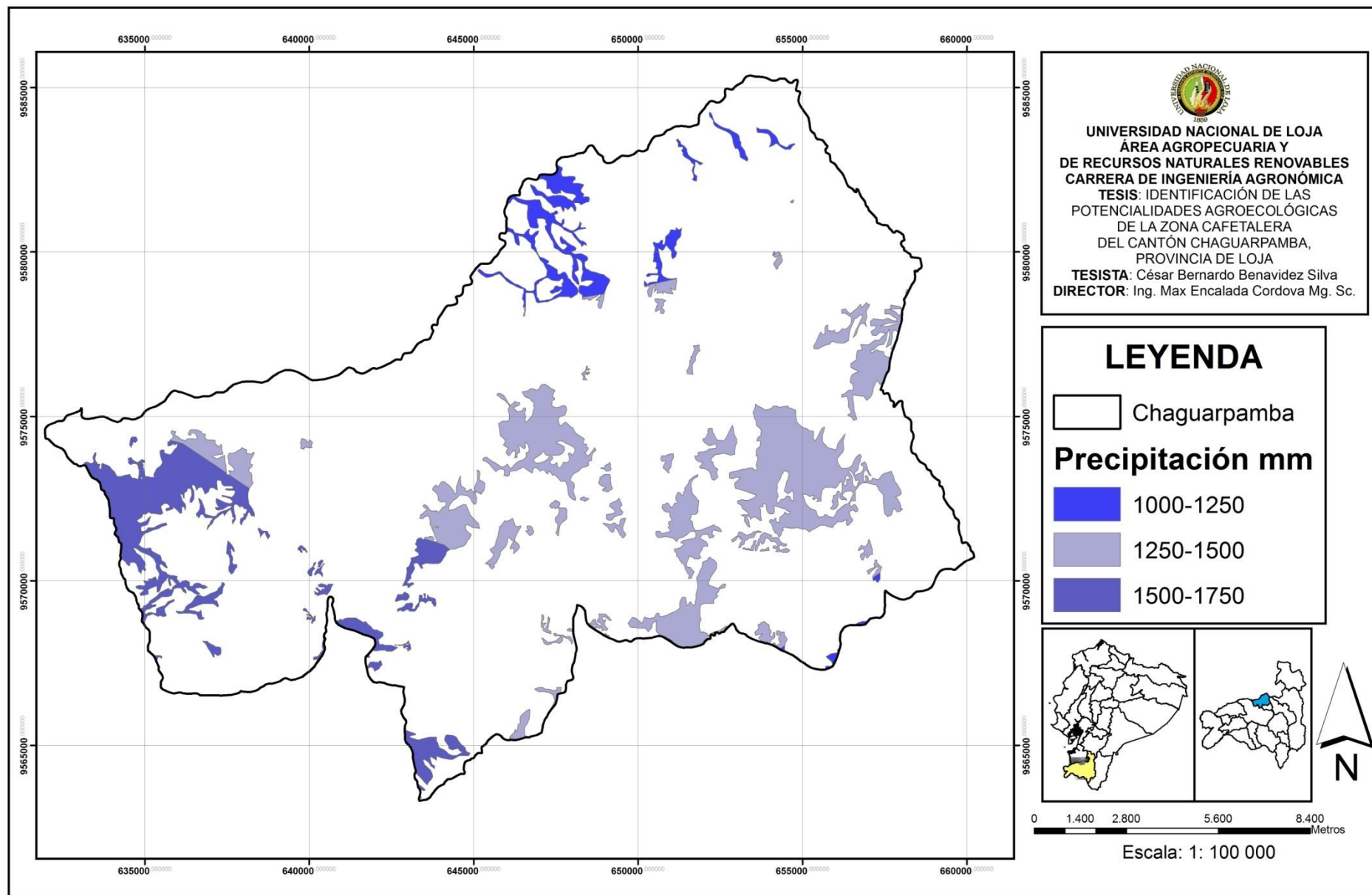
Anexo 30. Mapa de Isotermas de la Zona Cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE ISOYETAS DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



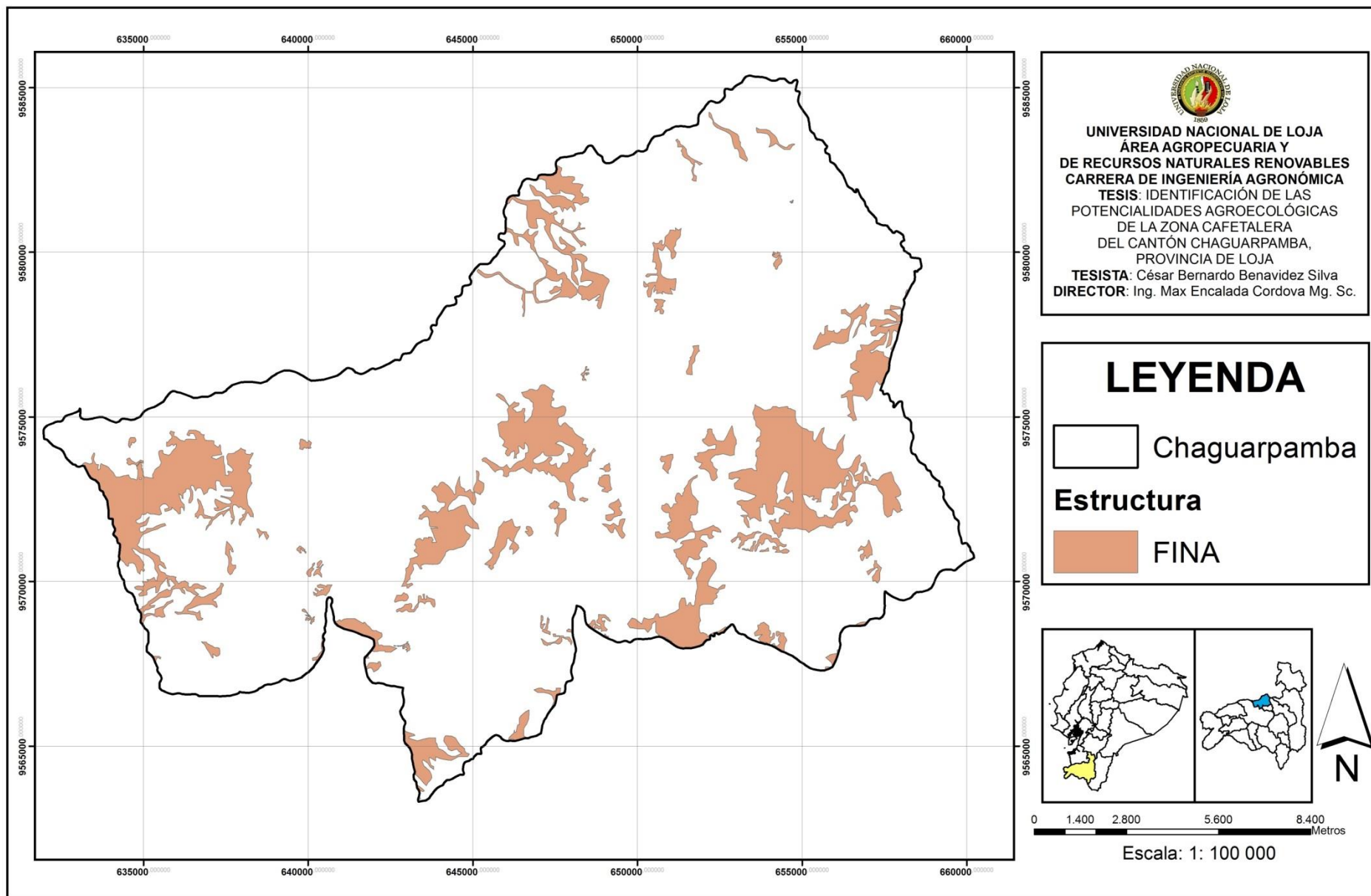
Anexo 31. Mapa de isoyetas del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE ISOYETAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



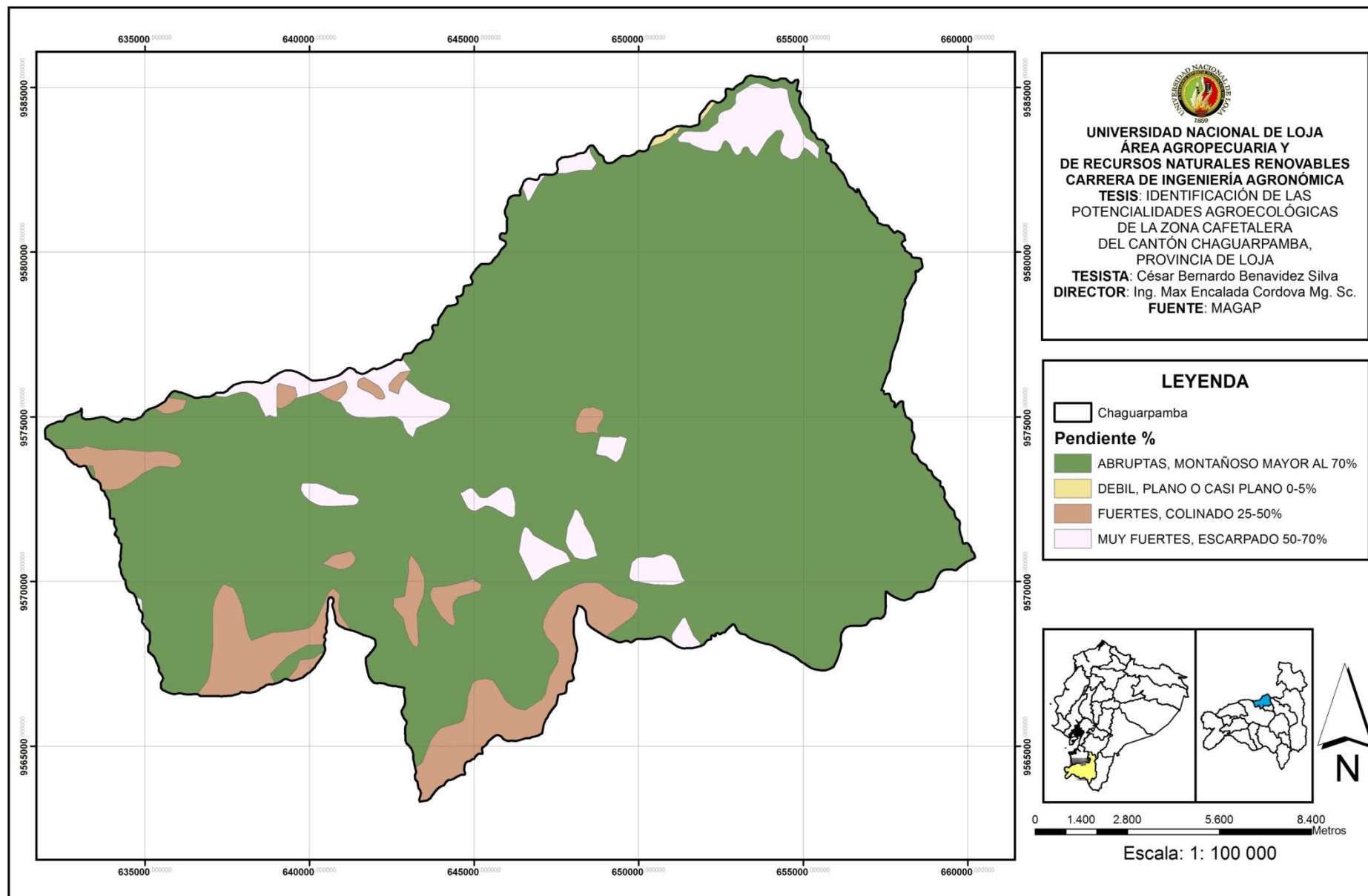
Anexo 32. Mapa de isoyetas de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2014.

MAPA DE ESTRUCTURA DE SUELOS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



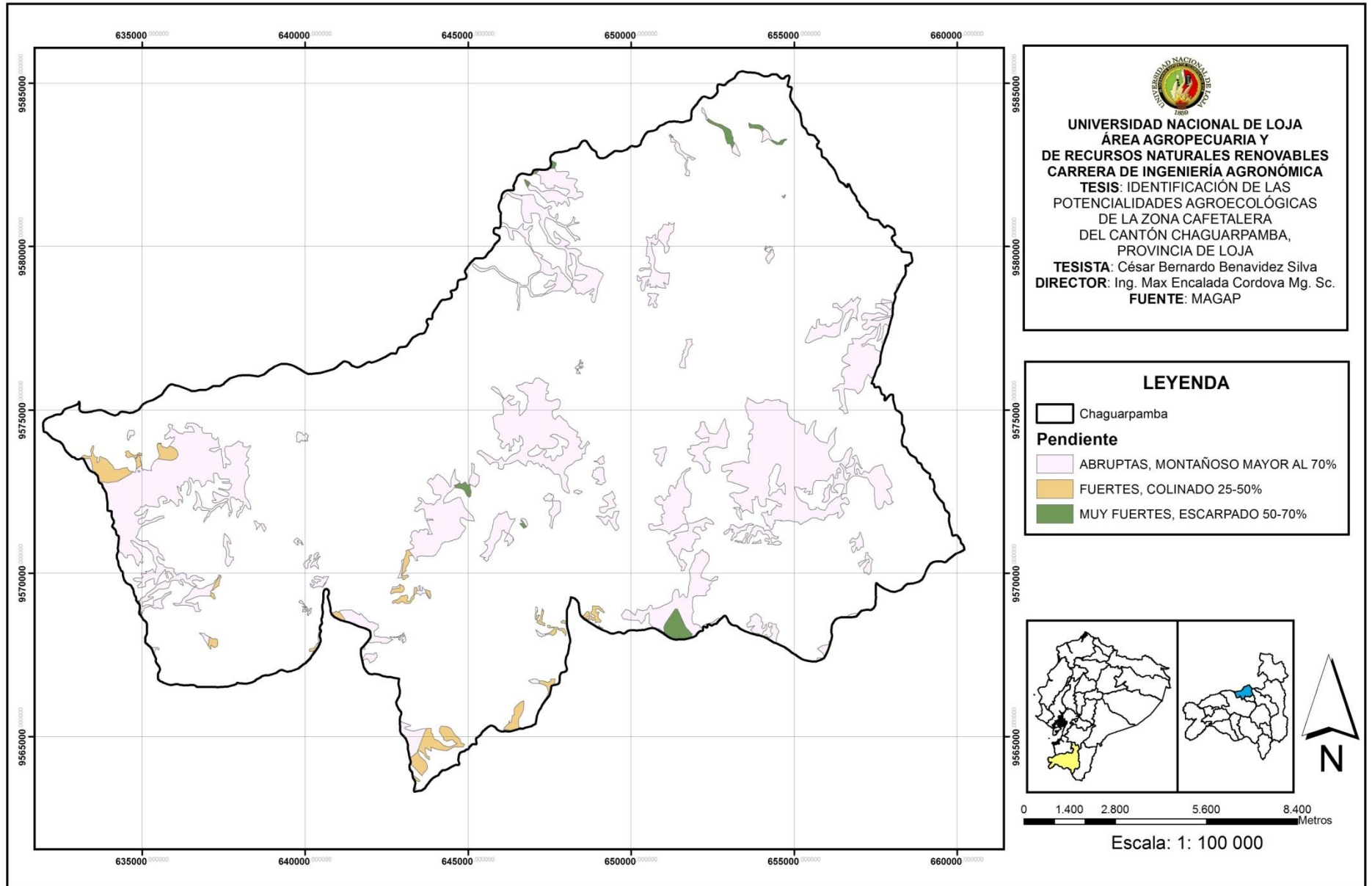
Anexo 33. Mapa de estructura de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE PENDIENTES DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



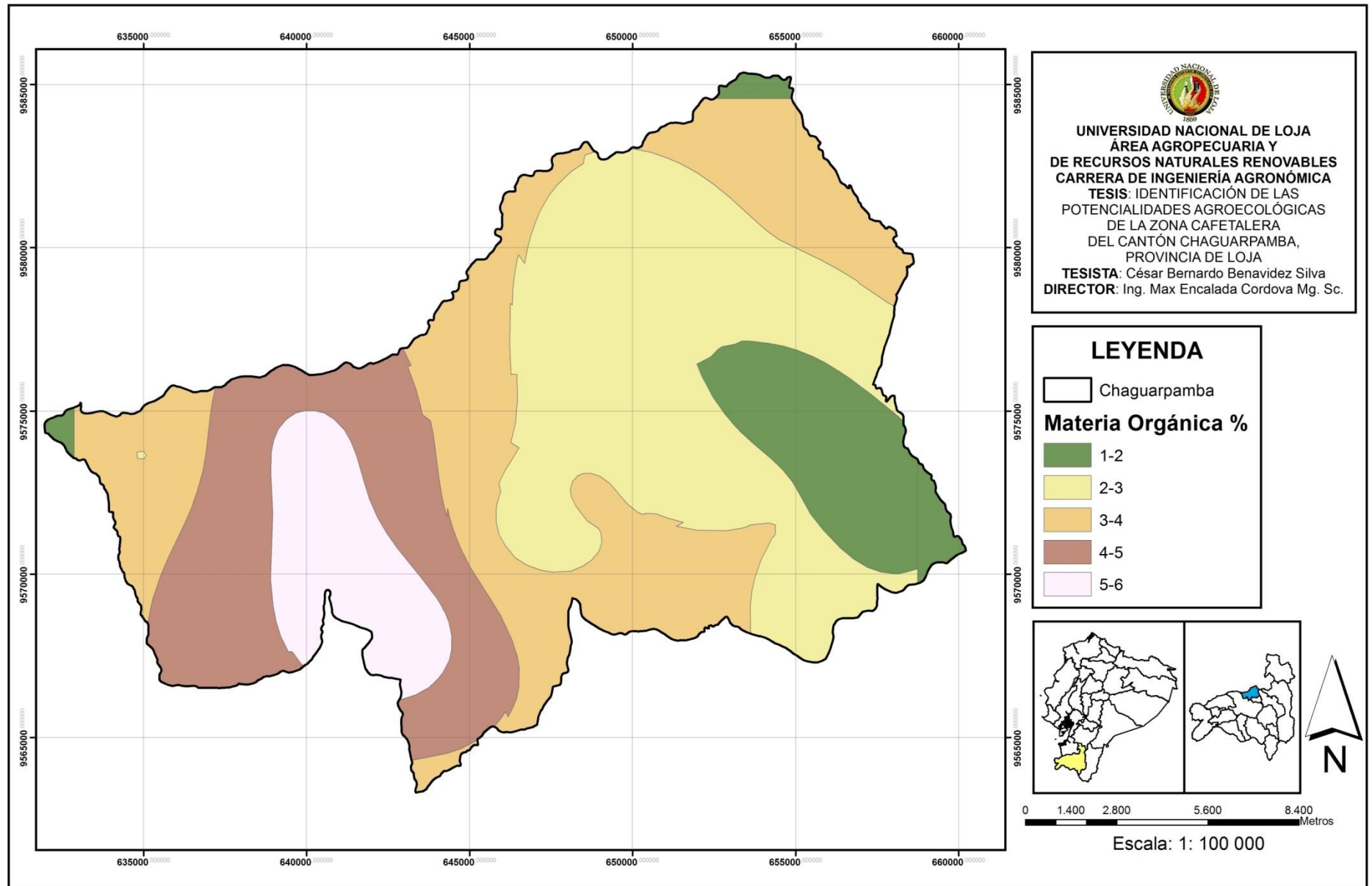
Anexo 34. Mapa de pendientes del cantón Chaguarpamba del cantón Chaguarpamba. MAGAP. Loja, 2013.

MAPA DE PENDIENTES DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



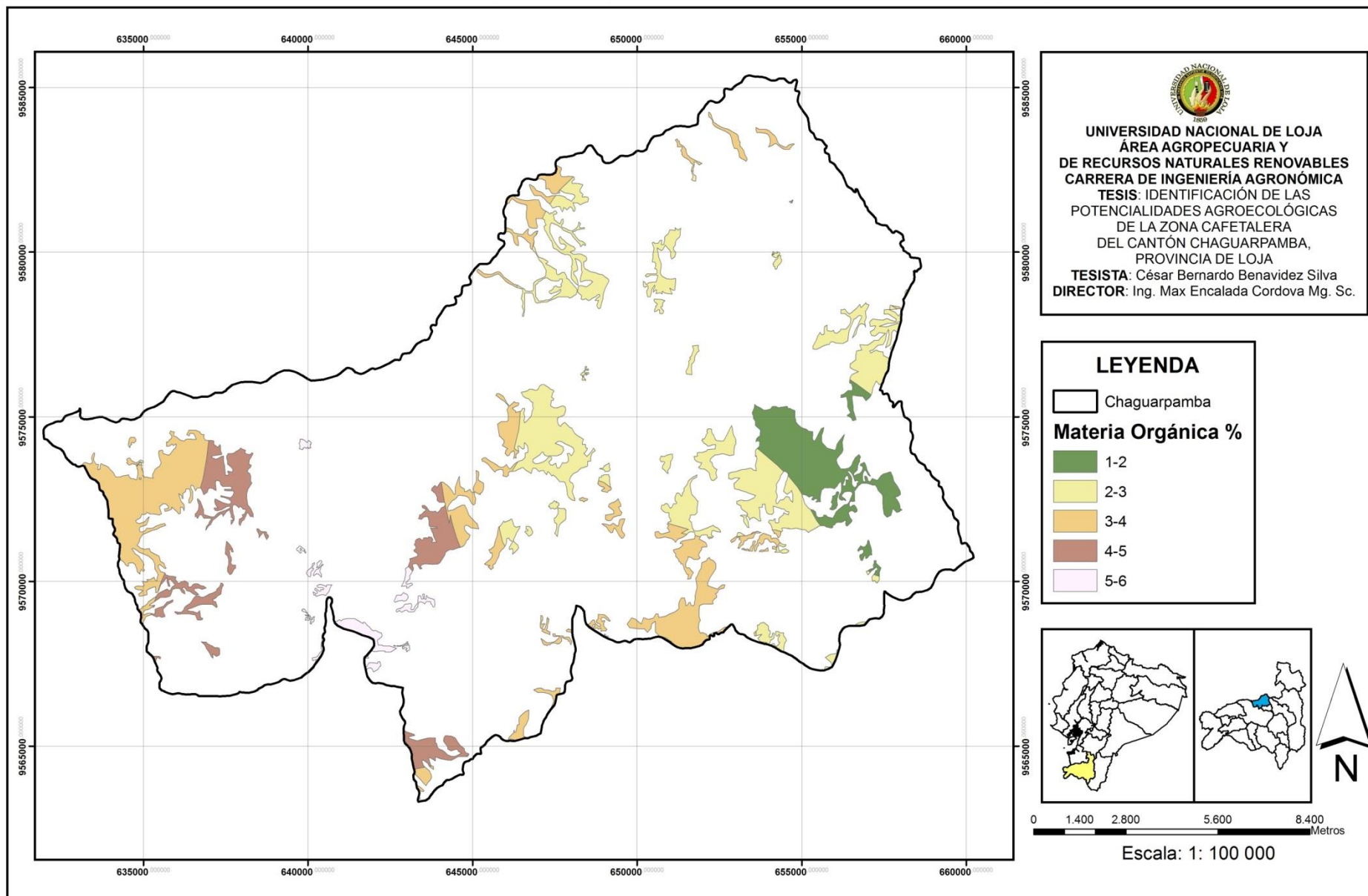
Anexo 35. Mapa de pendientes de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. MAGAP. Loja, 2013.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



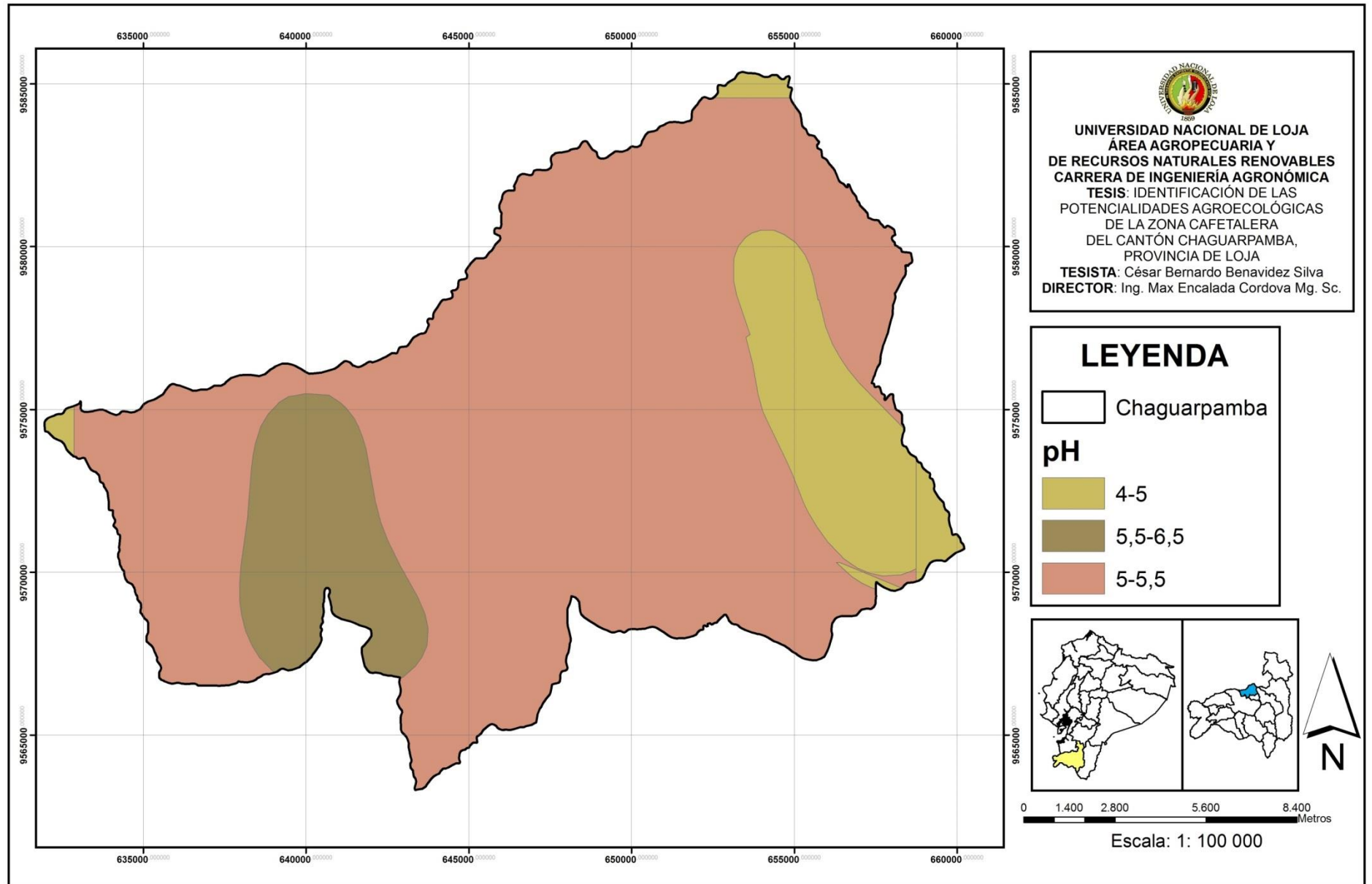
Anexo 36. Mapa de distribución de Materia Orgánica del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



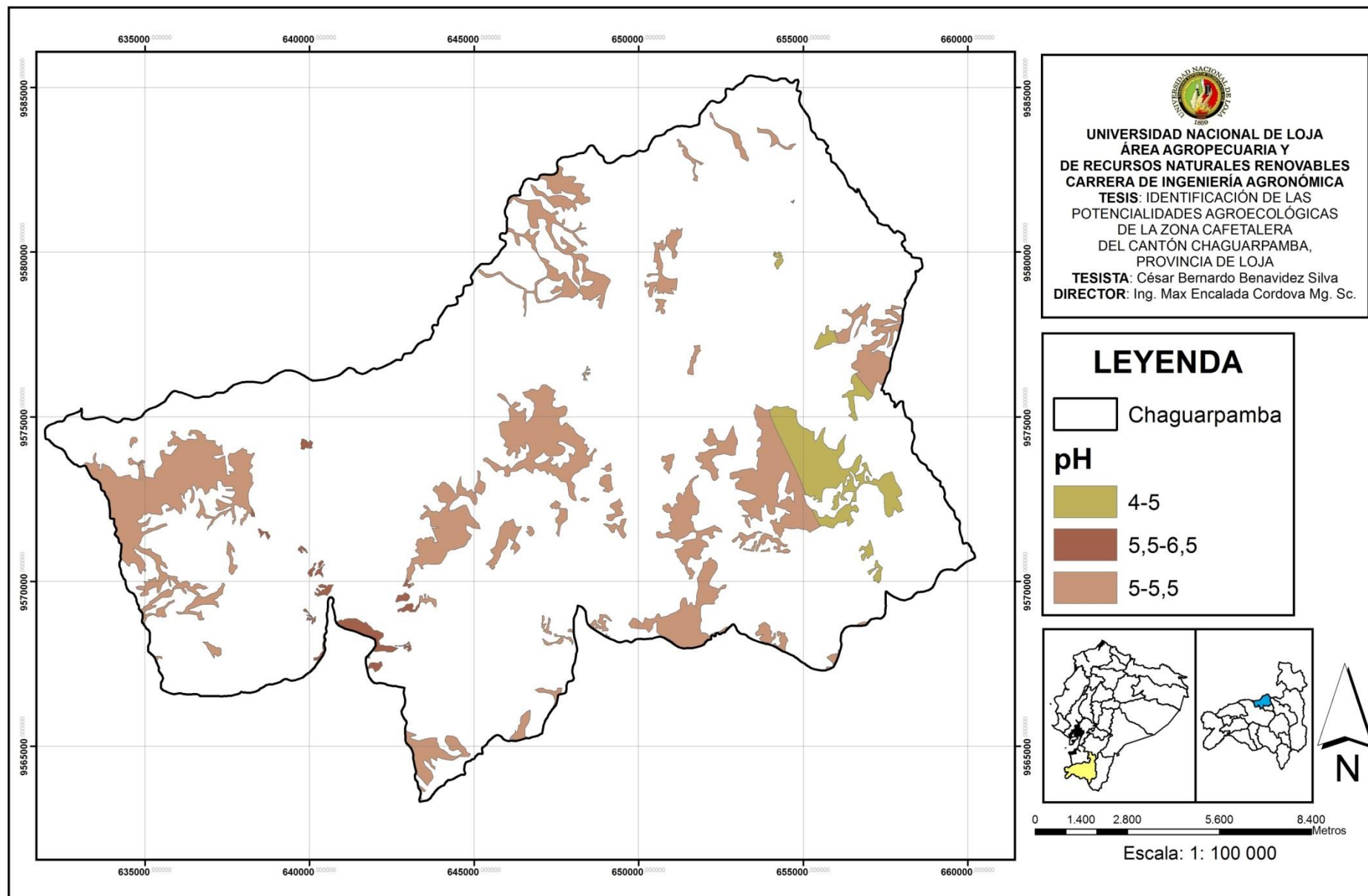
Anexo 37. Mapa de distribución de materia orgánica de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE pH DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



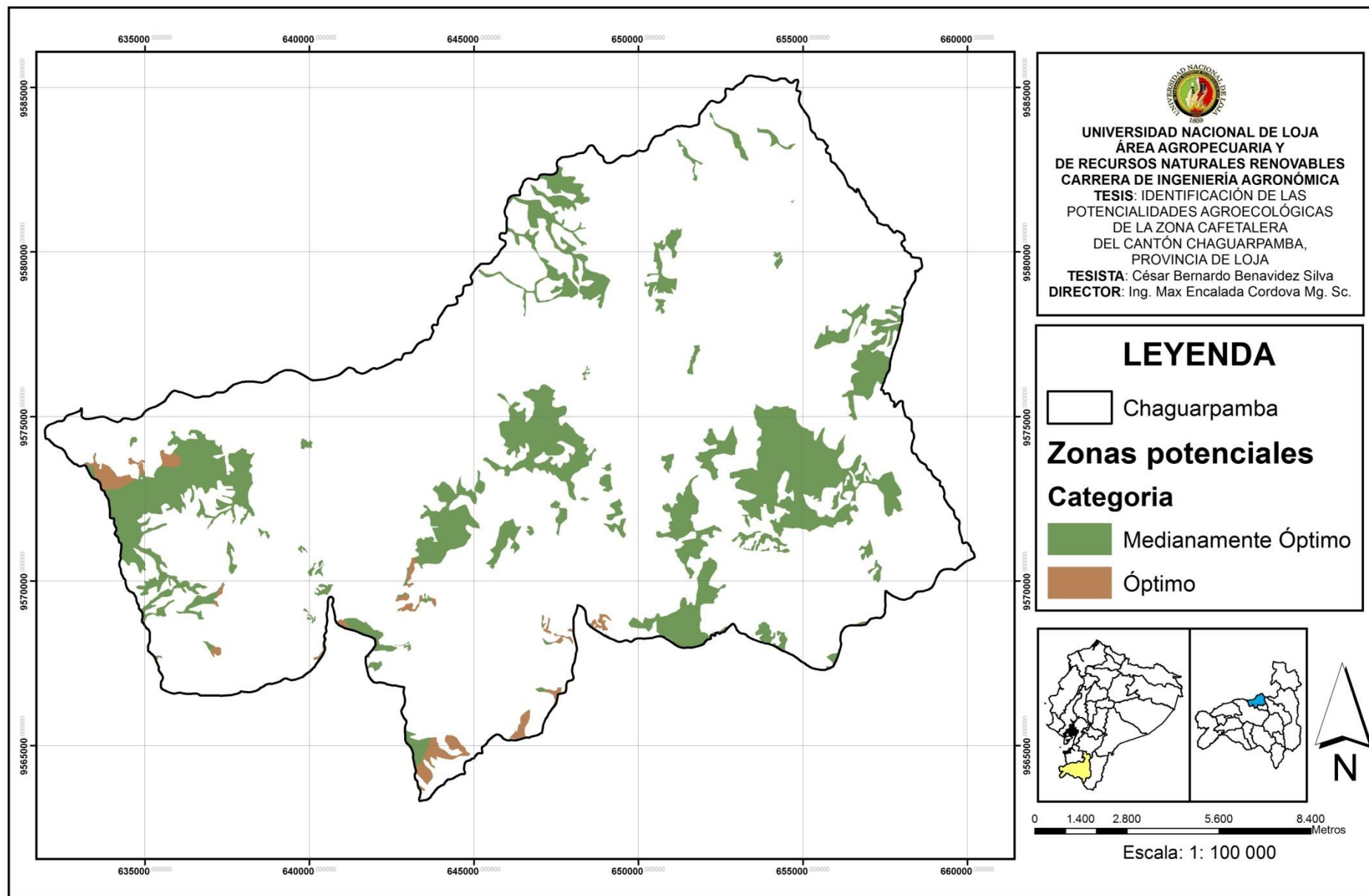
Anexo 38. Mapa de distribución de pH del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE pH DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



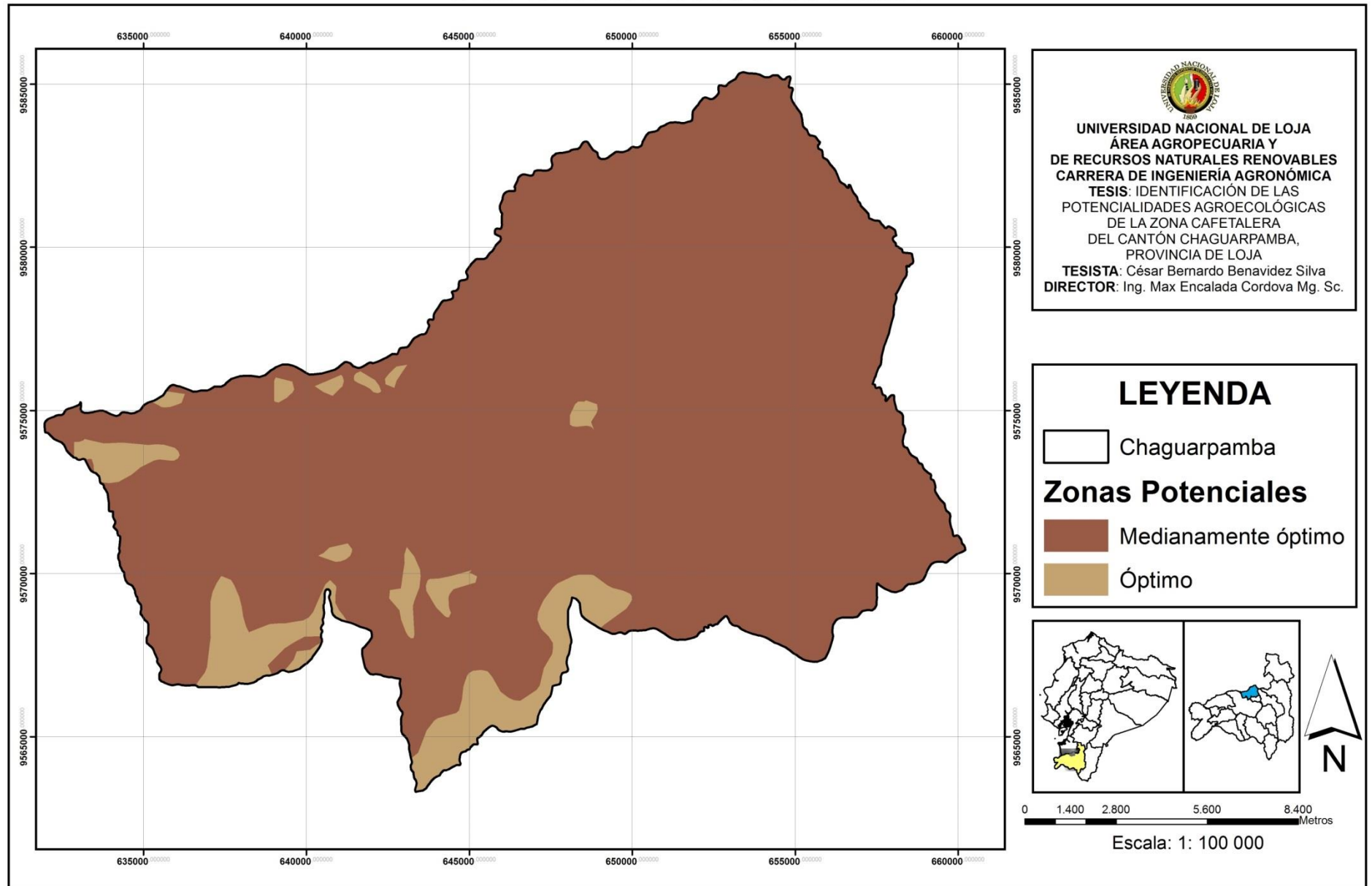
Anexo 39. Mapa de distribución de pH de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

MAPA DE POTENCIALIDADES DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



Anexo 40. Mapa de potencialidades de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.

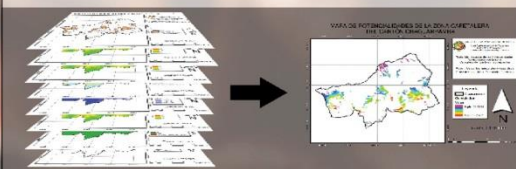
MAPA DE ZONAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA



Anexo 41. Mapa de potencialidades del cantón Chaguarpamba. Loja, 2013.


Anexo 42. Díptico para día de campo.

- La **zona cafetalera** del cantón Chaguarpamba cuenta con una extensión total de 4514 ha, de las cuales 4223,69 ha son **medianamente óptimas** para la producción cafetalera y 291 ha presentan características **óptimas** para la producción.



CONCLUSIONES

- El cantón Chaguarpamba como categoría óptima para la producción cafetalera, tiene una superficie de 2318,71 ha-1, distribuidas en las parroquias: Santa Rufina, Amarillos, Buenavista y Chaguarpamba.
- El cantón Chaguarpamba, dadas sus características edafo-climáticas y los rangos de adaptabilidad del café, no presenta zonas no aptas para el cultivo de café.
- En el cantón Chaguarpamba la producción de café, se da en sistemas agroforestales, en donde el cultivo se encuentra asociado con otras especies como: plátano (parroquias Buenavista y Amarillos), Guabo, Roble, Guabilla (parroquia Santa Rufina, Amarillos y Buenavista) y Cítricos (Amarillos, Santa Rufina, Chaguarpamba, El Rosario y Buenavista).
- Se debería continuar desarrollando más investigaciones al respecto en otros cantones cafetaleros de la provincia de Loja y provincias de la Región Sur del Ecuador, desarrollando información que permita generar políticas Estatales en cuanto al Cultivo de café.
- La metodología utilizada en esta investigación resultó innovadora y eficiente, dado que permitió la identificación de variables ambientales más adecuadas para la producción, de igual forma el modelo matemático utilizado permitió de forma sistemática identificar zonas óptimas y medianamente óptimas para la producción cafetalera.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS:
IDENTIFICACIÓN DE LAS POTENCIALIDADES AGROECOLÓGICAS DE LA ZONA CAFETALERA DEL CANTÓN CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA

AUTOR: CÉSAR BERNARDO BENAVIDEZ SILVA
DIRECTOR: ING. MÁX ENCALADA CÓRDOVA Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR
FEBRERO 2014

INTRODUCCIÓN

Para lograr un adecuado crecimiento y producción de los cultivos es imprescindible tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la región de que se trate (Soto 2007).

La zonificación del cultivo de café consiste en la determinación de las áreas que presenten condiciones agroecológicas óptimas y/o aceptables para el establecimiento del cultivo así como para la obtención de calidades organolépticas (CO-FENAC, 2013).

A partir de los antecedentes plantados se desarrolló un trabajo en donde las metodologías propuestas permiten establecer relaciones entre las condiciones agroecológicas de la zona de estudio y los requerimientos agroecológicos del café.

OBJETIVO GENERAL

Identificar las características agroecológicas y sus potencialidades en las zonas cafetaleras del cantón Chaguarpamba, para establecer la relación entre lo óptimo y lo establecido actualmente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características agroecológicas de las zonas cafetaleras del cantón Chaguarpamba, Provincia de Loja.
- Identificar las potencialidades y limitaciones de las zonas cafetaleras en estudio.

METODOLOGÍA

El método utilizado fue descriptivo - analítico - explicativo y cuantitativo - cualitativo llegando a establecer relaciones entre diferentes parámetros agroecológicos y los requerimientos del café.

A través de mapas temáticos obtenidos a través del MAGAP, se delimitó la zona cafetalera del cantón chaguarpamba.

Con datos de 12 estaciones climáticas se elaboraron isotermas e isoyetas que, junto a datos edáficos permitieron identificar las características edafo-climáticas del cantón chaguarpamba.

Se establecieron categorías de zonificación para determinar valores **óptimos (3)**, **medianamente óptimos (2)** y **no aptos (1)** para temperatura, precipitación, pH, materia orgánica, textura, profundidad y pendiente.

Para determinar las zonas potenciales de la zona cafetalera del cantón Chaguarpamba, se utilizó un modelo matemático basado en los factores utilizados en los mapas elaborados con el programa ARGIS 9.3

Luego se realizó una interpolación de los mapas de los factores edafoclimáticos indicados y se obtuvo un mapa de zonas en donde se divide el terreno en zonas óptimas, medianamente óptimas y no aptas.

RESULTADOS

- El cantón Chaguarpamba tiene una superficie de 31298 ha, en donde el 14,42% de su extensión corresponde a **cultivos de café**.
- En el cantón Chaguarpamba los valores de **temperatura** fluctúan desde los 15°C hasta los 24°C, siendo temperaturas óptimas para la implementación, desarrollo y producción del café.
- En cuanto a la **precipitación** en el cantón Chaguarpamba existen 4694 ha no aptas para la producción cafetalera (< 1200 mm) y 26603 ha medianamente óptimas para la producción cafetalera con valores de precipitación entre los 1200 y 1500 mm.
- En cuanto a la **pendiente**, el 8 % de la superficie de la zona de estudio tiene pendientes entre el 25 y 50%, mientras que el 92 % restante tiene pendientes mayores a 50%.
- La **profundidad** promedio de los suelos de la zona de estudio es de 30 cm, siendo una característica no apta para la producción cafetalera.
- Para el valor de **pH**, el 89% de la superficie presenta características medianamente óptimas y el 11 % restante valores óptimos para la producción cafetalera.
- En cuanto a la **textura** de los suelos, predominan los suelos arcillosos, convirtiéndose en suelos no aptos para la producción (55%), mientras que el 45% restante se distribuye entre suelos Francos, franco arcillosos y franco arenosos, los cuales se constituyen en características aptas para la producción cafetalera.
- Luego de utilizado el modelo matemático planteado, se determinó que en el cantón Chaguarpamba existen 28979,36 ha **medianamente óptimas** y 2318,715 ha **óptimas** para la producción cafetalera.

