UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

EFECTO DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE LOS MACRONUTRIENTES Y ACIDEZ DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE SIG.

TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR
SALAS PESANTES RONNIE RAINIERO

TUTOR
ING. ANDRADE ALVARADO PEDRO

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. ANDRADE ALVARADO PEDRO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFECTO DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE LOS MACRONUTRIENTES Y ACIDEZ DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE SIG**, realizado por el estudiante **SALAS PESANTES RONNIE RAINIERO**; con cédula de identidad N° **0927120311** de la carrera **INGENIERÍA AGRONÓMICA MENCIÓN AGRÍCOLA**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

……..
Ing. Andrade Alvarado Pedro
Tutor

Guayaquil, 21 de julio del 2020

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **"EFECTO DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE LOS MACRONUTRIENTES Y ACIDEZ DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE SIG",** realizado por el estudiante **SALAS PESANTES RONNIE RAINIERO**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

_____

Ing. Tany Burgos Herreria
PRESIDENTE

_____

Ing. Fanny Rodríguez Jarama
EXAMINADOR PRINCIPAL

_____

Ing. Victor Ileer Santos
EXAMINADOR PRINCIPAL

_____

Ing. Pedro Andrade Alvarado
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 21 de julio del 2020

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios, por darme sabiduría, protegerme y darme fuerzas durante todo mi camino para superar obstáculos y dificultades.

A mis padres, mi esposa, hijo, hermanos y sobrinos quienes son mi motor de vida, que me enseñaron a no desistir ante nada, que no existen límites cuando nos proponemos cumplir metas en nuestras vidas y que tarde o temprano el esfuerzo y perseverancia darán sus frutos.

Agradecimiento

Quiero agradecer a Dios por la vida, a mis padres, esposa e hijo que son las personas que más amo en la vida, que con su esfuerzo y dedicación me han acompañado durante este camino de formación profesional, con sus consejos, enseñanzas y palabras de aliento me hacen sentir orgulloso de quien soy y de lo que soy capaz de llegar a alcanzar.

De la misma forma, agradezco enormemente a la Universidad Agraria del Ecuador, por brindarme la oportunidad de ser parte de esta noble institución y poder cursar mis estudios de formación profesional. A los docentes de la Carrera de Ingeniería Ambiental por su responsabilidad y alto nivel académico desarrollado en los años de estudio.

A mi Tutor Ing. Pedro Andrade que gracias a su paciencia, consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo de titulación.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **SALAS PESANTES RONNIE RAINIERO**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **"EFECTO DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE LOS MACRONUTRIENTES Y ACIDEZ DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE SIG"** para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 21 de julio del 2020

……

SALAS PESANTES RONNIE RAINIERO

C.I. 0927120311

Índice general

PORTADA……1

APROBACIÓN DEL TUTOR 2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....3

Dedicatoria 4

Agradecimiento.....5

Autorización de autoría intelectual.....6

Indice general.....7

Indice de tablas 11

Indice de figura 12

Resumen.....17

Abstract 18

1. Introducción 19

1.1 Antecedentes del problema.....19

1.2 Planteamiento y formulación del problema 20

1.2.1 Planteamiento del problema.....20

1.2.2. Formulación del problema.....21

1.3 Justificación de la investigación.....21

1.4 Delimitación de la investigación 23

1.5 Objetivo general.....23

1.6 Objetivos específicos 23

1.7 Hipótesis.....24

2. Marco teórico 25

2.1 Estado del arte 25

2.2 Bases teóricas.....26

2.2.1 Requerimientos edafoclimáticos 26

***2.2.1.1. Precipitación*.....26**

***2.2.1.2. Temperatura* 26**

***2.2.1.3. Viento*.....27**

***2.2.1.4. Altitud*.....27**

***2.2.1.5. Luminosidad*.....27**

***2.2.1.6. Suelo* 28**

***2.2.1.7. Drenaje*.....28**

***2.2.1.8. pH del suelo*.....29**

***2.2.1.9. Materia orgánica*.....29**

***2.2.1.10. Topografía*.....29**

2.2.2 Muestreo de suelo.....30

***2.2.2.1. Recolección de muestras* 30**

***2.2.2.2. Objetivo del muestreo*.....31**

***2.2.2.3. Tipos de muestreo* 32**

***2.2.2.4. Profundidad de muestras.* 32**

2.2.3. Sistemas de información geográfica 34

***2.2.3.1. SIG en la agricultura*.....35**

***2.2.3.2. Tendencias de precipitación en SIG.* 36**

***2.2.3.3. Tipos de precipitación* 39**

***2.2.3.4. Modelos lógicos* 42**

2.2.4. Relación entre el pH y las precipitaciones. 44

***2.2.4.1. Principios de la acidez del suelo*.....47**

***2.2.4.2. Causas de la acidez del suelo* 48**

***2.2.4.3. Factores naturales* 50**

***2.4.4. Factores antrópicos*. 50**

***2.2.4.5. Capacidad tampón* 51**

***2.2.4.6. Importancia del mejoramiento de la acidez del suelo*.....52**

2.3 Marco legal 53

3. Materiales y métodos.....55

3.1 Enfoque de la investigación.....55

3.1.1Tipo de investigación.....55

3.1.2 Diseño de investigación 55

3.2 Metodología.....55

3.2.1 Variables 55

3*.2.1.1. Variable independiente* 55

***3.2.1.2. Variable dependiente* 56**

3.2.2 Tratamientos.....56

3.2.3 Diseño experimental 56

3.2.4 Recolección de datos 58

***3.2.4.1. Recursos*.....58**

***3.2.4.1.2. Recursos humanos* 58**

***3.2.4.1.3. Materiales y equipos* 58**

***3.2.4.1.4. Recursos económicos* 58**

***3.2.4.2. Métodos y técnicas* 59**

3.2.5 Análisis estadístico.....82

4. Resultados.....83

4.1 Determinación de las condiciones químicas y nutricionales del suelo, mediante análisis químico.....83

4.2 Desarrollo mediante sig una tendencia de precipitación para ubicación de zonas vulnerables. 86

4.2.1 Balance hídrico 88

4.2.2 Balance hídrico del cantón La Troncal y zonas productoras de cacao 88

4.3 Establecimiento de relaciones entre los resultados del análisis de suelo con la tendencia de precipitación. 101

4.3.1 Elaboración de tendencia de precipitación de los últimos 5 años. . 101

4.3.2 Elaboración de zonas críticas y equilibrio del balance hídrico 101

4.3.3 Análisis de la evapotranspiración de estaciones meteorológicas. . 107

4.3.4 Relación de técnica geoestadística entre la tendencia de precipitación y las variables de suelo. 111

4.3.5 Elaboración espacial de mapas de tendencia de precipitación, texturas de suelo y uso de suelo del cantón La Troncal en relación a la zona de estudio. 115

5. Discusión 116

6. Conclusiones 119

7. Recomendaciones 120

8. Bibliografía 121

9. Anexos 129

Índice de tablas

Tabla 1. Recursos Económicos.....58

Tabla 2 Requerimientos nutricionales 60

Tabla 3 Resultados de análisis de suelo 61

Tabla 4 Datos de estaciones meteorológicas y coordenadas.....86

Tabla 5 Datos climáticos de estaciones meteorológicas, ultimos 40 años.....87

Tabla 6 Datos de estaciones, eto y precipitación del año 2019 107

Tabla 7 Relación de datos entre pH, nitrógeno y balance hídrico. 109

Índice de figura

Figura 1. Toma de coordenadas UTM de las plantaciones 60

Figura 2. Levantamiento en software SIG 88

Figura 3 Georreferenciación de 19 estaciones meteorológicas en CAD 88

Figura 4. 19 redes meteorológicas y planimetría de 9 plantaciones en SIG 89

Figura 5. Cobertura cantonal, redes meteorológicas y plantaciones 89

Figura 6. Isoyetas del cantón la Troncal.....90

Figura 7. Valores de precipitaciones según análisis espacial SIG.....90

Figura 8. Se visualiza curvas de precipitación cada 100 mm. 91

Figura 9. Análisis espacial de isotermas del cantón La Troncal 91

Figura 10. Valores de temperatura en la zona de estudio 92

Figura 11. Se visualiza curvas de temperatura cada 1°C entre curvas 92

Figura 12. Análisis de isovaporas en software SIG del cantón La Troncal 93

Figura 13. Valores de mm evaporados en la zona de estudio. 93

Figura 14. Se visualiza curvas de isovaporas cada 100mm de evaporación 94

Figura 15. Se visualiza el raster isoyetas en la zona de influencia 95

Figura 16. Valores de precipitación en mm en el cantón La Troncal 95

Figura 17. Se visualiza raster de isotermas en el cantón La Troncal.....95

Figura 18. Se visualiza valores de temperaturas en la zona de influencia.....95

Figura 19. Se visualiza raster de isovaporas en el cantón La Troncal. 96

Figura 20. Se visualiza valores en evaporación en mm 96

Figura 21. Se visualiza eto del cantón La Troncal.....97

Figura 22. Balance hídrico del cantón La troncal 97

Figura 23. Curvas de inundación y sequía. 98

Figura 24. Valores correspondientes de sequía e inundación 98

Figura 25. Zona de plantaciones con su curva correspondiente 99

Figura 26. Presentación final del balance hídrico, cantón la Troncal.....100

Figura 27. Tendencia de precipitación de los últimos 5 años. 101

Figura 28. Reclasificación y shapefile del balance hídrico.....102

Figura 29. Se visualiza zona 1 de equilibrio. 102

Figura 30. Se visualiza plantaciones 2, 4, 5, 7 y 8 en zona de equilibrio 103

Figura 31. Se visualiza zona con déficit hídrico.....103

Figura 32. Se visualiza plantaciones 1, 3, 6 y 9 en zona con déficit hídrico ...104

Figura 33. Se visualiza zona con exceso hídrico o riesgo a inundación 104

Figura 34. Se visualiza plantaciones fuera de zona de exceso hídrico.....105

Figura 35. Presentación final, balance hídrico y plantaciones afectadas.....106

Figura 36. Se visualiza relación entre eto y precipitaciones del periodo 2019 108

Figura 37. Se visualiza relación entre pH, nitrógeno y balance hídrico. 110

Figura 38. Se visualiza análisis espacial geoestadistico de precipitaciones ...111

Figura 39. Se visualiza análisis geoestadistico de precipitaciones.....111

Figura 40. Relación geoestadistica entre precipitaciones y nitrógeno.. 112

Figura 41. Se visualiza valores según análisis espacial kriging.....113

Figura 42. Mapa geoestadistico entre precipitaciones y variable nitrógeno. ...114

Figura 43. Se visualiza mapa espacial de tendencia de precipitación y texturas de suelo de la zona de estudio. 115

Figura 44. Toma de coordenadas utm en las plantaciones……..129

Figura 45. Estado de las plantaciones ……129

Figura 46. Estado de las plantaciones ……129

Figura 47. Barrena de extracción de suelo……129

Figura 48. Toma de muestras de suelo……130

Figura 49. Recolección de muestras……...130

Figura 50. Explicación sobre beneficios de fertilización……..130

Figura 51. Explicación sobre nutrientes del suelo……130

Figura 52. Entrega de muestras a laboratorios INIAP……131

Figura 53. Entrega de análisis e interpretaciones ……131

Figura 54. Muestreo de suelo……131

Figura 55. Verificación de texturas de suelo……. ……131

Figura 56. Verificación de utm de estaciones meteorológicas……..132

Figura 57. Plantación 1, análisis de suelo……...132

Figura 58. Plantación 1, análisis de suelo……...133

Figura 59. Plantación 2, análisis de suelo……...133

Figura 60. Plantación 2, análisis de suelo……...134

Figura 61 Plantación 3, análisis de suelo……...134

Figura 62 Plantación 3, análisis de suelo……...135

Figura 63. Plantación 4, análisis de suelo……...135

Figura 64. Plantación 4, análisis de suelo……...136

Figura 65. Plantación 5, análisis de suelo……...136

Figura 66. Plantación 5, análisis de suelo……...137

Figura 67. Plantación 6, análisis de suelo……..137

Figura 68. Plantación 6, análisis de suelo……..138

Figura 69. Plantación 7, análisis de suelo……...138

Figura 70. Plantación 7, análisis de suelo……...139

Figura 71. Plantación 8, análisis de suelo……...139

Figura 72. Plantación 8, análisis de suelo……...140

Figura 73. Plantación 9, análisis de suelo……...140

Figura 74. Plantación 9, análisis de suelo……...141

Figura 75. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..141

Figura 76. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...142

Figura 77. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...142

Figura 78. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...143

Figura 79. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...143

Figura 80. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...144

Figura 81. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..144

Figura 82. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..145

Figura 83. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...145

Figura 84. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...146

Figura 85. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...146

Figura 86. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..147

Figura 87. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..147

Figura 88. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...148

Figura 89. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...148

Figura 90. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..149

Figura 91. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..149

Figura 92. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……...149

Figura 93. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos……..150

Figura 94. Plantación 1, levantamiento planimétrico en software SIG……..151

Figura 95. Plantación 2, levantamiento planimétrico en software SIG……...152

Figura 96. Plantación 3, levantamiento planimétrico en software SIG……153

Figura 97. Plantación 4, levantamiento planimétrico en software SIG……154

Figura 98. Plantación 5, levantamiento planimétrico en software SIG……155

Figura 99. Plantación 6, levantamiento planimétrico en software SIG……156

Figura 100. Plantación 7, levantamiento planimétrico en software SIG……157

Figura 101. Plantación 8, levantamiento planimétrico en software SIG……158

Figura 102. Plantación 9, levantamiento planimétrico en software SIG……159

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene propósito establecer las zonas donde existe lixiviación de macronutrientes y afectaciones de pH por medio del balance hídrico y tendencia de precipitación de los últimos 40 años, en la cuenca baja del rio Cañar, cantón La Troncal, sector 40 cuadras, de la Asociación Agropecuaria Santa Rita. Se analizó 9 plantaciones de cacao con sumatoria de 26 hectáreas donde se realizaron levantamientos planimétricos a cada una y se extrajeron muestras de suelo para analizarlas en laboratorio dando como resultado que todas las plantaciones tienen promedio de pH 6.8 a 7, los macronutrientes existen niveles de fósforo, potasio, calcio, magnesio óptimos para el desarrollo fisiológico de la planta a diferencia del nitrógeno que es el elemento a reponer en todas las plantaciones según la interpretación de cada análisis de suelo de las plantaciones estudiadas, se obtuvieron datos de 19 estaciones meteorológicas de la zona de estudio y se realizó la tendencia de precipitación de las ultimas 4 décadas resultando que existe un promedio de precipitaciones anuales en la zona de estudio de 1500 mm anuales, y la tendencia de precipitación de los últimos 5 años; existen precipitaciones de entre 1300 a 1400mm anuales, existiendo una reducción de las precipitaciones considerablemente en el transcurso de los 40 años, y en el balance hídrico resultó que existen 4 plantaciones en la zona de riesgo a sequía, 5 en la zona de equilibrio, ninguna plantación se sitúa en zona de riesgo a inundación según el análisis espacial realizado.

Palabras clave: Análisis espacial, balance hídrico, estaciones meteorológicas, lixiviación, nitrógeno, precipitaciones, muestreo de suelo.

Abstract

The purpose of this research project is to establish the areas where there is leaching of macronutrients and pH affectations through the water balance and precipitation trend of the last 40 years, in the lower basin of Cañar river, La Troncal canton, sector 40 blocks, of the Agricultural Association of Santa Rita. 9 cocoa plantations with an average of 4 hectares per producer were analyzed where planimetric surveys were carried out on each one and soil samples were extracted for laboratory analysis, resulting in all the plantations having an average pH of 6.8 to 7, macronutrients having levels of phosphorus, potassium, calcium, magnesium optimal for the physiological development of the plant, unlike nitrogen, which is the element to be replaced in all plantations according to the interpretation of each soil analysis of the studied plantations, data were obtained from 19 meteorological stations of the study area and the precipitation trend of the last 4 decades was carried out, resulting in an annual average rainfall in the study area of 1500 mm per year, and the precipitation trend of the last 5 years; there are precipitations from 1,300 to 1400mm per year, with a significant reduction in rainfall in the course of 40 years, and in the hydric balance turned out that there are 4 plantations in the drought risk zone, 5 in the equilibrium zone, no plantation is located in the flood risk zone according to the accomplished spatial analysis.

Key words: spatial analysis, water balance, weather stations, leaching, nitrogen, rainfall, soil sampling.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo típico perenne que pertenece a la familia Esterculiaceae cuya característica principal es que sus órganos producen flores y mazorcas en el tallo y ramas. También es un cultivo que crece y produce en óptimamente cuando está cubierto por la sombra de árboles de otras especies. Para que este cultivo sea rentable o represente una utilidad, una plantación debe producir a partir del tercer año de establecida, más de 1.000 kg de grano seco por hectárea. Para llegar a ese objetivo, no solo se debe establecer el cultivo en zonas con condiciones apropiadas de clima y suelo, o sembrar semilla certificada de buena calidad; se requiere también, aplicar en forma oportuna una serie de prácticas sencillas y fáciles de aplicar, que van a asegurar larga vida de la plantación, de los suelos y que se reflejarán rendimientos rentables.

Un aspecto negativo para la disponibilidad de nutrientes es la textura de suelo, niveles altos de precipitación y aplicaciones indiscriminadas de fertilizantes nitrogenados, por lo tanto, el cacao requiere de suelos con textura suelta, arcillosos agregados, francos arenosos y franco-limosos. Con contenidos de materia orgánica de 3,5% y profundos (1,5 m), y el aspecto más importante que el nivel de pH sea entre 5,5 y 7. Es decir desde ligeramente ácido a neutro según Ministerio de agricultura y ganadería (MAG, 2015).

Una planta de cacao extrae macro y micronutrientes del suelo provocando un desgaste de nutrientes el cual se debe retribuir, muy aparte de esto el pH provoca un antagonismo entre nutrientes reduciendo considerablemente la productividad de una plantación. La adaptabilidad de cada especie a un rango determinado de pH, hacen que este sea el principal criterio con respecto a la dinámica de los

nutrimentos que serán absorbidos por sus raíces para un desarrollo fisiológico normal de la planta de cacao según Instituto para la innovación tecnológica en agricultura (INTAGRI, 2018).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Los suelos agrícolas sufren deterioros progresivos por diversas amenazas significativas como: pérdida de carbono orgánico, incremento de compactación y disminución de la fertilidad mediante procesos de acidificación. La principal propiedad química notable que posee el suelo es la reacción de acidez o alcalinidad, apuntando a la relación de concentración entre hidrógeno e hidroxilo en medios acuosos, conocida como el nivel de pH, la acidez del suelo es un proceso natural en los cuales intervienen el material parental, tipos de arcillas, condiciones climáticas, la actividad de los microorganismos y factores antrópicos como la intervención del hombre en la agricultura mediante el uso de fertilizantes y condiciones atmosféricas en específico altas precipitaciones dando como consecuencia el incremento de iones de H+ y Al+3 cambiable y por consiguiente la perdida de cationes como Ca+2, Mg+2 , K + afectando la disponibilidad de nutrientes requeridos para el desarrollo normal fisiológico de la planta (Villaseñor y Juca, 2017).

El Ecuador, se divide geográficamente en cuatro regiones climáticas: Litoral o costa, Sierra o región Interandina, Oriente o Amazonía e Insular o Galápagos esta variabilidad climática conforma la formación de variados ambientes geográficos, donde los suelos también se han visto afectados en sus aspectos físico-químicos y morfológicos. Esta diferenciación geográfica ha originado que la zona del Litoral

ecuatoriano presente niveles de acidificación menor a los de la región interandina y oriental según Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR, 2016).

Actualmente la zona a estudiar se encuentra estrechamente ligada a la cordillera de los andes lo cual se forma un microclima no favorable para el desarrollo fisiológico de la planta en el sentido de existir elevados milímetros anuales de precipitaciones y como consecuente un lavado permanente del suelo y de sus macronutrientes.

Ante esta situación, se ha reducido considerablemente el rendimiento en los cultivos de cacao causando una confusión en las causas que lo provocan, el cual ha generado inversiones que no han mejorado las condiciones de la causa real a este problema relacionado con la acidez del suelo y la lixiviación de sus macronutrientes.

1.2.2. Formulación del problema

¿En qué medida el estudio de suelo y tendencia de precipitación demostrará el efecto de las precipitaciones sobre los macronutrientes y acidez del suelo en el cultivo de cacao, cantón la Troncal?

1.3 Justificación de la investigación

En todo el mundo, uno de los problemas más graves en la agricultura es la acidificación de los suelos, el cual muchos agricultores pasan por alto o no toman los correctivos necesarios, la acidificación del suelo se optimiza por la aplicación de ciertos fertilizantes en especial los nitrogenados. Los suelos sin una importante reserva de Ca, pueden presentar un proceso de acidificación, en cuanto más intensivo es el cultivo y cuantos mayores son los aportes de fertilizantes acidificantes.

Sin embargo, el resultado de altas precipitaciones y un plan de fertilización inadecuado ocurren la descalcificación que se produce con el abandono de cationes Ca2+ del complejo de cambio del suelo. Si en el suelo no existe una reserva de calcio, la descalcificación se dará como una fase preliminar de la acidificación.

Normalmente el calcio es el catión más abundante y su salida facilita la fijación de iones H+ para contrarrestar la carga del complejo. En ciertos suelos la descalcificación se produce principalmente por la extracción de Ca2+ por medio de los cultivos, pero en estos casos seria por el lavado de suelos debido a las constantes precipitaciones. Otra razón para que exista la descalcificación de los suelos también se produce por el agua de lluvia que contiene una pequeña cantidad de gas carbónico y es capaz de disolver la caliza existente en el suelo, de tal manera que el calcio es arrastrado a horizontes más profundos en forma de bicarbonato de calcio (Sancho, 2016).

En la actualidad, en la Asociación Agropecuaria Santa Rita, sufre de un abandono por parte de los órganos pertinentes encargados del sector agrícola en consecuencia se ha visto reducida la calidad de vida del sector campesino rural.

Debido a esto, los productores cacaoteros de esta zona se han visto perjudicados en sus rendimientos, direccionando las causas a enfermedades y presupuesto de inversión. La finalidad de este estudio es comparar las distintas plantaciones de cacao mediante un análisis de suelo y tendencia de precipitación de la zona para determinar si existen afectaciones de acidez de suelo y lixiviación de nutrientes por el exceso de precipitaciones durante los últimos 40 años.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Las muestras para llevar a cabo esta investigación se las extraerán de 9 plantaciones de cacao correspondientes a la Asociación Agropecuaria Santa Rita, ubicadas en el sector 40 cuadras, recinto la Puntilla del cantón La Troncal, en las coordenadas UTM: 678479, 9725255, mientras que los análisis se los realizarán en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Boliche.
- **Tiempo:** El periodo estimado para finalizar esta investigación es de 1 año. Desde el mes de enero del 2019 hasta el mes de febrero del 2020.
- **Población:** Productores de cacao de la Asociación Agropecuaria Santa Rita, enfocado en un plan de desarrollo rural.

1.5 Objetivo general

Realizar el análisis espacial del efecto de las precipitaciones sobre los macronutrientes y acidez del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), mediante la utilización de SIG, cantón la Troncal.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar las condiciones químicas y nutricionales del suelo, mediante análisis químico.
- Desarrollar mediante SIG una tendencia de precipitación para ubicación de zonas vulnerables.
- Establecer una relación entre los resultados del análisis de suelo con la tendencia de precipitación.

1.7 Hipótesis

La aplicación de herramientas SIG en el desarrollo de tendencias de precipitación determinan la afectación del exceso de precipitación y consecuencias en lixiviación de macronutrientes y acidez de los suelos en el cultivo de cacao.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Después de casi cinco décadas de la aplicación de los principios de la revolución verde en la agricultura ecuatoriana, la mayoría de los suelos en el Ecuador, se han visto seriamente desgastados por el uso de tecnologías usadas incorrectamente a la realidad, ecológica, económica y socio cultural. Causando bajas sensibles en la productividad de la mayoría de plantaciones, severos desbalances en los agro ecosistemas y contaminación ambiental, con impactos negativos en salud de los agricultores y consumidores finales (Suquilanda, 2008).

En los últimos años debido a la demanda comercial del chocolate en los mercados internacionales se ha decretado a realizar una agricultura sin conciencia es decir nada compatible con el medio ambiente y peor con los suelos, usando excesivas dosificaciones con el fin de duplicar o triplicar rendimientos, reduciendo la vida de la planta y desgastando el suelo considerablemente a tal punto de dejarlos infértiles y sin un rastro de materia orgánica, nutrientes y con altos índices de acidez. Según estudios en Ecuador los últimos años se hacen menos análisis de suelo de lo que deberían, y lo que no sabemos es que se desperdician muchos fertilizantes y se pierde una cantidad de dinero mayor de lo que en sí mismo cuesta el análisis de laboratorio. Además, existe un mal concepto con lo que aportamos al suelo, aunque sea en mayor cantidad de lo que las plantas necesitan, podrán recuperarlo para los años siguientes, ya que muchos nutrientes, en especial el nitrógeno, se percolan y se pierde a capas profundas. Total, se obtiene un doble efecto negativo. La planta no aprovecha dichos nutrientes y aumentamos la contaminación del suelo y del agua, que de por sí ya está muy afectado (Castillo, 2017).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Requerimientos edafoclimáticos

2.2.1.1. Precipitación

La planta de cacao es muy sensible déficit hídrico, así como al encharcamiento, un adecuado aporte y manejo del agua es esencial para que la planta realice sus procesos metabólicos normales. En cambio, la lluvia es el factor climático más variable durante el año y es diferente de una región a otra siendo esta una variable que determina diferencias en el manejo del cultivo. La precipitación óptima para el cultivo del cacao es de 1600 a 2500 mm de lluvia en las zonas más cálidas y 1200 a 1500 mm de lluvia en las zonas más frescas y valles altos. En lugares donde los períodos de sequía son extensos se recomienda instalar sistemas de riego fijos para así mantener márgenes de producción y utilidades (Torres, 2012).

2.2.1.2. Temperatura

La temperatura media anual debe oscilar entre los 21 y 25 C° y la diferencia entre la temperatura mínima y máxima mensual no debe sobrepasar 9 C°, ya que esta diferencia afecta directamente la floración, fructificación y tiempo de maduración de la mazorca. Las temperaturas bajas en el cultivo de cacao afectan la velocidad del crecimiento vegetativo, desarrollo del fruto y el grado de intensidad de la floración; cuando la temperatura es menor a los 21 grados centígrados la floración es baja, pero cuando alcanza los 25 grados centígrados la floración es abundante. También las bajas temperaturas influyen en la actividad radicular, temperaturas menores a 15 grados centígrados en la absorción de agua y nutrientes, disminuyendo la producción. Temperaturas que bordean los 30C° afectan las raíces superficiales limitando su capacidad de absorción de agua y nutrientes según (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica (MAG, 1991).

2.2.1.3. Viento

Zonas de vientos fuertes permanentes podría ser un problema, siendo una solución barrera vivas rompe vientos a base de franjas abundantes de árboles. Vientos continuos ocasionan desecamiento, caída de hojas e incluso la muerte de la planta, este índice también determina la velocidad de la evapotranspiración del agua en la superficie del suelo. En zonas donde la velocidad del viento es de 4 m/seg y tiene escasa sombra hay defoliaciones excesivas. Lo óptimo es de 1 a 2 m/seg, Es necesario aplicar cortinas cortavientos para así evitar perjuicios, se lo puede lograr sembrando especies frutales y se las dispone alrededor del cultivo de cacao, sin embargo es positivo que corran ligeras brisas entre las plantas de cacao para así renovar masas de aire para un mejor aprovechamiento de CO2 y también para reducir los excesos de humedad que son la causa de enfermedades fungosas que atacan al fruto (Fedecacao, 2010).

2.2.1.4. Altitud

Desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud, se adapta bien a zonas tropicales. Además, plantaciones cerca de la línea del Ecuador se desarrollan de manera óptima en altitudes mayores a los 1000 msnm hasta los 1400 msnm; siendo la altitud un factor no determinante para un desarrollo óptimo del cultivo (Agrocalidad, 2015).

2.2.1.5. Luminosidad

La luz en el cacao se relaciona con dos puntos de vista: calor e iluminación, el calor se incide con el desarrollo de los tejidos, mientras que la iluminación influye en la capacidad de la planta para producir energía, la respiración de las hojas y el crecimiento de tallos, hojas, raíces y cojines florales. La cantidad de luz del sol incide con la necesidad de nutrientes y fertilidad del suelo, tiene consecuencias

significativas en la capacidad de floración y producción de la planta. Se deduce que una plantación de cacao con mucha sombra (poca luz) no produce flores y por tanto, no forma mazorcas. En los primeros años de sembrado el cacao requiere de mayor cantidad de sombra, un 60%, valor que debe disminuir a medida que la planta crece y comienza producción. Se concluye que, un lugar con mucha nubosidad (poca luz) requiere de menos sombra que otros con mucha luminosidad. Sin embargo se debe priorizar que entre mayor sea la exposición solar (luz del sol), mayores son los requerimientos hídricos y por tanto de nutrición de la planta (Echeverri, 2013).

2.2.1.6. Suelo

Los suelos para el cultivo de cacao deben ser nivelados, con una ligera inclinación ya que esta clase de terrenos son muy fértiles y la erosión lo perjudica mucho cuando se realiza un buen manejo. Con suelos sueltos y profundos para que las raíces se distribuyan sin dificultad y así la raíz principal pueda penetrar fácilmente hasta 1,50 m de profundidad. Los suelos más apropiados para un óptimo desarrollo son los aluviales, los francos y profundos con subsuelo permeable. Los suelos de color negruzco son generalmente los mejores ya que estos están menos lixiviados (Torres, 2012).

2.2.1.7. Drenaje

Se determina por las condiciones climáticas del lugar, topografía, la susceptibilidad a padecer inundaciones y la capacidad del suelo a mantener una adecuada retención de humedad y disponer de una óptima aireación. Generalmente existen problemas de drenaje interno por la distribución de los perfiles del suelo, por ejemplo cuando hay texturas arcillosas, el agua se mueve muy lento provocando un aumento en la humedad y causando la aparición de enfermedades en los frutos del cacao, debido a esto la importancia de un buen

manejo del agua en lugares donde las precipitaciones anuales son altas (Anecacao, 2015).

2.2.1.8. pH del suelo

El pH en el suelo es una de las características más importantes ya que este es un factor que determina la velocidad que la materia orgánica se descompone, así como la disponibilidad de los elementos en el suelo. Los suelos con acidez o pH se encuentra entre los 6,0 a 7,0 son los más óptimos para el cacao, pero también se puede adaptar a rangos extremos muy ácidos hasta los muy alcalinos (4,5 – 8,5) aunque su rendimiento es bajo (Gutiérrez, 2010).

2.2.1.9. Materia orgánica

La materia orgánica favorece a la nutrición del suelo a la planta, para mantener un cultivo orgánico de cacao se requiere mantener y aumentar la materia orgánica en el suelo, la materia orgánica mejora la estructura del suelo, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de la lluvia, mejora circulación del agua y del aire en el suelo, también soluciona problemas de fertilidad de los suelos y mantiene la vida microbiana encargada de la descomposición de la materia orgánica según Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2011).

2.2.1.10. Topografía

“Los suelos recomendados para cultivar cacao deben ser nivelados o ligeramente inclinados, también suavemente ondulados, los tres tipos de topografía, se ha determinado que la incidencia de la moniliasis es menor en terrenos con pendientes menores al 15% ” (Quiroz, 2012).

2.2.2 Muestreo de suelo

2.2.2.1. Recolección de muestras

El análisis de suelo es una herramienta práctica de diagnóstico que permite al agricultor conocer en forma directa el estado nutricional del mismo, la disponibilidad de nutrientes y estimación de necesidades de fertilización para manejar con anticipación la demanda nutricional del cultivo correctamente. El mejoramiento de la productividad de un cultivo, se logra a través de la siguiente actividad: Análisis de suelo: Caracterización morfológica, química y física del suelo, antes de la plantación y durante su ciclo vegetativo.

El muestreo de suelos es recomendable realizarlo dos o más meses antes de fertilizar, con el objetivo de establecer una pauta de fertilización para el momento en que el huerto entre en producción. El suelo debe estar húmedo para facilitar el muestreo. Para obtener una muestra que sea idónea del sector, se debe separar la plantación en unidades de muestreo que tengan similares características de topografía, textura, cultivo, entre otras. En caso que la superficie sea irregular, se debiera considerar una superficie de muestreo no superior a 10 hectáreas y 20 hectáreas como máximo. Es recomendable realizar un mapa del predio para definir las áreas de muestreo (Molina, 2012).

El método por cuadriculas es uno de los más usados actualmente. Las muestras son tomadas en forma regular desde el centro del terreno o desde las orillas. Se toman varias submuestras en el sitio que luego se homogenizan para hacer la muestra maestra que va al laboratorio. Este tipo de muestreo ha sido extensamente aceptado por lo que evalúa mejor la variabilidad del suelo. Es la forma de muestreo más cara, pero entrega información muy valiosa y necesaria para la adopción

exitosa de los sistemas de agricultura por sitio específico en muchas áreas (Roberts, 2000).

2.2.2.2. Objetivo del muestreo

El objetivo principal del muestreo de un suelo para obtener una recomendación de fertilización es obtener muestras que represente en forma precisa el estado de fertilidad del lote donde fue extraída. Se plantea es obtener una medida del nivel promedio de fertilidad del campo y una medida de la variabilidad de esta fertilidad. (Roberts, 2000).

De manera concreta los objetivos de un muestreo de suelos son:

- Predecir la probabilidad de obtener una respuesta rentable al uso del encalado y aplicación de fertilizante.
- Determinar el estado de fertilidad y PH del suelo y los requerimientos específicos de fertilizantes según los cultivos que se deseen establecer.
- Determinar la condición específica del suelo que puede ser mejorada por el agregado de enmiendas.
- Determinar el estado nutricional para ser utilizado como herramienta de diagnóstico para una fertilización adecuada.
- Conocer el PH del suelo y determinar si es apto o no para el establecimiento de un cultivo (Trujillo, 2008).

Las muestras maestras ya homogenizadas nunca se deben mezclar. La mezcla de muestras maestras no representa la realidad, ni tampoco representa la media de los resultados de los análisis. Cada muestra maestra es una unidad y representa al punto y horizonte donde se ha tomado con características similares, donde puede dársele un manejo especifico (Agricultura de precisión) (Toledo y Viciedo, 2017).

La fertilización y el encalado son prácticas esenciales para crear, mantener o aumentar la productividad de los cultivos. El costo importante de los fertilizantes y correctivos exige para su aplicación el mejor criterio técnico. El análisis de suelo es el instrumento básico para el conocimiento de información sobre fertilización y encalado para el agricultor. El muestreo de suelo es la primera etapa en un buen programa de fertilización y encalado. No está de más afirmar, por más exacto que sea el análisis, no corrige fallas en la toma de muestras o en la representatividad de la misma. La operación del muestreo incluye la extracción del material que forma el suelo, de modo que se debe priorizar la variabilidad y el manejo del mismo, la elaboración de la muestra, y por último, la toma de fracciones de dicha muestra para la realización de las determinaciones analíticas concretas (Sosa, 2014).

"Para convertir de (NH_4) a N, se debe multiplicar por: 0.778" (Agrolab, 2005).

2.2.2.3. Tipos de muestreo

- Muestreo al azar
- Muestreo al azar estratificado
- Muestreo en áreas de referencia
- Muestreo en grilla.

Debido a las condiciones edáficas de las distintas plantaciones de cacao, en ciertas se opta por realizar por tipo azar, estratificado, en grilla o en áreas de referencia para lograr una recolección homogénea en una plantación y que permita recolectar las zonas donde más se requiere reposición de nutrientes (Ferraris, 2016).

2.2.2.4. Profundidad de muestras.

La profundidad de muestreo está determinada por el nutriente o propiedad del suelo que se pretende analizar. De todas formas, la materia orgánica y el pH se

miden generalmente en capa superficial (0-20 cm) ya que es la profundidad donde ejercen mayor influencia. Para fósforo también se ha recomendado la profundidad de 0-20 cm. La profundidad de 20-40 cm no mejora la correlación con el crecimiento y la respuesta a la fertilización. Tampoco el muestreo 0-5 cm mejora dicha correlación y tiene más variabilidad. En relación a los nutrientes móviles, los métodos de diagnóstico consideran en general el nitrógeno en capas profundas, pero no siempre recurren a medirlo, sino que lo asumen a partir del contenido en capa superficial de suelo, a partir de un grupo extenso de muestras, encontraron relaciones muy ajustadas entre la disponibilidad de nitrógeno en horizontes superiores (0-20 o 0-30 cm) y en profundidad. El muestreo profundo también presenta inconvenientes. En primer lugar, la compactación en el barreno y la mezcla de horizontes pueden llevar a cometer un grave error en la extracción de muestras (Ferraris, 2016).

En el estudio de los suelos y las afectaciones por factores hidrológicos el mapeo digital de suelos (MDS) propone la determinación y cuantificación de la distribución espacial de los atributos, clases de suelos y problemáticas hidrológicas, a través del desarrollo de sistemas empíricos de inferencia entre las observaciones del suelo y un sinnúmero de variables importantes edafoclimáticas referenciadas espacialmente (Alemán *et al*., 2019).

INIAP indica que para el cultivo de cacao es necesario realizar el análisis llamado Suelos 1: que comprende lo siguiente: resultados de pH, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio. Y otro análisis de densidad aparente muy importante al momento de realizar la interpretación del mismo según Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2016)**.**

2.2.3 Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica pueden definirse de forma alterna como sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación. La representación de datos espaciales es el campo de estudio de la cartografía, por lo general es necesario comenzar introduciendo algunos conceptos básicos de esta ciencia. Es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que brindan la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, permitiendo la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz y correcta (Sarria, 2015).

Generalmente en labores de investigación científica es donde se incursiona al denominado Análisis espacial, el cual se transforma en el diseñador desde la formulación del problema hasta su resolución. Cuando se lo direcciona desde un punto de vista temático, el Análisis Espacial resulta ser una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se lo direcciona desde la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica se considera su núcleo (sinónimo de su subsistema de tratamiento) ya que es el que facilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica y meteorológica (Buzai, 2009).

2.2.3.1. SIG en la agricultura

La agricultura de precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de lotes o parcelas agrícolas, basado en la variabilidad espacial de los factores que controlan el rendimiento de un cultivo y en la posibilidad humana de alterarlos mediante la aplicación controlada de insumos agrícolas. La implementación de nuevas tecnologías, como los sistemas de posicionamiento global (GPS), sensores, monitores de rendimiento del cultivo, imágenes satelitales y sistemas de información geográfica (SIG) son incorporadas al campo. Los SIG adentrados a labores de AP están limitados a la visualización de mapas de cosecha, cálculo del rendimiento promedio parcial o total de un lote, entre otras funcionalidades. Para el caso agrícola, los SIG facilitan la posibilidad de obtener un mapa digital del campo y al mismo tiempo la interacción con el mismo. Un ingeniero agrónomo es apto para la determinación de puntos exactos para la operación de las extracciones de muestras de suelo para un posterior análisis de laboratorio (Uva y Campanella, 2009).

El uso de sensores remotos ha sido una herramienta precisa y eficaz en la estimación diseños hidráulicos, tendencias de producción y rendimientos de cultivos en muchas partes del mundo. Su utilización en las determinaciones del uso del suelo requiere un conocimiento de la respuesta espectral de las capas que integran el espacio. En ese factor, la mayoría de los cultivos que se desarrollan durante la misma estación de crecimiento manifiestan una respuesta espectral similar lo cual dificulta su diferenciación como es en el cacao (Farrell, 2014).

En Meteorología y Climatología, el estudio de la precipitación se realiza en acorde sus dos características físicas esenciales expresadas en cantidad o volumen de agua caída por unidad de superficie e, intensidad para variados

intervalos (5, 15 o 30 minutos y 1, 12 o 24 horas) dichos datos numéricos son almacenada en base de datos computarizadas durante el tiempo de funcionamiento de las estaciones meteorológicas. Con base en estas series meteorológicas y climáticas, se diseñan análisis de distribución y régimen, variabilidad, eventos extraordinarios y tendencias precipitación y, otras investigaciones relacionadas con la Hidrología, a diferentes escalas temporales (Bizzarri, 1999).

El Análisis Espacial en es una rama de la investigación cuya actividad es casi reciente. Se faculta en los métodos estadísticos y los modelos matemáticos, aunque además utiliza mapas y simulaciones, anexando también resultados de encuestas sobre los comportamientos en el espacio y sus representaciones. Este tipo de análisis abarca un conjunto de procedimientos utilizados para abordar el estudio de la estructura y las relaciones territoriales a partir del conocimiento de la posición y las características de las entidades geográficas o meteorológicas de las variables involucradas. Las operaciones de los Análisis Espaciales son cada vez más efectivas y precisas a la hora de tomar decisiones en cualquiera de las ramas del desarrollo (Sánchez y Amorós, 2012).

2.2.3.2. Tendencias de precipitación en SIG.

Desde el campo de la ingeniería hidrológica, la precipitación conforma la principal fuente de agua de la superficie terrestre y su medición representa uno de los principales ítems de partida para la mayor parte de los estudios direccionados con el uso y control de los recursos hídricos. La medición de la precipitación y el análisis de su comportamiento, ha propiciado la creación y utilización de diversos softwares especializados que incorporan algoritmos para visualizar y analizar la información espacial; esto ha exigido la necesidad de un uso extenso de los sistemas de información geográfica (SIG) en este campo de la ciencia (Valladares, 2008).

Muchos estudios publicados sobre hidrología y ciencias atmosféricas, indican que los métodos más usados consisten en el estudio de tendencias. A escala regional, la precipitación se caracteriza por presentar una alta variabilidad espaciotemporal y se desconoce la existencia de cambios por estacionalidad, dada la creciente preocupación por la incidencia de variabilidad y el cambio climático en el mundo. Sin embargo, en las cuencas hidrográficas la necesidad de este tipo de estudios tiene cada vez mayor importancia y relevancia, dado que en la actualidad, las cuencas representa un potencial hidroenergético y agrícola que podría ser alterado por los posibles cambios de incremento o descenso en las precipitaciones (Puertas, Carvajal y Quintero, 2011).

Los sistemas hidrológicos son representaciones matemáticas simplificadas del sistema hidrológico real que tienen como objetivo estudiar el comportamiento del sistema y predecir sus salidas mediante un conjunto de ecuaciones que conectan las variables hidrológicas de entrada y salida. Se han desarrollado para suplir la falta de datos acerca de la cantidad, calidad o distribución en el tiempo del flujo de agua en cuencas hidrográficas y para obtener un nivel de conocimiento de los procesos hidrológicos inherentes, que permita pronosticar hidrogramas de salida a partir de datos climáticos (precipitación, evaporación) y de diferentes factores físicos de la cuenca (topografía, suelos, vegetación). Los procedimientos de modelizaciones hidrológicas son un conjunto de labores o eventos que se realizan con el objetivo de crear una representación ideal o simplificada de la distribución, espacial y temporal de las propiedades del agua presentes en la atmósfera y en la corteza terrestre. Generalmente en las cuencas estas modelizaciones permiten juntos con otras capas de información espacial determinar los parámetros de modelos. Los modelos hidrológicos pueden centralizarse en una, en varias o en

todas las secuencias que forman el ciclo hidrológico. Existe una gran cantidad de programas de simulación hidrológica, que últimamente tienden a integrar diferentes procesos que anteriormente se estudiaban separadamente y a combinar la modelización hidrológica con los SIG para la toma de decisiones (Pantoja, 2010).

El estudio la variabilidad del clima regional es de vital importancia, ya que ayuda a planificar los recursos de una zona determinada; sin embargo, la evaluación de la variabilidad climática y los mecanismos que producen los cambios es muy complicado cuando se trata de agricultura convencional. La forma más eficiente de analizar e interpretar el clima promedio de una región es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura o precipitación. La precipitación varía gradualmente de una zona a otra, por lo cual, la distribución de las precipitaciones determina en gran magnitud el potencial climático de una región para la agricultura (Méndez, Gonzalez y Navar , 2008).

El conocimiento del régimen hídrico en determinadas zonas tiene un importante valor. En ciencias agronómicas, con el objeto de minimizar riesgos en los procesos de producción sirve de base para la zonificación de cultivos, lugares de sequias e inundaciones, determinación de épocas de siembra, programación de riego e identificación de necesidades de drenaje, el balance hídrico es una representación espacial donde se determina zonas vulnerables a sequia e inundación lo cual para este estudio fue crucial en la determinación de zonas afectadas por inundaciones y lixiviación de nutrientes (Ruiz, Arteaga, Vázquez, Ontiveros y López, 2012).

La isoyeta es la unión de puntos en una cartografía espacial, que presentan la misma precipitación en una unidad de tiempo determinada, el cual determina las precipitaciones promediadas, máximas o mínimas, se elaboran de una forma parecida a curvas de nivel en un terreno (Fonseca, 2012).

La interpolación predice valores para las celdas de un ráster a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. Se realiza para estudiar valores desconocidos de cualquier dato de un punto geográfico, tales como: elevación y precipitaciones, la suposición que hace que la interpolación sea una opción confiable es que los objetos distribuidos espacialmente están correlacionados espacialmente; se deduce que, las cosas que están cerca tienden a tener características parecidas según Environmental Systems Research Institute (ESRI , 2018).

“Extracción por mascaras extrae las celdas de un ráster que corresponden a las áreas determinadas por una máscara” según Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2015).

De todos los sistemas vinculados al factor climático, la comúnmente catalogada como variable crítica para las plantas es la disponibilidad de agua, porque es el elemento determinante para el proceso de crecimiento y desarrollo vegetativo. La lluvia, la temperatura y la radicación solar son los elementos del clima de mayor importancia en la producción de cacao. Las deficiencias hídricas son necesarias para la floración, pero si estas son muy prolongadas no permiten la apertura floral, limitan el crecimiento vegetativo y el llenado de los frutos. Sin embargo, los excesos hídricos reducen la inducción floral y la formación de estructuras reproductivas, favorecen la presencia de enfermedades en el cultivo, aumentan el lavado de nutrientes en el suelo y las pérdidas de producción (Bustamante, Pérez, Rivera, Martin y Viñals, 2015).

2.2.3.3. Tipos de precipitación

- Precipitación ciclónica: Es la que está asociada al paso de una perturbación ciclónica, es causada por la actividad de una depresión atmosférica.

- Precipitación convectiva: Tiene su origen en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. La masa de aire caliente asciende, se enfría, se condensa y se forma la nubosidad de tipo cumuliforme, origen de las precipitaciones en forma de chubascos o tormentas. El ascenso de la masa de aire se debe, generalmente, a un mayor calentamiento en superficie.
- Precipitación orográfica: Es aquella que tiene su origen en el ascenso de una masa de aire, forzado por una barrera montañosa. A veces, en caso de una masa de aire inestable, el efecto orográfico no supone más que el mecanismo de disparo de la inestabilidad convectiva.
- Precipitación advectiva: Es aquella que tiene su origen en el ascenso de aire cálido y húmedo sobre masa de aire frío. Surge del progresivo enfriamiento, condensación y precipitación, generalmente el avance del frente de Oeste a Este.
- Precipitación frontal: Es aquella que puede ocurrir en cualquier depresión barométrica, resultando el ascenso debido a la convergencia de masas de aire que tienden a rellenar la zona de baja presión. La precipitación frontal se asocia a un frente frío o a un frente cálido (Romero, 2012).

A partir de que las precipitaciones tocan suelo, el escurrimiento se empieza cuando la intensidad de la lluvia excede la capacidad de infiltración del suelo. A esta fase, se conoce como escurrimiento por excedencia de infiltración (infiltration excess surface runoff), y se le vinculan otros dos procesos: escurrimiento por saturación (saturation excess surface runoff), que ocasionan el escurrimiento una vez que se satura el suelo (González *et al*., 2006).

Al tocar el suelo, la fuerza de impacto de las gotas de lluvia es directamente proporcional a la cantidad de las mismas y a su fuerza de golpe con el suelo, ya que también depende de su diámetro y velocidad de caída. Se concluye que, estas distintas variables son llamadas por la denominada "intensidad de la lluvia" es decir la altura pluviométrica que equivale a un tiempo determinado, desde minutos a horas, parámetros que suele medirse en milímetros por hora. En referencia, existe una unión estrecha entre las intensidades registradas durante períodos cortos y el poder erosivo de las precipitaciones. Cuando el impacto de las gotas es lo exageradamente fuerte, la textura del suelo es destruida o alterada: las partículas finas son movilizadas mientras los elementos más gruesos se aglomeran entre sí, lo que ocasiona a una nueva organización de las capas superficiales del suelo agrícola (Pourrut, 1983).

Se determina que evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo. La evapotranspiración se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un completo período de cultivo o un año. Se deduce que una hectárea tiene una superficie de 10 000 m^2 y 1 milímetro es igual a 0,001 m, una pérdida de 1 mm de agua corresponde a una pérdida de 10 m^3 de agua por hectárea según Food and Agriculture Organization (FAO, 1990).

Los cambios en las propiedades químicas del suelo están vinculados con las alteraciones de los regímenes de humedad del suelo. Sin embargo, la fertilidad del suelo se modifica con los cambios inducidos con el clima. En zonas donde se

aumente la precipitación y la temperatura, una pérdida de fertilidad ocurre en relación con el incremento de lavado del macro y micro nutrientes. Lo contrario ocurre en zonas de precipitación baja. La mayoría de los cambios serán muy pequeños si no están relacionados a la materia orgánica del suelo (Guntiñas, 2009).

2.2.3.4. Modelos lógicos

El modelo lógico se refiere a como se muestrean y organizan las variables y objetos para lograr una representación exacta posible. En un SIG existen básicamente dos modelos lógicos que se conocen como formato raster y formato vectorial y que dan lugar a los dos grandes tipos de capas de información espacial. El formato raster divide el espacio en un conjunto regular de celdillas, cada una de estas celdillas abarca un número que puede ser el identificador de un objeto (si se trata de una capa que contiene objetos) o del valor de una variable (si la capa contiene esta variable). Puede resultar por tanto que el modelo raster cubre la totalidad del espacio.

Los elementos que componen una capa raster son:

- Una matriz de datos que puede contener los valores, en caso de que sea una variable cuantitativa, o bien un identificador numérico único para cada valor, en caso de que sea una variable cualitativa.
- Esta matriz se almacenará en un fichero como una lista de valores numéricos, por tanto, una capa raster necesita más información que permita al programa y al usuario ubicarla en el espacio, leer sus valores y entender su significado, precisamente.
- En el formato vectorial cualquier entidad que aparezca en el espacio (casas, carreteras, lagos, tipos de roca, etc.) puede modelizarse a la escala

adecuada como un objeto extraído de la geometría euclidiana. Pueden ser clasificados por su dimensionalidad en tres tipos: puntos, líneas o polígonos

- Puntos: son Objetos geométricos de dimensión cero, su localización espacial se representa por un par de coordenadas (X, Y).
- Líneas: son objetos geométricos de dimensión uno, su localización espacial se representa como una sucesión de pares de coordenadas llamados vértices, salvo el primero y el último que se denominan nodos.
- Polígonos: son objetos geométricos de dimensión dos. Se representan como una línea cerrada o como una sucesión de líneas denominadas arcos. La representación de puntos o líneas es inmediata (Sarria, 2004).

Para el estudio de la distribución de temperatura sobre extensas áreas o cultivos, se usan las isotermas, que son curvas graficadas sobre una cartografía espacial que unen los puntos de igual temperatura. El cambio de temperatura en una dirección especifica del espacio, se conoce como gradiente de temperatura y se puede obtener del mapa de isotermas (Inzunza J, 2010).

“Reclasificación en software SIG es cambiar valores de un raster es decir la agrupación de diversos valores y darles un determinado valor para un análisis específico” según Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2015).

Un shapefile es un formato sencillo y no topológico que se usa para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de los caracteres geográficos. Los caracteres geográficos de un shapefile se pueden visualizar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas) según Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2015).

El software SIG interpreta como técnica geoestadística a la herramienta espacial kriging que asume que al menos una parte de la variación espacial observada en

el fenómeno natural se puede modelar por procesos aleatorios con autocorrelación espacial, y requiere que la autocorrelación espacial se modele de forma explícita. Las técnicas de kriging se pueden utilizar para describir y modelar patrones espaciales, prever valores en ubicaciones sin mediciones y evaluar la incertidumbre asociada con un valor previsto en las ubicaciones sin mediciones. En vez de decir solamente cuánta lluvia hay en lugares específicos, kriging también le dice la probabilidad de cuánta lluvia habrá en un lugar específico.

La geoestadística no sólo proporciona una superficie de predicción óptima, sino que también proporciona una medida de confianza sobre la probabilidad de que esa predicción sea cierta según Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2018).

2.2.4. Relación entre el pH y las precipitaciones.

Los suelos en todo el mundo cada vez están sufriendo deterioros progresivos por muchas amenazas significativas como: pérdida de carbono orgánico, incremento de compactación y disminución de la fertilidad mediante procesos de acidificación. Una de las principales propiedades químicas notables que posee el suelo se encuentra la reacción de acidez o alcalinidad, refiriéndose a la relación de concentración entre hidrógeno e hidroxilo en medios acuosos, llamada como el nivel de pH, la acidez del suelo es un proceso natural en los cuales intervienen el material parental, tipos de arcillas, condiciones climáticas, la actividad de los microorganismos y factores antrópicos como la intervención del hombre en la agricultura intensiva mediante el uso de fertilizantes resultando como el incremento de iones de H+ y Al+3 cambiable y como consecuencia la perdida de cationes como Ca+2, Mg+2 , K +, perjudicando la disponibilidad de nutrientes requeridos para la nutrición de los plantas. Una de las propiedades que tiene el suelo es la capacidad

tampón que permite determinar la dinámica de la acidificación y también facilita determinar las cantidades de Carbonato de Calcio (CaCO3) para el mejoramiento de suelo agrícola.

En este concepto, es importante precisar las dosis adecuadas de una enmienda calcárea para el mejoramiento de suelos ácidos; sin embargo; la capacidad tampón es la resistencia que tiene el suelo para llegar a determinar estas cantidades de material encalante, de esta manera tomar decisiones para alcanzar el pH deseado y aumentar el rendimiento agrícola de las plantaciones de cacao.

Las propiedades químicas de los diferentes tipos de suelos, obstaculizan utilizar una misma estrategia para requerir un control efectivo y preciso de acidez del suelo, considerando el material parental, condiciones climáticas, incluso hasta el cultivo existente, por tal razón la determinación de la capacidad tampón del suelo nos facilita conocer la resistencia que tiene el suelo a la variación del pH.

La acidificación es un proceso en donde se incrementa el hidrógeno y aluminio cambiable con la consecuente disminución de pH, esta alteración, del pH afecta determinadas características químicas y biológicas ocasionando la pérdida de bases como son Ca+2, Mg+2, K+ y Na+, del suelo debido a su lixiviación o remoción, por ende, influye directamente en la disponibilidad de nutrientes requeridos por los cultivos para su crecimiento y desarrollo fisiológico normal. La mayor disponibilidad de los nutrientes se encuentra en valores de pH neutro.

El manejo incorrecto y el uso inapropiado del suelo, ocasionan su degradación siendo estos factores: la erosión eólica, hídrica, compactación, agotamiento de nutrientes, pérdida de estructura, acidificación, salinización y condiciones atmosféricas adversas como altas precipitaciones.

El grado de lixiviación se correlaciona con la cantidad de precipitación en una determinada zona y aun cuando no es posible cuantificar las pérdidas por unidad de área de elementos nutricionales, se pronostica que los micronutrientes son los de menor cuantía. A diferencia de la tasa de amonificación y nitrificación son altas; la nitrificación es particularmente intensa en un área previamente fertilizada (Santana y Cabala, 1982).

La aplicación excesiva de fertilizantes de residuos ácidos, también aportan a las alteraciones de la reacción del suelo como también las altas precipitaciones que lixivian el calcio a horizontes profundos causando la reducción del pH y causando acidez edáfica (Gallegos y Alexandra, 2017).

Visto desde la agricultura una herramienta crucial para gestionar que cultivos dependen más de las precipitaciones como los que depende más de un sistema de riego es el suelo. Los acuíferos se llenan a partir de la recarga de la fracción hídrica que no queda retenida en los espacios porosos. El conocimiento de la humedad de suelo antecedente favorece al conocimiento en la dinámica de escorrentías, contribuyendo a una mejor planificación para riesgos hidrológicos futuros (Fernández, Sánchez, Rodríguez y Scaini, 2012).

La lixiviación ocasiona el movimiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus, nutrientes; la causa son los climas húmedos (ecosistema Pluvisilva). Como consecuencia los horizontes superiores del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, arrastrados por el agua; se vuelvan más ácidos, ya que quedan compuestos insolubles (Aluminio); en el peor de los casos, se origina toxicidad. Por lo tanto, se pierden grandes cantidades de fertilizantes, al igual que los compuestos nutritivos.

En climas muy húmedos, la vegetación natural sirve de protección contra lixiviación. Cuando el hombre interfiere, este proceso se acelera considerablemente y la retención de nutrientes en la zona radical se interrumpe (ya no hay raíces), como medida ante la lixiviacion se usan coberturas vegetales y minimizar el impacto de las gotas de lluvias. Otras formas de favorecer a la lixiviación son mediante la aplicación de fertilizantes con elevada acidez, el riego excesivo y cultivos que retienen muchos nutrientes del suelo (Pilero, 2007).

Se deduce que el ion NO3 es un anión y por lo general no puede ser retenido por las arcillas como pasa con los cationes, es ligeramente transportado por el agua. Por tal motivo, las láminas de agua excesivas o lluvias abundantes favorecen el movimiento de NO3 hacia inferiores del perfil del suelo, fuera del alcance de las raíces. La lixiviación representa las mayores pérdidas de N, principalmente en climas húmedos, aún por encima de las pérdidas por volatilización amoniacal.

Generalmente, las pérdidas de nitratos por lavado hacia aguas subterráneas, causan pérdidas económicas para el productor, tanto para la absorción de las plantas como también por la disminución del rendimiento. Además, la lixiviación de nitratos tiene mayores consecuencias negativas, provocando daños a la salud y contaminación de acuíferos según Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI, 2015).

2.2.4.1. Principios de la acidez del suelo

Las sustancias que transmiten iones de hidrógeno se denominan ácidas, a mayor concentración de iones de hidrógeno mayor es la acidez y se conoce como acidez activa, los iones de hidrógeno no disociados aportan a una acidez potencial del suelo, por lo general los suelos se diferencian en términos de acidez activa y potencial.

Un suelo acido tiene una concentración alta de iones de H+ y pH por debajo de 5,5, porcentajes elevados de Aluminio (Al+3), Manganeso (Mn+2) y Hierro (Fe+2) y escasa bases en la solución del suelo.

Como resultado de la acidificación es la toxicidad de aluminio y manganeso para las plantas la deficiencia de nutrientes como P, Mo, Ca y Mg, reducen la producción de las cosechas, es importante reducir las labores que provocan la disminución de pH del suelo y de esta forma establecer la agricultura en regiones tropicales que provocan fitotoxicidad e impide el desarrollo normal del sistema radical y dificulta la absorción de nutrientes, de esta manera disminuye el rendimiento potencial de los cultivos (Villaseñor y Juca, 2017).

Las propiedades físicas y químicas del suelo aportan positivamente en los efectos negativos de la acidez del suelo. De tal modo también, se puede parcialmente recuperar si se mantiene un alto contenido de materia orgánica en el suelo según Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2016).

2.2.4.2. Causas de la acidez del suelo

El proceso de acidificación del suelo tiene una tendencia natural, su origen señala partiendo del material parental ácido, por excesiva pluviosidad, alta percolación, especies vegetales nativas. La acidez es una causa importante de la degradación del suelo, que resulta principalmente de la remoción de materiales vegetales.

La acidez de los suelos se da en zonas donde:

- Existen regiones de alta pluviometría
- Cuando las bases son desplazadas por los hidrogeniones o captadas por las plantas

- Secreción de sustancias ácidas por las raíces de las plantas
- Compuestos ácidos formados en la descomposición de la materia orgánica
- Suelo jóvenes desarrollados sobre substratos sumamente ácidos
- Bajo nivel de calcio y magnesio intercambiables y bajo porcentaje de saturación de bases.
- Menor actividad de muchos microorganismos del suelo llevando, en casos extremos, a una acumulación de la materia orgánica, a una menor mineralización y a una más baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre
- Contaminación atmosférica que da lugar a las denominadas lluvias ácidas
- Drenaje de ciertos suelos hídricos o encharcados ricos en pirita (suelos ácido sulfáticos), como ocurre con los manglares (Ibañez, 2007).

Por otro lado, el movimiento de cationes a horizontes inferiores (lixiviación) incrementa también la acidificación del suelo agrícola, este movimiento de cationes se produce por la presencia de aniones que formando pares iónicos se dedican a arrastrar los cationes del horizonte del suelo con el movimiento del agua proveniente de las altas precipitaciones de la zona (Espinosa y Molina, 1999).

En suelos acidificados, los minerales encargados de liberar al Aluminio se solubilizan a la solución del suelo. Este Al puede alcanzar niveles tóxicos dependiendo de la sensibilidad o tolerancia del cultivo de cacao. Otro factor de importancia que se afecta por la presencia de Al es la actividad microbiológica del suelo. Cuando los niveles de Al son altos, esta actividad se reduce, lo que restringe la mineralización y la fijación biológica del N, la mineralización del S y la del P. Además, cuando el pH del suelo disminuye, la capacidad de retención de fósforo aumenta es decir no está disponible para la planta. Esto se debe a la presencia de iones H y de Al en la solución del suelo (Villarroel, 2014).

2.2.4.3. Factores naturales

La presión que ejercen las condiciones climáticas genera la acidez en suelos de zonas tropicales. La actividad microbiana en el suelo produce ácidos orgánicos y CO2 a través de su respiración, los grupos ácidos de minerales de arcillas que liberan protones como Al e H cambiables y ácidos débiles, que se los encuentra con pH por debajo de 5,5, la lixiviación de bases por alta pluviosidad ocasiona que las bases cambiables pasen a la solución del suelo y estas a la vez pasan a ser reemplazados por H.

Las causas de la acidez de las precipitaciones son muy numerosos y complejos e incluyen transformaciones gas-partícula, reacciones fotoquímicas y catalíticas, reacciones acuosas dentro de la nube y de la lluvia y el transporte atmosférico de tal modo que se forma una lluvia acida causada por factores naturales y factores antrópicos. Los ácidos fuertes sulfúrico (H2SO4) y nítrico (HNO3) son la causa de las lluvias acidas. Los iniciadores inmediatos de estos ácidos son los gases SO2 y NO2, de origen natural o antrópico. También, las fuentes naturales de estos gases tienen una distribución global, sin embargo, las emisiones antrópicas tienden a concentrarse cerca de los centros poblados (complejos industriales y vehículos automotores) (Sánchez *et al*., 2009).

2.2.4.4. Factores antrópicos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados han ido incrementando en los últimos años, la aplicación frecuente de estos fertilizantes al suelo provoca la disminución del pH, y este depende de la capacidad tampón, el nitrógeno estimula a la disminución de pH del suelo, por ende, se ha convertido en una amenaza potencial a la diversidad de micro y macro fauna del suelo y ecosistema terrestre.

Al no reponer los nutrientes extraídos del suelo por los cultivos principalmente calcio ($Ca2+$), magnesio ($Mg+2$) y potasio (K +), que son nutrientes que no tienen una reposición natural, las altas precipitaciones de la zona que provoca la lixiviación de bases cambiables incrementando la acidez e incluso la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo por falta de microorganismos que ayudan a la descomposición de la misma o también por la realización de labranza agrícola reducida en los campos agrícolas.

La acidificación fisiológica se conoce cuando la lixiviación de cationes producto del agua de riego y la pluviosidad, cultivos extractantes que poseen una reacción alcalina, a lo largo del tiempo consumen estos cationes del suelo y son reemplazados por aluminio e hidrógeno, la pérdida superficial ocasionadas por la erosión hídrica y eólica, cada una de estas son causas principales de la acidez de los suelos agrícolas (Gallegos y Alexandra, 2017).

2.2.4.5. Capacidad tampón

Una de las funciones más importantes del suelo, es la capacidad de resistir cambios de pH después de adiciones ácidas o básicas, esto se llama capacidad tampón. La capacidad tampón del suelo es un factor clave que permite determinar la tasa de cambio del pH durante la acidificación del suelo, con la capacidad tampón se puede estimar el requerimiento de cal para el mejoramiento de un suelo, esta característica del suelo depende del contenido y tipo de acidez posee, partiendo desde: presencia de sales, tipo de arcilla, materia orgánica, pH inicial. Si la valencia de los cationes y la fuerza iónica aumentan, la capacidad buffer también incrementa (Villaseñor y Juca, 2017).

2.2.4.6. Importancia del mejoramiento de la acidez del suelo

Los suelos con pH bajos ayudan a disponer el aluminio en la solución del suelo, causando toxicidad para las plantas e impidiendo su normal crecimiento, actividad radical, la absorción de nutrientes, ocasionando consecuentemente pérdidas en la producción y aumento de la susceptibilidad a la sequía, afectando de manera significativa a ciertas características biológicas y químicas del suelo, su origen parte de la presencia de elevados contenidos de H+ y Al3+ que son los causantes de la reducción del pH, impidiendo la disponibilidad de algunos nutrientes como Ca, Mg, K y P, y favoreciendo a la presencia de Al, Fe y Mn que son elementos tóxicos para las plantas. La acidez en sí no es el factor limitante en el desarrollo de las plantas, cuando el aluminio presente en la solución del suelo es mayor de 1 - 2 ppm, las plantas sufren el efecto de toxicidad por este elemento los suelos ácidos en su mayoría son pobres en nutrientes como Ca+2, Mg+2, y P. Es importante su caracterización debido a que ocurre diversas variaciones en textura, contenido de nutrientes, grado de acidez, que resulta complicado generalizar prácticas agronómicas que tienden a mejorar su potencial agrícola. Las plantas en suelos ácidos presentan diferentes comportamientos con relación a un sinnúmero de factores que se encuentran en el suelo. El mejoramiento de la acidez del suelo resulta a partir de que los cationes básicos cumplen acciones positivas en el suelo, tanto en condiciones físicas, resistencia a la penetración que facilita la oxigenación del suelo y también deja asimilable ciertos nutrientes necesarios para las plantas de tal forma que el aluminio se precipita (Villaseñor y Juca, 2017).

2.3 Marco legal

Título IV consumo y nutrición

Artículo 28. Calidad nutricional.- Se prohíbe la comercialización de productos con bajo valor nutricional en los establecimientos educativos, así como la distribución y uso de éstos en programas de alimentación dirigidos a grupos de atención prioritaria. El Estado incorporará en los programas de estudios de educación básica contenidos relacionados con la calidad nutricional, para fomentar el consumo equilibrado de alimentos sanos y nutritivos. Las leyes que regulan el régimen de salud, la educación, la defensa del consumidor y el sistema de la calidad, establecerán los mecanismos necesarios para promover, determinar y certificar la calidad y el contenido nutricional de los alimentos, así como también para restringir la promoción de alimentos de baja calidad, a través de los medios de comunicación (Comisión legislativa y de fiscalización, 2018).

De la ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Capitulo III

De la prevención y control de la contaminación de los suelos

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las substancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 12.- Los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de substancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

Art. 13.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, en coordinación con las municipalidades, planificarán, regularán, normarán, limitarán y supervisarán los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural. En igual forma estos Ministerios, en el área de su competencia, en coordinación con la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, limitarán, regularán, planificarán y supervisarán todo lo concerniente a la disposición final de desechos radioactivos de cualquier origen que fueren.

Art. 14.- Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia.

Art. 15.- El Ministerio del Ambiente regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.
Art. 16.- Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades competentes, toda actividad que contamine el medio ambiente.
Art. 17.- Son supletorias de esta Ley, el Código de la Salud, la Ley de Gestión Ambiental, la Ley de Aguas, el Código de Policía Marítima y las demás leyes que rigen en materia de aire, agua, suelo, flora y fauna (Comisión de legislación y codificación, 2018).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1Tipo de investigación

El tipo de investigación para este proyecto se realizó de la siguiente manera:

Experimental: se recolectó muestras de suelos para la respectiva interpretación en base a una tendencia de precipitación mediante software SIG y se concluyó si las precipitaciones en esa zona es un determinante en la acidez de los suelos y disponibilidad de macro nutrientes en los suelos.

Nivel de conocimiento descriptivo: en este estudio se comparó las distintas plantaciones sus macronutrientes y pH obtenidos del laboratorio INIAP, en base a un historial de fertilización de cada plantación y sus afectaciones al pH del suelo con respecto al análisis espacial en SIG indicando las precipitaciones durante las últimas 4 décadas.

3.1.2 Diseño de investigación

Se implementó el método científico experimental, debido a que su objetivo es la comparación entre las distintas plantaciones de cacao su nivel de pH y macro nutrientes en base a las constantes precipitaciones que existen en la zona. Asimismo, se empleó el método inductivo y deductivo, mediante los cuales se analizó los datos obtenidos de los laboratorios que fueron interpretados junto con la tendencia de precipitación.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3*.2.1.1. Variable independiente*

Tendencia de precipitación.

3.2.1.2. Variable dependiente

Mediante análisis físico químico se determinó pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio que se correlacionó y demostró si existe una diferencia significativa en la disponibilidad de nutrientes entre cada plantación con la incidencia de precipitaciones que se realizó en software SIG.

3.2.2 Tratamientos

Esta investigación experimental se la realizó en 9 plantaciones de cacao ubicadas indistintamente en la cuenca baja del rio Cañar, cantón La Troncal en el sector 40 cuadras con una sumatoria de superficies de 26 hectáreas en total.

3.2.3 Diseño experimental

Esta investigación experimental, debido a que su objetivo fué la comparación entre las 9 plantaciones la disponibilidad de macronutrientes y acidez de suelo y que sirvió para llegar a la conclusión si las constantes precipitaciones están causando la lixiviación de las mismas.

Los análisis se realizaron en los laboratorios del Instituto Nacional Investigaciones Agropecuarias (INIAP), estación Boliche del Km 26 de la provincia del Guayas.

Se utilizó el software SIG para realizar las tendencias de precipitación, los datos meteorológicos de 19 estaciones meteorológicas de los últimos 25 a 40 años que fueron facilitados por el Ingenio Ecudos, ubicado en el cantón La Troncal.

Por lo tanto, para esta investigación se tomarón muestras de suelo a profundidades de 0 a 30 cm de profundidad, dado que los pelos absorbentes en gran mayoría de la raíz del cacao se encuentran a esta profundidad. Es también a esta profundidad la mayor afectación de la acidez en las raíces para lo cual se determinaron en el laboratorio de suelo. El número de muestras fueron según las

condiciones visibles de las plantas en caso que su estado fisiológico sea vigoroso se tomaron entre 10 a 30 muestras por ha. No obstante, en lotes con estado fisiológico bajo o rendimientos bajos se realizaron la mayor cantidad de recolecciones que sirvieron para determinar la cantidad a reponer exacta.

En la siguiente investigación mediante software SIG se realizó una tendencia de precipitación, para lo cual se necesitó un sinnúmero de redes meteorológicas en las zonas con su respectiva información climatológica por lo menos de más de 25 años de antigüedad que logró determinar si las precipitaciones son una causa de la acidez en las plantaciones de cacao que se estudió.

La recogida de datos meteorológico-climáticos se ha hecho tradicionalmente en observatorios fijos. La propia definición de clima exige disponer de una serie temporal suficientemente larga para poder considerarla como significativa. Por tanto, el estudio de datos climáticos se ha hecho mediante el análisis de series temporales. A pesar de que estas series tienen una ubicación espacial, es preferible almacenarlas en una base de datos debido a las limitaciones de los SIG para trabajar con la componente temporal. Una estructura de datos adecuada, para evitar repeticiones innecesarias de información, sería mantener en una tabla la información referente a los observatorios y en otras las referidas a las diferentes series temporales manejadas.

Es un estudio valido que también podrá ser respaldo para establecer muchos cultivos en dicha zona de estudio y colaborará en elevar la economía en el sector rural campesino del agricultor.

El software SIG determinó que zonas están más propensas a lluvias para así poder determinar si el exceso de lluvias está afectando a la lixiviación de nutrientes.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

3.2.4.1.1. Recursos bibliográficos

Para llevar a cabo este proyecto se indagó en fuentes como: libros, tesis de grado, revistas indexadas, internet, folletos de los fabricantes, biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador, Google académico.

3.2.4.1.2. Recursos humanos

Autor, Catedrático de la Universidad Agraria del Ecuador y entrevistas a personas ligadas a la producción de cacao y banano.

3.2.4.1.3. Materiales y equipos

Barrena de suelo, GPS garmin 64s, carretilla, machete, libreta de campo, laptop, software estadístico y de SIG, Microsoft Excel, Autocad 2018, lápiz, cinta métrica, cámara fotográfica.

3.2.4.1.4. Recursos económicos

Se realizó un presupuesto estimado de 1100 dólares, financiado por el autor.

Tabla 1. Recursos Económicos

Recurso	Valor unitario ($)	Cantidad	Total ($)
Libretas	1	1	1
GPS garmin 64s	700	1	700
Pilas AA	1	1	1
Barrena de suelo	140	1	140
Carretilla	40	1	40
Machete	5	1	5
Transporte	50	1	50
Cinta métrica	25	1	1
Costos de laboratorio	140	1	140
Total:			1100

Salas, 2020

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Desarrollo de la investigación:

La zona a estudiar se encuentra en la parte oeste de la provincia del Cañar, limita con la provincia del Guayas, el recinto La Puntilla perteneciente al cantón La Troncal es donde está focalizada la investigación, un pueblo dedicado netamente a la producción de cacao y que sus ríos se encuentran alimentados por la cuenca hidrográfica del cañar mediante el río Cañar.

Este río cañar décadas atrás causó grandes inundaciones por desbordamiento llegando al caso que los suelos son tipo aluviales, de textura arcillo limosos. Indistintamente en la parte Norte oeste nos encontramos perfilados por la cordillera de los andes causando un microclima de arropamiento justamente a estas zonas agrícolas, de tal manera con alto índice de enfermedades fungosas y con problemas de acidez en los suelos, ya sea por mal manejo de suelos o por exceso de precipitación que fué determinada mediante la investigación.

Levantamiento planimétrico: se empezó con el levantamiento planimétrico de cada plantación para constatar y determinar las superficies de cada una, valor necesario para la interpretación del análisis de suelo. En la figura 1 se muestra la toma de coordenadas UTM mediante GPS Garmin 64s en un vértice lindero de una plantación de cacao. El levantamiento planimétrico se lo realizó en software SIG donde se indica superficie y perímetro de las plantaciones.

Figura 1. Toma de coordenadas UTM de las plantaciones

Salas, 2020.

Muestreo de suelo: con barrena de suelo se recolectaron muestras con promedios de 20 a 30 por hectárea.

En la tabla 2 se ilustra según INIAP los requerimientos nutricionales para que una plantación de cacao obtenga una producción de 60qq/año.

Tabla 2 Requerimientos nutricionales

Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
210kg/ha	80kg/ha	290kg/ha	120kg/ha	75kg/ha

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2016).

En la tabla 4 se ilustra los resultados de los análisis de suelo de las 9 plantaciones de cacao recibidos del centro de laboratorio INIAP (Boliche).

Tabla 3 Resultados de análisis de suelo

Plantaciones	pH	NH 4	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Densidad aparente
Plantación 1 Andres Sotomayor	6.9	19 ug/ml	9 ug/ml	105 ug/ml	1750 ug/ml	246 ug/ml	1.3 g/cm^3
Plantación 2 Xavier Abad	6.6	11 ug/ml	20 ug/ml	128 ug/ml	1162 ug/ml	319 ug/ml	1.1 g/cm^3
Plantación 3 Leonel Valdiviezo	6.7	9 ug/ml	20 ug/ml	151 ug/ml	859 ug/ml	349 ug/ml	1.4 g/cm^3
Plantación 4 María Muñoz	6.6	10 ug/ml	12 ug/ml	90 ug/ml	1270 ug/ml	314 ug/ml	1.4 g/cm^3
Plantación 5 Olivia Muñoz	6.9	22 ug/ml	53 ug/ml	209 ug/ml	1701 ug/ml	198 ug/ml	1.3 g/cm^3
Plantación 6 Máximo Guajala	6.8	15 ug/ml	22 ug/ml	126 ug/ml	418 ug/ml	243 ug/ml	1.1 g/cm^3
Plantación 7 Jorge Ramírez	6.6	11 ug/ml	14 ug/ml	139 ug/ml	1477 ug/ml	248 ug/ml	1.3 g/cm^3
Plantación 8 Cristhian Pastor	7.4	23 ug/ml	53 ug/ml	354 ug/ml	2203 ug/ml	125 ug/ml	1.2 g/cm^3
Plantación 9 Ronnie Salas	5.5	10 ug/ml	33 ug/ml	131 ug/ml	1227 ug/ml	135 ug/ml	1.3 g/cm^3

Salas, 2020.

La unidad de medida microgramo sobre mililitro (ug/ml) se realizó la conversión correspondiente quedando de la forma: 1ug/ml = 1ppm, que es la requerida al realizar los cálculos analíticos de la interpretación.

Las Formas de Nitrógeno disponible para la planta son los Nitratos del Nitrógeno Nítrico (NNO3) y el amonio o bien Nitrógeno Amoniacal (N-NH4). Las concentraciones de N-NO3, y N-NH4 en el suelo dependen de la actividad biológica, así que fluctúan con los cambios en las condiciones como la temperatura y la humedad.

Los nitratos son lavados fácilmente del suelo cuando llueve demasiado o hay una irrigación excesiva. El análisis de suelo puede determinar las concentraciones de N-NO3 y N-NH4 en el momento en que se extrajo la muestra, pero no reflejan las condiciones futuras ya que se lixivia rápidamente por condiciones de lluvia. Para la interpretación del análisis se requiere convertir la forma amoniacal (NH_4) a nitrógeno, y se procede de la siguiente manera:

Interpretaciones de análisis de suelo:

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 1 se deduce que:

1) Marco de plantación: **2.5 × 2.5** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{1oooom2}}{\mathbf{2.5\times2.5}} = \frac{\mathbf{1600plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.2 g/cm^3** $=$ **1200 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1200kg/m^3 $=$ **3600.000 kg de peso de suelo/ ha.**

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **19 ppm de NH4 × 0.778 = 14.78 ppm de N.**

14.78 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

14.78 kg de N ⟶ 3600.000 kg de peso de suelo

Se plantea: **14.78 kg de N 1000.000 kg de suelo**

X 3600.000 kg de suelo

X = $\frac{\textbf{14.78 kg de N} \times \textbf{3600.000 kg de suelo}}{\textbf{1000.000 kg de suelo}}$ **= 53.2 KgN/ha.**

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 53.2 kg de N

156.8 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **156.8 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.5sacos/ha.**

3.5sacos/ha. × 1.85 hectáreas de superficie = 6.5 sacos de Urea.

- 2

4.5 sacos de Urea

8) Dosificación por planta: **4.5 sacos de urea × 45kg = 202 kg × 2.2 libras=**

444 libras de urea / 2960 plantas de cacao = 0.15 libras /planta.

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **14.78 kg de P 1000.000 kg de suelo**

X 3600.000 kg de suelo

X = 9 kg de P × 3600.000 kg de suelo = 32.4 Kg de P /ha.

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 32.4 kg de P

47.6 Kg de P /ha/año.

3) Cálculo por hectárea: **47.6 / 46% (porcentaje de DAP) = 1.03 sacos/ha.**

1.03 sacos/ha. × 1.85 hectáreas de superficie = 2 sacos de fosfato di amoniaco.

4) Dosificación por planta: **2 sacos de DAP = 90 kg × 2.2 libras=**

198 libras de DAP / 2960 plantas de cacao = 0.07 libras /planta.

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **105 kg de K 1000.000 kg de suelo**

X 3600.000 kg de suelo

X = 105 kg de K × 3600.000 kg de suelo = 378 Kg de K /ha.

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 378 kg de F

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **1750 kg de Ca 1000.000 kg de suelo**

X 3600.000 kg de suelo

X = 1750 kg de Ca × 3600.000 kg de suelo = 6300 Kg de Ca /ha.

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 6.300 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 2 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 3** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{1oooom2}}{\mathbf{3\times3}} = \frac{\mathbf{1111\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.1 g/cm^3** $=$ **1100 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1100kg/m^3 $=$ **3300.000 kg de peso de suelo/ ha.**

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **11 ppm de NH4 × 0.778 = 8.6 ppm de N.**

8.6 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

8.6 kg de N ⟶ 3300.000 kg de peso de suelo

Se plantea: **8.6 kg de N 1000.000 kg de suelo**

X 3300.000 kg de suelo

X = **8.6 kg de N × 3300.000 kg de suelo = 28.4 Kg de N/ha.**

1000.000 kg de suelo

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 28.4 kg de N

182 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **182 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 4 sacos/ha.**

4 sacos/ha. × 5.94 hectáreas de superficie = 24 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **24 sacos de urea × 45kg = 1080 kg × 2.2 libras=**

2376 libras de urea / 6600 plantas de cacao = 0.36 libras /planta.

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **20 kg de P 1000.000 kg de suelo**

X 3300.000 kg de suelo

X = 20 kg de P × 3300.000 kg de suelo = 66 Kg de P /ha.

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 66 kg de P

14 Kg de P /ha/año.

3) Cálculo por hectárea: **14 / 46% (porcentaje de DAP) = 0.3 sacos/ha.**

0.3 sacos/ha. × 5.94 hectáreas de superficie = 2 sacos de fosfato di amoniaco.

4) Dosificación por planta: **2 sacos de DAP = 90 kg × 2.2 libras=**

198 libras de DAP / 6600 plantas de cacao = 0.03 libras /planta.

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **128 kg de K** **1000.000 kg de suelo**

X **3300.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{128\ kg\ de\ K \times 3300.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 422\ Kg\ de\ K\ /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 422 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **1162 kg de Ca** **1000.000 kg de suelo**

X **3300.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{1162\ kg\ de\ Ca \times 3300.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 3834\ Kg\ de\ Ca\ /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 3834 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 3 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 2.8** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{10000m2}}{\mathbf{3 \times 2.8}} = \frac{\mathbf{1190\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.4 g/cm^3** $=$ **1400 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1400kg/m^3 = 4200.000 kg de peso de suelo/ ha.

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **9 ppm de NH4 × 0.778 = 7 ppm de N.**

7 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

7 kg de N ⟶ 4200.000 kg de peso de suelo

Se plantea: **7 kg de N** **1000.000 kg de suelo**

X **4200.000 kg de suelo**

X = **7 kg de N × 42000.000 kg de suelo** **= 29.4 Kg de N/ha.**

1000.000 kg de suelo

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 29.4 kg de N

181 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **181 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.9 sacos/ha.**

3.9sacos/ha. × 3.71 hectáreas de superficie = 15 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **15 sacos de urea × 45kg = 1035 kg × 2.2 libras= 1485 libras de urea / 4415 plantas de cacao = 0.33 libras /planta.**

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **20 kg de P** **1000.000 kg de suelo**

X **4200.000 kg de suelo**

X = 20 kg de P × 4200.000 kg de suelo **= 84 Kg de P /ha.**

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 84 kg de P

No se requiere aplicación

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **151 kg de K** **1000.000 kg de suelo**

X **4200.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{151\ kg\ de\ K \times 4200.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 634\ Kg\ de\ K\ /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 634 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **859 kg de Ca** **1000.000 kg de suelo**

X **4200.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{859kg\ de\ Ca \times 4200.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 3607\ Kg\ de\ Ca\ /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 3607 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 4 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 3** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{1oooom2}}{\mathbf{3\times3}} = \frac{\mathbf{1111\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.4 g/cm^3** $=$ **1400 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m² × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m³ volumen de suelo.**

3000m³ × 1400kg/m³ = 4200.000 kg de peso de suelo/ ha.

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **10 ppm de NH4 × 0.778 = 8 ppm de N.**

8 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

8 kg de N ⟶ 4200.000 kg de peso de suelo

Se plantea: **7 kg de N 1000.000 kg de suelo**

X 42000.000 kg de suelo

X = **8 kg de N × 42000.000 kg de suelo = 34 Kg de N/ha.**

1000.000 kg de suelo

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 34 kg de N

176 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **176 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.85 sacos/ha.**

3.85 sacos/ha. × 4.36 hectáreas de superficie = 17 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **17 sacos de urea × 45kg = 1035 kg × 2.2 libras= 1683 libras de urea / 4844 plantas de cacao = 0.35 libras /planta.**

Fósforo:

2) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **12 kg de P 1000.000 kg de suelo**

X 4200.000 kg de suelo

X = 12 kg de P × 4200.000 kg de suelo = 50.4 Kg de P /ha.

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 50.4 kg de P

29.6 Kg / P /año

3) Cálculo por hectárea: **29.6 / 46% (porcentaje de DAP) = 0.64 sacos/ha. 0.64 sacos/ha. × 4.36 hectáreas de superficie = 2.8 sacos de fosfato di amoniaco**.

4) Dosificación por planta: **2.8 sacos de DAP × 45kg = 126kg × 2.2 libras= 277 libras de DAP / 4844 plantas de cacao = 0.06 libras /planta.**

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **90 kg de K 1000.000 kg de suelo**

X 4200.000 kg de suelo

$$X = \frac{90 \text{ kg de K} \times 4200.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 378 \text{ Kg de K /ha.}$$

2) Calculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 378 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

8) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **1270 kg de Ca 1000.000 kg de suelo**

X 4200.000 kg de suelo

$$X = \frac{1270 \text{ kg de Ca} \times 4200.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 5334 \text{ Kg de Ca /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 5334 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 5 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 2.8** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{10000m2}}{\mathbf{2.8 \times 2.8}} = \frac{\mathbf{1275\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.3 g/cm^3 = 1300 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1300kg/m^3 = 3900.000 kg de peso de suelo/ ha.

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **22 ppm de NH4 × 0.778 = 17 ppm de N.**

17 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

17 kg de N ⟶ 3900.000 kg de peso de suelo

Se plantea: 1**7 kg de N 1000.000 kg de suelo**

X 3900.000 kg de suelo

X = 1**7 kg de N × 3900.000 kg de suelo = 66 Kg de N/ha.**

1000.000 kg de suelo

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 66 kg de N

144 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **144 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.1 sacos/ha.**

3.1sacos/ha. × 2.84 hectáreas de superficie = 9 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **9 sacos de urea × 45kg = 405 kg × 2.2 libras= 891 libras de urea / 3621 plantas de cacao = 0.24 libras /planta.**

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **53 kg de P** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$X = \frac{\text{53 kg de P} \times \text{3900.000 kg de suelo}}{\text{1000.000 kg de suelo}} = 206.7 \text{ Kg de P /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 206.7 kg de P

No se requiere aplicación

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **209 de K** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$X = \frac{\text{209 kg de K} \times \text{3900.000 kg de suelo}}{\text{1000.000 kg de suelo}} = 815 \text{ Kg de K /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 815 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **1701 kg de Ca** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$X = \frac{\text{1701 kg de Ca} \times \text{3900.000 kg de suelo}}{\text{1000.000 kg de suelo}} = 6633 \text{ Kg de Ca /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 6633 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 6 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 2.8** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{10000m2}}{\mathbf{3 \times 2.8}} = \frac{\mathbf{1190\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.1 g/cm^3 = 1100 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1100kg/m^3 = 3300.000 kg de peso de suelo/ ha.

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **15 ppm de NH4 × 0.778 = 12 ppm de N.**

12 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

12 kg de N ⟶ 3300.000 kg de peso de suelo

Se plantea: 1**2 kg de N 1000.000 kg de suelo**

X 3300.000 kg de suelo

X = 1**2 kg de N × 3300.000 kg de suelo = 40 Kg de N/ha.**

1000.000 kg de suelo

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 40 kg de N

170 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **170 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.7 sacos/ha.**

3.7sacos/ha. × 1.77 hectáreas de superficie = 7 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **7 sacos de urea × 45kg = 315 kg × 2.2 libras= 693 libras de urea / 2106 plantas de cacao = 0.33 libras /planta.**

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **22 kg de P** **1000.000 kg de suelo**

X **3300.000 kg de suelo**

$$X = \frac{22 \text{ kg de P} \times 3300.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 72.6 \text{ Kg de P /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 72.6 kg de P

7.4 kg de P

Esta mínima cantidad se debe suministrar vía foliar y en el siguiente año se verificará si este elemento sigue decreciendo de tal forma si será reaplicado por el productor.

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **126 de K** **1000.000 kg de suelo**

X **3300.000 kg de suelo**

$$X = \frac{126 \text{ kg de K} \times 3300.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 415.8 \text{ Kg de K /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 415.8 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **418 kg de Ca** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$X = \frac{418 \text{ kg de Ca} \times 3300.000 \text{ kg de suelo}}{} = 1379.4 \text{ Kg de Ca /ha.}$$

1000.000 kg de suelo

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 1379 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 7 se deduce que:

1) Marco de plantación: **2.8 × 2.8** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{4500m2}}{\mathbf{2.8 \times 2.8}} = \frac{\mathbf{574\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.3 g/cm^3 = 1300 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1300kg/m^3 = 3900.000 kg de peso de suelo/ ha.

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **11 ppm de NH4 × 0.778 = 8.6 ppm de N.**

8.6 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

8.6 kg de N ⟶ 3900.000 kg de peso de suelo

Se plantea: **8.6 kg de N 1000.000 kg de suelo**

X 3900.000 kg de suelo

X = **8.6 kg de N × 3900.000 kg de suelo = 33.5 Kg de N/ha.**

1000.000 kg de suelo

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 33.5 kg de N

177 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **177 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.85 sacos/ha.**

3.85 sacos/ha. × 0.45 hectáreas de superficie = 2 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **2 sacos de urea × 45kg = 90 kg × 2.2 libras=**

198 libras de urea / 574 plantas de cacao = 0.35 libras /planta.

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **14 kg de P** **1000.000 kg de suelo**

X **1755.000 kg de suelo**

$$X = \frac{\text{14 kg de P} \times \text{3900.000 kg de suelo}}{\text{1000.000 kg de suelo}} = 54.6 \text{ Kg de P /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 54.6 kg de P

25.4 kg de P

3) Cálculo por hectárea: **25.4 / 46% (porcentaje de DAP) = 0.5 sacos/ha.**

0.5 sacos/ha. × 0.45 hectáreas de superficie = 0.23 sacos de fosfato di amoniaco.

4) Dosificación por planta: **0.23 sacos de DAP = 23 kg × 2.2 libras=**

50 libras de DAP / 574 plantas de cacao = 0.08 libras /planta.

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **139 de K** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$X = \frac{\text{139 kg de K} \times \text{3900.000 kg de suelo}}{\text{1000.000 kg de suelo}} = 542 \text{ Kg de K /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 542 kg de K

No se requiere aplicación

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **1477 kg de Ca** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{1477\ kg\ de\ Ca \times 3900.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 5760\ Kg\ de\ Ca\ /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 5760 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 8 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 2.8** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{10oooom2}}{\mathbf{3 \times 2.5}} = \frac{\mathbf{1333\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.2 g/cm^3** $=$ **1200 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1200kg/m^3 $=$ **3600.000 kg de peso de suelo/ ha.**

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **23 ppm de NH4 × 0.778 = 18 ppm de N.**

18 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

18 kg de N ⟶ 3600.000 kg de peso de suelo

Se plantea: 1**8 kg de N** **1000.000 kg de suelo**

X **3600.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{18\ kg\ de\ N \times 3600.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 65\ Kg\ de\ N/ha.}$$

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 65 kg de N

145 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **145 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 3.2 sacos/ha.**

3.2 sacos/ha. × 1.08 hectáreas de superficie = 3.5 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **3.5 sacos de urea × 45kg = 158 kg × 2.2 libras=**

348 libras de urea / 1440 plantas de cacao = 0.24 libras /planta.

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **53 kg de P 1000.000 kg de suelo**

X 3600.000 kg de suelo

$$X = \frac{53 \text{ kg de P} \times 3600.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 191 \text{ Kg de P /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 191 kg de P

No se requiere aplicación

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **354 de K 1000.000 kg de suelo**

X 3600.000 kg de suelo

$$X = \frac{354 \text{ kg de K} \times 3600.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 1275 \text{ Kg de K /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 1275 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **2203 kg de Ca** **1000.000 kg de suelo**

X **3600.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{2203\ kg\ de\ Ca \times 3600.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 7931\ Kg\ de\ Ca\ /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 7931 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Interpretación de los análisis de suelo en la plantación 9 se deduce que:

1) Marco de plantación: **3 × 2.8** distancia de plantas e hileras.

2) Cálculo de plantas por hectárea: $\frac{\mathbf{1oooom2}}{\mathbf{3 \times 2.8}} = \frac{\mathbf{1190\ plantas}}{\mathbf{ha}}$.

3) Densidad aparente: **1.3 g/cm^3** $=$ **1300 kg/m^3**

4) Profundidad de muestra: **0 – 30 cm** de profundidad.

Nitrógeno:

5) Peso del suelo: **10000m^2 × 0.30m (profundidad de muestra) = 3000m^3 volumen de suelo.**

3000m^3 × 1300kg/m^3 $=$ **3900.000 kg de peso de suelo/ ha.**

6) Cálculo del peso del nitrógeno: **10 ppm de NH4 × 0.778 = 8 ppm de N.**

8 ppm de N ⟶ 1000.000 ppm

8 kg de N ⟶ 3900.000 kg de peso de suelo

Se plantea: **8 kg de N** **1000.000 kg de suelo**

X **3900.000 kg de suelo**

$$\mathbf{X = \frac{8\ kg\ de\ N \times 3900.000\ kg\ de\ suelo}{1000.000\ kg\ de\ suelo} = 31\ Kg\ de\ N/ha.}$$

7) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 210kg de N.**

Tengo: 31 kg de N

179 Kg de N/ha/año.

8) Cálculo por hectárea: **179 / 46% (porcentaje de nitrógeno) = 4 sacos/ha.**

4 sacos/ha. × 4.03 hectáreas de superficie = 16 sacos de Urea.

9) Dosificación por planta: **16 sacos de urea × 45kg = 736 kg × 2.2 libras=**

1619 libras de urea / 4795 plantas de cacao = 0.33 libras /planta.

Fósforo:

1) Cálculo del peso del fósforo:

Se plantea: **33 kg de P 1000.000 kg de suelo**

X 3900.000 kg de suelo

$$X = \frac{33 \text{ kg de P} \times 3900.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 129 \text{ Kg de P /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 80kg de P.**

Tengo: 129 kg de P

No se requiere aplicación

Potasio:

1) Cálculo del peso del potasio:

Se plantea: **354 de K 1000.000 kg de suelo**

X 3900.000 kg de suelo

$$X = \frac{131 \text{ kg de K} \times 3900.000 \text{ kg de suelo}}{1000.000 \text{ kg de suelo}} = 511 \text{ Kg de K /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 290 kg de K.**

Tengo: 511 kg de K

No se requiere aplicación.

Calcio:

1) Cálculo del peso del calcio:

Se plantea: **1227 kg de Ca 1000.000 kg de suelo**

X 3900.000 kg de suelo

$$X = \frac{\text{1227 kg de Ca} \times \text{3900.000 kg de suelo}}{\text{1000.000 kg de suelo}} = \text{4785 Kg de Ca /ha.}$$

2) Cálculo de recomendación a aplicar: **Necesito: 120 kg de Ca**

Tengo: 4785 kg de Ca

No se requiere aplicación.

Tendencias de precipitación: en software SIG se realizó el proceso informático:

- Como primer proceso se obtuvo los datos de precipitación de por lo menos 25 años de antigüedad con las respectivas coordenadas geográficas de cada estación meteorológica.
- Se ingresaron todos los datos en plantilla Excel para ser extraídos posteriormente por la plataforma del software SIG.
- En plataforma SIG se activan extensiones, y se dan coberturas provinciales y se procedió a realizar la planimetría de cada plantación.
- Luego de realizar planimetría, se insertaron las redes meteorológicas con sus datos correspondientes.
- Mediante la herramienta raster interpolation y la opción spline en arc map: se ingresaron los datos referentes a la precipitación que da la generación de un campo visual del número de mm por año y las zonas específicas de lluvias en la zona geográfica donde están ubicadas las redes de estaciones meteorológicas.

- A partir del proceso anterior se procedió a dar los colores y label al raster anteriormente añadido, quedando las zonas donde mayor precipitación ha existido durante los últimos 40 años para lo cual se utilizó la herramienta geoprocessing luego clip y clasificamos o cortamos las zonas de importancia que corresponden a las 9 plantaciones de cacao.
- Finalmente se procedió a analizar los respectivos datos en relación con los resultados del laboratorio y poder determinar si las precipitaciones en respectivas zonas están alterando el pH y disponibilidad de los nutrientes del suelo.

3.2.5 Análisis estadístico

Se planteó un análisis descriptivo debido a que solo se comparó los macronutrientes y pH del suelo entre las 9 plantaciones que fue respaldado en tablas y figuras espaciales con las precipitaciones constantes en la zona que fue determinado con la elaboración de la tendencia de precipitación y balance hídrico en el software SIG para concluir si las precipitaciones están afectando la disponibilidad de nutrientes.

4. Resultados

4.1 Determinación de las condiciones químicas y nutricionales del suelo, mediante análisis químico.

Para la ejecución de este objetivo primero se identificaron 9 plantaciones de cacao ubicadas en lugares separados, en el cantón La Troncal, recinto La Puntilla, sector 40 cuadras, Asociación Agropecuaria Santa Rita**.**

A continuación, las recomendaciones de la interpretación de los análisis de suelos de las 9 plantaciones que se estudió:

En la plantación 1 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción nitrógeno y fosforo de la siguiente manera:

Primera aplicación: 2 sacos de urea y la dosificación: 0.15 libras / planta.

Segunda aplicación: 2 sacos de fosfato di amoniaco y dosificación: 0.07 libras / planta.

En la plantación 2 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción nitrógeno y fosforo de la siguiente manera:

Primera aplicación: 24 sacos de urea con una dosificación de 0.36 libras por planta y una aplicación mínima de 2 sacos de fosfato di amoniaco con una dosificación de 0.03 libras por planta.

Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 3 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno de la siguiente manera:

Una aplicación de 15 sacos de urea con una dosificación de 0.33 libras por planta. Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 4 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno y fósforo de la siguiente manera:

Primera aplicación: 17 sacos de urea con una dosificación de 0.35 libras por planta y una aplicación mínima de 2.8 sacos de fosfato di amoniaco con una dosificación de 0.06 libras por planta.

Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 5 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno de la siguiente manera:

Una aplicación de 9 sacos de urea con una dosificación de 0.24 libras por planta. Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 6 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno de la siguiente manera:

Una aplicación de 7 sacos de urea con una dosificación de 0.33 libras por planta, se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 7 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno de la siguiente manera:

Una aplicación de 2 sacos de urea con una dosificación de 0.35 libras por planta, y una aplicación mínima de 0.23 sacos de fosfato di amoniaco con una dosificación de 0.08 libras por planta. Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 8 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno de la siguiente manera:

Una aplicación de 3.5 sacos de urea con una dosificación de 0.24 libras por planta. Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En la plantación 9 se recomendó que se necesita aportar al suelo para que exista un desarrollo fisiológico normal y se alcancen rangos óptimos de producción el elemento nitrógeno de la siguiente manera:

Una aplicación de 16 sacos de urea con una dosificación de 0.33 libras por planta. Se tomó en cuenta que, al existir pH neutro, existe disponibilidad óptima de nutrientes por lo cual la absorción de nutrientes es efectiva.

En todas las 9 plantaciones, en años anteriores los productores no han realizado análisis de suelo, de tal manera que la fertilización era de manera empírica o simplemente recomendada por técnico de campo, a diferencia de la forma correcta que si se realizó en este estudio de tesis y que ayudó a que se despejen dudas sobre la fertilidad de los suelos en esta zona geográfica del cantón La troncal.

4.2 Desarrollo mediante SIG una tendencia de precipitación para ubicación de zonas vulnerables.

Para la realización de los análisis espaciales de requirieron una red de 19 estaciones meteorológicas ubicadas alrededor de la zona de influencia o desarrollo de las plantaciones.

Tabla 4 Datos de estaciones meteorológicas y coordenadas

Estaciones	X	Y
Intendencia la troncal	683296	9730123
Banatel	664735	9743827
Cecilia	683676	9731432
Ruidoso	674232	9727383
San luis	676759	9726442
Agriflorsa	683565	9726687
Vainillo s. Jacobo K. Nube	670751	9734709
San jorge	675600	9729818
Cochancay	688880	9727458
Pobasa	675495	9722360
Janeiros	690376	9743295
Banatel sur-cenatic (corrales)	668674	9740358
Banatel (taura)	652323	9740934
Lomaverde (mangos)	653319	9727271
Difaset (pte. Salinas)	687424	9723064
Surucua palma	677266	9734764
Agriboliche	651743	9748549
Shanghay	682326	9717806
Cereales	672825	9730604

Salas, 2020.

Cada estación meteorológica facilitó información crucial que se utilizaron para el desarrollo espacial de las tendencias de precipitación y balance hídrico del cantón La Troncal.

Datos meteorológicos de la precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa y heliofanía de los últimos 40 años, cruciales para la exactitud en los resultados de las imágenes espaciales.

Tabla 5 Datos climáticos de estaciones meteorológicas, ultimos 40 años

Orden	Estaciones meteorológicas	X	Y	preci_mm	temp_media	evo_mm
0	Intendencia la troncal	683296	9730123	2013	25	1073
1	Banatel	664735	9743827	1335	21	1156
2	Cecilia	683676	9731432	2258	25	1422
3	Ruidoso	674232	9727383	1628	27	1240
4	San luis	676759	9726442	1337	28	1333
5	Agriflorsa	683565	9726687	1619	21	1256
6	Vainillo s. jacobo k. nube	670751	9734709	1371	27	1720
7	San Jorge	675600	9729818	1369	26	1250
8	Cochancay	688880	9727458	1935	24	953
9	Pobasa	675495	9722360	1573	21	876
10	Janeiros	690376	9743295	1600	27	971
11	Bbanatel sur-cenatic (corrales)	668674	9740358	1535	26	846
12	Banatel (taura)	652323	9740934	1800	26	1066
13	Lomaverde (mangos)	653319	9727271	1345	26	935
14	Difaset (pte. salinas)	687424	9723064	1452	25	760
15	Surucua palma	677266	9734764	1452	27	885
16	Agriboliche	651743	9748549	1700	26	926
17	Shanghay	682326	9717806	1600	21	934
18	Cereales	672825	9730604	1047	24	855

Salas, 2020

4.2.1 Balance hídrico

4.2.2 Balance hídrico en el cantón La Troncal y zonas productoras de cacao

- Se realizó la planimetría de las 9 plantaciones de cacao en software SIG posterior a la obtención de las coordenadas UTM en las plantaciones.

Figura 2. Levantamiento en software SIG

Salas, 2020

Existe un total de 26 hectáreas de suelo cultivado de los 9 productores de cacao en la zona a estudiar.

- Se georreferenció las 19 estaciones meteorológicas en orden numérico junto a las 9 plantaciones de cacao en software CAD.

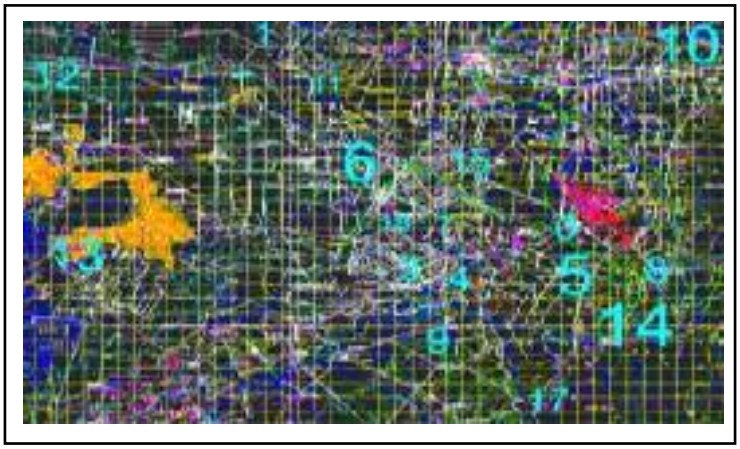


Figura 3 Georreferenciación de 19 estaciones meteorológicas en software CAD

Salas, 2020.

- Se ingresaron las redes meteorológicas en software SIG de tal forma que se obtuvo la planimetría y estaciones meteorológicas.

Figura 4. 19 redes meteorológicas junto a planimetría de 9 plantaciones en SIG Salas, 2020.

- En la plantilla de trabajo se añadió la cobertura cantonal La Troncal donde se especifica ubicación exacta del área de influencia.

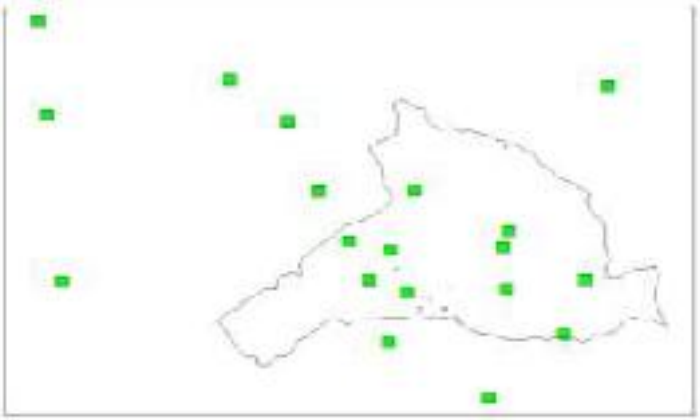


Figura 5. Cobertura cantonal, redes meteorológicas y plantaciones Salas, 2020.

- El siguiente proceso se procedió a ingresar las isoyetas, es decir mediante herramienta de raster interpolation se ingresaron los datos meteorológicos correspondientes a las precipitaciones de los últimos 40 años

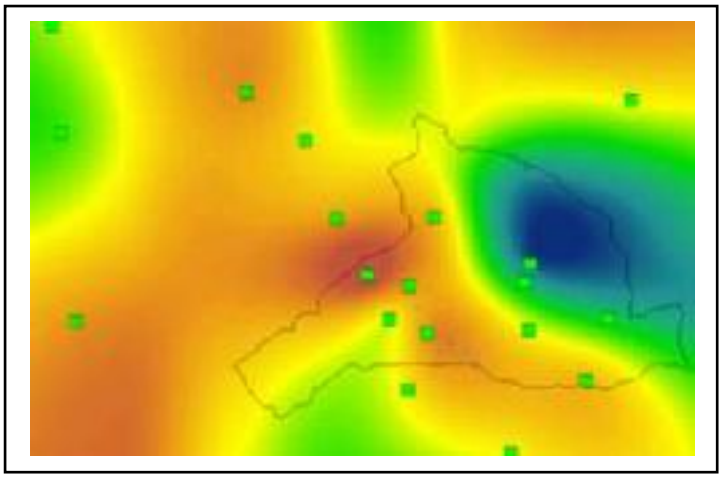


Figura 6. Isoyetas del cantón la Troncal

Salas, 2020.

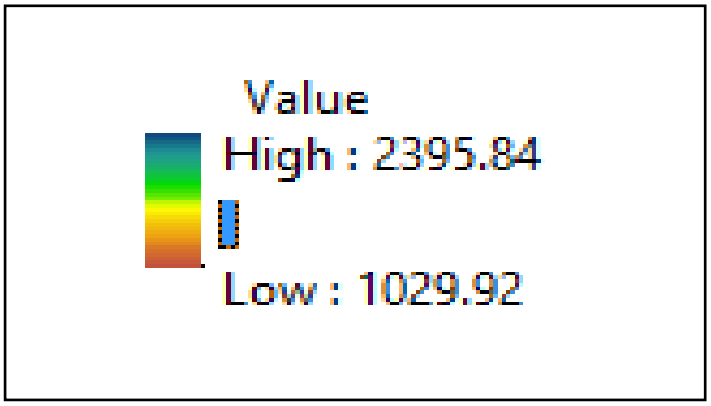


Figura 7. Valores de precipitaciones según análisis espacial SIG

Salas, 2020.

- En el siguiente proceso de análisis espacial se analizó el comportamiento de la precipitación como vectores, para lo cual la herramienta de spatial analyst, luego surface contour nos facilitó para realizar curvas de cada 100 mm, enfocando los puntos máximos y mínimos.

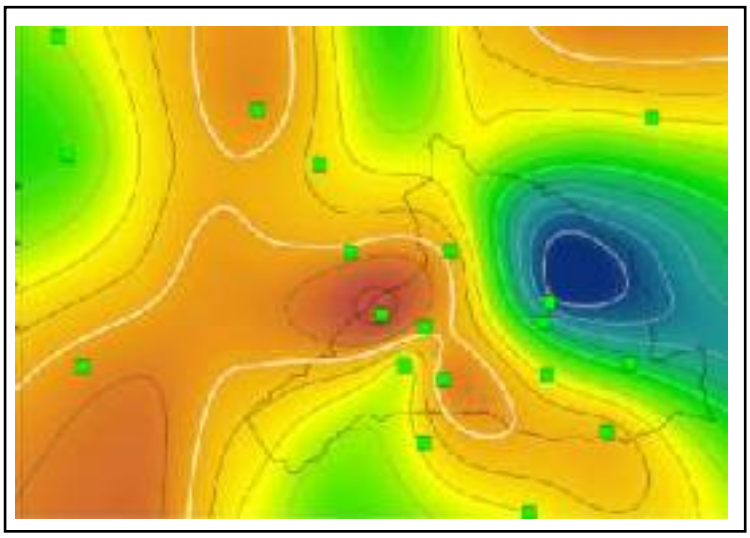


Figura 8. Se visualiza curvas de precipitación cada 100 mm.

Salas, 2020.

Se interpreta de la siguiente manera: en la zona sur este del cantón La Troncal donde se encuentran establecidas las plantaciones existe un total promediado de precipitaciones durante los últimos 45 años de 1400 a 1800 mm, se deduce también que los niveles altos de precipitación de mayor a 2300 mm se encuentran en la zona este del cantón como resultado que allí se ubican las cordilleras de los Andes.

- En el siguiente proceso espacial se elaboró las isotermas siguiendo la misma metodología de isoyetas se concluye de la siguiente manera.

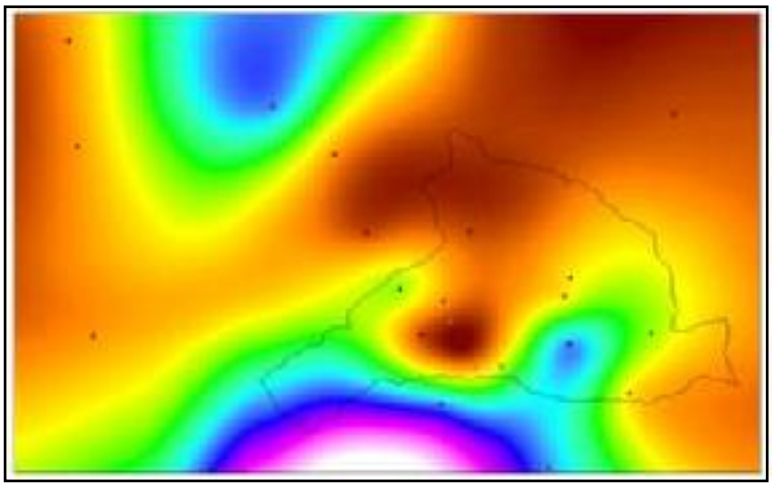


Figura 9. Análisis espacial de isotermas del cantón La Troncal

Salas, 2020.

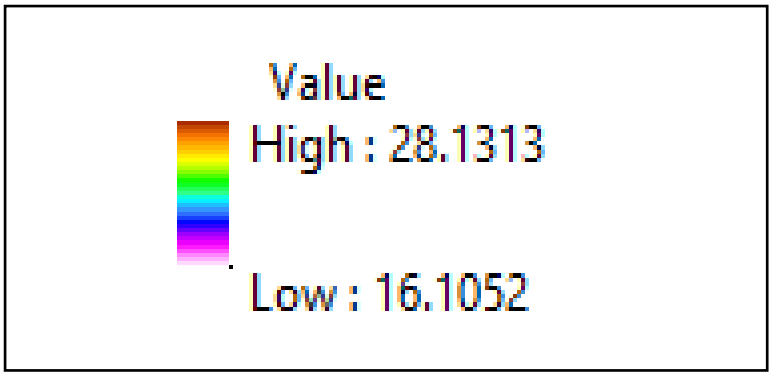


Figura 10. Valores de temperatura en la zona de estudio

Salas, 2020.

- Siguiendo el mismo procedimiento de isoyetas se creó el comportamiento de la temperatura como vectores con una magnitud de 1°C entre curva y curva.

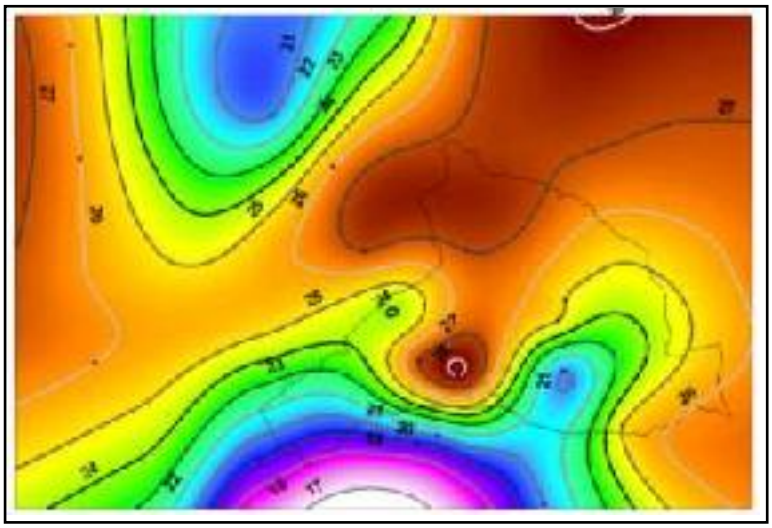


Figura 11. Se visualiza curvas de temperatura cada 1°C entre curvas

Salas, 2020.

Las isotermas se interpretan de la siguiente forma: en la zona sur del cantón donde se localizan las plantaciones existe una temperatura promediada de los últimos 45 años de entre 22 y 28°C, obteniendo en la zona este en las cordilleras de los Andes temperaturas superiores a los 28°C y en la zona sur correspondiente a la provincia del Azuay temperaturas inferiores a los 18°C.

Las isovaporas son representaciones graficas en el software donde se detalló el comportamiento de la evaporación durante los últimos 45 años en la zona de estudio y que proporciono información crucial en la interpretación del balance hídrico.

- En el siguiente proceso espacial se elaboró las isovaporas siguiendo la misma metodología de isoyetas e isotermas, la evaporación está en milímetros y se concluye de la siguiente manera.

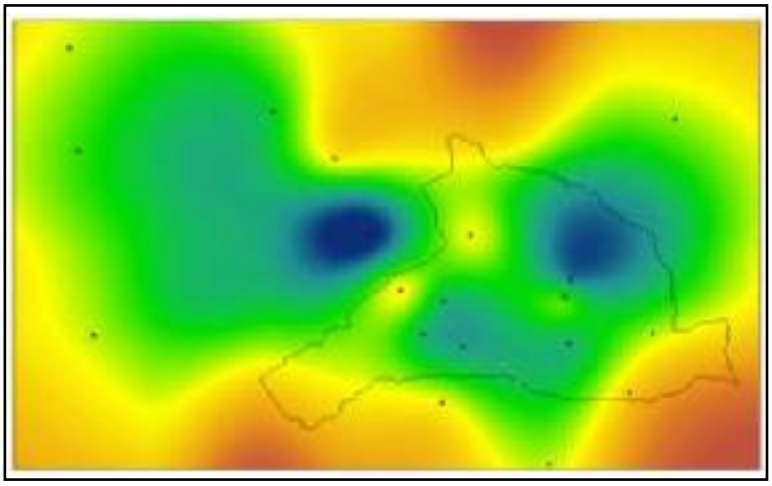


Figura 12. Análisis de isovaporas mediante software SIG del cantón La Troncal Salas, 2020.

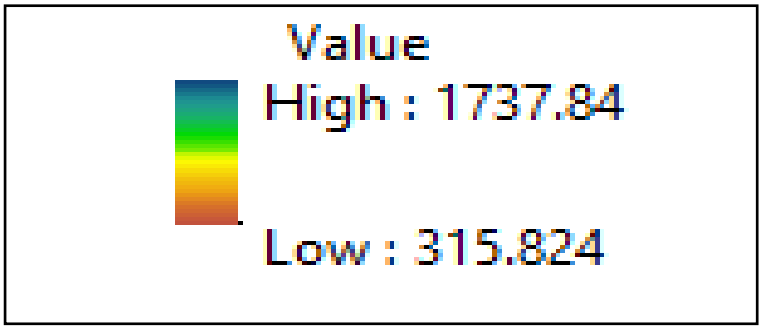


Figura 13. Valores de mm evaporados en la zona de estudio. Salas, 2020.

- Siguiendo el mismo procedimiento de isoyetas e isotermas se creó el comportamiento de la evaporación en mm como vectores con una magnitud de 100 en 100 mm ya que es la misma precipitación analizada.

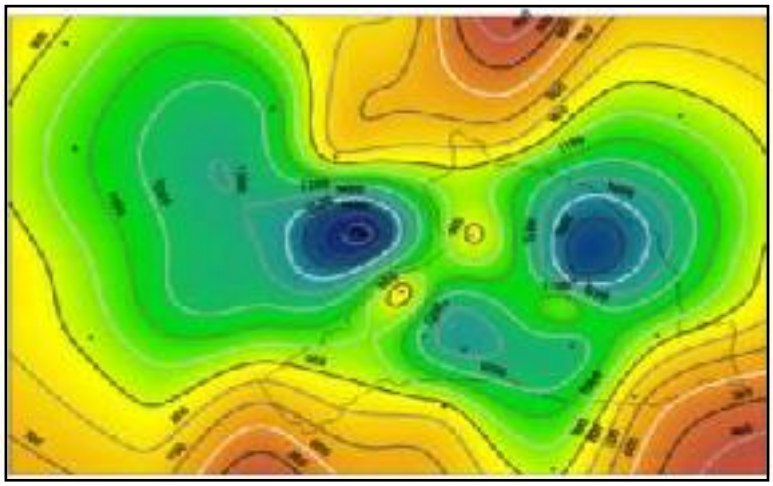


Figura 14. Se visualiza curvas de isovaporas cada 100mm de evaporación Salas, 2020.

Las isovaporas se interpretan de la siguiente forma: en la zona sur del cantón donde se localizan las plantaciones existe una evaporación promediada de los últimos 45 años de entre 1200 y 1300 mm.

Para el siguiente proceso espacial en el software SIG se extrajeron por mascaras las coberturas agro meteorológicas realizadas anteriormente.

- En el siguiente proceso espacial se procedió a extraer las máscaras de cada capa agro meteorológica creada isoyetas, isotermas e isovaporas, por lo tanto se cortó el raster a la medida del cantón La Troncal que es la zona específica a estudiar.

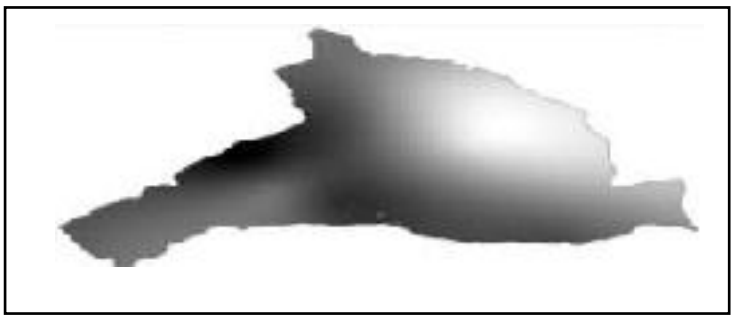


Figura 15. Se visualiza el raster isoyetas en la zona de influencia

Salas, 2020.

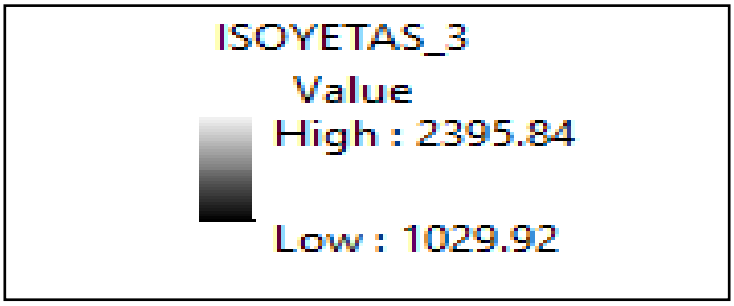


Figura 16. Valores de precipitación en mm en el cantón La Troncal

Salas, 2020.

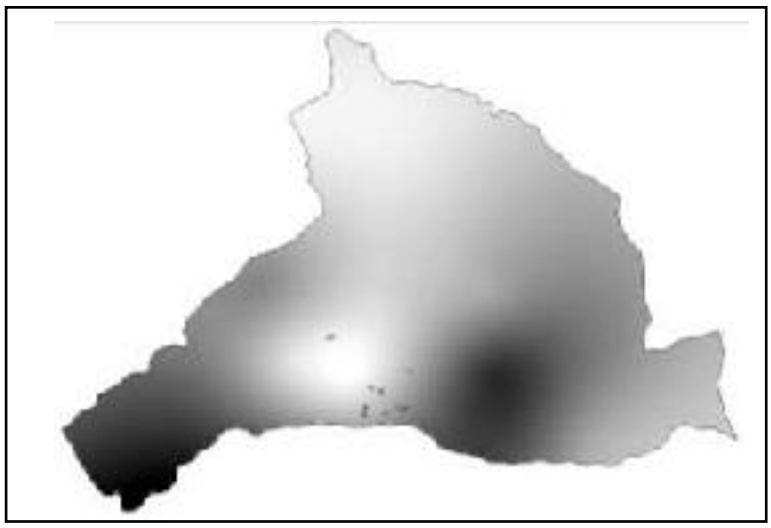


Figura 17. Se visualiza raster de isotermas en el cantón La Troncal

Salas, 2020.

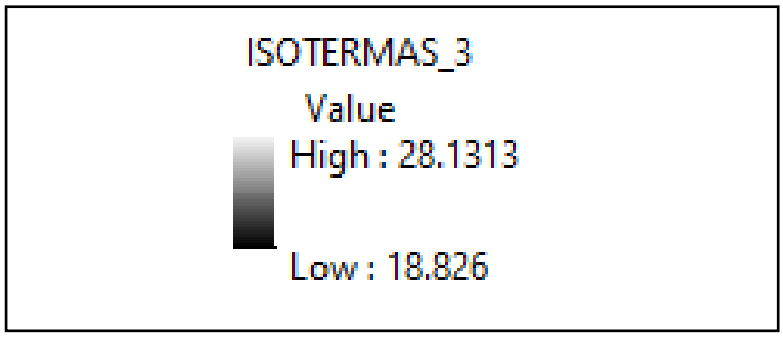


Figura 18. Se visualiza valores de temperaturas en la zona de influencia

Salas, 2020.

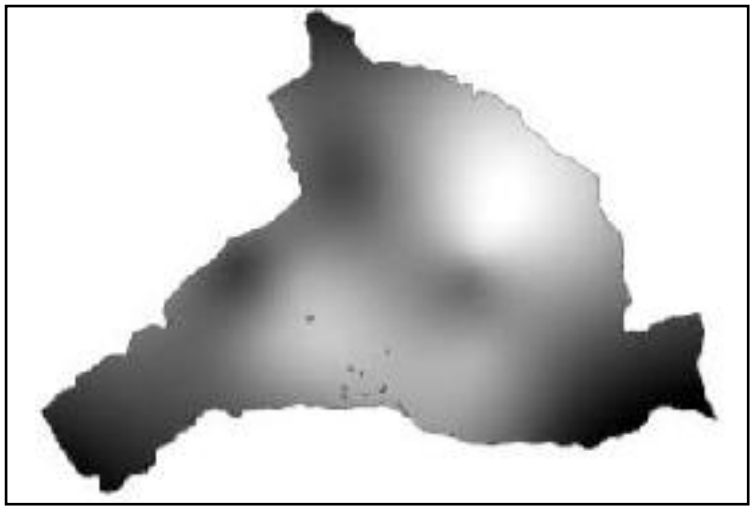


Figura 19. Se visualiza raster de isovaporas en el cantón La Troncal.

Salas, 2020.

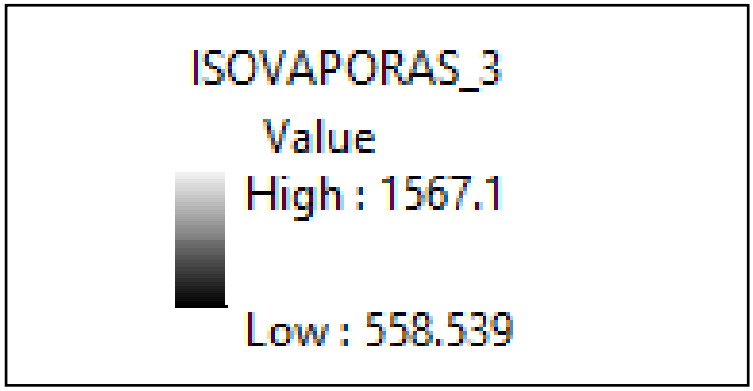


Figura 20. Se visualiza valores en evaporación en mm

Salas, 2020.

- En el siguiente proceso espacial se realizó el balance hídrico para lo cual se utilizó la siguiente metodología: Balance hídrico = precipitación / eto; la precipitación se obtuvo a partir del raster isoyetas y eto se calculó de la siguiente manera: temperatura ambiental * 58.93; para lo cual la temperatura ambiental corresponde al raster isotermas * 58.93.
- En el proceso espacial para obtener eto se empleó de la siguiente manera usando map algebra y raster calculator en spatial analyst multiplicando raster de isotermas * 58.93.

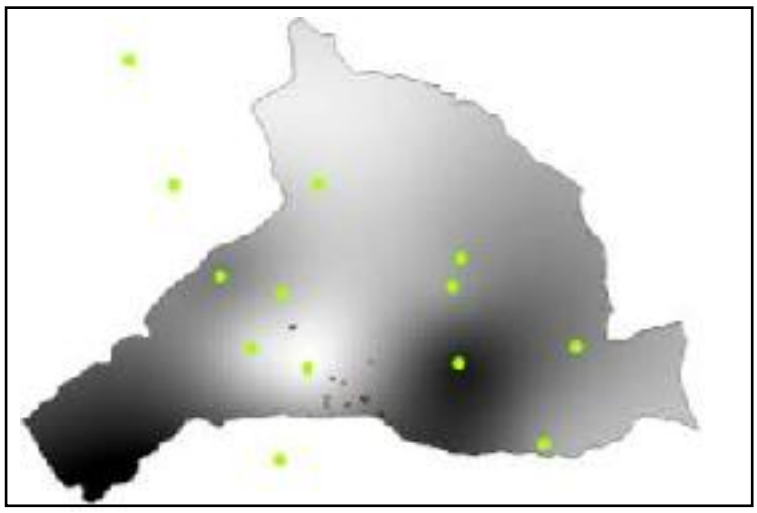


Figura 21. Se visualiza eto del cantón La Troncal

Salas, 2020.

- En el siguiente proceso espacial se realizó el balance hídrico para lo cual se dividió el raster isoyetas para el raster eto del cantón La Troncal haciendo uso de la herramienta espacial raster calculator.

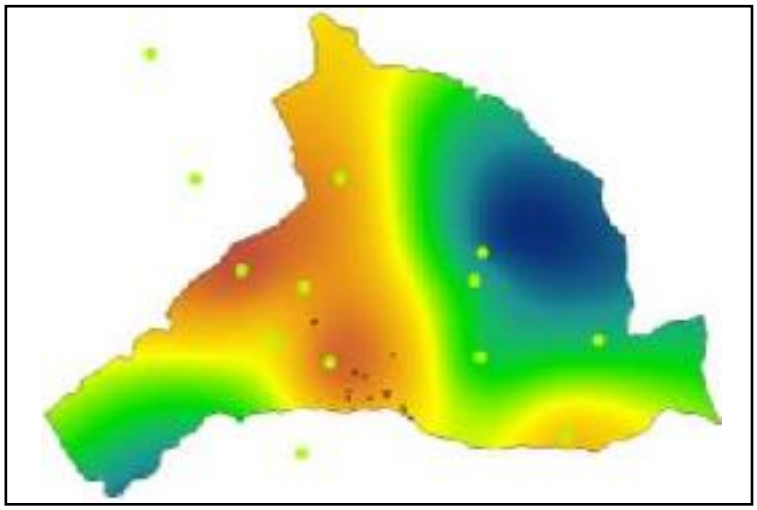


Figura 22. Balance hídrico del cantón La troncal

Salas, 2020.

- En el siguiente proceso espacial en software SIG se elaboró curvas correspondientes a las zonas según su índice de sequía e inundación.

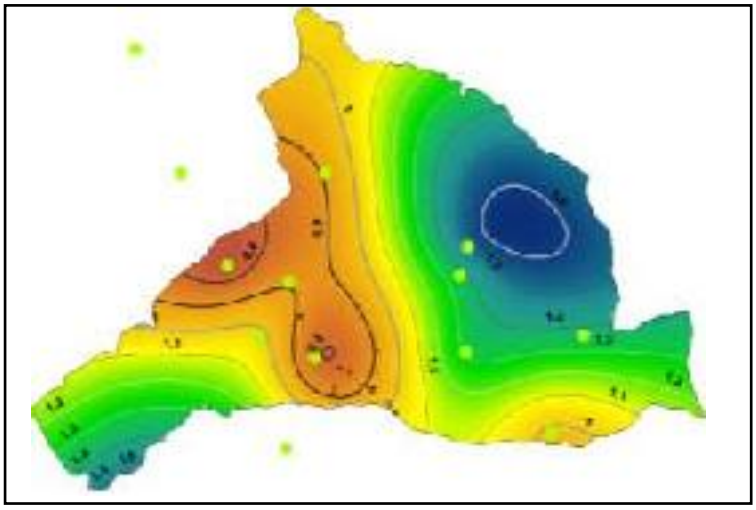


Figura 23. Curvas de inundación y sequía.

Salas, 2020.

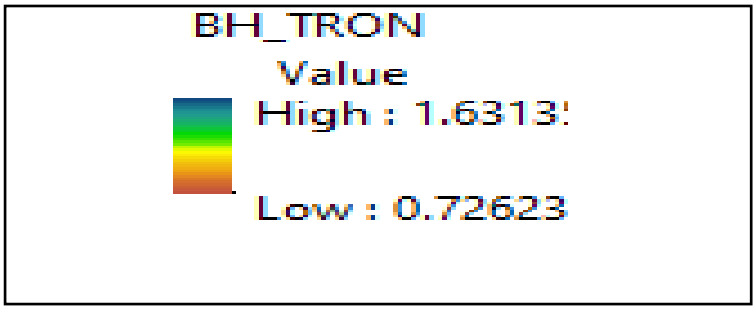


Figura 24. Valores correspondientes de sequía e inundación

Salas, 2020.

Para la interpretación del balance hídrico se estableció que el nivel 1 establece que existe un equilibrio entre sequia o inundación es decir es una zona meteorológicamente apta para establecer el cultivo de cacao, tomando referencia que niveles superiores a 1 establece mayor índice de inundaciones e inferiores a 1 establece mayor índice de sequía tal como muestra el análisis espacial.

El balance hídrico se interpreta de la siguiente manera: en las zonas donde están establecidas las 9 plantaciones que se estudiaron existe un nivel entre 0.8 y 1; cual se considera una zona apta para establecer plantaciones de cacao; al estar en

zonas de nivel 0.8 es necesario el diseño de sistemas de riego óptimos para la reposición de la lámina de riego requerida por este cultivo.

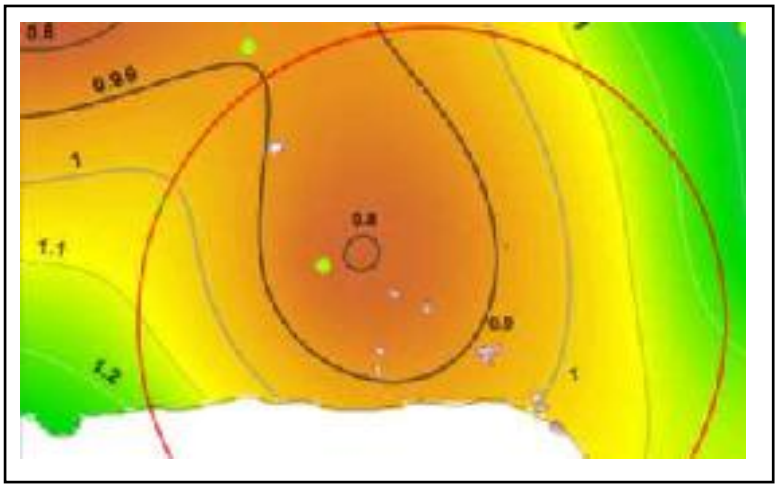


Figura 25. Zona de plantaciones con su curva correspondiente

Salas, 2020.

- En el siguiente proceso de análisis espacial se procedió a realizar la presentación final de la cartografía digital con su respectiva interpretación.

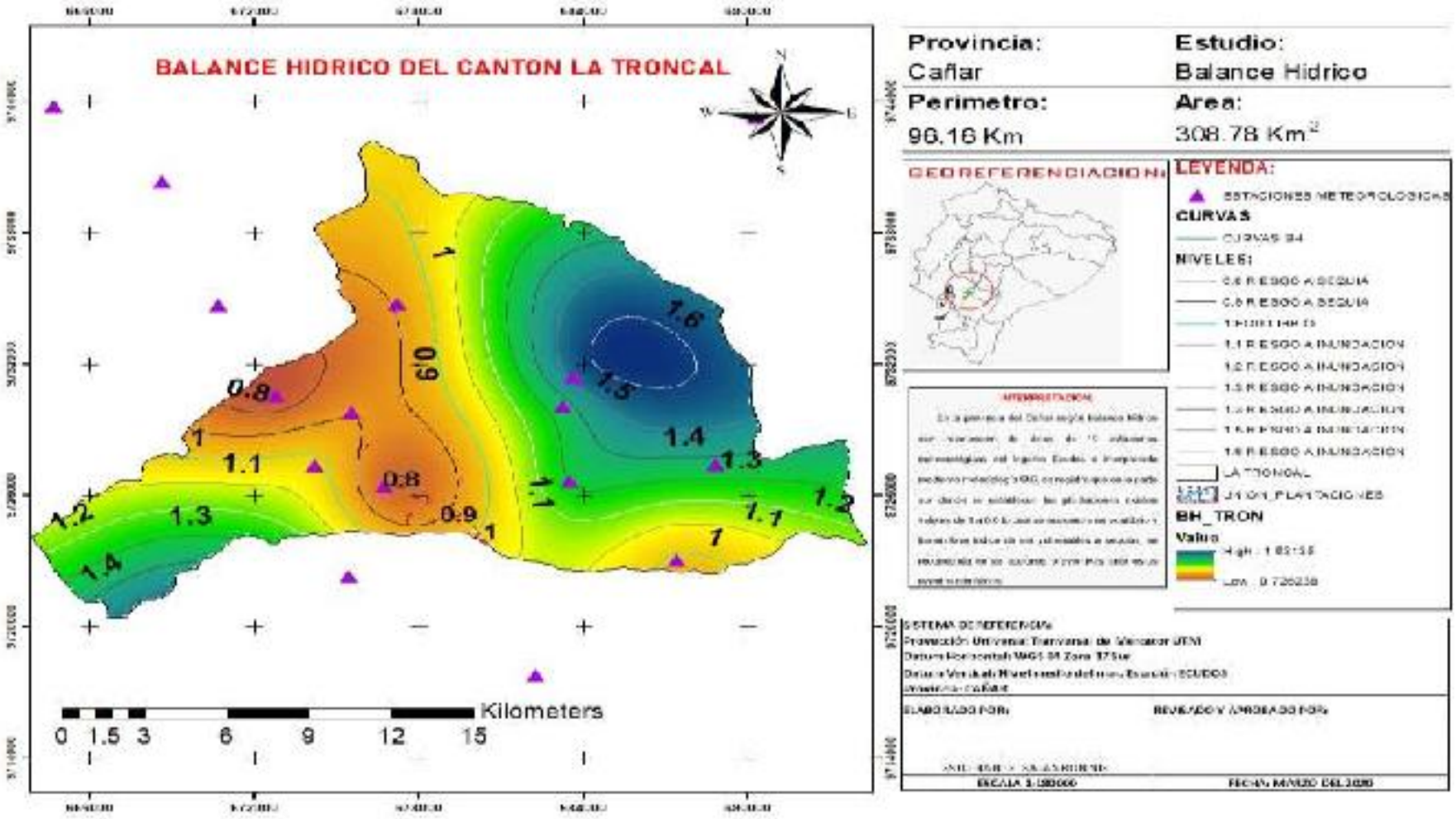


Figura 26. Presentación final del balance hídrico, cantón la Troncal

Salas, 2020.

4.3 Establecimiento de relaciones entre los resultados del análisis de suelo con la tendencia de precipitación.

4.3.1 Elaboración de tendencia de precipitación de los últimos 5 años.

Se realizó la tendencia de precipitación de los últimos 5 años para la determinación del descenso o aumento de niveles de precipitaciones en la zona de estudio de tal manera que en el balance hídrico se usó la herramienta del software SIG, raster interpolation.

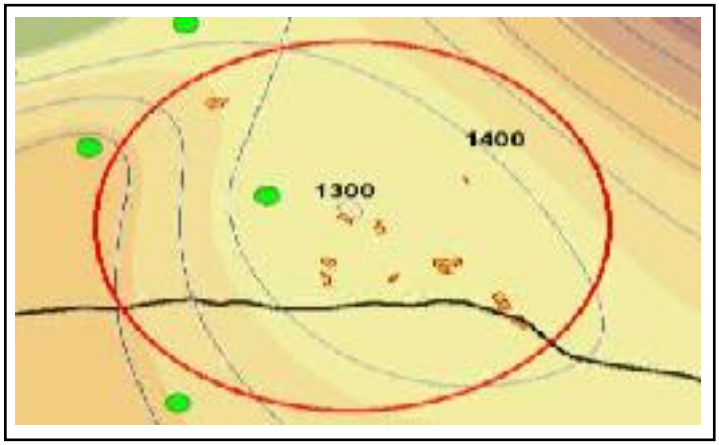


Figura 27. Tendencia de precipitación de los últimos 5 años.

Salas, 2020.

Se deduce que en los últimos 5 años existe una reducción de las precipitaciones que oscila de 1400 a 1300 mm en la zona de estudio.

4.3.2 Elaboración de zonas críticas y equilibrio del balance hídrico.

- Para el establecimiento de relaciones entre porcentajes de análisis de suelo y análisis espaciales SIG se determinó las superficies de cada nivel de influencia del balance hídrico realizado para lo cual del proceso raster de balance hídrico se procedió a realizar una reclasificación donde se distribuya geográficamente los niveles de influencia del balance hídrico y posterior a este proceso se realizó shapefile del mismo.

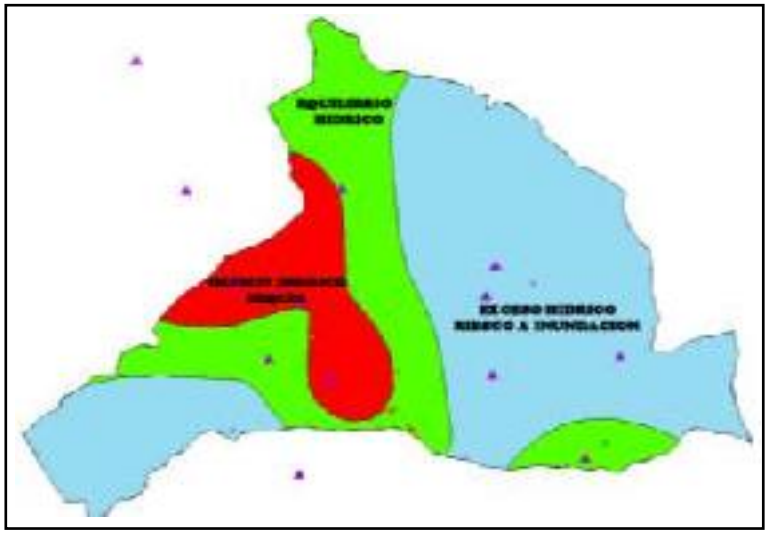


Figura 28. Reclasificación y shapefile del balance hídrico.

Salas, 2020.

Debido a que existían valores inferiores entre 0.9 y 1 y 1 y 1.1 en el balance hídrico se determinó que en la reclasificación se ubiquen valores de equilibrio hídrico entre 0.9 y 1. Déficit hídrico de 0.9 y valores inferiores y exceso hídrico desde 1.1 y superiores a este.

- En el siguiente proceso espacial en software SIG se desmembró por niveles de riesgo el cantón La Troncal y se estableció superficies, para su determinación de afectación en las zonas de estudio de las 9 plantaciones.

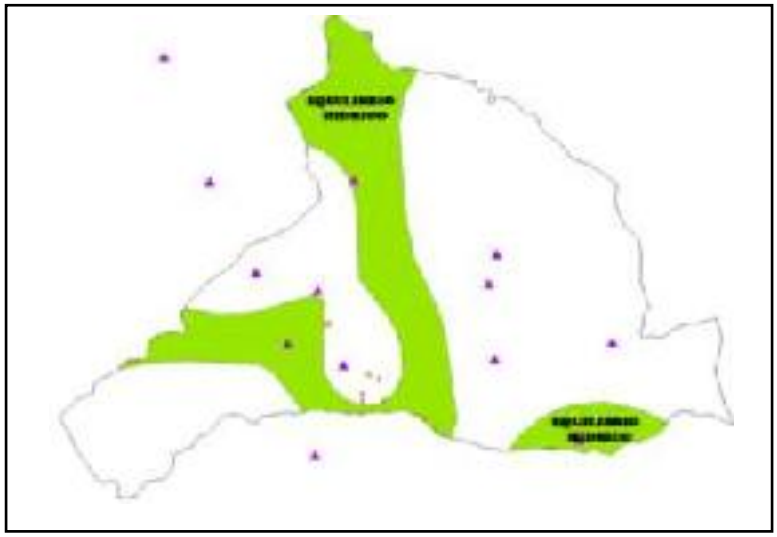


Figura 29. Se visualiza zona 1 de equilibrio.

Salas, 2020.

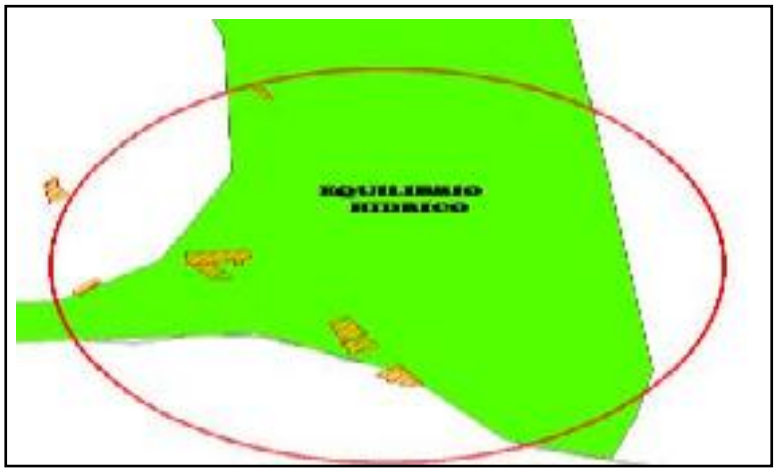


Figura 30. Se visualiza plantaciones 2, 4, 5, 7 y 8 en zona de equilibrio

Salas, 2020.

Se interpreta de la siguiente manera: la zona 1 de equilibrio tiene una superficie de 86.07 km^2, en esta zona de equilibrio se encuentran establecidas 5 plantaciones correspondiente a la plantación 2, 4, 5, 7, y 8 con una sumatoria de superficies de las 5 plantaciones de 14.68 hectáreas. En esta zona no existe riesgo de sequía ni inundación.

- En el siguiente proceso se procedió a desmembrar zona de influencia correspondiente al déficit hídrico o mayor índice a sequía.

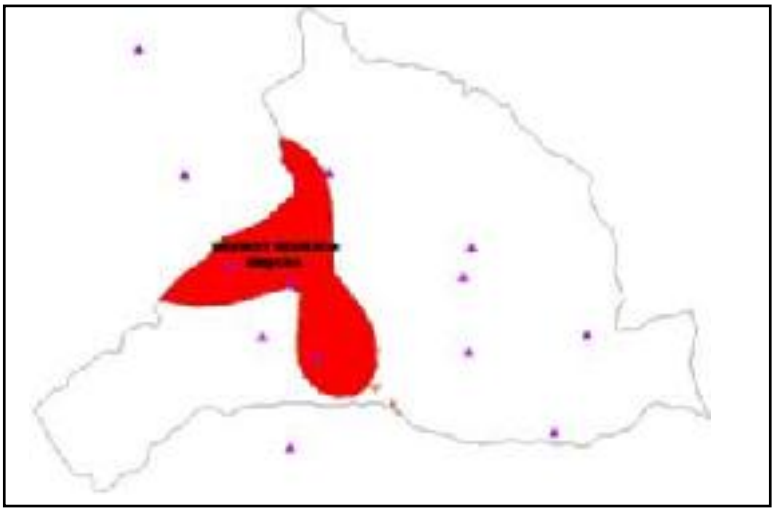


Figura 31. Se visualiza zona con déficit hídrico

Salas, 2020.

Figura 32. Se visualiza plantaciones 1, 3, 6 y 9 en zona con déficit hídrico Salas, 2020.

Se interpreta de la siguiente manera: la zona con déficit hídrico tiene una superficie de 41.13 km^2 , en esta zona de riesgo a sequia se encuentran establecidas 4 plantaciones del estudio correspondiente a la plantación 1, 3, 6 y 9 con una sumatoria de superficies de las 4 plantaciones de 11.35 has. En esta zona existe mayor índice de sequía.

- En el siguiente proceso se procedió a desmembrar zona de influencia correspondiente al exceso hídrico o zona con alto riesgo a inundación.

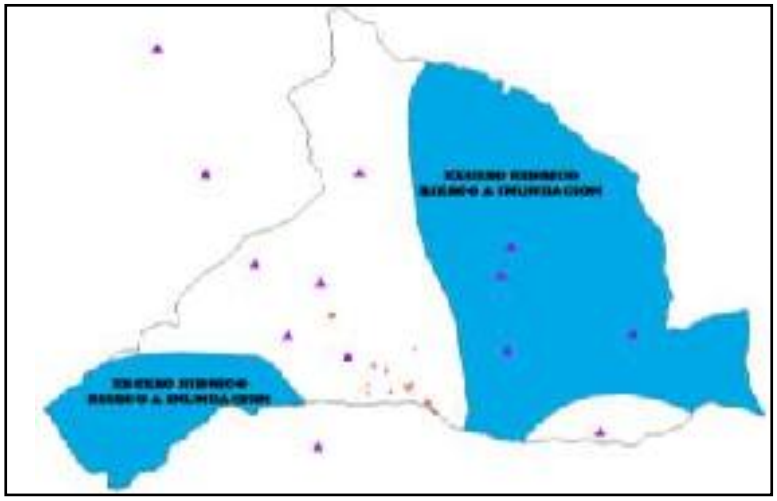


Figura 33. Se visualiza zona con exceso hídrico o riesgo a inundación Salas, 2020.

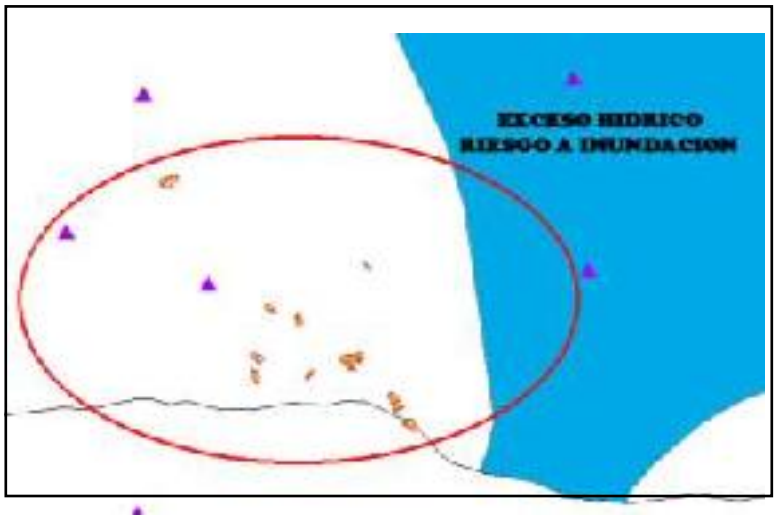


Figura 34. Se visualiza plantaciones fuera de zona de exceso hídrico.

Salas, 2020.

Se interpreta de la siguiente manera: la zona con exceso hídrico o riesgo a inundación tiene una superficie de 181.47 km^2 , en esta zona de riesgo no se encuentra ninguna plantación establecida del estudio, por lo tanto no existe afectación ninguna de exceso hídrico. A continuación, se refleja presentación final de balance hídrico en formato shapefile.

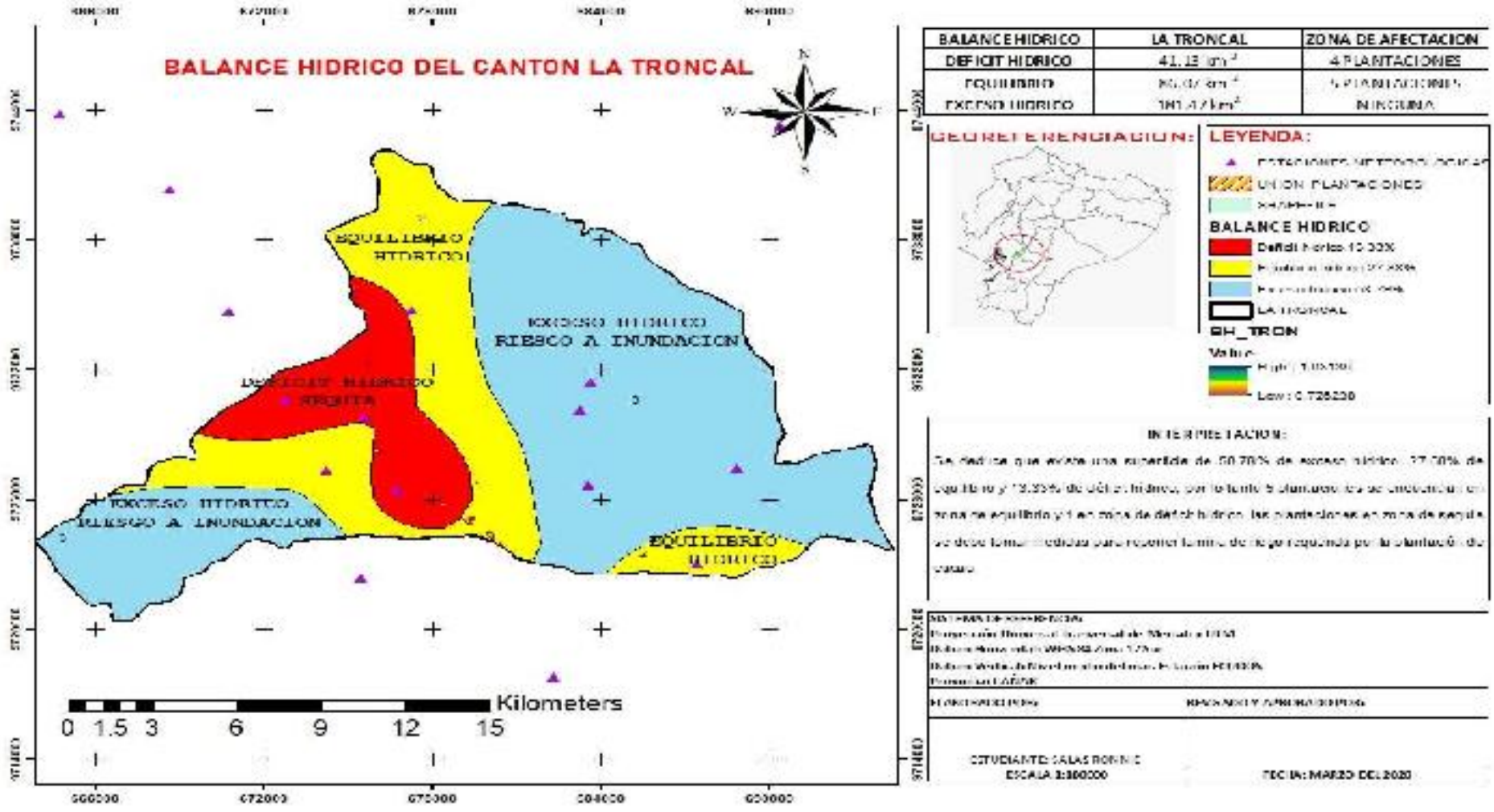


Figura 35. Se visualiza presentación final, shapefile de balance hídrico y plantaciones afectadas

Salas, 2020.

4.3.3 Análisis de la evapotranspiración de estaciones meteorológicas.

CropWat es un programa informático para el cálculo de los requisitos de agua de los cultivos y los requisitos de riego en función de los datos de suelo, clima y cultivos, este programa se usó para la determinación de eto del último año de las 19 estaciones meteorológicas mediante el método de Penman-Monteith donde se involucra las variables temperatura promedio, humedad relativa, velocidad de viento y heliofania, datos facilitados por el ingenio Ecudos.

Tabla 6 Datos de estaciones, eto y precipitación del año 2019

Estacion Meteorologica	Evapotranspiración (mm/año)	Precipitación (mm/año valor absoluto)
Intendencia	2.96	1390
Ruidoso	2.84	890
Agriflorsa	2.63	640
Banatel	3.05	629
San Luis	2.75	631
Vainillo	3.04	831
Cecilia	3	1447
San Jorge	2.59	849
Cochancay	2.65	1067
Pobasa	2.94	1005
Janeiros	3.09	994
Banatel sur	2.88	670
Banatel (Taura)	2.96	629
Lomaverde (Mangos)	3	704
Difaset	2.96	751
Surucua	2.9	965
Agriboliche	3.04	795
Shangay	2.84	725
Cereales	2.8	592

Salas, 2020

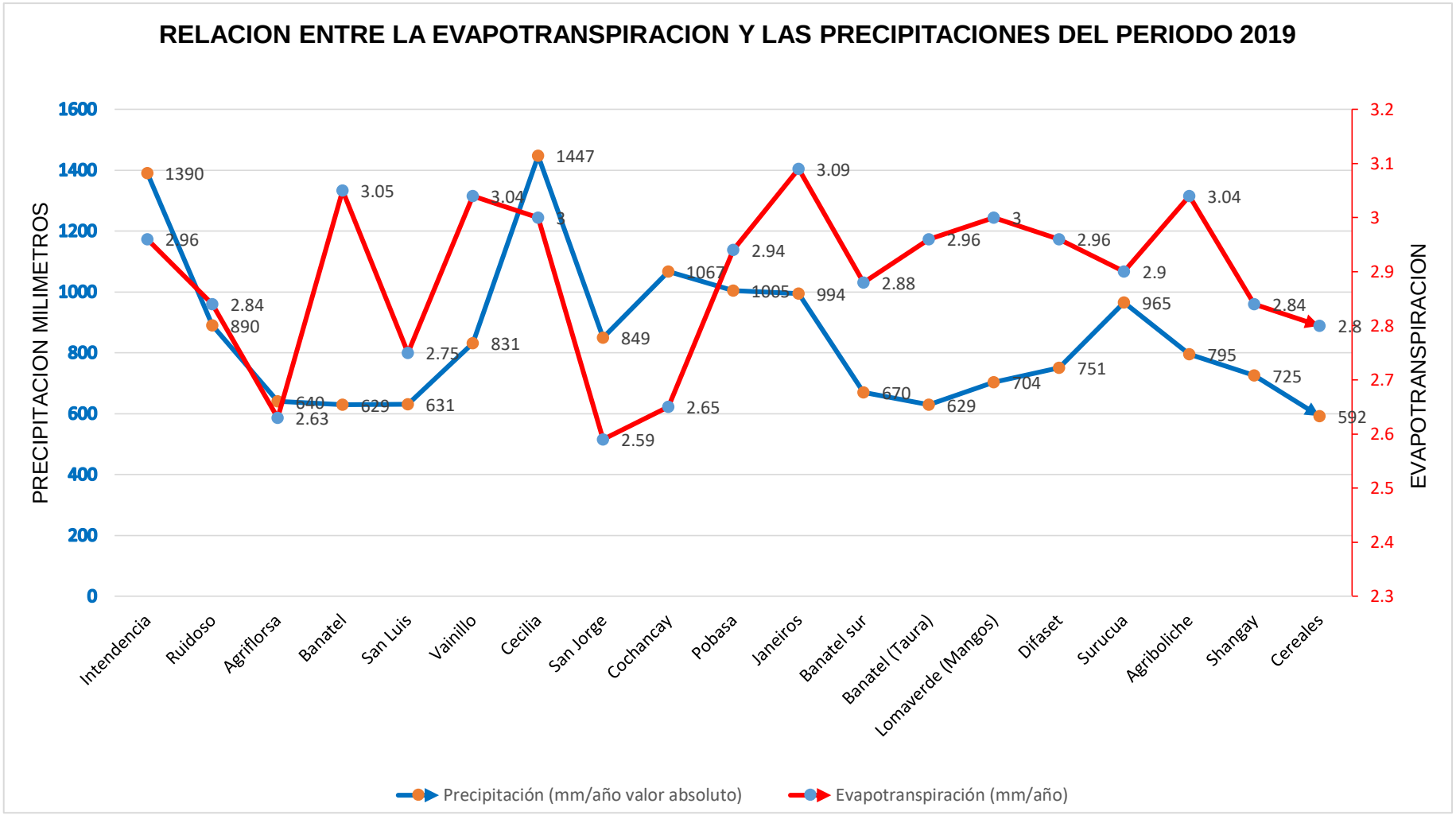


Figura 36. Se visualiza relación entre eto y precipitaciones del periodo 2019

Salas, 2020.

Después de realizar las interpretaciones de los análisis de suelo y el balance hídrico del cantón La Troncal se deduce que todas las plantaciones requieren de aportación de nitrógeno al suelo por lo tanto se relaciona con el balance hídrico de la siguiente manera:

Tabla 7 Relación de datos entre pH, nitrógeno y balance hídrico.

Tratamientos	pH	Nitrógeno (ppm)	Balance hidrico
Plantación 1	6.9	15	0.8
Plantación 2	6.6	9	1
Plantación 3	6.7	7	0.8
Plantación 4	6.6	8	1
Plantación 5	6.9	17	1
Plantación 6	6.8	12	0.8
Plantación 7	6.6	9	1
Plantación 8	7.4	18	1
Plantación 9	5.5	8	0.8

Salas, 2020.

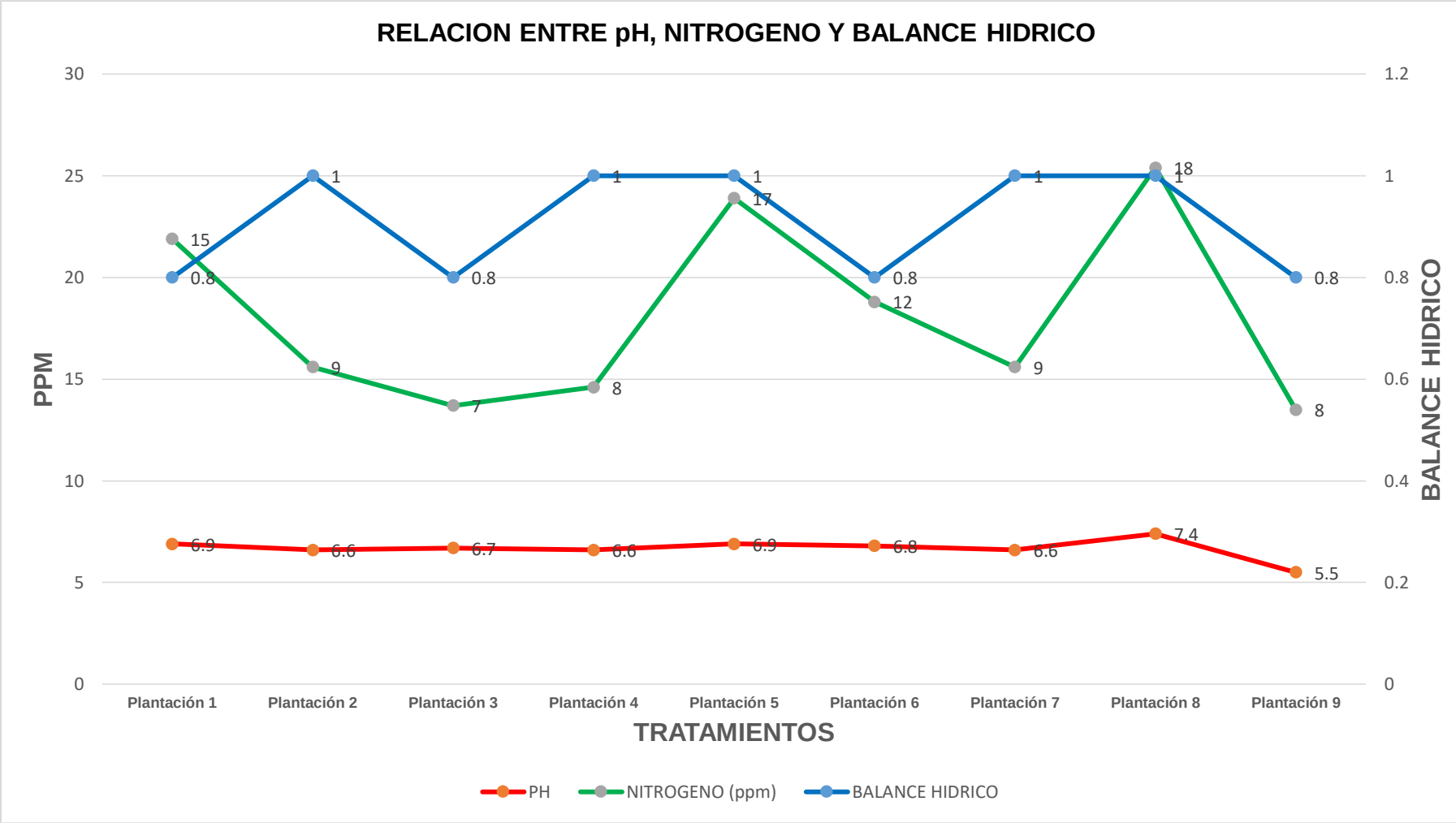


Figura 37. Se visualiza relación entre pH, nitrógeno y balance hídrico.

Salas, 2020.

4.3.4 Relación de técnica geoestadística entre la tendencia de precipitación y las variables de suelo.

Se determinó el análisis geoestadístico en software SIG mediante herramienta espacial kriging la relación de las precipitaciones con la variable suelo, que en este caso de las 9 plantaciones a estudiar requirieron aplicaciones de nitrógeno, es el elemento único a reponer a diferencia de los demás elementos en todas las plantaciones por lo tanto en el análisis espacial se ingresaron las muestras en ppm de nitrógeno de cada plantación disponible en el suelo.

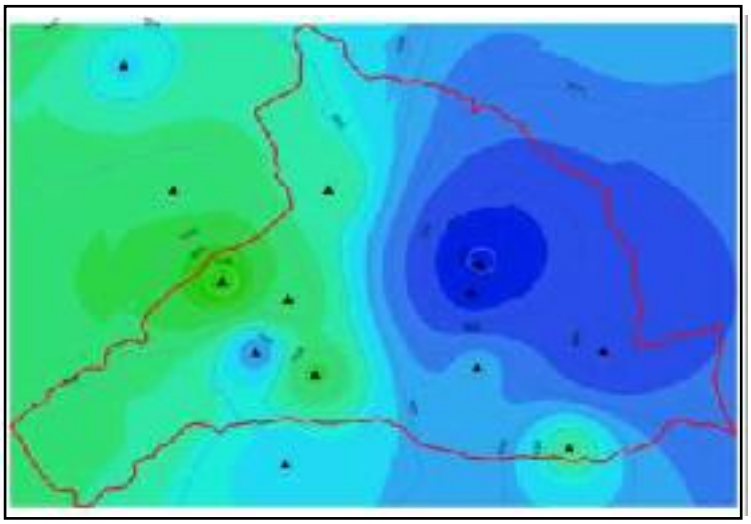


Figura 38. Se visualiza análisis espacial geoestadistico de precipitaciones Salas, 2020.

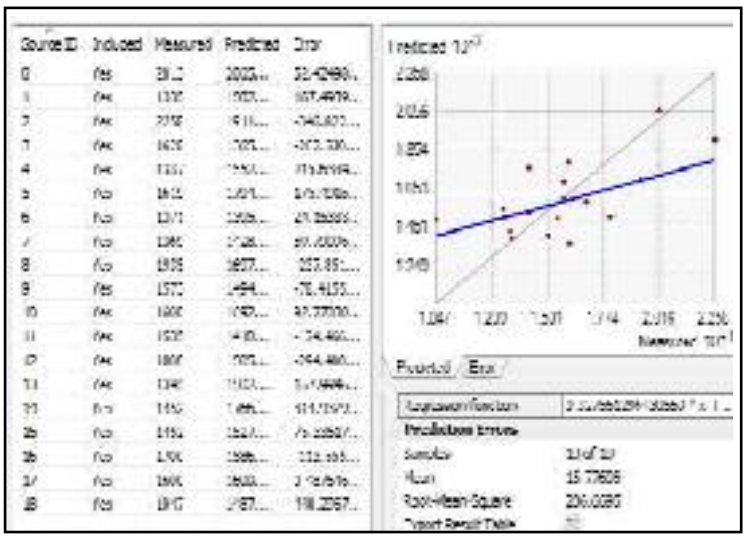


Figura 39. Se visualiza análisis geoestadistico de precipitaciones Salas, 2020.

A continuación se realizó la relación del análisis espacial geoestadístico mediante herramienta kriging de las precipitaciones y la variable nitrógeno que es la que se tuvo que reponer al suelo según las interpretaciones de los análisis de suelo, a diferencia de los demás macronutrientes que no hubo necesidad de reponer al suelo ya que se encuentran en niveles óptimos para el desarrollo del cultivo al igual que el pH de las 9 plantaciones encontrándose en niveles neutros, dada esos datos no fue requerimiento agregar estas variables en los análisis espaciales geoestadísticos ya que no reflejan como una lixiviación de nutrientes o no se requiere aplicación de estos elementos al suelo.

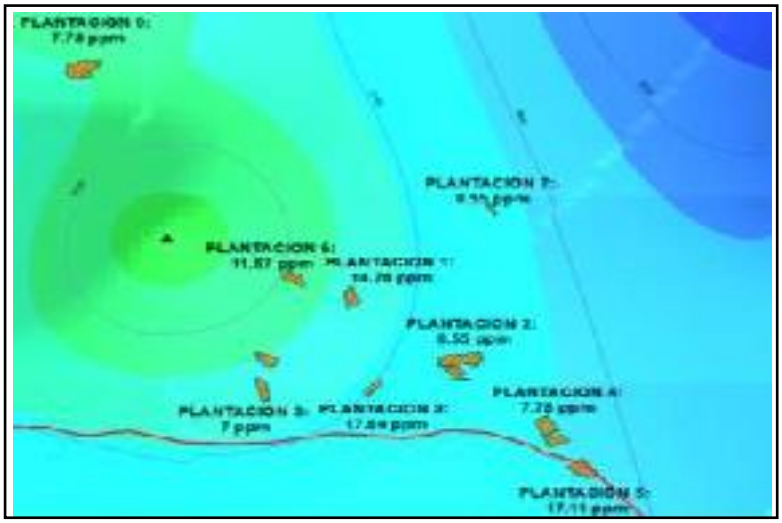


Figura 40. Se visualiza relación geoestadistica espacial entre precipitaciones y variable de nitrógeno del suelo.

Salas, 2020.

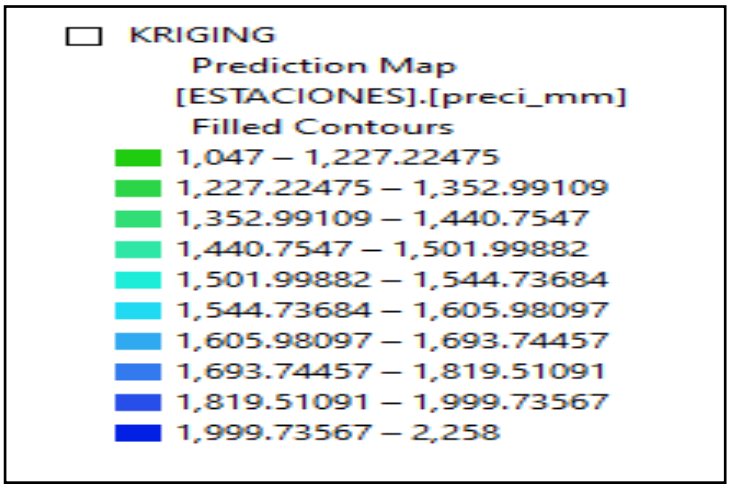


Figura 41. Se visualiza valores según análisis espacial kriging.

Salas, 2020.

Se expresa la relación que existen 7 plantaciones de entre 7 y 18 ppm de nitrógeno en el suelo según análisis de laboratorio en la zona espacial (prediction map, bajo herramienta kriging) de entre 1540 y 1600 mm de agua. Se encuentran 2 plantaciones entre 8 y 12 ppm de nitrógeno en el suelo según laboratorio en la zona espacial de entre 1350 y 1440 mm de agua.

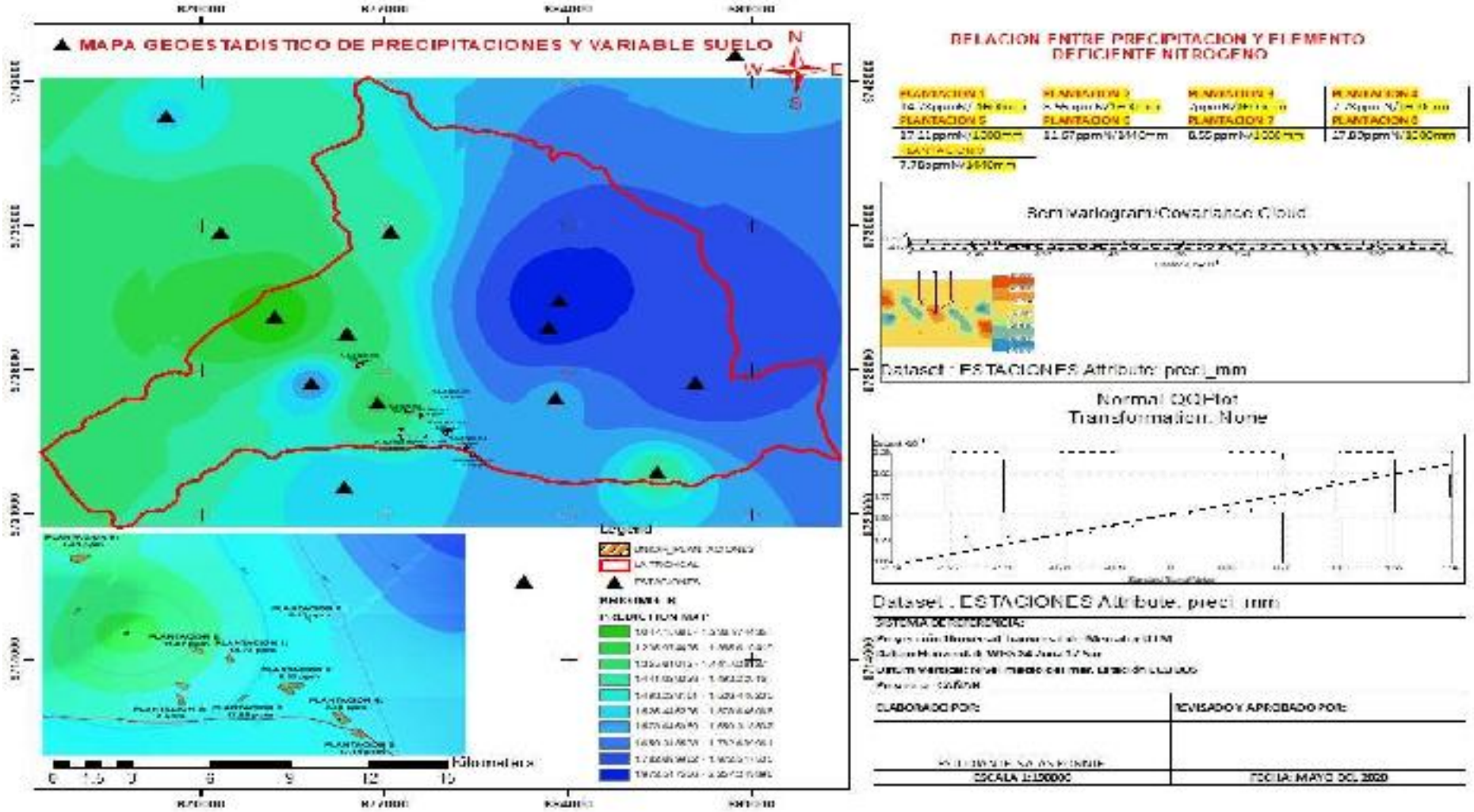


Figura 42. Se visualiza mapa geoestadistico entre precipitaciones y variable nitrógeno del suelo.

Salas, 2020.

4.3.5 Elaboración espacial de mapas de tendencia de precipitación, texturas de suelo y uso de suelo del cantón La Troncal en relación a la zona de estudio.

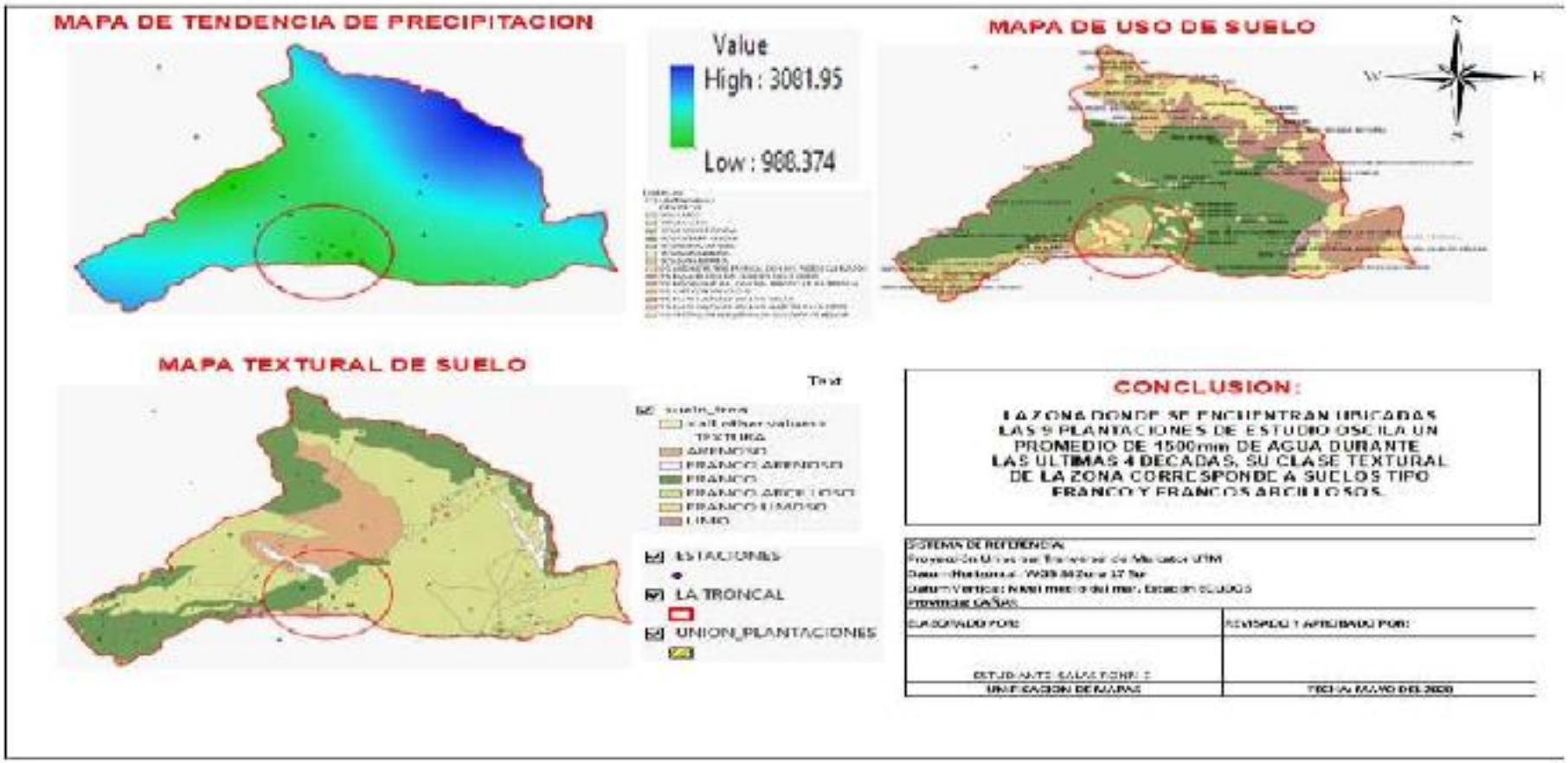


Figura 43. Se visualiza mapa espacial de tendencia de precipitación y texturas de suelo de la zona de estudio.

Salas, 2020

5. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Para determinar si existe lixiviación de macronutrientes en el suelo, se analizó e interpretó análisis de suelo de 9 plantaciones de cacao, con referencia a los niveles de precipitación durante las últimas 4 décadas de la zona a estudiar. Los resultados en la interpretación de los análisis determinaron que se requirió en todos los tratamientos del elemento nitrógeno en mínimas cantidades ya que fue no excedente en el suelo y no cumplía los requerimientos de la planta de cacao para su desarrollo fisiológico normal y rendimientos óptimos. Por ello se concuerda con (Molina, 2012) quien menciona en su estudio acerca de muestreo de suelos que el elemento nitrógeno y potasio es el más absorbido por la planta de cacao y que el elemento nitrógeno se lixivia cuando existen niveles de precipitaciones altos en la zona de cultivo.

El nivel de pH en el suelo es primordial para la disponibilidad de nutrientes y en este estudio todas las plantaciones según análisis de laboratorio los niveles de pH oscilan entre 6.4 y 7 .4 siendo neutro, de la misma manera el nivel de calcio en el suelo es excedente. Por tanto se coincide con (Sancho, 2016) quien en su estudio menciona que al existir niveles óptimos de calcio en el suelo permite que exista un nivel de pH ligeramente acido a neutro ya que de lo contrario al existir deficiencia de calcio, también existirá acidez en los suelos, lo contrario a lo que ocurre en las plantaciones de cacao en el estudio.

Los porcentajes de macronutrientes y pH determinados por el laboratorio son relativamente óptimos y se encuentran en un margen considerablemente positivos para el desarrollo del cultivo de cacao por lo tanto se coincide con (Méndez, Gonzalez y Navar, 2008) quienes afirman que para que exista lixiviación de

nutrientes en el suelo se deben presentar un promedio anual superior a 3000 mm de agua o más aun en fenómenos del niño donde una alta precipitación es depositada en un corto tiempo en determinada zona.

De igual manera (Ruiz, Arteaga, Vásquez, Ontiveros y López, 2012) quienes aseguran que al existir niveles óptimos de nutrientes en el suelo en una zona tropical húmeda como es la zona de La Troncal corrobora que los niveles equilibrio, riesgo a sequia o riesgo a inundación del balance hídrico coinciden con las condiciones edafoclimáticas del suelo proporcionándolas aptas o no para este cultivo.

Los resultados en el análisis espacial del balance hídrico resultó que 4 plantaciones están ubicadas en la zona de riesgo a sequía con una precipitación anual promediada de los últimos 40 años entre 1100 a 1200mm y que esas plantaciones tienen problemas en la reposición de la lámina de agua requerida por el cultivo por tal razón se coincide con (Torres, 2012) quien asegura en su estudio que los niveles críticos de precipitación anual de una plantación de cacao es de 1200 mm e inferiores, para lo cual según condiciones de suelo se debe implementar sistemas de riegos capaces de reponer la lámina requerida por el cultivo para el alcance de óptimos rendimientos.

En los resultados del análisis espacial de la tendencia de precipitación de los últimos 5 años resultó que los niveles de precipitación han reducido considerablemente y oscilan entre 1300 a 1400 mm. Por ello se concuerda con (Puertas, Carvajal y Quintero, 2011) quienes afirman que a nivel que pasan los años debido a tantas variables de contaminación ambiental, mal manejo de conservación de cuencas hidrográficas y el uso indiscriminado del recurso agua en el sector

agrícola principalmente determinan que las zonas tropicales húmedas tiendan a ser tropical seca, factor influyente en la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Según la presente investigación basada en la elaboración de mapas meteorológicos espaciales realizados en software CAD y SIG, se aprueba la hipótesis donde la elaboración de tendencias de precipitación y balance hídrico contribuye a determinar la detección de la afectación del exceso de precipitación y consecuencias en la lixiviación de macronutrientes y acidez de los suelo en el cultivo de cacao.

6. Conclusiones

Según los resultados obtenidos se concluyó:

Los resultados obtenidos de la investigación determinaron que los análisis de suelos de las 9 plantaciones de cacao dieron como resultados nutrientes en niveles óptimos de no reposición al momento de la interpretación de los mismos, y pH neutro.

Concluyendo los resultados en el análisis espacial de la tendencia de precipitación y balance hídrico determinaron que durante las últimas 4 décadas existe una precipitación promediada anual de 1500 mm de agua en la zona de estudio, especificando que en el balance hídrico resultaron 4 plantaciones en la zona de riesgo a sequía y 5 en la zona de equilibrio.

También resultó en la tendencia de precipitación de los últimos 5 años la precipitación está descendiendo considerablemente llegando a intervalos de 1300 a 1400 mm de agua en toda la zona de estudio, acotando que los próximos años se tendrán años con precipitación por debajo de lo requerido por una planta de cacao y para su desarrollo fisiológico normal.

Se concluye también que los niveles de precipitación desarrollado en el software SIG durante las 4 décadas no superaron los rangos máximos para que exista lixiviación de macronutrientes en el suelo.

7. Recomendaciones

Según los datos obtenidos gracias a los análisis de suelo y análisis espaciales en software SIG en el presente estudio se recomienda:

Aplicar fertilizantes que reemplacen los nitrogenados, como provenientes de derivados de desechos sólidos del proceso de la elaboración del azúcar, llamado cachaza que es abundante y fácil de adquirir en la zona y que contiene 40% de materia orgánica y 1.76% de nitrógeno que se libera progresivamente y con el aporte de la micro fauna benéfica que se activa mediante la incorporación de la misma materia orgánica, mejorando textura y estructura de suelo y siendo reserva de humedad para los próximos años de riesgo a sequía como se determinó en software SIG en la zona de estudio.

La zona de estudio está ubicada en una zona donde los niveles de horas luz al día no superan las 6 horas y humedades relativas superiores al 80%, de tal forma se recomienda un monitoreo de insectos plaga y de enfermedades para puntualizar el momento correcto y oportuno de fumigaciones que contrarresten el desarrollo de plagas y enfermedades para el óptimo funcionamiento fisiológico de la planta de cacao.

Implementar un calendario de riego técnico donde se aporte la lámina de agua requerida por cada plantación e instalar sistemas de riego por aspersión donde la eficiencia de aplicación aumenta a diferencia del usado en la zona, por gravedad ya que la mayoría de plantaciones tienen precipitaciones anuales de 1500 mm.

Desarrollar un plan de fertilización lotizado, calendarios de poda oportunos, manejo integrado de plagas, y calendarios de riego puntuales para así obtener altos rendimientos por hectárea año, en donde se obtenga provecho del producto y generar utilidades que cubran los costos de producción del productor.

8. Bibliografía

Agrocalidad. (2015). Manual de aplicabilidad para buenas practicas agricolas en cacao. (M. d. ganaderia, Ed.) Recuperado el 18 de julio de 2019, de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-aplicabilidad-cacao-nuevo.pdf

Agrolab. (2005). Guia de referencia para la interpretacion de analisis de suelo. Tecnico, Pachuca, Mexico. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de http://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/interpretacion_fertsuel.pdf

Alemán-Montes, B., Búcaro-González, A., Henríquez-Henríquez, C., Largaespada-Zelaya, K., Alemán-Montes, B., Búcaro-González, A., Henríquez-Henríquez, C., y Largaespada-Zelaya, K. (2019). Mapeo digital de suelos agrícolas en la región occidental del valle central de Costa Rica. Agronomía,Costarricense,43(2),157-166. https://doi.org/10.15517/rac.v43i2.

Anecacao. (2015). Riego y drenaje | Anecacao Ecuador. 2.

Bizzarri, E. C. (1999). La erosividad: Cualidad de la lluvia poco conocida. Universidad Central de Venezuela, Terra Nueva Etapa, XV, núm. 24, 1999, pp. 99-116, 19.

Bustamante, C. B., Díaz, A. P., Espinosa, R. R., y Alonso, G. M. M. (2015). Influencia de las precipitaciones en el rendimiento de coffea canephora pierre ex froehner cultivado en suelos pardos de la Región Oriental de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 36(4), 7.

Buzai, G. (2009). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. (Primera Edición, Vol. 7). Universidad Nacional de Lujan. https://www.researchgate.net/publication/298420203_Analisis_Espacial_co

n_Sistemas_de_Informacion_Geografica_Sus_cinco_conceptos_fundamentales

Castillo, R. (2017). Análisis de suelo—Noticias Agropecuarias del Ecuador y el Mundo—Primer periódico agrodigital del Ecuador. El Productor, 5.

Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, 418, La comisión de legislación y codificación, 20 4 (2018). La comisión de legislación y codificación

Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria del Ecuador, Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria, 24 (2018). https://www.economiasolidaria.org/biblioteca/ley-organica-del-regimen-de-soberania-alimentaria-del-ecuador

Echeverri, J. (2013). Tecnología en la producción de cacao moderna-Manual para productores orgánicos—Infocafes. Manual para productores orgánicos, 50.

Environmental Systems Research Institute. (2015a). Extraer por máscara—AyudaArcGISforDesktop[Cientifica].https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/extract-by-mask.htm.

Environmental Systems Research Institute. (2015b). Reclasificar—Ayuda | ArcGISforDeskto[Cientifica].https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/reclassify.htm.

Environmental Systems Research Institute. (2018). Comprender el análisis de interpolación. Arc map. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-interpolation-analysis.htm

Espinosa, J., y Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. Universidad de Costa Rica, Primera edición, 46.

FAO. (1990). Evapotranspiración del cultivo (Vol. 56). Roma, Italia. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf

Farrell, M. (2014). Efecto de las precipitaciones y las características edáficas en el análisis de la separabilidad espectral de girasol, maíz y soja. 9.

Fedecacao. (2010). Cultivo de cacao (Theobroma cacao L). Recuperado el 17 deJuliode2019,dehttps://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Cultivo%20de%20cacao.pdf.

Fernández, J. M., Martín, N. S., Ruiz, M. R., y Scaini, A. (2012). Dinámica de la humedad del suelo en una cuenca agrícola del sector central de la cuenca del Duero. Cuadernos de investigación geográfica / Geographical Research Letters, 38, 75-90.

Ferraris, G. (2016). Muestreo y Análisis de Suelo: Punto de Partida hacia un Diagnóstico de Fertilidad: Artículos (p. 8) [Cientifico]. http://www.fertilizando.com/articulos/Muestreo%20y%20Analisis%20de%20Suelo%20-%20Punto%20de%20Partida.asp

Fonseca S. (2012). Elaboracion de mapas de isoyetas. calameo.com. https://www.calameo.com/read/001271945f0850843975e

González-Cervantes, G., Estrada-Ávalos, J., González-Barrios, J. L., Cueto-Wong, J. A., y Sánchez-Cohen, I. (2006). Análisis de los factores que afectan la relación precipitación—Escurrimiento en una zona semiárida del norte de México. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Terra Latinoamericana, 24, núm. 3, 10.

Guntiñas, M. (2009). Influencia de la temperatura y de la humedad en la dinamica de la materia organica de los suelos de Galicia y su relacion con el cambio climatico. Santiago de Compostela, Coruña, España: Instituto de

Investigaciones Agrobiologicas de Galicia. Recuperado el 6 de Noviembre de2019,dehttps://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2624/9788498873245_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Gutiérrez, M. (2010). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustratoMauricioGutiérrez.https://www.researchgate.net/publication/306021725_Comportamiento_del_crecimiento_de_plantulas_de_cacao_Theobroma_cacao_L_en_vivero_sembradas_en_diferentes_volumenes_de_sustrato.

Ibañez, J. (2007). PH del Suelo un Universo invisible bajo nuestros pies [Cientifico]. https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2016). Análisis químico y físico en muestras de suelos, plantas y aguas. [Técnico]. Instituto nacional deinvestigacionesagropecuarias. http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/servicio-

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2011). Paquete Tecnológico de cacao. Campo Experimental Huimanguillo., 30.

Instituto Oceanográfico de la Armada. (2016). Información General de la República del Ecuador. https://www.inocar.mil.ec/web/index.php

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. (2015). Lixiviación de nitratos en agricultura. https://www.intagri.com/articulos/suelos/lixiviacion-de-nitratos-en-agricultura

Instituto para la innovación tecnológica en agricultura. (2018). Disponibilidad de NutrimentosyelpHdelSueloIntagriS.C.https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimentos-y-el-ph-del-suelo

Inzunza J. (2010). Temperatura (Vol. 4). Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CJft1F3u15EJ:nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%2520complementarios/Meteorologia%2520descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec

Méndez González, J., Návar Cháidez, J. de J., y González Ontiveros, V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. Investigaciones geográficas, 65, 38-55.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2015). Café – Cacao – Ministerio de Agricultura y Ganadería. https://www.agricultura.gob.ec/cafe-cacao/

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. (1991). Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco cultivos Agrícolas de Costa Rica. http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DO2003100666

Molina. (2012). Muestreo de suelos. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. Santiago de Chile: Analab. Recuperado el 18 dejuliode2019,dehttp://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisiseinterpretacion.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016). Suelos Ácidos | Portal de Suelos de la FAO [Informativa, científica.]. FAO. http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/.

Pantoja, Y. (2010). Sistemas de información geográfica para procesos de modelización hidrológica de precipitaciones | Vinculando. Revista Vinculando, 10.

Pilero. (2007). Qué es la Lixiviación, definición [Cientifico]. Lixiviación. https://lixiviacion.com/2007/12/22/lixiviacion-definicion/

Pourrut, P. (1983). Papel de las precipitaciones en la degradación de los suelos. Impacto de las lluvias excepcionales del periodo 1982-1983. 10.

Puertas, O. L., Escobar, Y. C., y Ángel, M. Q. (2011). Estudio de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca alta-media del río Cauca, Colombia. DYNA, 78(169), 112-120.

Quiroz, J. (2012). Establecimiento y manejo de una plantación de cacao (p. 12). Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias. http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/3442

Roberts, T. L. (2000). El muestreo de suelos: Los beneficios de un buen trabajo. 42, 5.

Romero, R. (2012). “Las precipitaciones. Tipos de precipitaciones. Lluvias ácidas, sus consecuencias”—Monografias.com. Monografias.com. https://www.monografias.com/trabajos99/a-las-precipitaciones-tipos-precipitaciones-lluvias-acidas-sus-consecuenciasa/a-las-precipitaciones-tipos-precipitaciones-lluvias-acidas-sus-consecuenciasa.shtml

Ruiz-Álvarez, O., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M., Capurata, R. O., y López-López, R. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de tabasco, México. 14.

Sánchez Cruz, Y., & Amorós Núñez, M. (2012). Gestión del agua urbana mediante Análisis Espacial en los SIG. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 33(3), 58-71.

Sancho. (2016). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. Madrid , España: Fertiberia. Recuperado el 18 de Julio de 2019, de http://oa.upm.es/3176/2/Mariscal_mono_2002_01.pdf

Santana, M. B. M., y Cabala-Rosand, P. (1982). Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. Plant and Soil, 67(1-3), 271-281. https://doi.org/10.1007/BF02182774

Sarria, F. (2004). SIG aplicados al análisis y cartografía de riesgos climáticos. Universidad de Murcia, 70.

Sarria, F. (2015). Sistemas de Información Geográfica. https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/index.html

Sosa, D. (2014). Técnicas de toma y remisión de muestras de suelos. Estación experimental agropecuaria Cerro azul, Instituto nacional de tecnologías agropecuarias, 5.

Suquilanda, M. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la produccion agricola. (U. C. Ecuador, Ed.) Quito, Pichincha, Ecuador: Facultad de Ciencias Agricolas. Recuperado el 18 de Julio de 2019, de http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf

Toledo, R., y Viciedo, D. (2017). Muestreo de Suelos, Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Análisis de Suelos. Centro de Formación Agroindustrial La AngosturaServicioNacionaldeaprendizaje.https://www.researchgate.net/publication/323823646_Muestreo_de_Suelos_Tecnicas_de_Laboratorio_e_Interpretacion_de_Analisis_de_Suelos.

Torres, L. (2012). Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca: Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3250

Trujillo, O. E. (2008, septiembre 28). Ejecución de Prácticas de Propagación y Establecimiento del Cultivo: Informe: análisis de suelos [Científica].

Ejecución de Prácticas de Propagación y Establecimiento del Cultivo. http://tadmon5860.blogspot.com/2008/09/informe-analisis-de-suelos.html

Uva, M., y Campanella, O. (2009). AP-SIG: Un SIG con funciones específicas para Agricultura de Precisión. XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. http://hdl.handle.net/10915/19801

Valladares, M. (2008). Centro panamericano de estudios e investigaciones geográficas -CEPEIGE (p. 11) [Técnico]. EMAAP- Q. http://www.cepeige.org/

Villarroel, R. B. (2014). Técnicas de muestreo de suelo para análisis de fertilidad (Rene Bernier). Centro Regional de Investigación Remehue. http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25010.pdf

Villaseñor, D., y Juca, K. (2017). Variación de la capacidad tampón en suelos ácidos de origen aluvial y piedemonte costero en la provincia de El Oro. http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10528

9. Anexos

Figura 44. Toma de coordenadas utm en las plantaciones
Salas, 2020

Figura 45. Estado de las plantaciones Salas, 2020.

Figura 46. Estado de las plantaciones
Salas, 2020

Figura 47. Barrena de extracción de suelo
Salas, 2020

Figura 48. Toma de muestras de suelos.
Salas, 2020

Figura 49. Recolección de muestras.
Salas, 2020

Figura 50. Explicación sobre beneficios de una correcta fertilización
Salas, 2020.

Figura 51. Explicación sobre nutrientes de suelo.
Salas, 2020.

Figura 52. Entrega de muestras INIAP
Salas, 2020

Figura 53. Entrega de análisis e interpretaciones a productores
Salas, 2020

Figura 54. Muestreo de suelo
Salas, 2020

Figura 55. Verificación de texturas de suelo
Salas, 2020

Figura 56. Verificación de coordenadas utm de estaciones meteorológicas. Salas, 2020.

Figura 57. Plantación 1, análisis de suelo. Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre	ANDRES [illegible]	Nombre	S/N	Informe N°.	22095-8	Factura N°	[illegible]
Dirección	N/E	Provincia	CAÑAR	Resp. Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	01/03/2019
Ciudad	N/E	Cantón	LA TRONCAL	Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	06/03/2019
Teléfono	N/E	Parroquia	N/E	Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	06/03/2019
Fax	N/E	Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS			Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	$Al^{+3}+H^{+}$ Meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	C.I.C. J meq/100 gramos					
								Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC
70112	MUESTRA 1		1.2										

METODOLOGIAS

$Al^{+3}+H^{+}$	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D.APARENTE	Método del Tarrón Escalonado
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black.
NO3	Método Colorimétrico.
N. TOTAL	Método Microjardeni.
% HUMEDAD	Método Gravimétrico.
C.I.C	Extractante Acetato de Amonio pH 7.

Responsable Técnico Laboratorio

Figura 58. Plantación 1, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Nombre : [illegible]
Dirección : N/E
Ciudad : N/E
Teléfono : N/E
Fax : N/E

Nombre : S/N
Provincia : CAÑAR
Cantón : LA TRONCAL
Parroquia : LA TRONCAL
Ubicación : SECTOR 40 CUADRAS

Informe No. : 22095
Fecha Análisis : 28/02/2019
Fecha Emisión : 27/02/2019
Fecha Impresión : 01/03/2019
Cultivo Actual : CACAO

N° Lateral	Identificación del Lote	pH	Nh	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl
70111	MUESTRA 1	5.5 PH	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]							

Responsable Técnico del Laboratorio

Mgs. Diana Acosta J.

Figura 59. Plantación 2, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.ecls@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	[illegible]
Dirección	N/E
Ciudad	N/E
Teléfono	N/E
Fax	N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	S/N
Provincia	CAÑAR
Cantón	LA TRONCAL
Parroquia	N/E
Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS

DATOS DE LA MUESTRA			
Informe N°	22048-A	Factura N°	06152
Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	01/03/2019
Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	06/03/2019
Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	06/03/2019
		Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	$Al^{+3}+H^{+}$ Meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	C.I.C. / meq/100 gramos Na	K	Ca	Mg	Suma
70111	MUESTRA 1		1.1									

METODOLOGIAS	
$Al^{+3}+H^{+}$	Estractante de Cloruro de Potasio 1N.
D.APARENTE	Método del Terron Parafinado.
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black.
NOS	Método Colorimétrico.
N. TOTAL	Método Microkeldahl
%HUMEDAD	Método Gravimétrico.
C.I.C	Estractante Acetato de Amonio pH 7.

Ing. Diana Acosta Jaramillo
Responsable Técnico Laboratorio

Figura 60. Plantación 2, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Nombre : LEONEL BALDERRAMO
Dirección : N/E
Ciudad : N/E
Teléfono : N/E
Fax : N/E

Nombre : S/N
Provincia : CAÑAR
Cantón : LA TRONCAL
Parroquia : LA TRONCAL
Ubicación : SECTOR 40 CUADRAS

Informe No. : 22048
Resp/ Muestreo : Cliente
Fecha Muestreo : 16/02/2019
Fecha Ingreso : 18/02/2019
Condiciones ambientales : T°C: 25.0 hum: 50.0
Factura No. : 06152
Fecha Análisis : 28/02/2019
Fecha Emisión : 27/02/2019
Fecha Impresión : 01/03/2019
Cultivo Actual : CACAO

N° Laboratorio	Identificación del Lote	pH	ppm N+	P	K	Ca	Mg	K	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Si
70111	MUESTRA 1	4.7	5.0	20 M	117 M	600 M	340 A							

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.

Figura 61. Plantación 3, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre	LENIN BALDEÓN	Nombre	S/N	Informe N°.	22050-L	Factura N°	106152
Dirección	N/E	Provincia	CAÑAR	Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	01/03/2019
Ciudad	N/E	Cantón	LA TRONCAL	Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	06/03/2019
Teléfono	N/E	Parroquia	N/E	Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	06/03/2019
Fax	N/E	Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS			Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	$Al^{+3}+H^{+}$ Meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	C.I.C. / meq/100 gramos K	Ca	Mg	Suma
70113	MUESTRA 1		1.4								

METODOLOGIAS	
$Al^{+3}+H^{+}$	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D. APARENTE	Método del Terrón Parafinado.
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black.
NO3	Método Colorimétrica.
N. TOTAL	Método Microkjeldahl.
% HUMEDAD	Método Gravimétrico.
C.I.C	Extractante Acetato de Amonio pH 7.

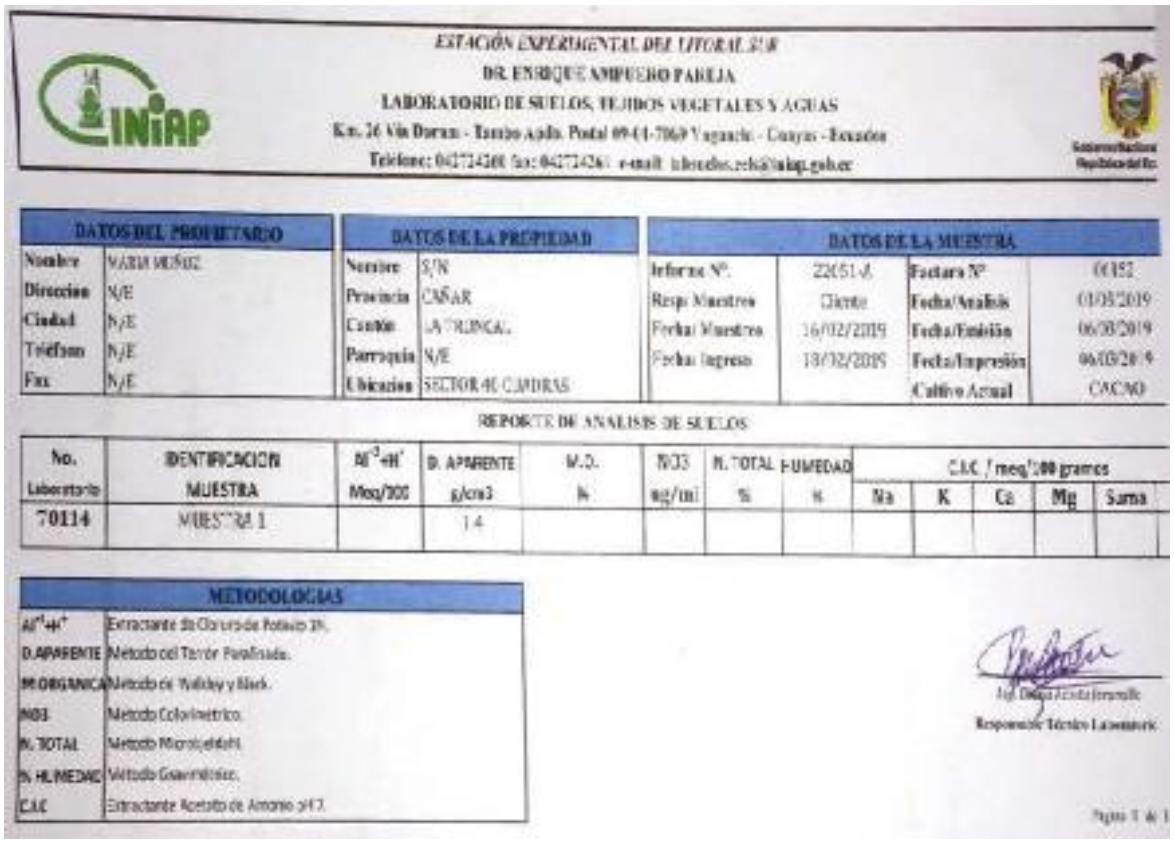
Figura 62. Plantación 3, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Mgs. Diana Acosta J.

Figura 63. Plantación 4, análisis de suelo.
Salas, 2020



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	MARIA MUÑOZ
Dirección	N/E
Ciudad	N/E
Teléfono	N/E
Fax	N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	S/N
Provincia	CAÑAR
Cantón	LA TRONCAL
Parroquia	N/E
Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS

DATOS DE LA MUESTRA			
Informe N°.	22051-A	Factura N°	00152
Resp. Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	01/03/2019
Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	06/03/2019
Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	06/03/2019
		Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	$Al^{+3}+H^{+}$ Meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	C.I.C. / meq/100 gramos Na	K	Ca	Mg	Suma
70114	MUESTRA 1		1.4									

METODOLOGIAS	
$Al^{+3}+H^{+}$	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D.APARENTE	Metodo del Terrón Parafinado.
M.ORGANICA	Metodo de Walkley y Black.
NO3	Metodo Colorimetrico.
N. TOTAL	Metodo Microbjeldahl.
N. HUMEDAD	Metodo Gravimetrico.
C.I.C	Extractante Acetato de Amonio pH 7.

Ing. Diana Acosta Jaramillo
Responsable Técnico Laboratorio

Figura 64. Plantación 4, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Nombre : MARIA MUÑOZ
Dirección : N/E
Ciudad : N/E
Teléfono : N/E
Fax : N/E

Nombre : S/N
Provincia : CAÑAR
Cantón : LA TRONCAL
Parroquia : LA TRONCAL
Ubicación : SECTOR 40 CUADRAS

Informe No. : 22051-A
Responsable Muestreo : Cliente
Fecha Muestreo : 16/02/2019
Fecha Ingreso : 18/02/2019
Condiciones Ambientales : T°C: 28.0 °Km: 50.0

Factura No. : 00152
Fecha Análisis : 06/03/2019
Fecha Emisión : 07/03/2019
Fecha Impresión : 07/03/2019
Cultivo Actual : CACAO

N° Laboral	Identificación del Lote	pH	Na	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	K2
70114	MUESTRA 1	5.5	22 M	25 A	209 A	1701 A	100 M						

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.

Figura 65. Plantación 5, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Duran - Tambo Aguda Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 042734260 Fax: 042734261 e-mail: laboratorio.eelis@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre	[illegible]	Nombre	S/N	Informe N°	22041-A	Factura N°	36152
Dirección	N/E	Provincia	CAÑAR	Resp. Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	30/05/2019
Ciudad	N/E	Cantón	LA TRONCAL	Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	30/05/2019
Teléfono	N/E	Parroquia	N/E	Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	30/05/2019
Fax	N/E	Ubicación	SECTOR 40 CAMARAS			Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	$A^{+3}+H^{+}$	D. APARENTE	M.O	NO3	N. TOTAL	HUMEDAD	C.I.C. / meq/100 grames					
		Meq/100	g/cm3	%	ug/ml	%	%	Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC
70107	MUESTRA 1		1.3										

METODOLOGIAS	
$A^{+3}+H^{+}$	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D.APARENTE	Método del Terron Parafinado.
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black.
NO3	Método Colorimétrico.
N. TOTAL	Método Microkjeldahl.
% HUMEDAD	Método Gravimetrico.
C.I.C	Extractante Acetato de Amonio pH 7.

Ing. [illegible]
Responsable Técnico Laboratorio

Página 1 de 1

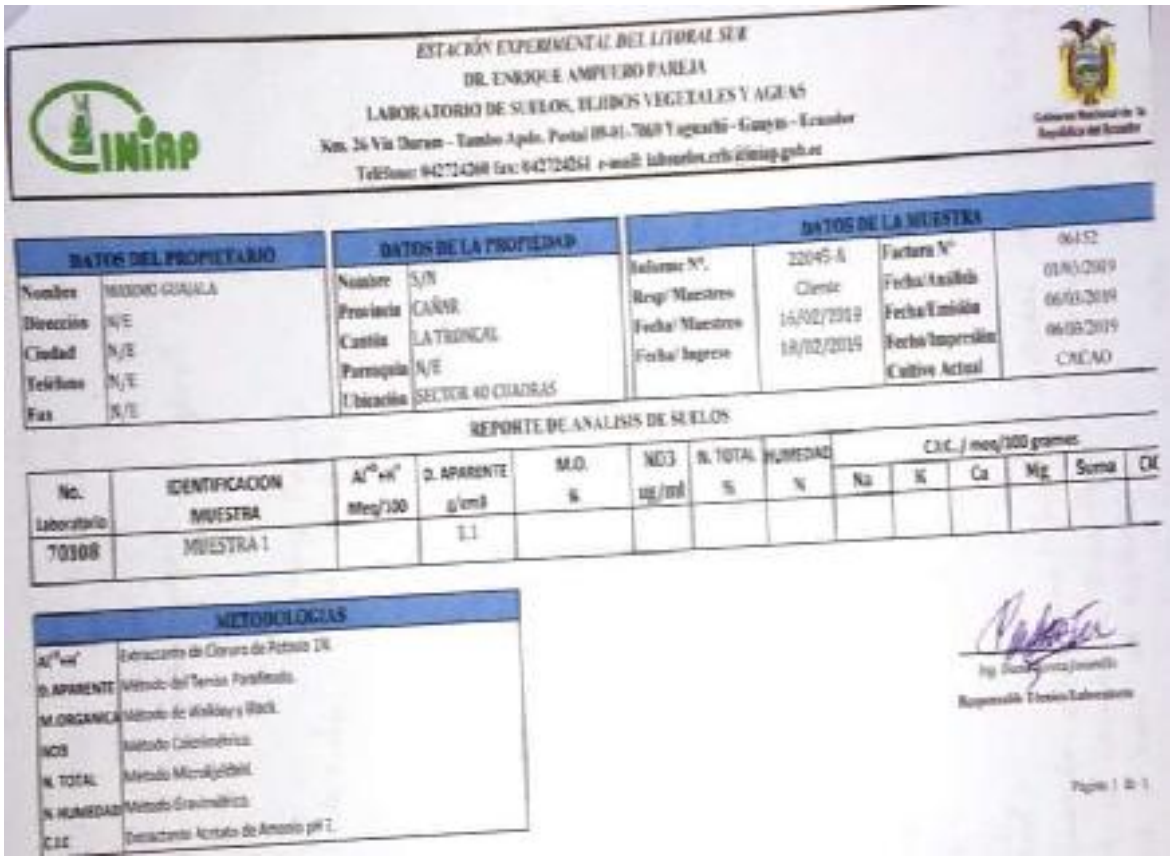
Figura 66. Plantación 5, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Mgs. Diana Acosta J.

Figura 67. Plantación 6, análisis de suelo.
Salas, 2020



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre	MISSINO GUALA
Dirección	N/E
Ciudad	N/E
Teléfono	N/E
Fax	N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre	S/N
Provincia	CAÑAR
Cantón	LA TRONCAL
Parroquia	N/E
Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS

DATOS DE LA MUESTRA

Informe Nº.	22045-S	Factura Nº	0652
Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/ Análisis	01/03/2019
Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	06/03/2019
Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	06/03/2019
		Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	Al+++ meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	CMC. / meq/100 grames: Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC
70308	MUESTRA 1		1.1										

METODOLOGIAS

Al+++	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D. APARENTE	Método del Terron Parafinado.
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black.
NO3	Método Calorimétrico.
N. TOTAL	Método Microkjeldahl.
% HUMEDAD	Método Gravimétrico.
CIC	Desplazante Acetato de Amonio pH 7.

Ing. [illegible]
Responsable Técnico Laboratorio

Página 1 de 1

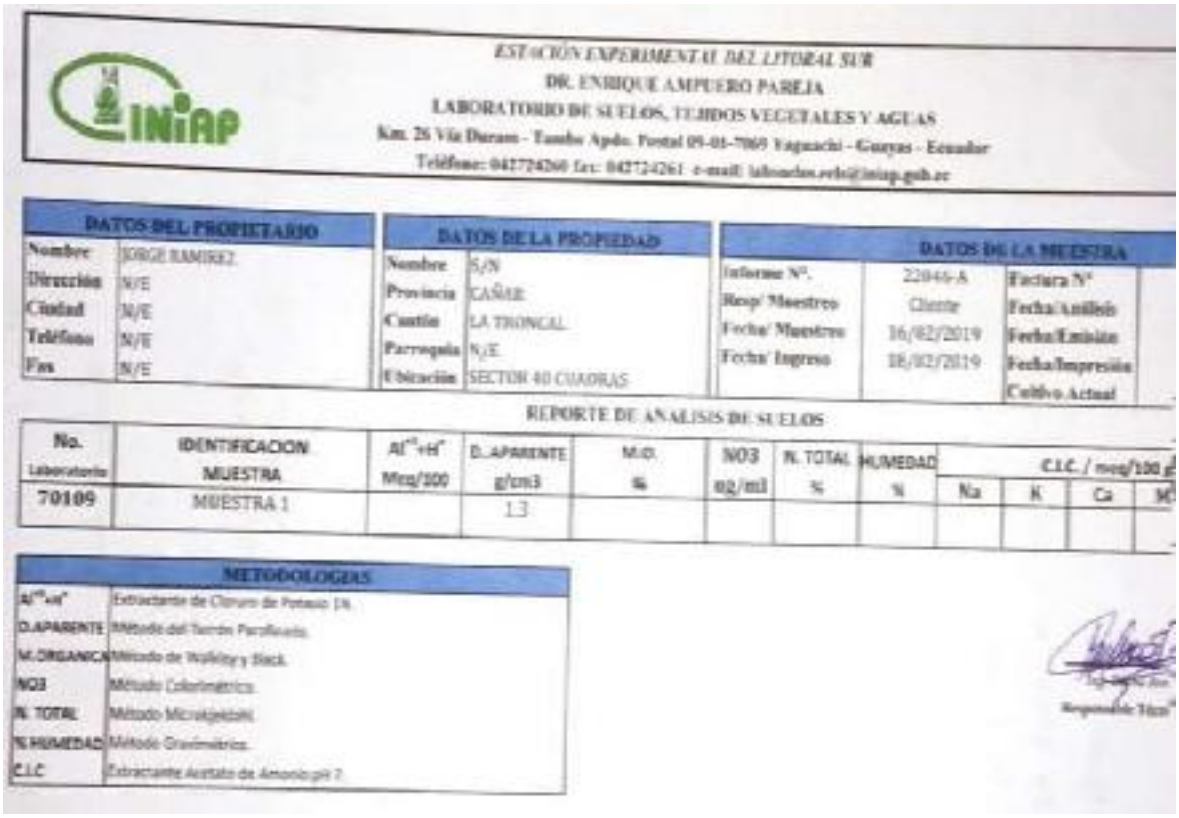
Figura 68. Plantación 6, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Mgs. Diana Acosta F.

Figura 69. Plantación 7, análisis de suelo.
Salas, 2020



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: laboratorio.suelo@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	JORGE RAMIREZ
Dirección	N/E
Ciudad	N/E
Teléfono	N/E
Fax	N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	S/N
Provincia	CAÑAR
Cantón	LA TRONCAL
Parroquia	N/E
Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS

DATOS DE LA MUESTRA			
Informe N°.	22046-A	Factura N°	
Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	
Fecha/ Muestreo	16/02/2019	Fecha/Emisión	
Fecha/ Ingreso	18/02/2019	Fecha/Impresión	
		Cultivo Actual	

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	Al+3+H+ Meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	C.I.C. / meq/100 g			
								Na	K	Ca	Mg
70109	MUESTRA 1		1.3								

METODOLOGIAS	
Al+3+H+	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D.APARENTE	Método del Terrón Parafinado.
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black.
NO3	Método Colorimétrico.
N. TOTAL	Método Microkjeldahl.
% HUMEDAD	Método Gravimétrico.
C.I.C	Extractante Acetato de Amonio pH 7

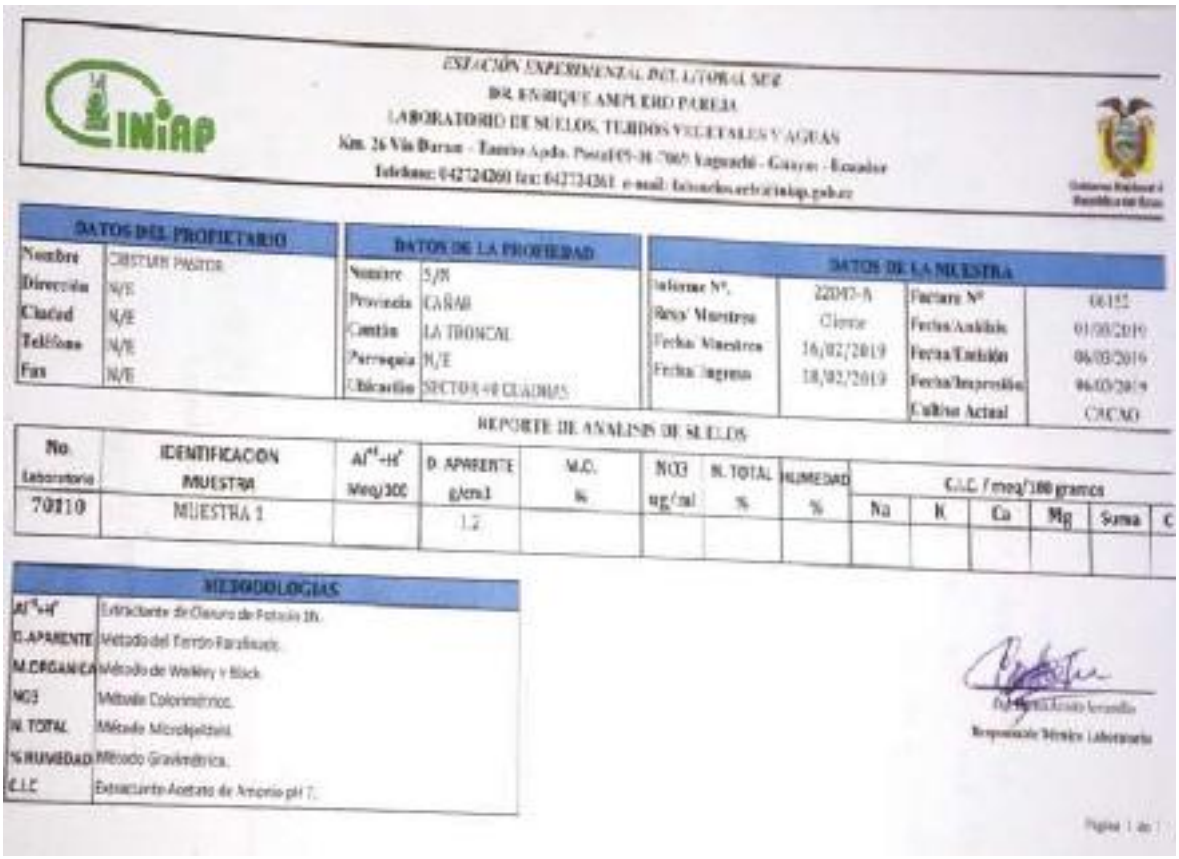
Figura 70. Plantación 7, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Mgs. Diana Acosta J.

Figura 71. Plantación 8, análisis de suelo.
Salas, 2020



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: laboratorio.ecb@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	CRISTIAN PASTOR
Dirección	N/E
Ciudad	N/E
Teléfono	N/E
Fax	N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	S/N
Provincia	CAÑAR
Cantón	LA TRONCAL
Parroquia	N/E
Ubicación	SECTOR 40 CUADRAS

DATOS DE LA MUESTRA			
Informe N°.	22047-A	Factura N°	06152
Resp. Muestreo	Cliente	Fecha Análisis	01/03/2019
Fecha Muestreo	16/02/2019	Fecha Emisión	06/03/2019
Fecha Ingreso	18/02/2019	Fecha Impresión	06/03/2019
		Cultivo Actual	CACAO

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

No. Laboratorio	IDENTIFICACION MUESTRA	$Al^{+3}+H^{+}$ Meq/100	D. APARENTE g/cm3	M.O. %	NO3 ug/ml	N. TOTAL %	HUMEDAD %	C.I.C. / meq/100 gramos Na	K	Ca	Mg	Suma	C
70110	MUESTRA 1		1.2										

METODOLOGIAS	
$Al^{+3}+H^{+}$	Extractante de Cloruro de Potasio 1N.
D.APARENTE	Método del Terrón Parafinado.
M.ORGANICA	Método de Walkley y Black
NO3	Método Colorimétrico.
N. TOTAL	Método Microkjeldahl.
% HUMEDAD	Método Gravimétrico.
C.I.C	Extractante Acetato de Amonio pH 7.

Dr. Ernesto Acosta Arcandia
Responsable Técnico Laboratorio

Figura 72. Plantación 8, análisis de suelo.
Salas, 2020

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.

Figura 73. Plantación 9, análisis de suelo.
Salas, 2020.

Figura 74. Plantación 9, análisis de suelo.
Salas, 2020.

PRECIPITACIÓN (mm)

INGENIO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOT	PROM
1975	309.7	539.2	721.9	302.0	53.5	31.3	11.0	8.3	1.9	22.3	15.3	35.2	**2051.6**	171.0
1976	373.6	417.8	507.9	381.7	198.3	27.2	21.2	12.2	10.4	13.6	27.6	50.0	**2041.5**	170.1
1977	309.7	614.4	400.4	178.6	1.4	21.6	7.1	4.5	17.0	7.5	18.2	37.6	**1618.0**	134.8
1978	97.7	279.7	142.4	291.0	25.6	4.0	2.3	2.9	5.8	9.5	9.5	54.3	**924.7**	77.1
1979	200.8	163.3	146.9	339.0	74.8	8.3	4.2	4.0	15.2	17.5	10.2	16.1	**1000.3**	83.4
1980	221.7	212.0	254.9	502.5	119.5	32.7	6.5	6.1	7.7	28.6	22.2	30.4	**1444.8**	120.4
1981	86.6	417.2	372.3	255.5	12.4	3.6	8.0	4.8	6.5	11.0	11.6	46.9	**1236.4**	103.0
1982	121.1	95.8	32.2	132.2	16.0	6.2	4.4	5.1	11.1	24.0	311.5	554.8	**1314.4**	109.5
1983	658.6	427.9	743.3	733.1	817.7	457.0	310.1	27.4	71.0	28.0	24.9	141.5	**4440.5**	370.0
1984	154.1	863.0	778.1	451.2	19.5	21.2	6.5	11.9	16.4	10.6	19.1	66.4	**2418.0**	201.5
1985	173.2	101.6	284.4	78.6	18.4	6.7	1.7	7.4	4.8	14.1	13.9	154.6	**859.4**	71.6
1986	501.8	440.5	223.6	385.9	20.2	8.4	6.8	11.0	9.6	15.9	15.5	132.5	**1771.7**	147.6
1987	607.1	479.8	629.2	555.0	167.5	13.3	8.4	19.8	7.1	23.7	7.7	11.8	**2530.4**	210.9
1988	346.3	392.4	40.3	250.6	65.5	7.1	10.5	14.8	7.0	20.8	15.5	102.2	**1273.0**	106.1
1989	585.0	682.6	791.5	156.4	103.9	13.4	4.6	4.3	7.1	14.8	21.6	12.9	**2398.1**	199.8
1990	89.9	439.8	176.7	208.3	75.0	12.2	5.7	4.9	10.7	15.8	9.6	83.0	**1131.6**	94.3
1991	207.6	488.9	337.1	109.0	67.9	3.4	5.1	7.9	6.7	20.2	31.5	49.2	**1334.5**	111.2
1992	198.8	693.1	732.4	777.5	616.7	241.5	13.7	6.1	9.7	14.7	24.0	13.6	**3341.8**	278.5
1993	315.4	599.5	622.2	604.4	358.1	24.0	27.2	7.8	10.4	13.9	16.3	142.1	**2741.3**	228.4
1994	366.2	435.8	296.1	269.9	72.7	8.7	5.1	3.7	5.3	18.7	16.3	245.6	**1744.1**	145.3
1995	324.3	390.9	297.9	272.0	54.3	8.1	23.5	9.2	7.2	22.5	12.6	19.7	**1442.2**	120.2
1996	295.0	595.7	585.3	74.1	20.8	6.1	4.7	4.8	8.6	9.1	17.6	29.5	**1651.3**	137.6
1997	205.2	520.9	718.7	495.7	530.8	322.1	112.6	135.5	187.7	141.8	672.7	559.0	**4602.7**	383.6
1998	606.7	1293.1	748.9	770.2	565.6	165.9	50.0	12.6	10.8	18.7	19.9	34.3	**4296.7**	358.1
1999	149.7	514.8	527.3	358.8	141.7	8.1	14.5	3.5	24.7	18.4	19.0	151.7	**1932.2**	161.0
2000	140.0	490.1	482.6	239.8	141.7	28.7	1.6	8.9	21.3	19.3	4.2	20.4	**1598.6**	133.2
2001	293.1	413.1	685.2	248.7	71.2	1.0	6.3	4.6	6.3	9.8	18.5	22.4	**1780.2**	148.4
2002	152.2	427.9	705.0	326.5	38.0	16.8	5.8	4.1	5.9	17.3	22.0	57.5	**1779.0**	148.3
2003	261.5	210.8	217.7	92.8	35.3	10.2	8.7	6.5	6.9	13.0	8.9	31.8	**904.1**	75.3
2004	207.5	317.6	480.2	220.2	40.1	9.7	4.5	2.5	14.9	35.2	12.0	8.7	**1353.1**	112.8
2005	68.2	142.0	286.4	184.4	5.3	5.3	3.3	5.7	8.9	14.3	14.1	45.3	**783.2**	65.3
2006	353.1	545.9	469.6	131.8	89.3	7.3	5.2	7.7	11.6	10.4	29.8	64.8	**1726.5**	143.9
2007	262.6	280.6	427.0	202.1	67.2	18.0	5.6	8.4	8.9	15.5	13.0	33.2	**1342.1**	111.8
2008	837.8	626.8	717.0	444.3	38.5	29.3	22.1	8.4	8.9	23.7	9.2	30.4	**2796.4**	233.0
2009	534.7	482.1	748.9	146.1	88.2	15.7	4.5	7.8	11.2	13.8	14.1	98.1	**2165.2**	180.4
2010	330.0	594.7	557.4	605.0	205.5	18.1	2.3	5.4	13.5	15.7	19.4	153.1	**2520.1**	210.0
2011	250.2	465.2	224.7	621.1	24.7	16.6	27.6	5.3	11.3	7.3	17.1	22.1	**1693.2**	141.1
2012	603.8	569.0	531.6	621.3	372.7	21.4	7.7	1.7	3.6	18.4	13.9	17.6	**2782.7**	231.9
2013	327.0	460.4	359.1	202.0	31.6	9.6	3.1	4.7	1.9	17.9	20.0	19.1	**1456.4**	121.4
2014	362.0	494.6	238.7	123.5	346.1	32.1	13.3	12.2	13.8	33.1	16.3	37.0	**1722.7**	143.6
2015	295.8	530.1	351.7	308.2	380.1	139.6	67.9	8.4	13.9	23.5	15.1	34.2	**2168.4**	180.7
2016	349.8	543.9	619.2	268.9	30.1	18.3	26.3	10.2	15.5	9.6	9.6	52.4	**1953.8**	162.8
2017	594.3	894.3	938.7	364.6	347.3	34.9	4.4	5.2	7.9	17.7	20.5	80.5	**3310.3**	275.9
2018	235.6	541.7	308.0	109.9	46.1	10.3	5.0	6.0	8.9	8.8	15.9	93.0	**1389.2**	115.8

Figura 75. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos.
Salas, 2020

CECILIA

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOT	PROM
1997	219.7	488.2	805.4	755.2	436.8	283.5	110.3	165.1	212.8	118.9	707.4	701.3	**5004.6**	**417.1**
1998	627.1	1184.1	833.6	649.1	563.3	156.3	140.1	14.4	11.6	18.6	26.8	38.5	**4263.5**	**355.3**
1999	188.0	508.2	552.5	355.7	134.5	9.0	16.4	3.2	26.9	19.8	16.7	160.8	**1991.7**	**166.0**
2000	141.4	497.1	475.9	293.2	160.5	33.2	1.3	6.1	9.0	9.1	1.6	13.2	**1641.6**	**136.8**
2001	237.8	558.2	682.2	337.2	80.1	0.0	3.0	0.4	2.0	3.2	0.3	7.7	**1912.1**	**159.3**
2002	90.5	456.9	801.6	436.2	48.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.1	**1899.0**	**158.3**
2003	220.6	183.8	153.8	111.8	47.1	1.9	4.5	0.0	0.5	0.5	0.5	27.5	**752.5**	**62.7**
2004	212.6	323.2	534.1	199.3	48.1	6.6	0.0	1.1	12.0	22.0	8.6	2.0	**1369.6**	**114.1**
2005	80.9	148.4	236.9	249.6	1.5	4.1	1.3	1.3	5.3	20.3	18.8	93.5	**861.9**	**71.8**
2006	469.3	544.3	542.6	151.6	49.8	6.1	1.3	6.3	5.6	11.2	30.0	49.6	**1867.6**	**155.6**
2007	234.1	258.8	515.9	163.0	61.0	20.7	4.7	6.2	3.9	13.6	14.5	38.7	**1334.9**	**111.2**
2008	941.0	766.3	933.0	670.5	134.8	45.9	20.3	14.9	25.1	16.7	3.9	31.1	**3603.3**	**300.3**
2009	447.6	400.8	365.8	135.1	107.9	17.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	73.0	**1548.6**	**129.1**
2010	298.3	635.5	589.7	542.5	236.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.3	**2456.1**	**204.7**
2011	295.6	651.0	13.2	512.6	19.4	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	12.0	19.3	**1526.5**	**127.2**
2012	595.7	471.9	529.5	600.7	368.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2565.9**	**213.8**
2013	347.5	466.8	340.7	249.7	42.4	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	20.4	6.9	**1483.7**	**123.6**
2014	413.4	528.8	260.6	144.0	366.3	47.2	0.4	1.2	0.0	27.5	8.6	40.6	**1838.6**	**153.2**
2015	420.2	547.1	477.3	296.2	374.3	120.2	97.8	0.0	3.8	16.4	8.2	29.2	**2390.7**	**199.2**
2016	289.3	573.8	728.7	281.0	9.9	12.1	30.7	0.0	4.0	3.1	1.3	43.4	**1977.1**	**164.8**
2017	690.2	940.9	1017.0	465.4	397.7	44.3	0.8	1.2	5.8	8.1	17.4	86.1	**3674.8**	**306.2**
2018	295.5	593.6	277.9	132.2	70.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	1.3	73.9	**1447.3**	**120.6**

Figura 76. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

RUIDOSO

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOT	PROM
1998	348.6	1113.2	608.6	593.2	453.1	208.3	37.7	4.6	3.2	7.8	7.5	16.8	**3402.6**	**283.6**
1999	108.2	461.2	464.8	250.1	65.1	4.6	12.5	1.9	9.8	4.5	5.2	106.4	**1494.3**	**124.5**
2000	138.2	519.6	256.4	221.9	90.6	10.3	0.2	0.7	9.8	2.5	0.6	11.7	**1262.5**	**105.2**
2001	265.8	243.8	680.4	254.7	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	**1485.4**	**123.8**
2002	95.6	511.2	485.5	310.6	17.8	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.7	**1479.7**	**123.3**
2003	221.2	157.9	151.3	97.1	21.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	**666.4**	**55.5**
2004	190.6	239.7	477.4	213.3	32.5	1.7	0.9	4.5	7.1	6.7	5.5	11.4	**1191.3**	**99.3**
2005	66.2	62.4	253.7	135.7	0.3	0.8	0.5	0.0	0.1	0.1	1.8	27.8	**549.4**	**45.8**
2006	178.1	499.9	461.4	37.4	76.0	2.0	0.1	0.0	5.4	5.1	11.9	30.3	**1307.7**	**109.0**
2007	149.9	113.0	264.6	150.6	43.8	8.8	0.2	1.6	0.5	0.1	1.1	8.1	**742.2**	**61.8**
2008	960.5	609.5	541.2	379.5	41.6	14.3	3.0	8.0	8.1	7.0	0.0	0.6	**2573.3**	**214.4**
2009	722.0	434.2	419.0	100.5	102.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	35.5	**1817.2**	**151.4**
2010	276.5	718.5	606.3	748.3	95.6	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.5	**2582.2**	**215.2**
2011	231.0	500.0	69.2	667.2	19.5	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	**1524.4**	**127.0**
2012	657.1	544.1	475.1	521.3	199.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2397.0**	**199.7**
2013	269.0	335.8	288.5	131.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1024.9**	**85.4**
2014	181.7	247.5	145.0	60.0	159.6	9.6	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	5.0	**819.8**	**68.3**
2015	418.2	239.6	291.4	278.4	284.9	129.2	3.8	0.0	0.0	3.8	0.0	3.0	**1652.3**	**137.7**
2016	282.4	537.1	518.8	187.9	51.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	**1587.3**	**132.3**
2017	331.3	430.5	613.5	379.4	279.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	74.9	**2114.7**	**176.2**
2018	115.3	398.7	165.6	110.0	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.1	**890.1**	**74.2**

Figura 77. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

SAN LUIS

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1998	359.0	900.6	657.6	484.1	458.1	156.5	37.1	1.1	0.7	3.5	1.8	6.3
1999	49.7	360.7	389.4	205.2	45.5	1.8	3.5	0.5	4.2	0.9	2.3	83.9
2000	127.5	437.5	224.7	208.7	88.4	9.8	0.0	0.4	8.8	1.7	0.0	4.4
2001	207.4	348.1	719.7	203.2	71.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
2002	77.8	459.4	529.4	199.3	25.3	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7
2003	135.6	150.4	139.5	83.5	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7
2004	75.0	169.5	295.0	203.0	12.0	12.0	0.3	1.4	5.5	5.2	2.6	5.2
2005	55.9	74.6	211.7	138.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.1	1.7	21.0
2006	229.1	476.9	418.3	18.2	107.0	1.0	0.1	0.0	2.5	4.1	8.3	10.4
2007	155.5	169.8	334.6	132.1	31.5	5.0	1.0	1.1	0.5	0.1	0.1	1.2
2008	676.5	602.3	347.8	242.5	28.6	6.5	0.3	3.0	3.6	4.0	0.0	0.6
2009	543.0	396.8	211.3	49.5	47.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	5.0
2010	187.0	630.0	368.2	293.3	113.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.2
2011	178.0	374.0	59.7	554.4	35.4	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
2012	509.3	482.5	486.6	405.4	145.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	242.6	288.3	205.5	76.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	235.5	368.0	89.0	44.2	100.1	8.6	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	11.0
2015	182.7	238.4	206.0	260.9	200.6	92.7	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	2.0
2016	244.8	387.9	397.4	106.6	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4
2017	307.6	463.5	517.9	285.8	156.0	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	40.6
2018	88.9	248.2	126.9	90.2	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	54.6

Figura 78. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

AGRIFLORSA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2005	94.1	77.3	388.0	171.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.2
2006	401.4	611.9	484.4	53.3	99.7	3.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9.7	20.0
2007	295.1	355.5	488.2	123.4	18.0	1.0	0.0	0.0	0.5	10.6	2.6	3.0
2008	809.8	798.5	515.4	368.6	26.8	8.5	0.4	0.4	6.4	5.2	0.0	5.4
2009	596.1	581.5	295.1	77.0	40.6	1.7	0.0	0.0	0.0	4.0	8.7	3.2
2010	257.7	705.6	311.6	826.7	173.9	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	186.5
2011	260.5	548.0	56.3	722.6	38.4	57.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
2012	666.9	655.3	520.9	250.2	140.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	256.5	312.4	166.6	43.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	338.7	722.0	73.0	52.3	106.6	6.5	0.0	0.0	0.0	13.8	0.0	23.6
2015	209.2	183.7	215.9	254.0	182.2	112.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	29.0
2016	363.8	200.6	375.9	139.1	68.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
2017	262.4	363.4	554.8	252.7	168.5	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.3
2018	76.1	275.6	157.2	48.3	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.1

Figura 79. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

VAINILLO S. JACOBO K. NUBE

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1998	386.7	872.8	625.7	503.6	485.2	105.5	36.7	3.0	1.0	5.3	3.2	5.8
1999	69.6	361.2	352.4	208.5	44.9	2.7	8.4	1.8	6.8	2.3	4.5	95.4
2000	147.1	493.9	248.2	209.3	74.8	9.4	0.0	0.3	5.5	2.0	0.0	3.1
2001	173.8	293.9	497.6	256.3	34.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
2002	56.0	408.4	361.0	188.4	10.9	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.3
2003	208.3	154.2	189.6	75.7	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0
2004	123.2	177.5	339.1	175.4	19.0	19.0	1.0	0.3	5.2	0.1	0.0	0.0
2005	33.3	67.1	242.7	142.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2
2006	226.6	410.1	332.3	34.2	102.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	20.6
2007	181.3	181.4	226.9	194.4	31.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.8
2008	758.2	515.8	480.2	293.4	29.4	7.0	2.4	1.2	7.5	2.0	0.0	0.0
2009	546.0	509.6	200.4	48.0	53.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
2010	199.0	551.8	325.5	531.4	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2011	150.0	312.8	77.0	470.0	25.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	426.4	718.0	564.2	309.6	172.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	255.4	206.5	270.3	70.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
2014	169.4	423.0	127.0	32.8	155.8	0.7	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	16.0
2015	279.0	321.0	281.6	293.0	175.0	107.0	0.0	0.0	2.4	5.0	0.0	11.0
2016	322.6	348.0	448.2	147.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
2017	368.0	408.0	568.1	278.6	234.5	8.4	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.0
2018	124.5	382.0	200.0	29.0	33.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0

Figura 80. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

SAN JORGE

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1998	493.2	819.6	734.0	735.3	481.8	78.6	6.4	0.0	0.0	2.5	0.0	0.5
1999	67.4	355.2	318.8	213.9	51.0	0.0	7.1	0.0	3.5	1.0	2.5	63.9
2000	140.9	482.0	252.4	203.9	92.8	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
2001	268.1	325.8	816.8	200.8	4.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.9	1.9
2002	111.0	463.4	374.6	153.9	31.2	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.7
2003	241.0	207.2	153.1	63.2	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.6
2004	187.6	369.2	409.6	117.6	17.9	14.2	0.0	0.0	0.7	1.1	0.5	5.5
2005	60.5	77.7	307.0	124.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.7
2006	167.7	340.2	229.2	29.2	78.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	39.3
2007	259.2	99.6	401.4	88.1	14.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
2008	621.3	507.3	518.0	252.9	34.3	1.8	1.5	1.2	2.5	0.0	0.0	0.0
2009	360.3	398.5	226.2	108.6	60.7	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	161.9	441.4	287.8	293.3	113.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5
2011	130.0	242.5	37.8	335.6	3.2	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	722.2	837.0	588.5	156.2	145.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	226.1	220.0	291.8	49.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
2014	214.7	288.8	227.8	32.7	200.9	0.8	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	6.3
2015	56.8	411.2	342.1	266.6	202.9	57.9	13.2	0.0	7.9	7.1	0.0	9.7
2016	298.4	231.5	361.4	112.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	170.8	355.0	618.4	388.9	275.7	2.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	49.0
2018	81.1	349.4	276.4	45.3	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.9

Figura 81. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020.

COCHANCAY

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1997	188.9	344.0	804.6	597.6	467.0	202.3	64.6	55.0	84.2	87.5	651.2	537.5
1998	466.9	1131.3	617.3	763.0	489.1	163.7	64.5	4.6	6.4	10.5	11.3	24.5
1999	131.3	460.2	515.4	303.2	91.6	6.1	15.1	5.8	16.1	10.4	12.5	141.5
2000	135.2	514.8	259.7	315.9	114.0	17.8	0.6	2.1	7.0	3.5	0.2	3.7
2001	243.4	329.7	571.5	184.7	60.6	0.0	0.9	0.0	0.6	0.0	0.0	4.8
2002	0.0	299.5	440.6	290.4	13.1	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3
2011	107.2	372.8	79.1	499.5	11.4	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	21.0
2012	485.0	649.9	556.1	456.4	271.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	270.0	334.0	232.6	177.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3
2014	225.5	444.2	144.2	64.1	248.4	3.8	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	29.7
2015	252.5	365.4	453.4	257.1	187.8	108.4	8.6	0.0	0.0	1.1	0.0	18.0
2016	265.7	362.8	414.3	121.6	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1
2017	310.1	388.7	719.3	380.2	272.4	10.1	3.8	0.0	0.0	0.0	2.0	52.5
2018	188.1	355.4	208.4	148.7	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.6

Figura 82. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

POBASA

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2002	101.7	785.0	820.0	403.9	26.0	19.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.5	54.0
2003	351.0	308.0	331.5	200.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0
2004	216.0	579.5	308.5	150.2	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
2005	32.0	101.0	381.8	180.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.0
2006	375.3	481.0	307.5	36.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	17.0
2007	300.0	125.0	630.5	135.5	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	6.0
2008	674.8	812.7	780.6	639.2	48.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
2009	647.0	355.3	268.3	63.8	66.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	199.1	483.0	408.3	348.1	109.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.0
2011	151.1	341.5	54.0	531.3	54.0	6.0	83.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	442.5	685.0	507.0	199.7	240.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	292.1	208.5	332.8	61.0	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
2014	261.8	314.6	134.3	33.0	311.4	7.6	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	7.4
2015	86.3	354.8	346.2	270.0	271.5	111.8	15.5	0.0	0.0	6.6	0.0	12.2
2016	377.9	293.7	400.5	132.3	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
2017	239.9	516.5	437.5	476.7	414.2	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.0
2018	101.2	350.5	397.8	36.6	57.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2

Figura 83. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

JANEIROS

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2002	116.6	796.5	814.3	350.8	4.5	17.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	40.0
2003	206.5	382.0	220.5	143.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.5
2004	284.5	571.0	423.5	133.5	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
2005	50.5	110.9	354.0	135.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0
2006	345.5	545.2	378.0	30.0	57.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	11.0
2007	310.0	209.0	742.6	110.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	7.0
2008	762.0	842.8	736.1	636.6	55.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0
2009	653.5	362.0	378.0	89.5	94.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	211.3	552.3	438.6	448.0	127.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	131.0
2011	224.0	462.2	24.0	334.5	24.0	4.0	169.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	416.0	698.2	433.7	176.3	256.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	271.0	214.6	323.4	49.3	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6
2014	284.8	286.9	108.4	40.9	332.5	7.6	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	14.0
2015	94.0	277.3	357.6	213.6	299.4	84.5	13.0	0.0	0.0	5.8	0.0	11.9
2016	362.9	313.2	436.3	132.5	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
2017	168.2	497.3	521.5	472.1	400.3	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.2
2018	84.7	345.3	413.5	34.8	51.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	60.9

Figura 84. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

BANATEL SUR-CENATIC (CORRALES)

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2002	94.1	614.1	379.4	244.2	7.0	0.5	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	17.0
2003	127.0	284.0	219.0	75.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5
2004	172.0	361.0	290.0	127.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
2005	58.0	93.6	293.9	236.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.0
2006	324.8	686.1	405.1	0.0	61.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	24.5
2007	313.8	239.3	784.9	19.0	5.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
2008	742.4	903.4	726.3	387.5	10.0	1.8	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0
2009	577.3	577.7	361.0	40.0	141.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	260.8	765.4	209.5	517.4	139.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.6
2011	166.2	494.8	31.9	796.5	31.9	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
2012	774.2	1290.1	560.8	159.3	84.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	262.6	227.7	262.9	56.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	264.7	270.5	97.3	76.2	280.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	3.6
2015	78.5	249.6	334.2	164.0	376.4	41.6	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	14.0
2016	301.3	349.1	482.2	118.6	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	277.3	493.0	624.7	325.2	204.5	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.1
2018	84.0	333.8	155.7	25.4	53.3	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5

Figura 85. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

BANATEL (TAURA)

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1995	0.0	134.5	166.5	60.9	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.3	34.5
1996	251.9	314.4	342.8	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
1997	183.6	262.2	498.1	304.3	161.3	44.8	54.7	17.3	42.5	59.2	573.4	526.0
1998	652.3	998.6	1049.5	864.3	325.7	71.6	0.0	0.0	0.0			
2000	120.0	293.0	242.5	131.7	94.0	6.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	5.1
2001	210.5	688.0	688.0	164.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2002	99.8	545.4	346.7	211.6	1.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	7.0
2003	135.2	322.5	227.0	92.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.0
2004	157.4	398.6	345.2	97.4	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
2005	35.0	56.1	268.4	178.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.2
2006	228.9	426.0	233.9	5.3	38.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	36.0
2007	226.4	121.1	512.1	28.8	5.2	0.0	1.9	0.0	0.0	1.5	3.5	5.7
2008	462.2	610.4	573.4	328.2	12.8	3.8	0.0	0.0	3.6	1.9	0.0	0.0
2009	374.6	344.5	231.2	40.6	60.5	6.5	2.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2010	164.4	441.0	172.6	326.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.8
2011	142.5	285.9	38.2	521.2	38.2	4.5	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5
2012	455.7	952.9	529.7	139.6	129.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	305.5	221.6	255.6	41.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	273.0	265.9	85.2	58.7	307.7	0.9	1.1	2.7	0.8	5.5	0.0	7.1
2015	78.4	272.0	416.8	163.7	297.4	59.7	0.9	0.0	0.0	5.1	0.9	10.9
2016	306.3	298.0	490.8	171.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	244.8	216.6	659.5	326.2	178.9	3.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	35.2
2018	46.5	274.4	165.5	39.1	52.0	1.9	1.1	0.0	0.0	0.6	1.4	46.5

Figura 86. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

LOMAVERDE (MANGOS)

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2002	102.7	591.0	537.3	187.1	4.5	2.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	21.0
2003	140.9	322.8	218.0	118.8	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0
2004	195.4	432.0	336.8	81.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
2005	47.6	66.7	343.3	138.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0
2006	263.8	385.0	299.5	2.0	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	13.5
2007	181.9	155.7	540.1	38.5	6.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.4	7.1
2008	558.2	611.6	574.2	435.1	7.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
2009	397.4	312.7	237.0	56.3	48.8	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	126.7	514.9	171.3	333.4	94.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.5
2011	142.5	280.0	28.0	377.6	28.0	2.0	29.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	818.7	1444.5	477.7	176.9	148.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	321.8	172.7	262.3	31.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	275.6	228.3	90.7	100.8	212.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	4.6
2015	80.0	213.1	452.3	250.4	312.2	92.7	0.6	0.0	0.0	5.3	0.0	14.0
2016	394.4	313.8	554.1	105.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	225.9	327.1	683.9	406.7	175.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2
2018	114.0	291.6	191.4	20.8	54.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	29.8

Figura 87. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

DIFASET (PTE. SALINAS)

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2002	85.0	423.2	356.0	166.3	2.0	12.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	9.0
2003	196.0	153.7	290.5	121.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.5
2004	193.0	301.0	229.5	80.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
2005	28.5	39.7	280.5	208.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.5
2006	348.6	690.0	748.5	2.1	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	17.7
2007	258.5	174.3	656.6	85.0	3.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.5	4.5
2008	549.4	789.9	618.2	479.0	21.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
2009	471.8	510.5	316.9	58.5	115.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	159.0	576.2	237.4	437.0	118.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.5
2011	129.2	329.5	22.0	436.7	22.0	5.0	44.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	465.9	1174.2	517.7	167.4	141.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	237.0	198.1	209.3	31.8	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	227.8	263.0	134.6	129.3	265.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	5.6
2015	69.1	243.3	428.0	351.9	425.1	105.7	0.8	0.0	0.0	6.9	0.0	19.8
2016	381.2	378.7	694.8	89.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	178.8	484.0	762.8	488.4	261.2	7.9	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	47.6
2018	132.3	267.7	278.6	25.9	37.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	6.4

Figura 88. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

SURUCUA PALMA

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2006		389.8	252.0	11.0	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	12.0
2007	250.5	89.5	463.4	91.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	5.5
2008	570.2	534.0	547.9	495.2	37.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
2009	516.0	229.4	226.3	30.0	66.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	129.0	366.7	317.8	311.5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.0
2011	131.0	280.7	28.0	383.7	28.0	4.0	77.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	421.9	734.0	669.1	179.1	210.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	282.5	217.2	284.5	45.7	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
2014	290.0	294.3	150.1	65.2	324.9	7.1	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	18.1
2015	103.9	303.0	378.5	220.7	353.0	116.3	3.6	0.0	0.0	5.8	0.0	14.2
2016	377.4	339.3	453.0	146.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
2017	206.2	527.0	547.6	486.7	418.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.1
2018	89.6	347.5	380.2	34.0	50.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	60.2

Figura 89. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

AGRIBOLICHE

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2007	230.0	205.1	768.3	60.8	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	5.5
2008	667.6	986.4	889.5	216.2	11.7	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
2009	815.6	558.0	255.0	86.2	46.5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	266.8	665.0	387.5	353.4	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204.4
2011	258.5	314.5	17.0	432.5	17.0	1.0	63.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	718.9	1239.8	369.7	211.3	79.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	392.7	237.4	270.0	63.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	280.2	293.6	82.3	82.8	309.8	1.3	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
2015	73.9	159.0	357.1	188.4	292.4	80.0	2.1	0.0	0.0	6.1	0.0	9.1
2016	339.6	305.6	471.6	104.9	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	179.6	381.6	752.4	401.7	211.9	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.8
2018	52.2	400.1	176.7	57.4	75.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.8	28.2

Figura 90. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

SHANGHAY

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2009	563.7	565.7	274.0	101.8	58.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	197.6	753.5	311.6	674.0	114.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.3
2011	297.4	349.2	45.4	707.8	0.0	19.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.4
2012	537.2	781.7	633.7	221.3	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	274.1	327.5	184.1	36.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	162.2	298.1	139.4	100.2	212.8	23.9	0.0	0.0	4.0	10.0	2.7	16.5
2015	85.1	127.9	222.7	226.3	218.6	104.6	10.7	10.2	0.0	8.1	0.0	67.3
2016	401.7	198.1	473.3	181.0	9.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7
2017	343.5	388.0	456.9	569.1	266.0	16.8	8.4	0.0	0.0	0.0	3.1	15.7
2018	77.4	310.8	165.2	84.8	46.2	4.3	3.0	0.0	0.0	3.8	0.0	29.4

Figura 91. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

CEREALES

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
2016	65.9	182.6	420.6	123.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
2017	382.0	275.8	403.8	515.2	162.5	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
2018	40.1	266.1	162.5	21.5	43.2	3.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	55.1

Figura 92. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos. Salas, 2020

PRECIPITACION PLUVIAL "INTENDENCIA BANATEL"

	Meses											
Años	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agost**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
1995	0.0	134.5	166.5	60.9	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.3	34.5
1996	251.9	314.4	342.8	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
1997	183.6	262.2	498.1	304.3	161.3	44.8	54.7	17.3	42.5	59.2	573.4	526.0
1998	652.3	998.6	1049.5	864.3	325.7	71.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2000	120.0	293.0	242.5	131.7	94.0	6.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	5.1
2001	210.5	688.0	688.0	164.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2002	99.8	545.4	346.7	211.6	1.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	7.0
2003	135.2	322.5	227.0	92.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.0
2004	157.4	398.6	345.2	97.4	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
2005	35.0	56.1	268.4	178.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.2
2006	228.9	426.0	233.9	5.3	38.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	36.0
2007	226.4	121.1	512.1	28.8	5.2	0.0	1.9	0.0	0.0	1.5	3.5	5.7
2008	462.2	610.4	573.4	328.2	12.8	3.8	0.0	0.0	3.6	1.9	0.0	0.0
2009	374.6	344.5	231.2	40.6	60.5	6.5	2.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2010	164.4	441.0	172.6	326.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.8
2011	142.5	285.9	38.2	521.2	38.2	4.5	16.4	0.0	0.0	0.3	0.5	7.5
2012	455.7	952.9	529.7	139.6	129.6	1.0	2.0	0.0	0.0	6.5	0.0	3.4
2013	305.5	221.6	255.6	41.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	273.0	265.9	85.2	58.7	307.7	0.9	1.1	2.7	0.8	5.5	0.0	7.1
2015	78.4	354.8	416.8	163.7	297.4	59.7	0.9	0.0	0.0	5.1	0.9	10.9
2016	306.3	298.0	490.8	171.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	244.8	216.6	659.5	326.2	178.9	3.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	35.2
2018	46.5	274.4	165.5	39.1	52.0	1.9	1.1	0.0	0.0	0.6	1.4	46.5

Figura 93. Datos de estaciones meteorológicos, Ingenio Ecudos.
Salas, 2020

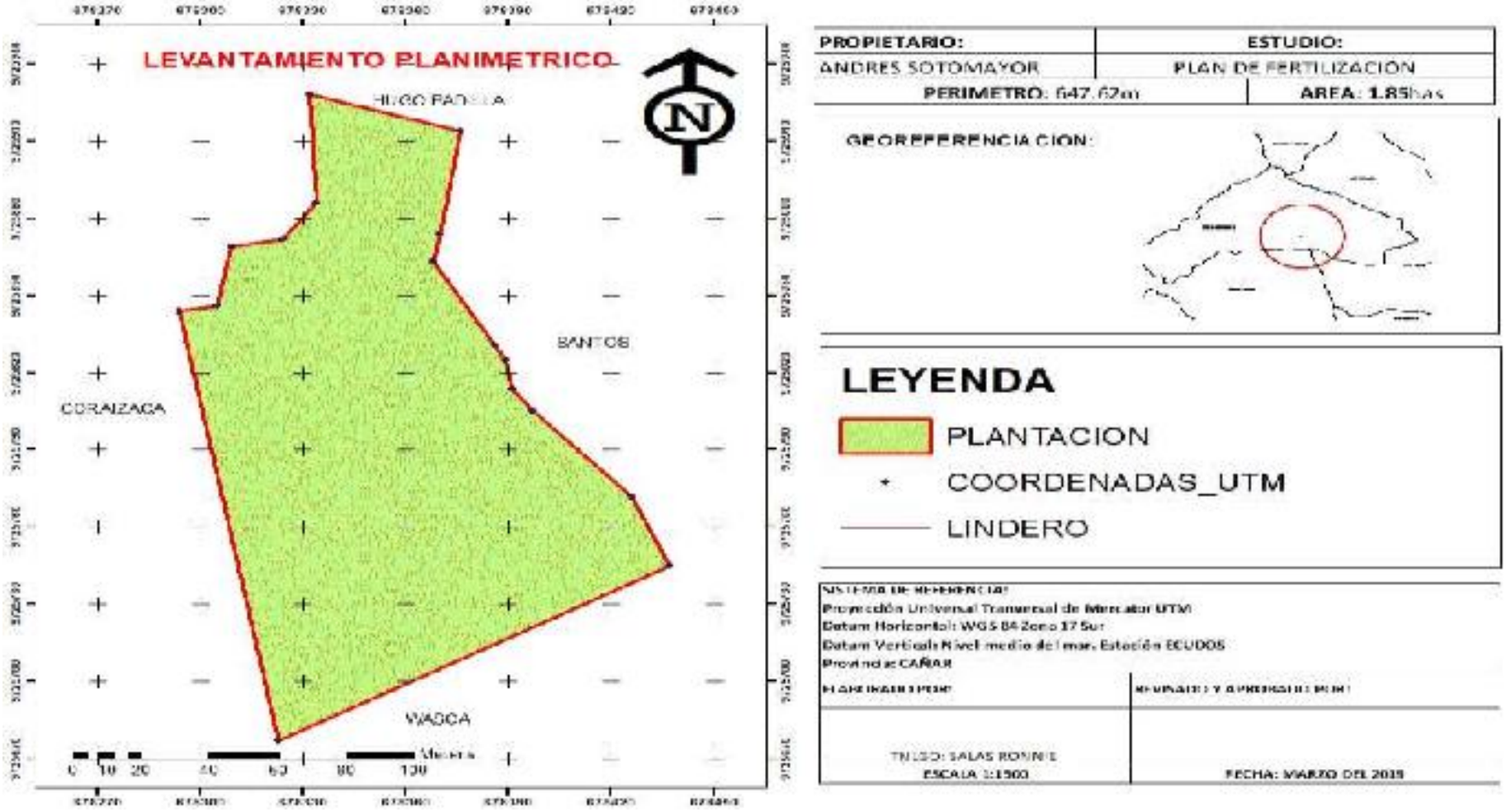


Figura 94. Plantación 1, levantamiento planimétrico en software SIG
Salas ,2020

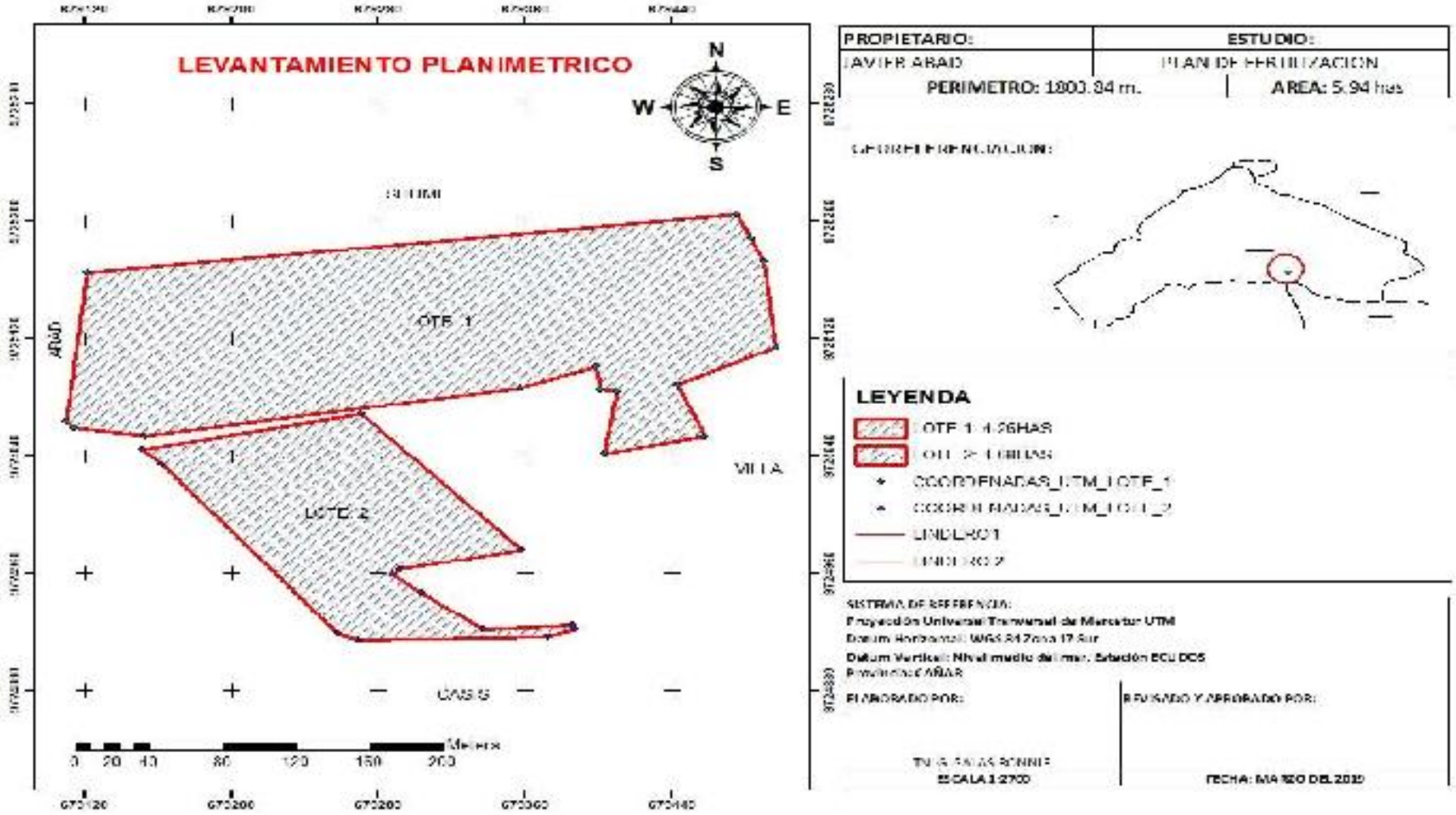


Figura 95. Plantación 2, levantamiento planimétrico en software SIG Salas ,2020

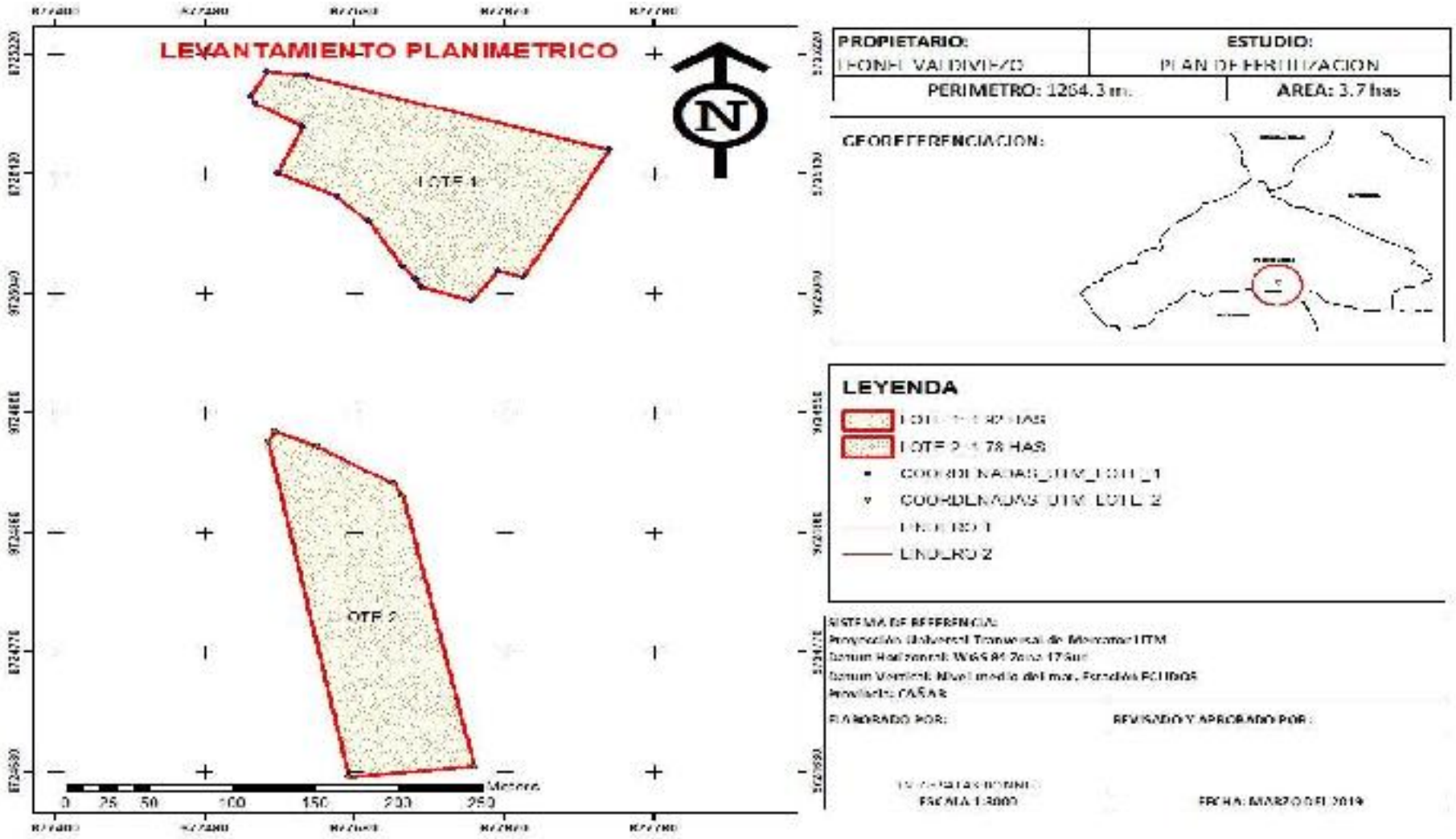


Figura 96. Plantación 3, levantamiento planimétrico en software SIG Salas ,2020

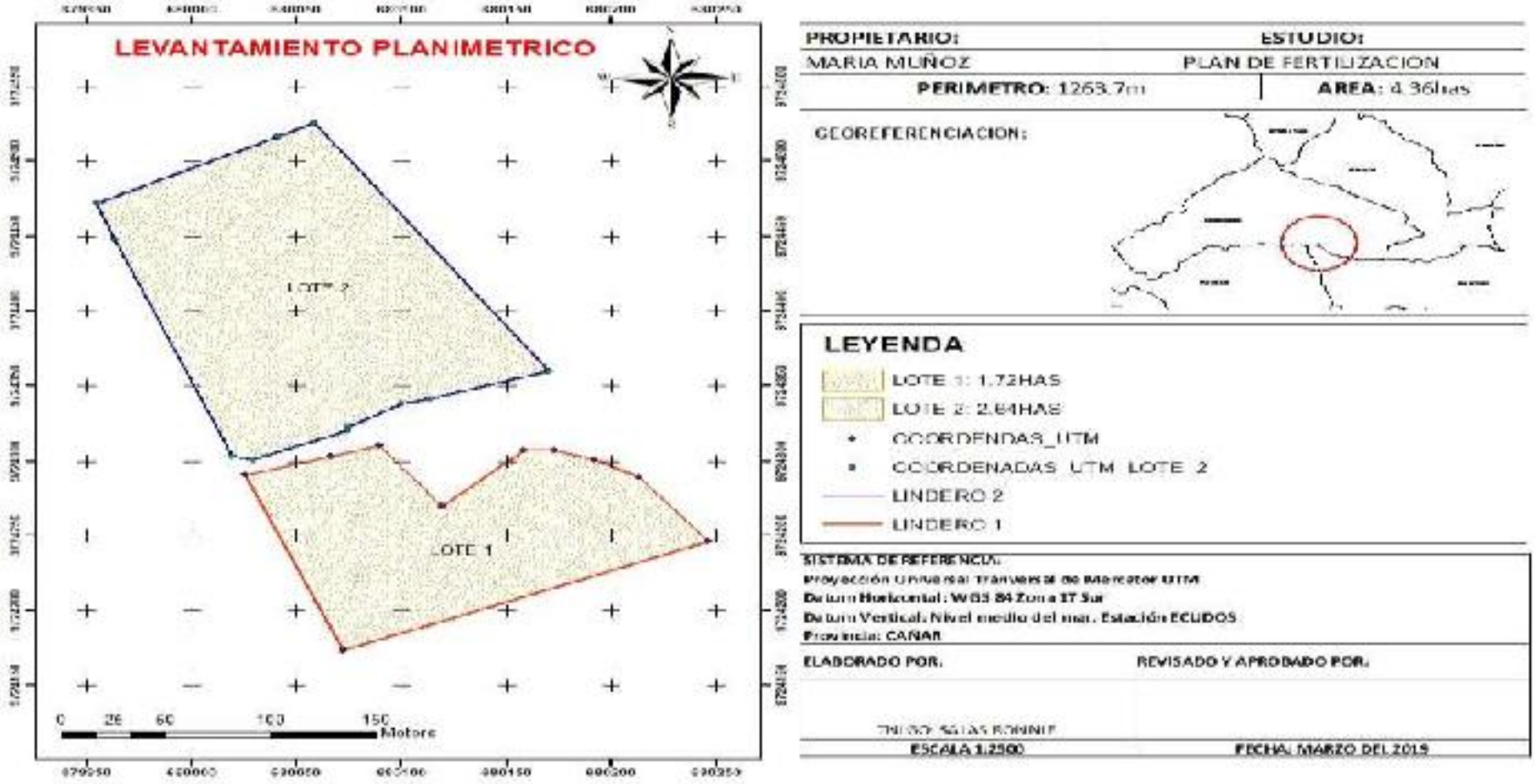


Figura 97. Plantación 4, levantamiento planimétrico en software SIG
Salas ,2020

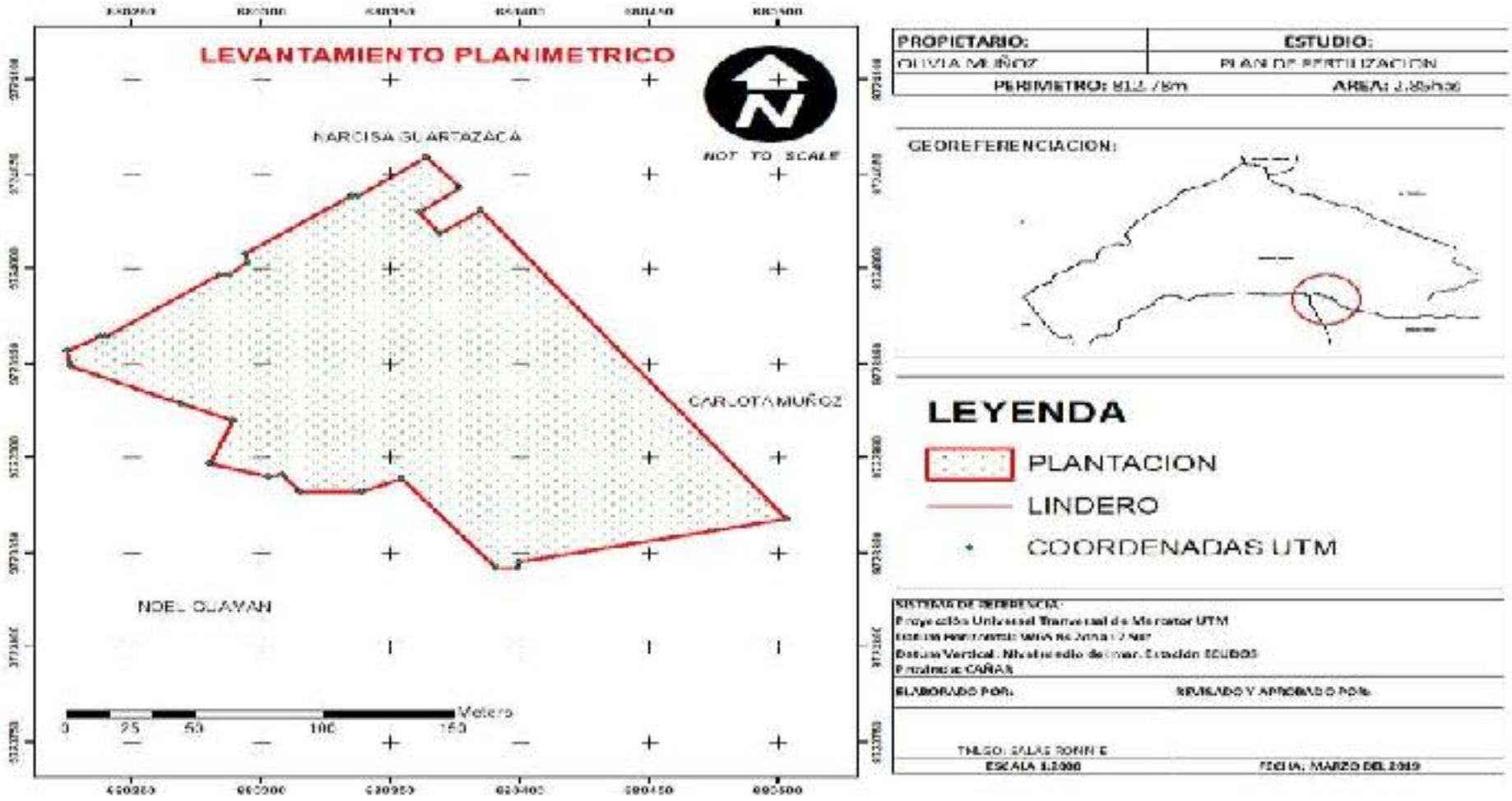


Figura 98. Plantación 5, levantamiento planimétrico en software SIG
Salas ,2020

Figura 99. Plantación 6, levantamiento planimétrico en software SIG
Salas ,2020

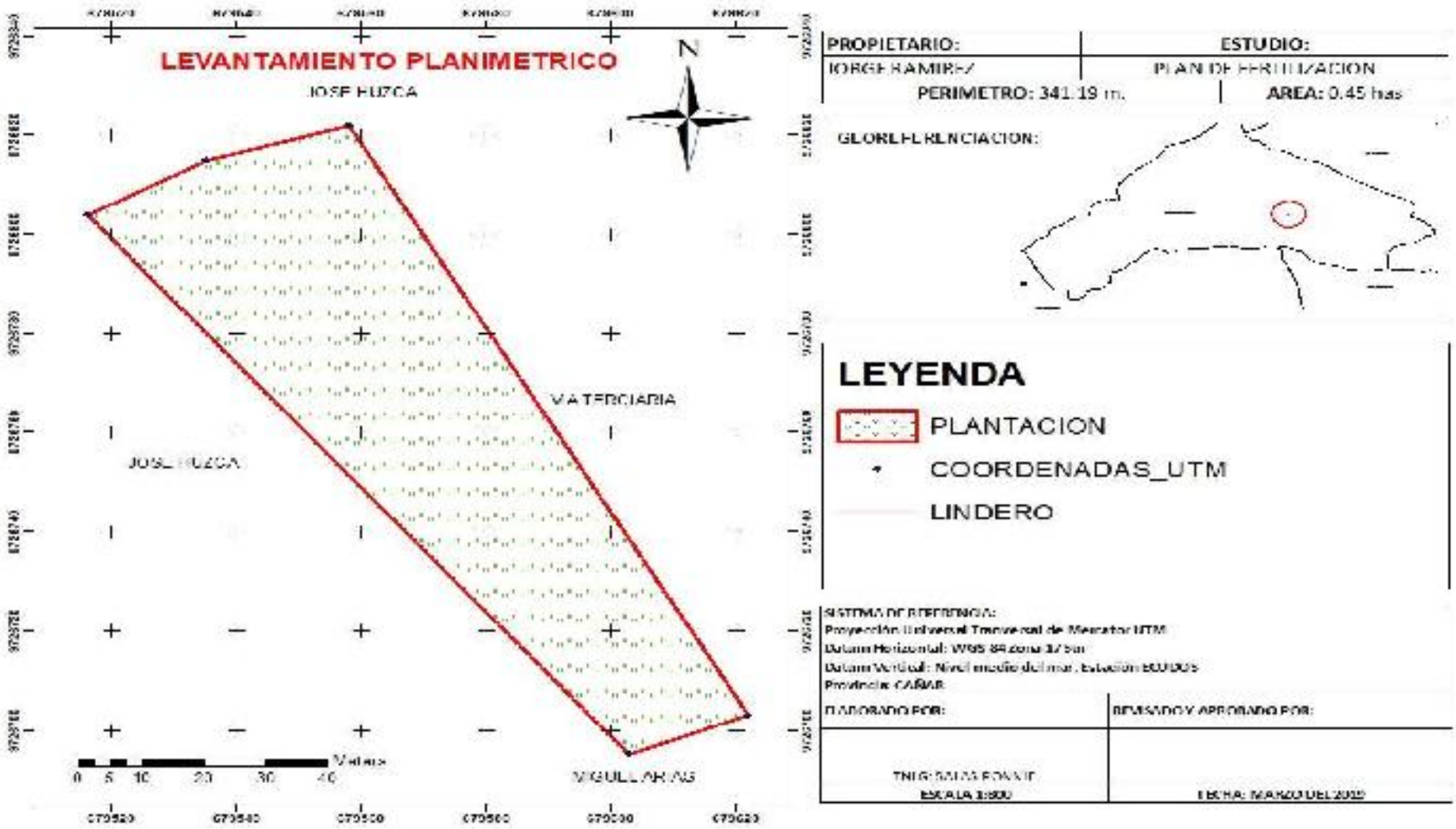


Figura 100. Plantación 7, levantamiento planimétrico en software SIG
Salas ,2020

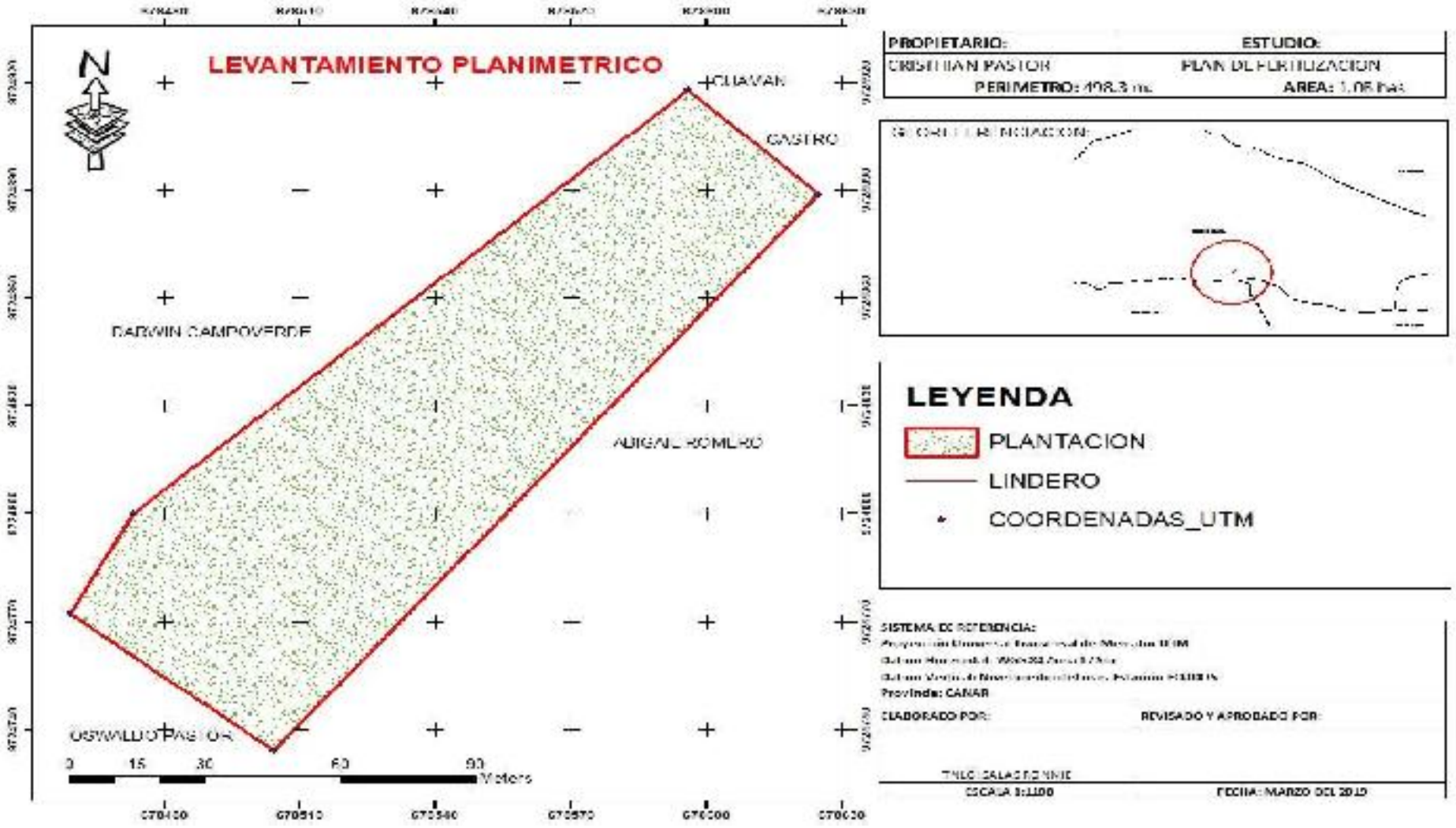


Figura 101. Plantación 8, levantamiento planimétrico en software SIG Salas ,2020.

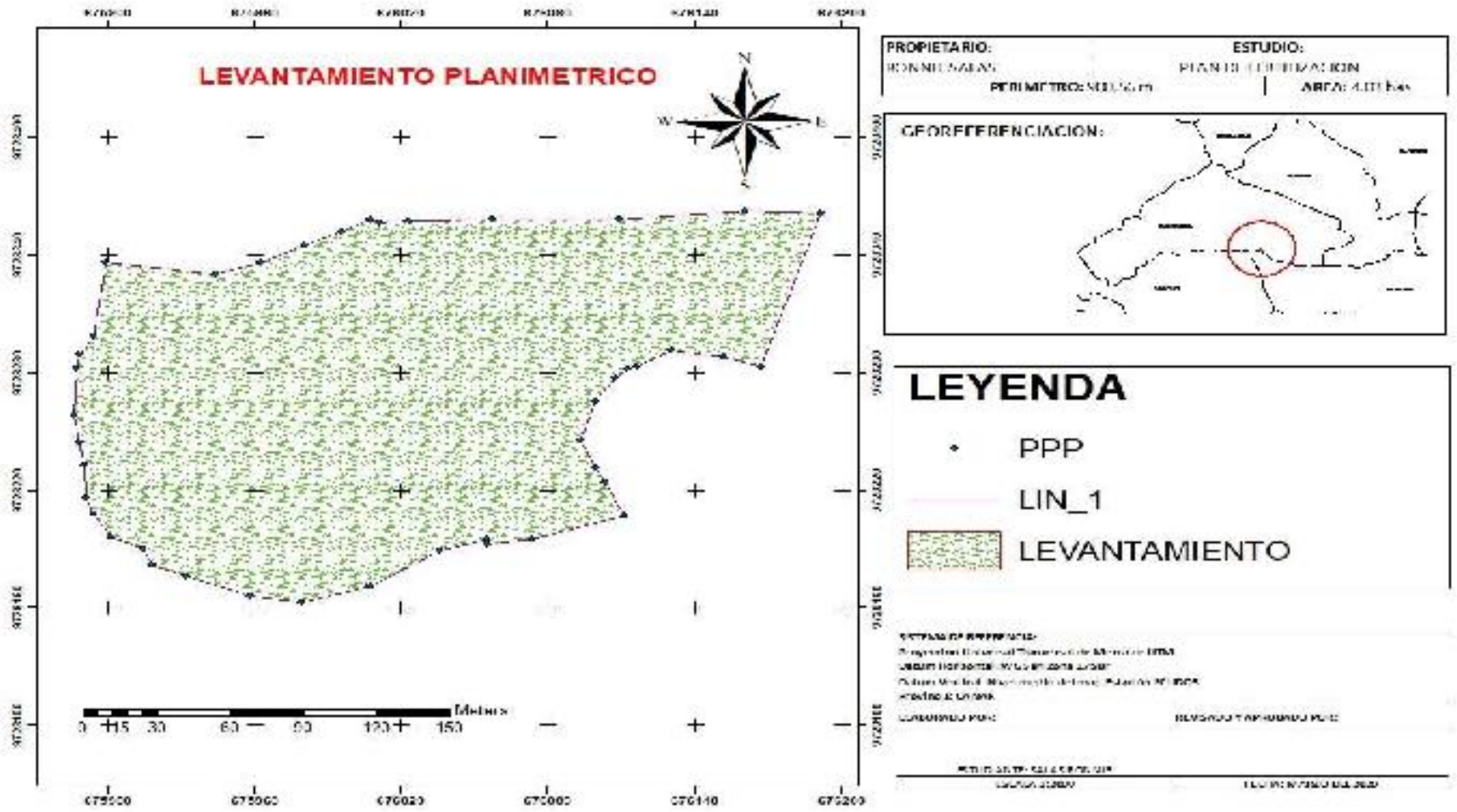


Figura 102. Plantación 9, levantamiento planimétrico en software SIG
Salas ,2020