



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
FERTIRRIEGO POR MICROASPERSIÓN CON INYECTOR  
VENTURI EN CULTIVO DE CACAO UBICADO EN EL  
RECINTO SAN ANTONIO CANTÓN URDANETA  
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR  
CIFUENTES MACÍAS CARLOS LUIS**

**TUTOR  
ING. KLEBER CALLE R. M.Sc.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, CALLE R. KLEBER, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR MICROASPERSIÓN CON INYECTOR VENTURI EN CULTIVO DE CACAO UBICADO EN EL RECINTO SAN ANTONIO CANTÓN URDANETA, realizado por el estudiante CIFUENTES MACÍAS CARLOS LUIS; con cédula de identidad N° 120567970-5 de la carrera INGENIERÍA AGRONÓMICA, 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,

Firma del Tutor  
Ing. Kleber Calle R. Ms.C

Guayaquil, 10 de Julio del 2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA 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: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR MICROASPERSIÓN CON INYECTOR VENTURI EN CULTIVO DE CACAO UBICADO EN EL RECINTO SAN ANTONIO CANTÓN URDANETA”, realizado por el estudiante CIFUENTES MACÍAS CARLOS LUIS, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

Ing. Fanny Rodríguez Jarama.  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Pedro Andrade Alvarado  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Kleber Calle Romero  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Kleber Medina Rodríguez.  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 31 de Agosto del 2020

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a DIOS por darme sabiduría en mi etapa universitaria, a mi madre por siempre tener su apoyo en todo momento, por creer en mí y ser ese empuje cuando lo necesite.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por ser el pilar fundamental en mi vida, a la Universidad por abrirme sus puertas para formar de mí un profesional, a mis padres por ser incondicionales en todas las etapas de mi vida y creer en todos los propósitos que me planteo, a mi tutor Ingeniero Kleber Calle por ser un buen guía en todo el transcurso de mi proyecto, a el Ingeniero Diego Arcos por ser un excelente docente y siempre dar su mano amiga a quien lo necesite, excelente profesional.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo CARLOS LUIS CIFUENTES MACÍAS, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR MICROASPERSIÓN CON INYECTOR VENTURI EN CULTIVO DE CACAO UBICADO EN EL RECINTO SAN ANTONIO CANTÓN URDANETA” 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 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, Agosto 31 de 2020

CIFUENTES MACÍAS CARLOS LUIS  
**C.I. 1205679705**

## Índice general

|   |           |
|---|-----------|
| <b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>                                 | <b>2</b>  |
| <b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....</b>               | <b>3</b>  |
| <b>Dedicatoria .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Agradecimiento .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>Autorización de Autoría Intelectual .....</b>                  | <b>6</b>  |
| <b>Índice general.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Índice de tablas .....</b>                                     | <b>11</b> |
| <b>Índice de figuras .....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>Resumen.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>Abstract .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>1. Introducción .....</b>                                      | <b>17</b> |
| <b>1.1 Antecedentes del problema.....</b>                         | <b>17</b> |
| <b>1.2 Planteamiento y formulación del problema .....</b>         | <b>18</b> |
| <b>1.2.1 Planteamiento del problema.....</b>                      | <b>18</b> |
| <b>1.2.2 Formulación del problema.....</b>                        | <b>19</b> |
| <b>1.3 Justificación de la investigación.....</b>                 | <b>20</b> |
| <b>1.4 Delimitación de la investigación .....</b>                 | <b>20</b> |
| <b>1.5 Objetivo general .....</b>                                 | <b>21</b> |
| <b>1.6 Objetivos específicos .....</b>                            | <b>21</b> |
| <b>2. Marco teórico .....</b>                                     | <b>23</b> |
| <b>2.1 Estado del arte .....</b>                                  | <b>23</b> |
| <b>2.2 Bases teóricas.....</b>                                    | <b>24</b> |
| <b>2.2.1 El cacao en el Ecuador .....</b>                         | <b>24</b> |
| <b>2.2.2 Importancia del sistema de riego para el cacao .....</b> | <b>25</b> |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3 Demanda de nutrientes.....   | 25 |
| 2.2.4 Fertilización edáfica y foliar .....   | 25 |
| 2.2.5 Plantas en producción.....   | 26 |
| 2.2.6 Sistemas de riego .....  | 26 |
| 2.2.7 Sistema de riego por gravedad .....  | 26 |
| 2.2.8 Sistema de riego presurizado .....   | 26 |
| 2.2.9 Riego por micro aspersión .....  | 27 |
| 2.2.10 Micro aspersor toro-PC.....   | 27 |
| 2.2.11 Micro aspersor rotativo.....  | 27 |
| 2.2.12 Micro aspersor MS-UP ½” MMS-UP ½” M# 3.....   | 28 |
| 2.2.13 Fertirriego .....   | 28 |
| 2.2.14 Ventajas del fertirriego .....  | 28 |
| 2.2.15 Desventajas del fertirriego .....   | 28 |
| 2.2.16 Fertilizantes para el fertirriego .....   | 28 |
| 2.2.17 Inyector Venturi.....   | 29 |
| 2.2.18 Rendimiento hidráulico.....   | 29 |
| 2.3 Marco legal .....  | 30 |
| Constitución de la República del Ecuador .....   | 30 |
| 2.3.2 Ley de prevención y control de la contaminación .....  | 30 |
| 2.3.3 Ley de aguas .....   | 30 |
| 2.3.4 Ley orgánica de recurso hídrico .....  | 30 |
| 2.3.5 Acuerdo Ministerial 097-A .....  | 31 |
| 2.3.6 Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola acuerdo ministerial 021 registro oficial 943 de la ley del medio ambiente. .... | 31 |
| 2.3.7 Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola .....   | 32 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.8 El instructivo para la gestión integral de desechos plásticos de uso..  | 32 |
| 2.3.9. Políticas sobre desechos tóxicos del Gobierno Provincial. ....   | 34 |
| 2.3.10 A La Reforma del acuerdo ministerial No. 061 normativa Ambiental publicado libro sexto de legislación secundaria en el Registro Oficial No 316 el 04 de mayo de 2015. .... | 35 |
| 2.3.11 Reglamento donde no deben ser reutilizados los envases vacíos de agroquímicos. ....  | 35 |
| 2.3.12 Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola acuerdo ministerial 021 registro oficial 943 de la ley del medio ambiente. ....                                     | 36 |
| 3. Materiales y métodos.....  | 37 |
| 3.1 Enfoque de la investigación .....   | 37 |
| 3.1.1 Tipo de investigación.....  | 37 |
| 3.1.2 Diseño de investigación .....   | 37 |
| 3.2.1 Variables .....   | 38 |
| 3.2.1.1. <i>Variable independiente</i> .....  | 38 |
| 3.2.1.2 <i>Variable dependiente</i> .....   | 38 |
| 3.2.2 Tratamientos.....   | 38 |
| 3.2.3 Recolección de datos .....  | 39 |
| 3.2.4.1. <i>Recursos</i> .....  | 39 |
| 3.2.4.2. <i>Métodos y técnicas</i> .....  | 40 |
| 3.2.1.4.1. <i>Metodología por Avidan (1994)</i> .....   | 40 |
| 3.2.1.4.2. <i>Diseño hidráulico</i> .....   | 43 |
| 3.2.1.4.3. <i>Diagrama de flujo</i> .....   | 46 |
| 3.2.2 Análisis financiero del proyecto .....  | 46 |
| 3.2.4 Análisis estadístico .....  | 47 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4. Resultados.....</b>  | <b>49</b> |
| <b>4.1 Parámetros agronómicos para la implementación del sistema de riego por microaspersión y fertirrigación para el cultivo de cacao. ....</b>             | <b>49</b> |
| <b>4.2 Implementación de un sistema de riego por microaspersión con fertirriego mediante la construcción y puesta en marcha de un inyector Venturi. ....</b> | <b>51</b> |
| <b>4.2.1 Diseño agronómico.....</b>  | <b>51</b> |
| <b>4.2.2 Diseño hidráulico.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>4.2.2.1 Elección e Instalación del inyector Venturi.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>4.2.2.2 Cálculo del caudal requerido.....</b>   | <b>55</b> |
| <b>4.2.2.3 Determinación de riego por módulo.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>4.2.2.4 Diseño del sistema de riego por microaspersión.....</b>   | <b>60</b> |
| <b>4.2.2.5 Metodología para escoger el inyector Venturi.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>4.3 Estimación del porcentaje (%) de eficiencia del riego por microaspersión con fertirriego e inyector Venturi vs el sistema convencional. ....</b>      | <b>62</b> |
| <b>4.3.1 Tiempo de distribución.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>4.3.2 Nivel de eficiencia de sistema de fertirrigación. ....</b>  | <b>63</b> |
| <b>4.3.2.1 Eficiencia del sistema de fertirriego.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>4.3.2.2 Programa de fertirrigación.....</b>   | <b>65</b> |
| <b>4.3.2.2.1 Fertilizante utilizado para el fertirriego. ....</b>  | <b>65</b> |
| <b>5. Discusión.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>6. Conclusiones .....</b>   | <b>71</b> |
| <b>7. Recomendaciones .....</b>  | <b>72</b> |
| <b>8. Bibliografía .....</b>   | <b>73</b> |
| <b>9. Anexos.....</b>  | <b>79</b> |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Coordenadas WSG84 .....                                 | 21 |
| Tabla 2. Dosificación de los fertilizantes utilizados .....      | 38 |
| Tabla 3. Descripción de los accesorios a utilizar .....          | 39 |
| Tabla 4. Descripción de los materiales a utilizar .....          | 40 |
| Tabla 5. Análisis financiero del proyecto .....                  | 47 |
| Tabla 6. Datos del cultivo .....                                 | 48 |
| Tabla 7. Análisis del suelo .....                                | 49 |
| Tabla 8. Parámetros agronómicos del suelo .....                  | 50 |
| Tabla 9. Parámetros climáticos de la zona .....                  | 50 |
| Tabla 10. Parámetros en el cultivo de cacao .....                | 50 |
| Tabla 11. Parámetros en el sistema de riego .....                | 50 |
| Tabla 12. Parámetros del diseño agronómico .....                 | 53 |
| Tabla 13. Pérdida de carga permitida en Módulo .....             | 58 |
| Tabla 14. Diseño de la tubería principal .....                   | 59 |
| Tabla 15. Características de la bomba .....                      | 59 |
| Tabla 16. Datos de la bomba .....                                | 61 |
| Tabla 17. Dosis utilizada en la fertilización convencional ..... | 64 |
| Tabla 18. Dosis utilizada en el sistema de fertirriego .....     | 64 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo del diseño de sistema de fertirrigación .....       | 46 |
| Figura 2. Datos de Estación Meteorológica Caluma-Catarama .....                 | 52 |
| Figura 3. Evapotranspiración promedio en la zona de estudio .....               | 53 |
| Figura 4. Representación gráfica del módulo 1 .....                             | 57 |
| Figura 5. Representación gráfica del módulo 2 .....                             | 57 |
| Figura 6. Secuencia de operación por turnos para riego .....                    | 58 |
| Figura 7. Diagrama de recorrido de la tubería principal.....                    | 59 |
| Figura 8. Diseño final .....  | 60 |
| Figura 9. Diseño del sistema de fertirriego .....                               | 60 |
| Figura 10. Ficha técnica del inyector Venturi.....                              | 62 |
| Figura 11. Ubicación de la zona de estudio .....                                | 79 |
| Figura 12. Plano Planimétrico .....   | 79 |
| Figura 13. Instalación de bomba de 10 hp con su descarga .....                  | 80 |
| Figura 14. Instalación de bomba de 10 Hp con su succión .....                   | 80 |
| Figura 15. Zanja para tubería secundaria .....                                  | 81 |
| Figura 16. Zanja para la tubería conductora .....                               | 81 |
| Figura 17. Zanja para la tubería principal.....                                 | 82 |
| Figura 18. Zanja para tubería terciaria .....                                   | 82 |
| Figura 19. Tuberulina terciaria de 20 mm.....                                   | 83 |
| Figura 20. Armandos elevadores para su respectiva triangulación .....           | 83 |
| Figura 21. Instalación de tubería terciaria y pegado de levadores .....         | 84 |
| Figura 22. Llave de pulgadas para el inyector Venturi.....                      | 84 |
| Figura 23. Inyector Venturi de 1 pulgada .....                                  | 85 |
| Figura 24. Colocación de bridas y llave de bronce para el inyector Venturi..... | 85 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 25. Manómetros para medir presión del inyector .....   | 86 |
| Figura 26. Zanja profundizada para la tubería principal ..... | 86 |
| Figura 27. Instalación del inyector Venturi .....             | 87 |
| Figura 28. Instalación del inyector Venturi .....             | 87 |
| Figura 29. Instalación del inyector Venturi .....             | 88 |

## Resumen

La fertilización convencional genera impactos tanto en el ambiente como en la economía del agricultor, ocasionando pérdidas de fertilizante, desgaste del suelo y aumento en el uso del recurso agua. Por tanto, esta investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de fertirriego por micro aspersion con inyector Venturi para el cultivo de cacao en la hacienda Cuatro Hermanos del cantón Urdaneta. Se efectuó el cálculo de parámetros agronómicos considerando el suelo, el clima, el cultivo y el sistema de fertirriego a implementar, una vez conocidas las características primordiales para el cultivo de cacao, se implementó el sistema de fertirriego teniendo en cuenta el diseño agronómico e hidráulico. Mediante la implementación del fertirriego se logró una eficiencia de 95,5%. Con esto se concluye que la fertirrigación es una técnica que genera innumerables ventajas al momento de aplicarla, tanto para el agricultor como en la optimización de recursos, de este modo beneficia al suelo incrementando sus capacidades de producción y otorgándole los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.

Palabras clave: agronómico, diseño hidráulico, fertirrigación, fertilizante

### **Abstract**

Conventional fertilization generates impacts on both the environment and the farmer's economy, causing fertilizer losses, soil erosion and increased use of the water resource. Therefore, this research aimed to design and implement a micro-sprinkler fertigation system with a Venturi injector for cocoa cultivation on the Cuatro Hermanos farm in the Urdaneta canton. The calculation of agronomic parameters was made considering the soil, climate, cultivation and fertigation system to be implemented, once the main characteristics for cocoa cultivation were known, the fertigation system was implemented taking into account the agronomic and hydraulic design. Through the implementation of fertigation, an efficiency of 95.5% was achieved. With this it is concluded that fertigation is a technique that generates innumerable advantages when applying it, both for the farmer and in the optimization of resources, in this way it benefits the soil by increasing its production capacities and providing it with the necessary nutrients for the development of the plants.

Keywords: agronomic, hydraulic design, fertigation, fertilizer



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL ABSTRACT**

Yo, **MUÑOZ NARANJO DIEGO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de ENGLISH TEACHER, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR MICROASPERSIÓN CON INYECTOR VENTURI EN CULTIVO DE CACAO UBICADO EN EL RECINTO SAN ANTONIO CANTÓN URDANETA, realizado por el estudiante CIFUENTES MACÍAS CARLOS LUIS; con cédula de identidad N°1205679705 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

**Ing. DIEGO MUÑOZ NARANJO**  
**dmunoz@uagraria.edu.ec**

Guayaquil, 31 de agosto del 2020

## **1. Introducción**

### **1.1 Antecedentes del problema**

Los sistemas de riego han obtenido un papel fundamental para maximizar la seguridad alimentaria, debido a que aumenta la producción de alimentos. Entre los años 1970 y 1975 se inició la utilización de la fertirrigación como riego localizado por goteo, especialmente en España, Canarias, Península y Baleares. Y según un informe de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (2002) este sistema cubrió la quinta parte de la superficie total en los países desarrollados en el periodo 1997-1999. Gracias al avance de la tecnología, actualmente existe gran demanda de productos y alimentos agrícolas, por esta razón, anualmente se implementan en mayor proporción los sistemas de riego y se estima que las superficies de regadío aumenten entre 202 millones de ha a 242 millones de ha para el 2030.

Este proyecto se realizó porque la zona de estudio es un área muy productiva, dada su elevada fertilidad del suelo y condiciones climatológicas, sin embargo, los recursos no son utilizados de la manera correcta, generando desperdicios de agua, fertilizantes y demás elementos útiles para la producción. Con la implementación del fertirriego se logra una mejor eficiencia en el sistema, ahorrando recursos económicos y optimizando el uso de los recursos naturales. Para maximizar la producción, la fertirrigación debe ser distribuida proporcionalmente a los nutrientes requeridos, haciendo uso eficiente del agua y facilitando el mantenimiento del sistema en conjunto. Los sistemas agrícolas hidráulicos en la agricultura son importantes para la distribución y aplicación del agua correctamente en los terrenos de cultivo, utilizando conductos como tuberías, canales y otros dispositivos que permiten que los sistemas de riego mejoren la siembra. Al momento de plantearse un proyecto de sistema de riego es indispensable el conocimiento de diferentes

variables como el clima, topografía, economía, técnicos y prácticos, cada una de estas variables proporcionará información más precisa sobre la necesidad o requerimiento para el riego en el cultivo.

El sistema de fertirriego fue implementado mediante el estudio de las características climatológicas y meteorológicas del lugar para conocer la disponibilidad de recursos con que se cuenta y proporcionar aquellos que hagan falta para el desarrollo eficiente del cultivo. A través de la producción obtenida se consiguió estimar el porcentaje de eficiencia del sistema de fertirriego y compararlo con el sistema convencional, de esta manera se planteó la implementación del sistema de fertirriego por microaspersión. El diseño agronómico y diseño hidráulico son metodologías que facilitan la obtención de parámetros o valores para un proyecto de riego. El primero, permite cuantificar la geometría del terreno, cantidad del cultivo, topografía, condiciones del suelo y evaluar los suministros de agua, condiciones climáticas, disponibilidad, para poder determinar la relación agua, suelo y planta. El segundo, permite obtener los parámetros hidráulicos para calcular pérdidas de carga en las tuberías, diámetro de tuberías de succión e impulsión, número de bombas y desarrollar un modelo hidráulico para el cultivo.

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

El riego en la agricultura ha estimulado el aumento de la producción mundial de alimentos en las últimas décadas. Es notable que en el 20% de las tierras agrícolas del planeta poseen irrigación, no obstante, en ellas se produce el 40% del suministro de alimentos. En la actualidad cerca de 30 millones de hectáreas de suelo sufre daños debido a la acumulación de sales y problemas de drenaje ocasionado por el riego convencional, además de incrementar los procesos de

erosión y pérdida de nutrientes naturales del suelo. Se ha estipulado que al año se pierden alrededor de 0,5 millones de hectáreas de suelo agrícola por la salinización de estos. El riego es la aplicación de agua a los cultivos en forma artificial, oportuna y uniforme, no basta aplicar agua a los cultivos a través de cualquier metodología, sino que es necesario hacerlo en forma oportuna, manejando las frecuencias y los tiempos de aplicación de acuerdo a las características del cultivo, clima y suelo

Los avances tecnológicos en riego han permitido aumentar la eficiencia de esta práctica, también se aprovecha la misma red para aplicar los fertilizantes que van disueltos en el agua de riego, lo que se ha denominado como fertirrigación. Por ello es importante demostrar la efectividad que tiene la aplicación de un doble sistema de riego por microaspersión y fertirriego con inyector Venturi en comparación con los sistemas tradicionales de riego por aspersión y fertilización manual que se dan en la zona del cantón Urdaneta de la provincia de Los Ríos.

Debido a que está zona su principal actividad agrícola y fuente de ingresos económicos es la producción de cacao, pero la falta de técnicos en el área hace que los agricultores apliquen métodos técnicos no eficientes, debido a los bajos costos de implementación e instalación pero a la vez es un método perjudicial para la efectividad de la producción del cacao, estos métodos convencionales liberan la presión de agua que se genera por aspersión proyectando golpes hacia el tallo ocasionando daños al fruto del cacao.

### **1.2.2 Formulación del problema**

El riego convencional es una metodología muy utilizada para brindar agua a las plantas, especialmente en zonas más áridas. Sin embargo, las repercusiones de este sobre el suelo son muy graves, por ejemplo, el riego excesivo causa salinización extrema en el terreno, además de anegamiento constante que es el

aumento del nivel freático, dejando sin oxígeno al suelo. Por ello se plantea el presente trabajo, con la finalidad de evitar desgastes en el suelo, reducir pérdida de nutrientes, economizar costos y optimizar recursos.

### **1.3 Justificación de la investigación**

La práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos del cultivo, incrementando la eficiencia del uso de los fertilizantes, y aumenta los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados según el requerimiento del cultivo.

El diseño de riego por micro aspersión es efectivo en el cultivo del cacao debido a que la boquilla produce un chorro de agua que al contacto con el aire se difunden en forma de gotas que se precipitan como lluvia artificial sobre la superficie del cultivo, este sistema de riego se adapta a cualquier tipo de suelo y al combinarlo con un sistema de fertirriego por medio de inyector Venturi, se mantendrá una estabilidad hídrica a la planta y calidad de la cosecha por la proporción equitativa de los nutrientes. Por ello la implementación de este sistema de riego con microaspersión e inyector Venturi ayuda a mejorar el rendimiento y producción del cultivo de cacao en el cantón Urdaneta y su cabecera cantonal Catarama, provincia de Los Ríos.

### **1.4 Delimitación de la investigación**

La presente investigación se realizó en la Hacienda Cuatro Hermanos ubicada en el Cantón Urdaneta, cabecera cantonal Catarama- Provincia de Los Ríos.

- **Espacio:** La Hacienda Cuatro Hermanos se localiza en el Recinto San Antonio, el área donde se realizó el proyecto corresponde a 1 Has de cultivo de cacao de las 3 ha correspondientes a todo el proyecto.
- **Tiempo:** El periodo de ejecución aproximado fue de 3 meses
- **Población:** Este proyecto benefició a la hacienda Cuatro Hermanos y sirvió como aporte de conocimiento a otras haciendas que requieren el sistema para mejorar la producción de sus cultivos siendo un aproximado de 100 personas beneficiadas.

**Tabla 1.Coordenadas WSG84**

| X      | Y       |
|--------|---------|
| 669977 | 9820811 |
| 669621 | 9821004 |
| 669610 | 9820997 |
| 669959 | 9820807 |

Cifuentes, 2020

### 1.5 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de fertirriego por micro aspersion con inyector Venturi para el cultivo de cacao en la hacienda Cuatro Hermanos del cantón Urdaneta y su cabecera cantonal Catarama.

### 1.6 Objetivos específicos

- Calcular los parámetros agronómicos para la implementación del sistema de riego por microaspersión y fertirrigación para el cultivo del cacao.
- Implementar un sistema de riego por microaspersión con fertirriego mediante la construcción y puesta en marcha de un inyector Venturi.
- Estimar el porcentaje (%) de eficiencia de riego por micro aspersion con fertirriego e inyector Venturi vs el sistema convencional.

## **1.7 Hipótesis**

¿Los objetivos planteados en el presente trabajo ayudarán a resolver el problema expuesto sobre los impactos del riego convencional en el suelo y los beneficios de utilizar fertirrigación en la plantación de cacao?

## 2. Marco teórico

### 2.1 Estado del arte

Un proyecto propuesto por el MAGAP (2016), impulsó un proyecto de irrigación tecnificada para pequeños y medianos productores que garantiza la producción destinada al consumo interno nacional, tiene como objetivo principal tecnificar el riego por aspersión, micro aspersión y goteo para el aprovechamiento eficaz del recurso agua en diecisiete provincias del Ecuador.

En el campus universitario de la ESPAM “MFL” se desarrolló una investigación productiva con la implementación de un sistema de riego por microaspersión en un cultivo de café (*Coffea arábica* L) en un área total de 7035m<sup>2</sup>, de acuerdo a los resultados del diseño agronómico se empleó una lámina de riego de 725 mm con un periodo de 19 horas con intervalo de 7 días para el riego con el micro aspersor elegido. En el diseño hidráulico se determinó que el diámetro de la tubería es de 63 mm; una pérdida de carga de 1.27 mca. (Metros columna de agua) y la presión mínima de 24.35 PSI (Balderrama, 2015).

Según Dzul (2014), el eficiente uso de las técnicas de riego permitirá la reducción de un gran volumen del agua y del tiempo de uso de las bombas, beneficiando la reducción de costos empleado para la producción, un análisis económico realizado en la producción de naranjas con distintas series de técnicas de riego en Texcoco.

Bejarano (2014), determina que el riego por microaspersión representa una rentabilidad económica positiva de \$10,271 y \$16,586 pesos por hectárea. Sin embargo, Comeca (2017) menciona que una instalación de riego por micro aspersor es más uniforme con el requerimiento hídrico y eficiente al triplicar la producción por hectárea para el cultivo de banano orgánico.

Gamiño (2012), realizó una investigación en el campo experimental San Luis INIFAP, aplicando técnicas que consistió en la combinación de dosis fertilizantes con fertirriego y labranza de conservación en una plantación de frijol, afirmando que la aplicación del fertirriego puede mejorar las propiedades del suelo produciendo cultivos óptimos y eficientes.

Carazas (2018) estudio seis factores de interés del inyector Venturi como el ángulo de convergencia, ángulo de divergencia, diámetro de la garganta, longitud de la garganta, longitud total del capilar y diámetro del capilar para dosificar aditivos alimentarios, recalando que el ángulo de divergencia es muy importante para su eficiente aplicación. La implementación de inyectores Venturi no sólo se ha dado en la industria agrícola, dado a las grandes ventajas que se obtienen por su aplicación en medianos y pequeños agricultores.

Según Saldaña (2015), indica que en la industria agrícola por medio de la fertirrigación obtendrá la aplicación eficiente de fertilizantes y el ahorro de agua, con una programación adecuada de tiempo de riego se disminuirá la contaminación de agua y suelo por exceso de elementos nitrogenados.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 El cacao en el Ecuador**

Ecuador se encuentra en el 4to lugar de los países mayor productores de cacao en el mundo, en 1779 se dio el primer gran auge cacaotero que duro hasta 1842, en el año 1870 se produjo el segundo auge cacaotero, durante estos años exporto cacao al mundo pero en 1906, Ecuador paso a ocupar el primer lugar en producción de cacao en el mundo, el cacao es empleado en algunas actividades es materia prima de muchos productos y es utilizado has en la medicina, las variedades de cacao en el Ecuador son, cacao fino de aroma, cacao CCN-51 (Proecuador, 2018).

### **2.2.2 Importancia del sistema de riego para el cacao**

En el cultivo de cacao la precipitación es el factor ambiental que más influye el factor climático induce la apertura de brotes vegetativos y estimula la floración. En los periodos secos afectan los procesos fisiológicos de esta planta. En zonas tropicales de Ecuador, Venezuela, Malasia, Ghana y Brasil se han adelantado trabajos a nivel experimental y comercial con cacao bajo riego. Los resultados en el incremento de producción han sido variables entre 40 y 100% (García, 2015).

El requerimiento de agua que posee el manual del cacao, indica que en las cosechas bajo riego para zonas cálidas es de 1,500 a 3,500 mm; para zonas más húmedas de 1,200 a 1,500 mm (ANECACAO, 2014).

### **2.2.3 Demanda de nutrientes**

El cacao es una de las plantas más exigentes en cuestión de la demanda de nutrientes debido a que la cantidad de nutrientes varía en las diferentes etapas de crecimiento de la planta, una eficiente proporción de nutrientes en la cosecha en tiempos de variación climática dará como resultado una cosecha de calidad, los nutrientes más absorbidos por el cacao son el potasio, nitrógeno y calcio (ANECACAO, 2013).

### **2.2.4 Fertilización edáfica y foliar**

La Fertilización es suministrar nutrientes a los cultivos por medio de abonos orgánicos o inorgánicos, lo cual implica el incremento de la fertilidad del suelo y, por ende, la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, las plantas de cacao requieren de una nutrición balanceada, cuyo equilibrio debe estar relacionada con factores para el crecimiento como luz, temperatura y condiciones físicas del suelo (Ramírez & Cruz , 2018). Cuando la fertilidad del suelo no es suficiente y muestra

problemas deficitarios, es necesario recurrir a la fertilización edáfica para restituir o corregir las limitaciones que se presente (Mosquera, 2018).

### **2.2.5 Plantas en producción**

Como indica Varas (2016), que la aplicación de 120 g de urea y 100 g del fertilizante completo, al inicio de las lluvias en suelos con índice medio de fertilidad y con un 30 a 35% de sombra, se complementa con otros 120 g de urea aplicados 2 a 3 meses más tarde. En caso de que el suelo presente contenidos bajos de P y/o K se duplica la dosis del abono completo.

### **2.2.6 Sistemas de riego**

Los sistemas de riego son mecanismos que permiten desviar el agua desde su lugar de almacenamiento hasta los campos agrícolas, con la finalidad de incrementar el agua disponible para los cultivos e intensificar el rendimiento de los mismos, los sistemas de riego pueden ser; por gravedad, aspersores, micro aspersores y goteo (Ogasawara, 2017).

### **2.2.7 Sistema de riego por gravedad**

Los sistemas de riego por gravedad como su misma palabra lo indica se ayuda a distribuir el agua en el suelo por medio de la acción de esta fuerza natural con la cual todos los objetos son atraídos entre si hacia su centro (Peña , 2017)

### **2.2.8 Sistema de riego presurizado**

Los sistemas de riego presurizado son considerados sistemas localizados que conduce el agua a presión por tuberías y laterales de riego hasta las plantas, donde es aplicada desde emisores en diferentes formas como; goteo, microaspersión y fertirrigación, humedeciendo el suelo para mejorar el desarrollo y la eficiencia de los cultivos (Lotta, 2015).

### **2.2.9 Riego por micro aspersión**

En los sistemas de microaspersión, el agua es aplicada sobre una superficie limitada del terreno en forma pulverizada y se desplaza en el suelo en función de tres factores muy importantes como; las propiedades y características del perfil físico del suelo, el volumen de agua aplicado y el caudal del emisor (Salcedo, 2005).

### **2.2.10 Micro aspersor toro-PC**

Está diseñado específicamente para huertos, viñedos y viveros en donde la longitud de los laterales y pendientes en el campo son un problema en el momento del riego (Plastigama, 2015).

- Características: El rotor protege la boquilla cuando esta no está en funcionamiento, además es a prueba de insectos y retráctil del polvo. El cojinete tiene un cierre de presión de forma cónica que garantiza la larga duración y una efectiva rotación. Presión de funcionamiento operativo desde 20 a 60 PSI. Cuatro caudales que oscilan entre 35 a 75 lph. Diámetro de alcance 4.8 a 7.8 metros. Disponible en entradas Roscable de 3/8" NPT. Tubing pe 4 mm y longitud de 75 cm (Plastigama, 2015).

### **2.2.11 Micro aspersor rotativo**

Este tipo de micro aspersor es multifuncional para riegos localizados, permite conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicarlas a los cultivos a través de emisores, que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica (Liotta, 2011).

- Características: Cuatro tipos de rotores: normal, medio alcance he invertido de boquillas con variedad de alcance y caudal dependiendo del sistema radicular (Plastigama, 2015).

### **2.2.12 Micro aspersor MS-UP ½” MMS-UP ½” M# 3**

El micro aspersor MS-UP llevan el riego de baja presión y bajos caudales a invernaderos, viveros, huertos, vegetales y cítricos (Plastigama, 2015).

- Características: Proporciona gotas finas y mantiene los niveles de humedad en un invernadero. Rango de presión de trabajo de 20 a 30 psi (Plastigama, 2015).

### **2.2.13 Fertirriego**

El fertirriego es una técnica que por medio del desarrollo de un diseño hidráulico conduce una mezcla del fertilizante y agua de riego con el objetivo de dosificar uniformemente la aplicación del fertilizante en los cultivos; Para cumplir con el objetivo principal de esta técnica se debe tener conocimiento sobre el requerimiento de nutrientes, calidad de agua, consumo de agua, eficiencia de riego, solubilidad de los fertilizantes (Ulloa, 2016).

### **2.2.14 Ventajas del fertirriego**

El fertirriego presenta ventajas claras como: un eficiente uso del agua, dosificación uniforme de fertilizantes, conservación de nivel de humedad, aumento del rendimiento del cultivo, control de la contaminación, automatización de la fertilización, y reducción de mano de obra (Manzano, 2015).

### **2.2.15 Desventajas del fertirriego**

La alta inversión que requiere el fertirriego incluyendo los fertilizantes líquidos y el sistema operativo es el principal problema que los productores poseen por la falta adquisitiva monetaria (Manzano, 2015).

### **2.2.16 Fertilizantes para el fertirriego**

El fertirriego proporciona alternativas para la aplicación de diversos tipos de fertilizantes: simples, complejos cristalinos y disoluciones concentradas que

deberán estar adaptados al cultivo, suelo o sustrato, agua de riego y condiciones climáticas (Cadahía, 2005).

### **2.2.17 Inyector Venturi**

El inyector Venturi, su nombre se da en honor al italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822) La International Organization for Standardization ISO 15873, (2002) indica que los inyectores de aditivo líquido tipo Venturi se utilizan en sistemas de riego para inyectar productos químicos, incluyendo fertilizantes líquidos, soluciones líquidas de fertilizantes solubles en agua, ácidos, pesticidas, herbicidas y otros aditivos líquidos, en los sistemas de riego. El Venturi es un dispositivo hidráulico con forma de doble embudo con una estrangulación en medio que los separa. El agua al pasar por la "garganta" aumenta rápidamente la velocidad disminuyendo la presión para inyectar una solución madre en ese punto (Manzano, 2015).

Según Saldaña (2015) describió, que las características de los inyectores Venturi para su eficiencia deben estar relacionada con el diseño simulado bajo el método de dinámica de fluidos computacional para ahorrar tiempo y dinero. Y otras de las características esenciales a considerar de este inyector son la construcción, modelado, montaje, desempeño, evaluación e instalación (ORELLANA , 2019).

### **2.2.18 Rendimiento hidráulico**

El rendimiento hidráulico dependerá de los parámetros estructurales del Venturi. Según Manzano (2015), mediante un método de dinámica de fluidos computacional (CFD) analizaron la relación entre la longitud de la garganta y diámetro de la misma con la velocidad y variación de presiones e indicaron que la presión mínima se produjo en la pared de entrada de la garganta y existiendo una relación lineal entre la presión mínima y la diferencia de presión en la entrada y la salida. Concluyendo

que la relación de la garganta es el factor principal para el efectivo rendimiento del inyector Venturi.

## 2.3 Marco legal

### **Constitución de la República del Ecuador**

#### **Asamblea Constituyente 2008**

**Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Constitución, 2008).

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, **sumak kawsay**. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución, 2008).

### **2.3.2 Ley de prevención y control de la contaminación**

#### **Capítulo II**

#### **Prevención y control de la contaminación de las aguas.**

**Art. 16.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

**Art. 17.-** El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

### **2.3.3 Ley de aguas**

#### **Conservación y contaminación de las aguas**

#### **Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de mayo del 2004.**

#### **Capítulo 1**

#### **De la conservación**

**Art. 20.-** A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

### **2.3.4 Ley orgánica de recurso hídrico**

#### **Título II**

#### **Recursos hídricos**

#### **Capítulo I**

Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos

**Art. 21.-** El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.

**Art. 13.-** Formas de conservación y de protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

- Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley.
- Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica.
- Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.
- Las mismas servidumbres de uso público y zonas de protección hídrica existirán en los embalses superficiales.
- En los acuíferos se delimitarán zonas de restricción en las que se condicionarán las actividades que puedan realizarse en ellas en la forma y con los efectos establecidos en el Reglamento a esta Ley.

### **2.3.5 Acuerdo Ministerial 097-A**

Norma de calidad ambiental y de descargas de afluentes: recurso agua

#### **Anexo 1**

Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de la vida acuática y silvestre.
- c) Uso Agrícola o de riego.
- d) Uso Pecuario.
- e) Uso Recreativo.
- f) Uso Estético.

### **2.3.6 Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola acuerdo ministerial 021 registro oficial 943 de la ley del medio ambiente.**

**Art. 16,** Son responsabilidades y obligaciones del aplicador y/o usuario final las siguientes: 1. Participar en el Plan de Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional. 2. Seguir las instrucciones de manejo seguro suministradas por el fabricante, importador o titular del registro en la etiqueta y hoja de seguridad del producto.

**Art. 18,** Son responsabilidades y obligaciones del Estado a través de las instituciones de la administración pública, empresas públicas y gobiernos autónomos descentralizados las siguientes: 1. Las instituciones de la Administración Pública, empresas públicas y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados promoverán la compra y la utilización de materiales reutilizables, reciclables, biodegradables y valorizables, así como de productos fabricados con material reciclado bajo procesos que cumplan las especificaciones técnicas exigidas por la Legislación Ambiental aplicable.

### 2.3.7 Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola

**Art. 73**, inciso primero de la Constitución de la República del Ecuador, como uno de los derechos de la naturaleza, determina que el Estado empleará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan llevar a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Que, conforme al **Art. 151**, del Reglamento para la prevención y control de la contaminación por sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales, los principios que mandan en la Legislación Ambiental aplicable, entre los cuales se encuentra el de la responsabilidad extendida del productor e importador.

**Art. 157**, literal e, del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación y Control de la Contaminación por Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales, señala que la Autoridad Ambiental Nacional expedirá los instructivos, normas técnicas y demás instrumentos preceptivos necesarios para la aplicación del presente Acuerdo, en concordancia con la Normativa Ambiental aplicable; así como los convenios internacionales relacionados con la materia.

Que, el **Art. 157**, literal j, del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación y Control de la Contaminación por Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales, señala que la Autoridad Ambiental Nacional expedirá políticas, programas, planes y proyectos sobre la materia, así como realizar e inducir las iniciativas de otras instituciones tendientes a conseguir un manejo ambiental racional de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales en el país.

### 2.3.8 El instructivo para la gestión integral de desechos plásticos de uso.

**Art. 1**, Objeto. - El vigente Instructivo tiene como objeto establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Plan de Gestión Integral de los Desechos Plásticos de Uso Agrícola; a ser presentado por el importador o fabricante, titular de registro o representante y de esta manera fomentar la reducción, reciclado y otras formas de valorización de los productos plásticos de aplicación agrícola a fin de proteger el ambiente

**Art. 2**, Ámbito de aplicación.- Se hallan sujetos al cumplimiento y aplicación de las disposiciones de este instructivo toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que dentro del territorio nacional participen en la fabricación, representación, titular de registro, formulación, importación, envasado, de productos de uso agrícola, siendo la comercialización, distribución y uso final corresponsables de la implementación y ejecución de los planes de gestión integral de los desechos plásticos de uso agrícola. Estas actividades se ejecutarán de conformidad con lo que establezca el Plan de Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola.

**Art. 3**, De los desechos especiales. Son considerados como desechos especiales los envases plásticos triplemente lavados, plásticos de invernadero, fundas biflex corbatines y protectores. Gestión de desechos plásticos uso agrícola y, todos los demás señalados en el Acuerdo Ministerial N° 142 del 11 de octubre del 2012, Publicado en el Registro Oficial No. 856 del 21 de diciembre del 2012.

Autoridad Ambiental competente: Es la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable, dado el caso.

**Art. 5**, Reducción de los riesgos para la salud y el ambiente.

Los gobiernos deberían:

**5.1.1** implementar un sistema de registro y control de plaguicidas.

**5.1.2** revisar periódicamente los plaguicidas que se comercializan en el propio país, sus usos aceptables y su disponibilidad para cada sector del público, y llevar a cabo revisiones especiales cuando la evidencia científica lo aconsejen.

**5.1.3** llevar a cabo un programa de vigilancia de la salud de las personas expuestas a plaguicidas en su trabajo, e investigar y documentar los casos de envenenamiento; dar orientaciones e instrucciones al personal de salud, médicos y el personal de hospitales para el tratamiento de casos sospechosos de envenenamiento por plaguicidas.

**5.1.4** establecer en lugares estratégicos centros nacionales o regionales de información y control para casos de envenenamiento, a fin de que puedan dar orientaciones inmediatas sobre primeros auxilios y tratamiento médico, y resulten accesibles en todo momento.

**5.1.5** utilizar todos los medios posibles para recoger datos fiables y mantener estadísticas sobre los aspectos sanitarios de los plaguicidas y los incidentes de envenenamiento por plaguicidas, con objeto de establecer el sistema armonizado de la OMS para la identificación y el registro de esos datos. Deberían disponer de personal debidamente entrenado y de recursos suficientes para asegurar que se recoja una información exacta.

**5.1.6** proporcionar a los servicios de extensión y asesoramiento, así como a las organizaciones de agricultores, información adecuada sobre estrategias y métodos prácticos de MIP y sobre la variedad de productos plaguicidas disponibles para su uso.

**5.1.7** asegurar, con la cooperación de la industria de plaguicidas, que, en los casos en que los que se distribuyan plaguicidas por los mismos canales en los que se distribuyen alimentos, ropa, medicinas y otros productos para consumo o aplicación tópica, tales plaguicidas estén físicamente separados de otras mercancías para prevenir la contaminación y/o confusión de identidad.

**5.1.8** Además, cuando sea apropiado, deberán estar claramente señalados como materiales peligrosos. Hay que hacer todo lo posible por difundir información sobre los peligros que derivan de almacenar juntamente alimentos y plaguicidas.

**5.1.9** utilizar todos los medios posibles para recoger datos fiables, mantener estadísticas sobre la contaminación ambiental y notificar los incidentes específicos relacionados con plaguicidas.

**5.1.10** implementar un programa de vigilancia de los residuos de plaguicidas presentes en los alimentos y en el ambiente.

**5.2** Aun en los casos en que funcione un programa de control, la industria de plaguicidas debería.

**5.2.1** cooperar en la reevaluación periódica de los plaguicidas que se comercializan.

**5.2.2** proveer a los centros que se ocupan del tratamiento de envenenamiento por plaguicidas, y a su personal médico, de información sobre los peligros relacionados con los plaguicidas y sobre el tratamiento adecuado.

**5.2.3** hacer todos los esfuerzos razonables para reducir los riesgos que entrañan los plaguicidas:

**5.2.3.1** poniendo a disposición fórmulas menos tóxicas;

**5.2.3.2** presentando los productos en envases listos para su uso;

**5.2.3.3** desarrollando métodos y equipos de aplicación que reduzcan al mínimo la exposición a los plaguicidas;

**5.2.3.4** utilizando envases retornables y rellenables cuando existan sistemas eficaces de recolección de envases;

**5.2.3.5** utilizando envases que no sean atractivos o fáciles de reutilizar y promoviendo programas que desalienten su reutilización, cuando no existan sistemas eficaces para su recolección;

**5.2.3.6** utilizando envases que no sean atractivos o fácilmente abiertos por los niños, particularmente cuando se trate de productos de uso doméstico.

**5.2.3.7** empleando un etiquetado claro y conciso;

**5.2.4** interrumpir la venta y retirar los productos cuando su manipulación o utilización entrañe un riesgo inaceptable bajo cualquiera de sus indicaciones de uso o restricciones.

**5.3** Los gobiernos y la industria deberían cooperar además en la reducción de los riesgos:

**5.3.1** promoviendo el uso de equipo de protección personal apropiado y de costo accesible.

**5.3.2** estableciendo disposiciones para almacenar los plaguicidas de forma segura tanto en los almacenes como en las explotaciones agrícolas.

**5.3.3** estableciendo servicios para la recolección y la disposición segura de los envases usados y las pequeñas cantidades de plaguicidas que no se han usado.

**5.3.4** protegiendo la biodiversidad y reduciendo al mínimo los efectos adversos de los plaguicidas en el ambiente (agua, suelo y aire) y sobre organismos no objetivo.

**5.4** Para evitar que se den casos de confusión y alarma injustificada entre el público, las partes interesadas deberían considerar todos los datos disponibles y promover una divulgación responsable de la información sobre los plaguicidas y sus usos.

**5.5** Al crear instalaciones de producción en los países en desarrollo, los fabricantes y los gobiernos deberían cooperar para:

**5.5.1** adoptar normas técnicas y seguir prácticas apropiadas a la naturaleza de las operaciones de fabricación y a los consiguientes peligros, y asegurar la disponibilidad de equipo de protección apropiado.

**5.5.2** tomar todas las precauciones necesarias para proteger a los trabajadores, otras personas presentes, las comunidades circundantes y el ambiente.

**5.5.3** asegurar la ubicación apropiada de las plantas de fabricación y formulación y un adecuado control de sus desechos y efluentes

**5.5.4** mantener procedimientos que garanticen la calidad, a fin de asegurar el cumplimiento de las normas pertinentes de pureza, rendimiento, estabilidad e inocuidad.

### **2.3.9. Políticas sobre desechos tóxicos del Gobierno Provincial.**

Que, el **Art. 136**, del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, señala que corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza.

Estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la autoridad ambiental nacional. Para el otorgamiento de licencias ambientales deberán acreditarse obligatoriamente como autoridad ambiental de aplicación responsable en su circunscripción.

### **2.3.10 A La Reforma del acuerdo ministerial No. 061 normativa Ambiental publicado libro sexto de legislación secundaria en el Registro Oficial No 316 el 04 de mayo de 2015.**

**Art. 149,** Sustancias químicas peligrosas sujetas a control. - Son aquellas que se encuentran en los listados nacionales de sustancias químicas peligrosas aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional. Estarán incluidas las sustancias químicas prohibidas, peligrosas y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador, priorizando las que por magnitud de su uso o por sus características de peligrosidad, representen alto riesgo potencial o comprobado para la salud y el ambiente. Los listados nacionales de sustancias químicas peligrosas serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.

**Art. 79,** Desechos peligrosos. - A efectos del presente libro se considerarán como desechos peligrosos, los siguientes:

- Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales aplicables.
- Aquellos que se encuentran determinados en los listados nacionales de desechos peligrosos, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el numeral anterior. Estos listados serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.
- Art. 80, Desechos especiales. - A efectos del presente Libro se considerarán como desechos especiales los siguientes:
- Aquellos desechos que, sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar al ambiente o a la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación y, para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, reúso y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales;
- Aquellos cuyo contenido de sustancias tengan características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, no superen los límites de concentración establecidos en la normativa ambiental nacional o en su defecto la normativa internacional aplicable.
- Aquellos que se encuentran determinados en el listado nacional de desechos especiales. Estos listados serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.

### **2.3.11 Reglamento donde no deben ser reutilizados los envases vacíos de agroquímicos.**

**Art. 171,** Toda persona que importe, formule, fabrique, acondicione, almacene, comercialice y distribuya sustancias químicas peligrosas, debe entregar a los usuarios y transportistas, junto con el producto, las respectivas hojas de datos de seguridad en idioma español, según la norma INEN 2266 o la que la reemplace y las respectivas normativas nacionales e internacionales aplicables determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

**Art. 172,** Las sustancias químicas peligrosas pueden ser re envasadas por importadores, fabricantes y formuladores debidamente regulados en el Ministerio del Ambiente o por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable, para lo cual

deberán sujetarse a los requisitos técnicos correspondientes, de acuerdo con las características de peligrosidad de cada producto. Estos requisitos técnicos serán emitidos por el Ministerio del Ambiente. En ningún caso los envases que hayan contenido sustancias químicas peligrosas pueden ser usados para envasar productos de uso y consumo humano y animal.

**2.3.12 Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola acuerdo ministerial 021 registro oficial 943 de la ley del medio ambiente.**

**Art. 16,** Son responsabilidades y obligaciones del aplicador y/o usuario final las siguientes: 1. Participar en el Plan de Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional. 2. Seguir las instrucciones de manejo seguro suministradas por el fabricante, importador o titular del registro en la etiqueta y hoja de seguridad del producto.

**Art. 18,** Son responsabilidades y obligaciones del Estado a través de las instituciones de la administración pública, empresas públicas y gobiernos autónomos descentralizados las siguientes: 1. Las instituciones de la Administración Pública, empresas públicas y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados promoverán la compra y la utilización de materiales reutilizables, reciclables, biodegradables y valorizables, así como de productos fabricados con material reciclado bajo procesos que cumplan las especificaciones técnicas exigidas por la Legislación Ambiental aplicable.

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

En este proyecto se procedió a realizar un análisis descriptivo y aplicativo de un doble sistema de riego por microaspersión y fertirriego por inyector Venturi en plantación de cacao, debido a los diversos factores climáticos por los que atraviesa un área de acuerdo a su topografía por medio de cálculos de diseños agronómicos e hidráulicos se conocieron las necesidades hídricas del cultivo y así se determinó qué tipo de micro aspersores e inyector Venturi fueron los más eficientes para la instalación del sistema de riego (García F. , 2012).

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño utilizado es una investigación experimental de campo, los datos fueron recolectados en la Hacienda Cuatro Hermanos ubicada en el Cantón Urdaneta que es uno de los 13 cantones que conforman la Provincia de Los Ríos, aproximadamente posee 29.263 habitantes y tiene una superficie de 377 km<sup>2</sup> (Buendía, 1998).

El cantón Urdaneta tiene dos tipos de clima definidos, el Mega Térmico Lluvioso que cubre 21.545,70 hectáreas, que corresponde al 57 % del territorio del cantón, el mismo que cubre la totalidad de la parroquia Catarama y el 60% aproximadamente de la parroquia Ricaurte. El clima Tropical Mega Térmico Húmedo con 15.765 hectáreas que representa el 42,25%, se ubica al Este del territorio cantonal, en la parroquia Ricaurte. (Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo, 2015). Es una zona netamente agrícola y agroindustrial donde se destacan los cultivos de teca, palma africana, cacao y banano en su mayoría.

En este proyecto se realizó la recolección de información de los resultados de la instalación del sistema de fertirriego con micro aspersores, del cual se obtuvo la información en un ambiente donde no se alterarán las condiciones que se encuentran en el cultivo de cacao, el que se midió por medio de la producción de mazorcas de *Theobroma cacao* L de la variedad cacao CCN-51 (cacao ecuatoriano clonado), misma que posee una edad de cultivo igual a 2 años, siendo la distancia de siembra de 3 x 3 x 3 metros cada una.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

#### 3.2.1.1. *Variable independiente*

- Sistema de Fertirriego
- Lugar de monitoreo
- Tiempo de monitoreo

#### 3.2.1.2 *Variable dependiente*

- Tiempo de distribución
- Nivel de eficiencia del sistema de fertirrigación con inyector Venturi mediante un chequeo del 100% de cobertura.

### 3.2.2 Tratamientos

**Tabla 2. Dosificación de los fertilizantes utilizados**

| Fertilizantes   | Dosis                                   | Aplicación   |
|-----------------|---|--------------|
| Ferticacao plus | 50 Kg Fertilizante + 250 Litros de agua | Cada 15 días |

Cifuentes, 2020

### 3.2.3 Recolección de datos

#### 3.2.4.1. Recursos

Para la realización de este proyecto el material experimental fue el cultivo de cacao donde instaló el sistema de riego por micro aspersion y fertirriego por inyector Venturi, el presente trabajo de investigación fue financiado por recursos propios del tesista, este sistema benefició a las haciendas del cantón Urdaneta provincia de Los Ríos que dotan de sistemas de riego a sus plantaciones de cacao a continuación se detallan los materiales.

**Tabla 3. Descripción de los accesorios a utilizar**

| <b>Accesorios</b>                | <b>V/Unitario (\$)</b> |
|----------------------------------|------------------------|
| Adaptador hembra de 20 mm. x ½   | 0,17                   |
| Adaptador macho de 63 mm. x 2"   | 1.82                   |
| Adaptador macho de 50 mm. x 1 ½" | 1.14                   |
| Codo de 20 mm. x 90°             | 0.25                   |
| Codo de 50 mm. x 45°             | 1.03                   |
| Litro polipega                   | 53.79                  |
| ¼ Litro polilimpia               | 31.56                  |
| Micro aspersor de 70 L/H         | 1.50                   |
| Manómetro glicerina de 150 PSI   | 25.00                  |
| Reductor de 90 mm. x 63 mm       | 2.68                   |
| Tapón hembra roscable de 1 1/2   | 3.14                   |
| Reductor de 63 mm. x 50 mm       | 0.91                   |
| Tee de 20 mm                     | 0.28                   |
| Tee de 63 mm                     | 2,05                   |
| Tee reductora de 90 mm x 63 mm   | 6.84                   |
| Tee reductora de 50mm.x20mm      | 1.71                   |
| Tee reductora de 63mm.x20mm      | 2.45                   |
| Válvula manual 2" de bronce      | 85.00                  |
| Inyector Venturi                 | 38,00                  |

Cifuentes, 2020

**Tabla 4. Descripción de los materiales a utilizar**

| <b>Materiales</b>              | <b>V/Unitario (\$)</b> |
|--------------------------------|------------------------|
| Tubo pvc 90 mm. x 0.80 mpa U/Z | 14.62                  |
| Tubo pvc 63 mm. x 0.63 mpa E/C | 6.63                   |
| Tubo pvc 50 mm. x 0.80 mpa E/C | 4.85                   |
| Tubo pvc 20 mm. x 1.60 mpa E/C | 1.50                   |

Cifuentes, 2020

### **3.2.4.2. Métodos y técnicas**

El método empleado para este proyecto de tesis es la fertirrigación, se diseñó y se implementó un sistema de fertirriego con micro aspersores Venturi, con el propósito de mejorar la estructura taxonómica y productiva del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*), los inyectores mediante la presión hidráulica envían la solución fertilizante hacia micro aspersores para distribuir el agua con el fertilizante por las plantas de cacao a continuación se muestra el diseño agronómico.

#### *3.2.1.4.1. Metodología por Avidan (1994)*

- Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo – LDzr.

$$LDzr = (HCC - PMP) * \frac{Pea}{Pew} * zr (m) * 10 = (mm/zr)$$

- Volumen de Agua Disponible a la profundidad radicular efectiva – VDzr.

$$VDzr = LDzr(mm/zr) * 10 = (m^3/Ha/zr)$$

- Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva – LAzr.

$$LAzr = \frac{LDzr (mm/zr) * Pa(\%)}{100} = (mm/zr)$$

- Cálculo del Ser y el Der

$$Ser = Sp * \frac{PH}{100} = m2$$

- Porcentaje de área bajo riego – Par. Micro Aspersión

$$Par = \frac{\text{Area bajo riego del emisor}}{\text{Area de sistemas}}$$

$$Par = \frac{\pi \frac{d^2}{4}}{de(m) * dl(m)} * 100 = (\%)$$

- Precipitación horaria del sistema de riego – Phr.

$$Phr = \frac{qe(lt/h) * 100}{de(m) * dl(m) * Par(\%)} = (mm/h)$$

- Comparación de la Precipitación del sistema de riego con la velocidad de infiltración del suelo

-  $Phr (mm/h) \leq Ib (mm/h)$

-  $1.98 (mm/h) \leq 3(mm/h)$

- Uso consuntivo – Etc Calculado por el método de Penman- Monteih

$$Etc = Eto(mm/día) * Kc = (mm/día)$$

- Intervalo de riego - Ir.

$$Ir = \frac{LAzr (mm) * Par(\%)}{Etc(mm/d) * 100} = (días)$$

- Intervalo de riego ajustado – Ir(aj)

$$Ir(aj) = 7 \div 6 = 1.16días$$

- Ciclo de riego – CR

-  $CR = 1$  día de paralización

-  $CR = 1(días)$

- Lamina de riego ajustada – LR (aj)

$$LR(aj) = \frac{IR(aj)(días) * Etc (mm/d) * 100}{Par(\%)} = (mm)$$

- Comparación de la lámina ajustada con la máxima Lámina disponible

$$LR(aj)(mm) \leq LAzr (mm)$$

$$6.16 \leq 64.32$$

- Porcentaje del agua aprovechable, ajustada – Pa (aj)

$$Pa(aj) = \frac{LR(aj)(mm) * 100}{LDzr} = (\%)$$

- Comprobación del porcentaje de agua aprovechado con el máximo porcentaje de agua aprovechable.

$$Pa(aj) (\%) \leq Pa(\%)$$

$$11.49 \leq 40$$

- Lamina bruta – LB

$$LB = \frac{LR(aj)(mm) * 100}{Efic. Riego (\%)} = (mm)$$

- Dosis de riego bruta – DB

$$DB = \frac{LB (mm) * Par (\%)}{10} = (m^3/Ha)$$

$$DB = \frac{6.84 * 57.41}{10} = 39.27 (m^3/Ha)$$

- Horas de riego por turno- Ht

$$Ht = \frac{LB(mm)}{Phr(mm/h)} = (h/turno)$$

- Horas máximas de riego – Hm.

$$Hm = 16h$$

- Máximo número de turnos de riego –Td.

$$Td = \frac{Hm(h/dia)}{Ht(h/turno)} = (turno/día)$$

- Horas de riego por día – Hd

$$Hd = Td(\text{turnos/día}) * Ht(h/turno) = (h/día)$$

- Horas de riego por ciclo – Hc

$$Hc = CR (\text{días/ciclo}) * Hd(h/día) = (h/ciclo)$$

$$Hc = 1 * 13.8 = 13.8 (h/ciclo)$$

- Números de turnos por ciclo – Tc

$$Tc = CR \text{ (días/ciclo)} * Td \text{ (turno/día)} = \text{(turnos/ciclo)}$$

- Superficie bajo riego, por turno – St

$$St = \frac{Sr \text{ (Ha/ciclo)}}{Tc \text{ (turno/ciclo)}} = \text{(Ha/turno)}$$

- Dosis de riego bruta por turno – DBt

$$DBt = St \text{ (Ha/turno)} * DB \text{ (m}^3\text{/Ha)} = \text{(m}^3\text{/turno)}$$

- Caudal requerido – Qr

$$Qr = \frac{DBt \text{ (m}^3\text{/turno)}}{Ht \text{ (h/turno)}} = \text{(m}^3\text{/h)}$$

- Numero de emisores por turno – Emt

$$Emt = \frac{Qr \text{ (m}^3\text{/h)} * 1000}{qe \text{ (lt/h)}} = \text{(e/turno)}$$

- Volumen bruto por ciclo de riego – VBc

$$VBc = DBt \text{ (dosis bruta/turno)} * Tc \text{ (turnos/ciclo)} = \text{(m}^3\text{/ciclo)}$$

- Caudal específico – Qe

$$Qe = \frac{Qr \text{ (m}^3\text{/h)}}{A \text{ (Ha)}} = \text{(m}^3\text{/Ha/h)}$$

#### 3.2.1.4.2. Diseño hidráulico

##### a) Diseño de laterales

- Números de emisores

$$N_e = \frac{\text{Longitud del lateral}}{d_e}$$

- Caudal del lateral

$$q_{lateral} = N \text{ emisor} * q_e$$

- Variación de carga permisible

$$\Delta h_{permisible} = 20\% (h_0)$$

- Pérdida de carga en lateral

$$hf = 1,131 \times 10^9 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,76} \times D^{-4,872} \times L \times Fc$$

b) Diagrama de presiones

- Presión de entrada  $h_e$ :

$$h_e = h_o + \frac{3}{4} \times h_{f \text{ lat.}} + \Delta \text{elevador} \pm \frac{\Delta z}{2}$$

- Presión de salida  $h_d$ :

$$h_d = h_o + \frac{1}{4} \times h_{f \text{ lat.}} + \Delta \text{elevador} \pm \frac{\Delta z}{2}$$

c) Diseño de la tubería de terciaria

- Número de laterales:

$$n^\circ \text{ de laterales} = \frac{L \text{ terciaria}}{dl}$$

- Número de laterales reales:

$$n^\circ \text{ de laterales real} = N^\circ \text{ lateral} \times 2$$

- Longitud real de la terciaria:

$$\text{longitud real de la terciaria} = N^\circ \text{ espaciamiento} \times \frac{dl}{2}$$

- Caudal de la terciaria:

$$\text{caudal de la terciaria} = N^\circ \text{ lateral} \times Q \text{ lateral}$$

- Diámetro exacto de la terciaria:

$$D_{\text{exacto}} = \left[ 1,131 \times 10^9 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,76} \times L \times D^{-4,782} \times \frac{Fc}{hfp} \right]^{1/4,872}$$

- Pérdida de carga de la terciaria:

$$hf = 1,131 \times 10^9 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,76} \times D^{-4,872} \times L \times Fc$$

d) Diagrama de presiones de terciaria

- Presión de entrada:

$$H_e = h_e + \frac{3}{4}hf \pm \frac{\Delta z}{2}$$

- Presión de salida:

$$H_d = h_e - \frac{1}{4}hf \pm \frac{\Delta z}{2}$$

Para la implementación del sistema de riego por microaspersión con fertirriego se realizó un diseño en base a los parámetros requeridos para la plantación de cacao, priorizando las necesidades de campo y logrando optimizar el uso de agua y fertilizantes para el desarrollo eficaz del cultivo.

- **Características del Inyector Venturi utilizado**

El inyector Venturi utilizado es el 2 8242-SET-2 (JGO. USO FERTILIZACIÓN) y está conformado por:

- ✚ El Venturi
- ✚ 1 llave dosificadora
- ✚ 1 válvula cheque
- ✚ Manguera de succión
- ✚ Filtro de rejilla

- **Funcionamiento del Inyector Venturi en el sistema de fertirriego.**

El inyector Venturi funciona mediante el principio de succión al vacío con pequeñas diferencias de presión del 5% al 75%, entre el agua que ingresa y el punto de irrigación del abono. El agua fluye por medio de un paso de convergencia que se va ampliando y formando el vacío.

### 3.2.1.4.3. Diagrama de flujo

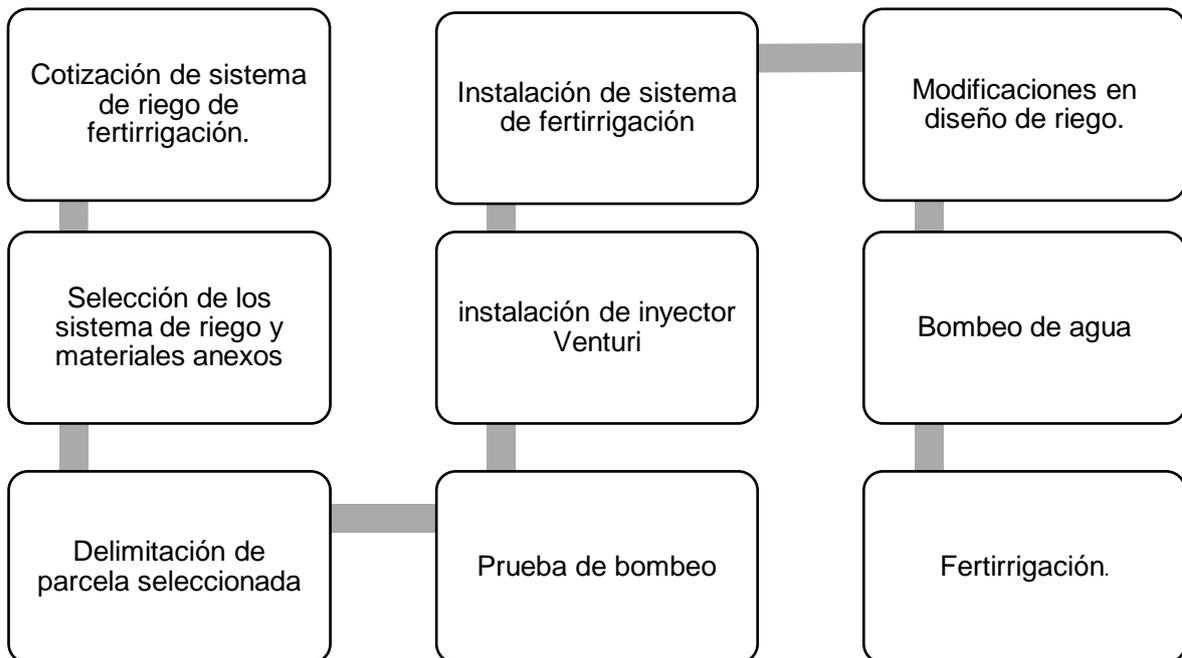


Figura 1. Diagrama de flujo del diseño de sistema de fertirrigación  
Cifuentes, 2020

### 3.2.2 Análisis financiero del proyecto

Para esta investigación se utilizó el análisis financiero de la implementación del proyecto por lo que existe y se toma en cuenta el conocimiento sobre los altos costos que implica una instalación de riego por micro aspersion y fertirriego por inyector Venturi, se espera que los materiales de instalación acompañado de un eficiente mantenimiento, mantenga a largo plazo el sistema de riego y así acortar financiamiento de los recursos humanos y la optimización de una cosecha de calidad del cacao.

**Tabla 5. Análisis financiero del proyecto**

| <b>Materiales</b>                              | <b>Unidades</b> | <b>Precio unitario (\$)</b> | <b>Precio total (\$)</b> |
|--|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Motor de 10 HP su capacidad es de 200 G/M      | 1               | 1200                        | 1200                     |
| Tubos de PVC UZ 110mm x 0.63 MPa               | 31              | 24                          | 620                      |
| Tubos de PVC UZ 90mm x 0.63 MPa                | 30              | 17                          | 510                      |
| Válvula oblicua de pistón marca plasson de 1 ½ | 4               | 35                          | 140                      |
| Tubos de PVC UZ 50mm x 0.63MPa                 | 220             | 5,5                         | 1210                     |
| Tubos de PVC 20mm x 1.25 Mpa                   | 850             | 2,35                        | 1998                     |
| Micro aspersores                               | 1036            | 2                           | 2072                     |
| Adaptadores hembra PVC                         | 1036            | 0,17                        | 176,12                   |
| Galón de kalipega                              | 1               | 40                          | 40                       |
| Inyector Venturi de 1 pulgada                  | 1               | 38                          | 38                       |
| Llave de bronce de 3 pulgadas                  | 1               | 70                          | 70                       |
| Válvula de aire cinética de 2 pulgadas         | 4               | 30                          | 120                      |
| <b>Total</b>                                   |                 |                             | <b>8194,12</b>           |

Cifuentes, 2020

### **3.2.4 Análisis estadístico**

Para esta investigación se realizó un estadístico descriptivo. El cual permite conocer la eficiencia del sistema de riego con micro aspersores Venturi. El diseño del sistema de fertirriego se diseñó mediante el uso de fórmulas, con las que se calculó los datos fundamentales para elaborar el proceso, se conocieron las especificaciones del sistema y posterior a eso se ejecutó un levantamiento planimétrico de la hacienda.

**Tabla 6. Datos del cultivo**

| <b>Cultivo</b> | <b>Nombre científico</b> | <b>Variedad</b> | <b>Distancia de siembra</b> | <b>Edad</b> |
|----------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| <b>Cacao</b>   | <i>Theobroma cacao L</i> | CCN-51          | 3x3x3 m                     | 2 años      |

---

Cifuentes, 2020

## 4. Resultados

### 4.1 Parámetros agronómicos para la implementación del sistema de riego por microaspersión y fertirrigación para el cultivo de cacao.

Mediante la utilización y manejo de las fórmulas previamente descritas, se inició con el cálculo de los parámetros agronómicos que se deben tener en cuenta al momento de implementar un sistema de riego en el cultivo de cacao para la hacienda “Cuatro Hermanos”. El área asignada al estudio es de 3 hectáreas aproximadamente y se optó por el uso de agua proveniente del río Catarama el cual posee un caudal de 12000m<sup>3</sup>/h. Los valores obtenidos se muestran en las siguientes tablas con respecto al suelo, clima, cultivo y sistema de riego.

Mediante un análisis de suelo previo se establecieron las condiciones de este, antes de aplicar la fertilización a través de la microaspersión con inyector Venturi con la finalidad de conocer sus características iniciales y poder hacer una comparación luego del fertirriego.

**Tabla 7. Análisis del suelo**

| Parámetro       | Unidad    | Resultado |
|-----------------|-----------|-----------|
| pH              |           | 6,1       |
| NH <sub>4</sub> | ppm       | 17        |
| P               | ppm       | 316       |
| K               | meq/100ml | 0,85      |
| Ca              | meq/100ml | 17        |
| Mg              | meq/100ml | 2,7       |
| S               | ppm       | 30        |
| Zn              | ppm       | 20,5      |
| Cu              | ppm       | 6,6       |
| Fe              | ppm       | 267       |
| Mn              | ppm       | 11,8      |
| B               | ppm       | 0,43      |

Cifuentes, 2020

**Tabla 8. Parámetros agronómicos del suelo**

| Parámetro                           | Unidad             | Resultado        |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|
| Tipo de suelo                       | Textura            | Franco arcilloso |
| Cc (Capacidad de campo)             | %                  | 31               |
| Pm (Punto de marchitez)             | %                  | 17.6             |
| Pea (Peso específico aparente)      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.2              |
| Inf (Infiltración básica)           | mm/h               | 8                |
| Pr (Profundidad efectiva del suelo) | m                  | 1                |

Cifuentes, 2020

**Tabla 9. Parámetros climáticos de la zona**

| Parámetro  | Unidad   | Resultado |
|--|----------|-----------|
| Etan (Evaporación media diaria del tanque clase "A") | mm/d     | 3.13      |
| Viento   | d(h)a(h) | 2         |
| HR (Humedad relativa)                                | %        | 87        |

Cifuentes, 2020

**Tabla 10. Parámetros en el cultivo de cacao**

| Parámetro                    | Unidad         | Resultado |
|------------------------------|----------------|-----------|
| Kc (Coeficiente del cultivo) | coeficiente    | 0.8       |
| Zr (Prof. Efct. De raíces)   | m              | 1         |
| Pa (Max. Agua aprovechable)  | %              | 45        |
| dh (Distancia entre hileras) | m              | 4         |
| dp (Distancia entre plantas) | m              | 4         |
| Espaciamiento-área           | m <sup>2</sup> | 16        |
| Edad del cultivo             | años           | 2         |

Cifuentes, 2020

**Tabla 11. Parámetros en el sistema de riego**

| Parámetro                          | Unidad    | Resultado      |
|------------------------------------|-----------|----------------|
| Método de riego                    | -         | Microaspersión |
| Ef (Eficiencia del sistema)        | %         | 85             |
| Emisor                             | tipo      | SUPERNET-VERDE |
| Presión de operación               | m(altura) | 20             |
| qe (Caudal del emisor)             | L/h       | 50             |
| dl (Espaciamiento entre laterales) | m         | 4              |
| de (Espaciamiento entre emisores)  | m         | 4              |

|                                      |                |     |
|--------------------------------------|----------------|-----|
| Espaciamiento de la red              | m <sup>2</sup> | 16  |
| d (Diámetro efectivo/humedecido)     | m              | 4   |
| Angulo de cobertura                  | grados         | 360 |
| Hd (Máx. Horas de operación por día) | H              | 8   |
| Días de paro                         | d              | 0   |
| Tiempo requerido por turno           | min            | 55  |

Cifuentes, 2020

En las tablas 4, 5, 6 y 7 se expresan los parámetros a considerar para la implementación de un sistema de riego, siendo así que, es indispensable conocer todas esas características con la finalidad de establecer el sistema de riego idóneo para el área de estudio. Teniendo en cuenta la vegetación a beneficiar, además de las condiciones del terreno y la climatología de la zona, de esta manera se puede potenciar la disponibilidad de agua en menor periodo de tiempo para las plantas.

#### **4.2 Implementación de un sistema de riego por microaspersión con fertirriego mediante la construcción y puesta en marcha de un inyector Venturi.**

##### **4.2.1 Diseño agronómico**

El diseño agronómico busca determinar las necesidades hídricas del cultivo evitando pérdidas innecesarias del recurso agua y teniendo en cuenta factores climatológicos, condiciones del suelo, etc. Para ello se ha tomado de referencia la Estación Meteorológica Caluma-Catarama de la provincia de Bolívar, mediante la cual se observan las variables meteorológicas predominantes en la zona de estudio.

| DATOS METEOROLOGICOS (RESUMEN ESTADISTICO MULTIANUAL) |             |        |        |        |       |       |       |       |       |       |            |            |        |
|---|-------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|--------|
| ESTACION:   | CALUMA      |        |        |        |       |       |       |       |       |       | LATITUD:   | 01°37'12"S |        |
| PROVINCIA:  | BOLIVAR     |        |        |        |       |       |       |       |       |       | LONGITUD:  | 79°17'35"W |        |
| PERIODO:  | 1963 - 2016 |        |        |        |       |       |       |       |       |       | ELEVACION: | 350m       |        |
| DATO  | ENE         | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OCT   | NOV        | DIC        | ANUAL  |
| TEMPERATURA MEDIA (°C)                                | 23,8        | 24,0   | 24,5   | 24,5   | 23,9  | 22,8  | 22,1  | 22,2  | 22,5  | 22,5  | 22,8       | 23,7       | 23,3   |
| TEMPERATURA MAXIMA                                    | 32,5        | 32,9   | 34,5   | 34,0   | 32,6  | 33,2  | 31,1  | 31,5  | 32,5  | 33,5  | 33,5       | 35,0       | 35,0   |
| TEMPERATURA MINIMA                                    | 16,0        | 16,6   | 16,5   | 16,2   | 14,0  | 13,2  | 12,0  | 12,6  | 13,2  | 12,0  | 12,6       | 13,0       | 12,0   |
| TEMPERATURA MAX. MEDIA                                | 28,1        | 28,3   | 29,0   | 28,8   | 28,0  | 26,8  | 26,3  | 26,6  | 27,0  | 26,6  | 27,4       | 28,1       | 27,6   |
| TEMPERATURA MIN. MEDIA                                | 20,3        | 20,7   | 21,0   | 20,9   | 20,6  | 19,3  | 18,4  | 18,4  | 18,7  | 18,8  | 19,3       | 19,8       | 19,7   |
| HUMEDAD RELATIVA MED. (%)                             | 87          | 87     | 87     | 87     | 88    | 89    | 88    | 88    | 87    | 88    | 87         | 86         | 87     |
| HUMEDAD RELAT. MAX. MEDIA                             | 98          | 98     | 98     | 98     | 98    | 98    | 98    | 98    | 98    | 98    | 98         | 98         | 98     |
| HUMEDAD RELAT. MIN. MEDIA                             | 64          | 67     | 66     | 65     | 67    | 69    | 68    | 63    | 62    | 65    | 65         | 60         | 65     |
| PUNTO DE ROCIO (°C)                                   | 22,1        | 22,0   | 22,4   | 22,5   | 22,2  | 21,4  | 20,7  | 20,6  | 20,8  | 20,9  | 21,3       | 21,6       | 21,5   |
| TENSION DEL VAPOR (hPa)                               | 26,6        | 26,7   | 27,2   | 27,3   | 26,8  | 25,5  | 24,5  | 24,3  | 24,6  | 24,8  | 25,3       | 25,8       | 25,8   |
| PRECIPITACION (mm)                                    | 520,1       | 568,2  | 629,5  | 387,1  | 155,1 | 41,2  | 15,4  | 9,6   | 14,2  | 20,8  | 29,7       | 156,3      | 2547,2 |
| PRECIPITACION MAXIMA (mm)                             | 993,6       | 1015,4 | 1435,9 | 1243,1 | 963,0 | 393,1 | 547,4 | 172,4 | 232,3 | 221,1 | 417,6      | 884,5      | 6590,6 |
| PRECIPITACION MAX 24hs (mm)                           | 202,4       | 176,4  | 175,6  | 341,2  | 134,6 | 58,4  | 69,0  | 30,1  | 57,3  | 65,1  | 107,9      | 99,6       | 341,2  |
| DIAS CON PRECIPITACION                                | 27          | 26     | 27     | 23     | 19    | 15    | 9     | 6     | 9     | 10    | 9          | 16         | 196    |
| NUBOSIDAD (Octavos)                                   | 7           | 7      | 7      | 6      | 6     | 6     | 6     | 6     | 6     | 7     | 7          | 7          | 7      |
| HELIOFANIA (Horas)                                    | 41,1        | 45,1   | 69,5   | 67,3   | 57,5  | 46,0  | 54,5  | 59,3  | 40,5  | 30,3  | 39,3       | 43,8       | 594,2  |
| EVAPORACION (Tanque "A")(mm)                          | 106,5       | 90,2   | 100,8  | 96,7   | 92,5  | 80,2  | 86,8  | 101,5 | 108,3 | 110,2 | 120,8      | 132,5      | 1227,0 |
| VIENTO VELOCIDAD MEDIA (m/s)                          | 2,2         | 2,2    | 2,3    | 2,2    | 2,1   | 2,2   | 2,1   | 2,2   | 2,2   | 2,3   | 2,3        | 2,2        | 2,2    |
| VIENTO VELOC. MAX. MEDIA                              | 7,5         | 8,1    | 7,8    | 7,6    | 7,5   | 8,0   | 8,1   | 7,8   | 8,1   | 8,2   | 8,9        | 8,5        | 8,0    |
| VIENTO DIRECCION                                      | N           | NE     | E      | SE     | S     | SW    | W     | NW    | Calma |       |            |            |        |
| Frecuencia relativa (%)                               | 4           | 34     | 6      | 18     | 0     | 9     | 0     | 20    | 9     |       |            |            |        |
| Velocidad media (m/s)                                 | 0,1         | 4,4    | 0,2    | 4,5    | 0,0   | 3,8   | 0,1   | 4,3   |       |       |            |            |        |

Figura 2. Datos de Estación Meteorológica Caluma-Catarama Cifuentes, 2020

En la figura 2 se puede observar que los datos recopilados alcanzan las condiciones ideales para el desarrollo de la plantación de cacao, dado que este cultivo se adapta a condiciones tropicales con climas de entre 22 a 30° C y precipitaciones de 1500 mm a 2500 mm anuales, en la estación Caluma-Catarama se evidencia una temperatura media anual de 23.3°C y una precipitación anual de 2547.2 mm variables indispensables para el normal crecimiento de la planta y favoreciendo así el incremento de la producción.

Así mismo, para determinar la demanda de agua se midió la evapotranspiración de referencia, la cual presentó un valor de 3,13 mm/día, con el fin de calcular las necesidades de riego del cultivo. Los datos se muestran en la figura a continuación.

| País       |          | Ecuador  |         | Estación |            | CALUMA . CATARAMA |        |
|------------|----------|----------|---------|----------|------------|-------------------|--------|
| Altitud    |          | 350 m.   |         | Latitud  |            | 1.62 °S           |        |
|            |          |          |         | Longitud |            | 79.29 °W          |        |
| Mes        | Temp Min | Temp Max | Humedad | Viento   | Insolación | Rad               | ETo    |
|            | °C       | °C       | %       | km/día   | horas      | MJ/m²/día         | mm/día |
| Enero      | 16.0     | 32.5     | 87      | 190      | 1.3        | 11.2              | 3.00   |
| Febrero    | 16.6     | 32.9     | 87      | 190      | 1.6        | 11.9              | 3.14   |
| Marzo      | 16.5     | 34.5     | 87      | 198      | 2.2        | 12.9              | 3.49   |
| Abril      | 16.2     | 34.0     | 87      | 190      | 2.2        | 12.5              | 3.37   |
| Mayo       | 14.0     | 32.6     | 88      | 181      | 1.9        | 11.3              | 3.01   |
| Junio      | 13.2     | 33.2     | 89      | 190      | 1.5        | 10.3              | 2.88   |
| Julio      | 16.2     | 31.1     | 88      | 181      | 1.8        | 10.9              | 2.73   |
| Agosto     | 14.0     | 31.5     | 88      | 190      | 1.9        | 11.6              | 2.99   |
| Septiembre | 13.2     | 32.5     | 87      | 190      | 1.4        | 11.4              | 3.13   |
| Octubre    | 12.0     | 33.5     | 88      | 198      | 1.0        | 10.9              | 3.20   |
| Noviembre  | 12.6     | 33.5     | 87      | 198      | 1.3        | 11.2              | 3.22   |
| Diciembre  | 13.0     | 35.0     | 86      | 190      | 1.4        | 11.2              | 3.36   |
| Promedio   | 14.5     | 33.1     | 87      | 191      | 1.6        | 11.4              | 3.13   |

Figura 3. Evapotranspiración promedio en la zona de estudio Cifuentes, 2020

De manera análoga, se realizó el cálculo de parámetros importantes para conocer el correcto manejo y funcionamiento del sistema de riego y las necesidades de la planta.

**Tabla 12. Parámetros del diseño agronómico**

| Parámetro  | Unidad                | Resultado |
|--|-----------------------|-----------|
| <b>Ld<sub>zr</sub></b> (Lámina disponible de la zona radicular)    | mm/zr                 | 160.8     |
| <b>Vd<sub>zr</sub></b> (Volumen de agua disponible-zona radicular) | m <sup>3</sup> /Ha/zr | 1608      |
| <b>Laz<sub>r</sub></b> (Lámina aprov. a la prof. radicular)        | mm/zr                 | 72.36     |
| <b>Par</b> (Porcentaje de área bajo riego)                         | %                     | 78.5      |
| <b>Ph<sub>r</sub></b> (Precipitación horaria del sistema de riego) | mm/h                  | 4         |
| <b>Ktan</b> (Coeficiente del tanque de clase "A")                  | -                     | 1         |
| <b>Etc</b> (Uso consuntivo)  | mm/día                | 2.5       |
| <b>Ir</b> (Intervalo de riego)                                     | d                     | 22.68     |
| <b>Ir aj.</b> (Intervalo de riego aj.)                             | d                     | 1         |
| <b>CR</b> (Ciclo de riego)   | d                     | 1         |
| <b>LR (aj)</b> (Lámina de riego ajustado)                          | mm                    | 3.19      |
| <b>Pa</b> (Porcentaje del agua aprovechada)                        | %                     | 1.98      |
| <b>LB</b> (Lámina bruta)   | mm                    | 3.75      |
| <b>DB</b> (Dosis de riego bruta)                                   | m <sup>3</sup> /Ha    | 29.46     |

|   |                       |       |
|---|-----------------------|-------|
| <b>Ht</b> (Horas de riego por turno)                            | h/turno               | 0.94  |
| <b>Td</b> (Max. Numero de turnos de riego diario)               | turno/día             | 8.49  |
| <b>Td (aj)</b> (Max. Numero de turnos de riego diario ajustado) | turno/día             | 2     |
| <b>Hd</b> (Horas de riego por día)                              | h/día                 | 1.89  |
| <b>Hc</b> (Horas de turno por ciclos)                           | h/ciclo               | 1.89  |
| <b>Tc</b> (Numero de turnos por ciclos)                         | turnos/ciclos         | 2     |
| <b>St</b> (Superficie bajo riego por turno)                     | Ha/turno              | 1.5   |
| <b>DBt</b> (Dosis de riego bruta por turno)                     | m <sup>3</sup> /turno | 44    |
| <b>Qr</b> (Caudal requerido)                                    | m <sup>3</sup> /h     | 47    |
| <b>Emt</b> (Numero de emisores por turno)                       | e/turno               | 938   |
| <b>VBc</b> (Volumen bruto por ciclo de riego)                   | m <sup>3</sup> /ciclo | 88    |
| <b>Qe</b> (Caudal especifico)                                   | m <sup>3</sup> /Ha/h  | 15.63 |

Cifuentes, 2020

#### **4.2.2 Diseño hidráulico.**

##### ***4.2.2.1 Elección e Instalación del inyector Venturi.***

El inyector Venturi utilizado es el 2 8242-SET-2 el cual permite una dosificación y distribución uniforme del agua y el fertilizante hacia todo el cultivo, optimizando lo máximo posible los recursos.

- **Instalación:** Para instalar el inyector Venturi se debe separar en dos el flujo principal y colocar el Venturi en uno de los dos. Posteriormente se ubica en una tubería secundaria paralelamente a una válvula (esta válvula se dispone entre el Venturi y la toma de aspiración para reducir la presión). Una vez que la válvula este completamente cerrada, el flujo se dirige por el inyector Venturi. La temperatura del caudal no debe superar los 40°C
- **Funcionamiento:** Cuando el agua presurizada pasa por el Venturi, se contrae en dirección a la cámara de inyección y se dispone hasta la corriente de chorro de máxima velocidad. El aumento en la velocidad por medio de la cámara de inyección conlleva en una depreciación de la presión absoluta,

originando un vacío, y de esta manera, provoca que el fertilizante sea arrastrado hacia el puerto de succión se logre atrapar en la corriente de agua. El trabajo del inyector empieza cuando se abre la válvula auxiliar situada en la manguera de succión del Venturi. Para conseguir la succión se tiene que cerrar parcialmente la válvula modificadora de presión de la línea principal hasta que se haya conseguido el flujo de succión propio del dispositivo. El inyector Venturi admite inyectar hasta 1800 litros/hora y es muy adaptable a todos los sistemas de riego.

#### **4.2.2.2 Cálculo del caudal requerido**

En esta fase se establecieron los mecanismos, dimensiones y funcionamiento del sistema de riego para lograr una distribución eficiente de agua hacia el cultivo. Se requieren 2 válvulas por turno con un caudal de 11,75 m<sup>3</sup>/h y un tiempo de riego de 8 h/día Los cálculos efectuados se muestran a continuación:

- Número de válvulas

$$No. \text{Válvulas} = \frac{Q_{requerido}}{Q_{válvula}}$$

$$No. \text{Válvulas} = \frac{47m^3/h}{25mm} = 2 \text{ válvulas/turno}$$

$$Caudal \text{ de módulo} = \frac{47}{4} = 11.75m^3/h$$

- Máxima variación de carga permisible

$$\Delta H = ?$$

$$\Delta H = 0.22 (0) = 4 \text{ m. c. a}$$

- Diseño de laterales

$$L = 45m$$

$$\text{Long. Real} = \frac{45}{4} = 11 \text{ micros} = 45 m \frac{4}{2} = 43m$$

$$\text{Número de emisores} = 11 \text{ micros}$$

$$Q_{\text{lateral}} = 11 \times 50 = 550d = 0.55 m^3/h$$

$$Hf_{\text{lateral}} = 2.95 \text{ m. c. a}$$

- Diagrama de presiones lateral

$$he = ho + 3/4 hf \pm \Delta z/2$$

$$he = 20 + 3/4(2.95) = 22.21 \text{ m. c. a}$$

$$hd = ho - 1/4 hf \pm \Delta z/2$$

$$hd = 20 - 1/4 (2.95) = 19.26 \text{ m. c. a}$$

$$\Delta h = he - hd$$

$$\Delta h = 22.21 - 19.26 = 2.95 \text{ m. c. a}$$

- Diseño de terciaria o distribuidora

$$\text{Longitud terciaria} = 83m$$

$$\text{No. Laterales} = \text{Long. Terciaria}/el = 83/4 = 20$$

$$Q_{\text{Terciaria}} = \text{No Lat} * Q_{\text{Lateral}} = 20 * 0.55 = 11m^3/h$$

$$A. \text{Real} = 20 \times 4 = 80 - 4/2 = 78m$$

$$Hf_{\text{terciaria}}: 0.13 \text{ m. c. a}$$

- Diagrama de presiones de terciarias

$$he = ho + 3/4 hf$$

$$he = 22.06 + 3/4 (0.13) = 22.15 \text{ m. c. a}$$

$$hd = ho - 1/4 hf$$

$$hd = 22.06 - 1/4 (0.13) = 22.02 \text{ m. c. a}$$

$$\Delta h = he - hd$$

$$\Delta h = 22.15 - 22.02 = 0.13 \text{ m. c. a}$$

#### 4.2.2.3 Determinación de riego por módulo.

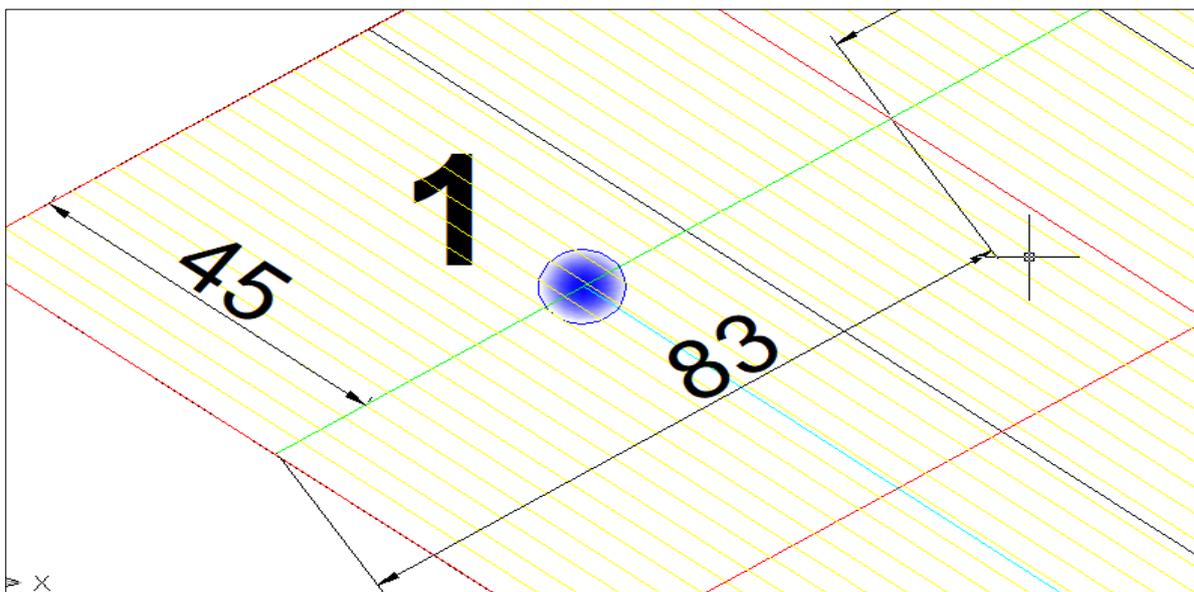


Figura 4. Representación gráfica del módulo 1  
Cifuentes, 2020

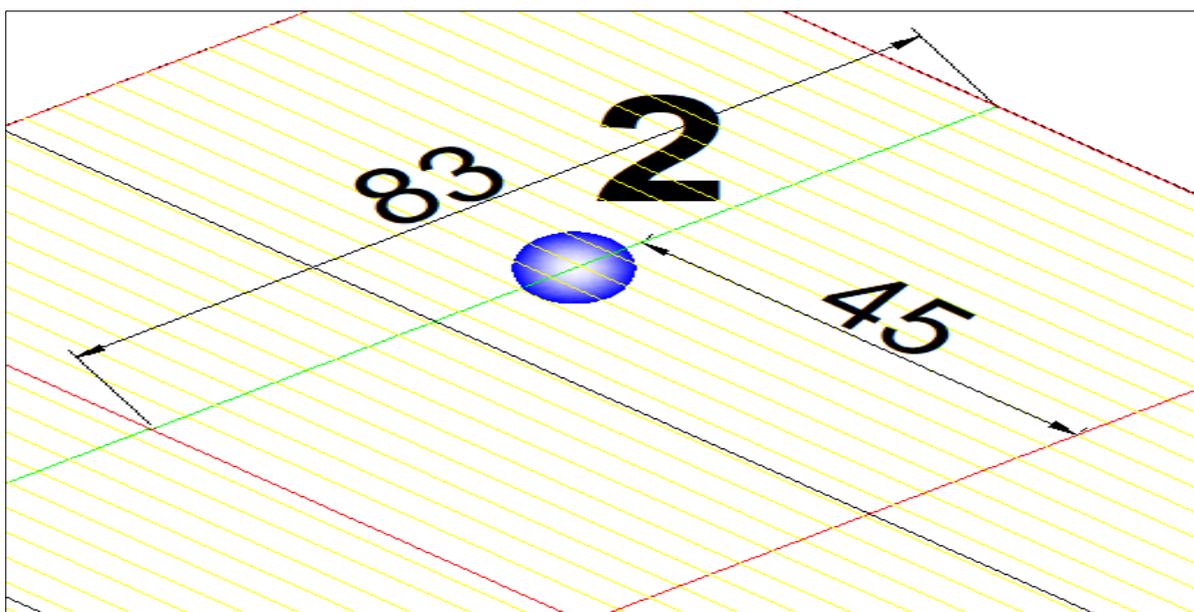


Figura 5. Representación gráfica del módulo 2  
Cifuentes, 2020

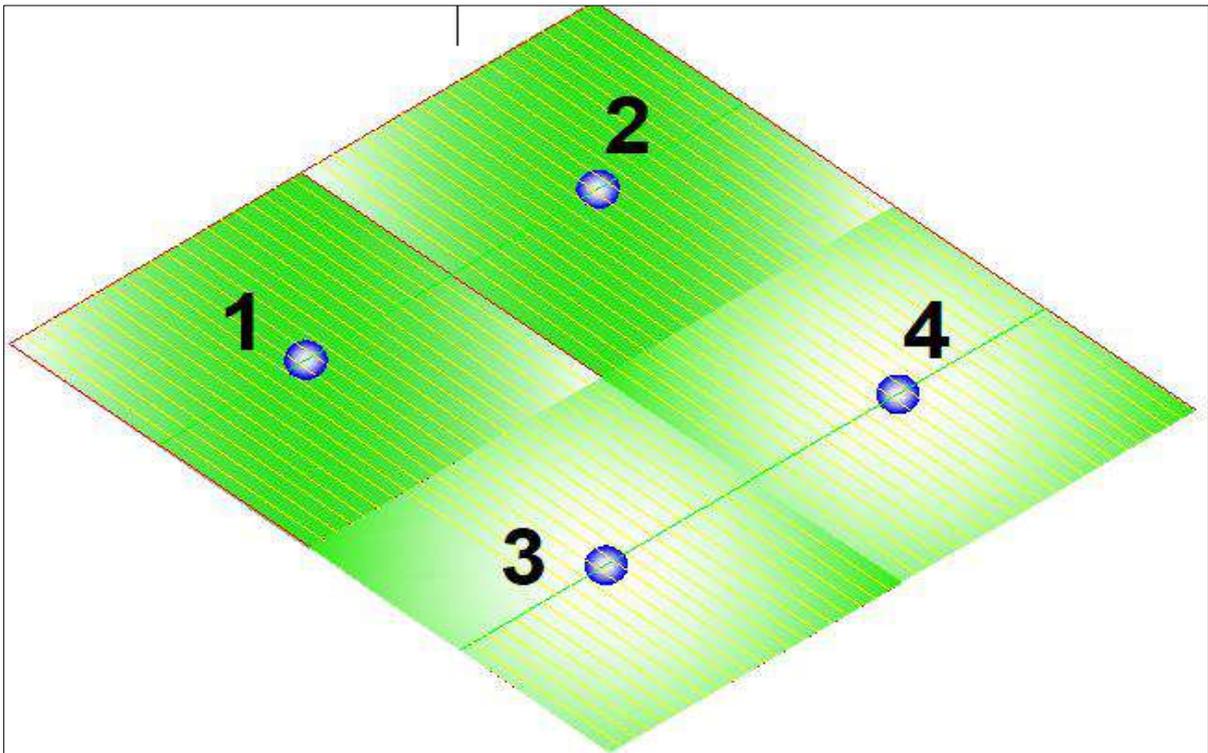


Figura 6. Secuencia de operación por turnos para riego  
Cifuentes, 2020

En la figura 6 se presenta la secuencia de operación al momento de ejecutar el riego, donde el turno 1 es para los módulos 1 y 2, mientras que el turno 2 para los módulos 3 y 4 con un caudal de 23.5 m.c.a. para ambos casos.

**Tabla 13. Pérdida de carga permitida en Módulo**

| Hf                        | Pérdida de carga (m.c.a.) |        |
|---------------------------|---------------------------|--------|
| Hf Lateral                | 2,95                      |        |
| Hf Terciaria              | 0,13                      |        |
| Hf módulo                 | 0,92                      | Acepto |
| Hf permitido en el modulo | 4                         | 20%    |

Cifuentes, 2020

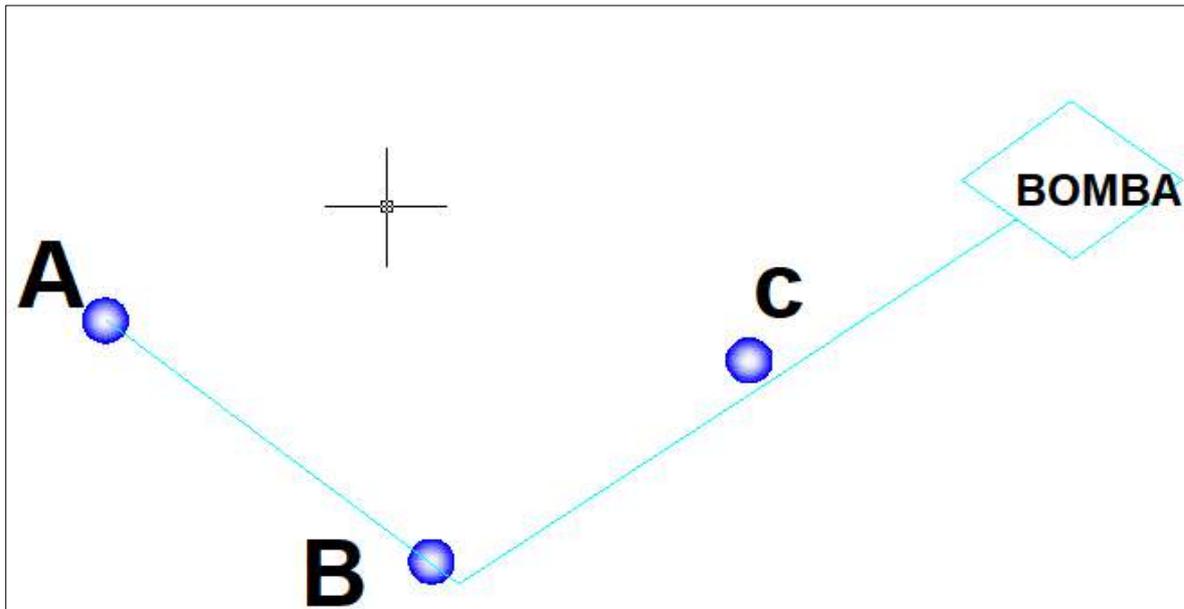


Figura 7. Diagrama de recorrido de la tubería principal  
Cifuentes, 2020

**Tabla 14. Diseño de la tubería principal**

| Punto   | Perdidas de carga desde el punto más crítico |              | unidad       |
|---------|--|--------------|--------------|
| A       | HE+ válvula + entierro del tubo              | 22,15+0,50+2 | 24.65 m.c.a. |
| A-B     | PA+ HF A-B                                   | 24,65 + 0,02 | 24,67 m.c.a. |
| B-C     | Pa + hf B-C                                  | 24,67+0,015  | 24,68 m.c.a. |
| C-bomba | Pa + hf C-Bomba                              | 24,68+ 0,013 | 24,69 m.c.a. |

Cifuentes, 2020

**Tabla 15. Características de la bomba**

| Características de la bomba |             |         |
|-----------------------------|-------------|---------|
| Presión común               | 22,15m.c.a. | 4 BARES |
| Caudal                      |             | 11 M3/h |
| Diámetro de entrada         |             | 160 mm  |
| Diámetro de salida          |             | 160 mm  |
| Output                      |             | 1,58Hp  |

Cifuentes, 2020

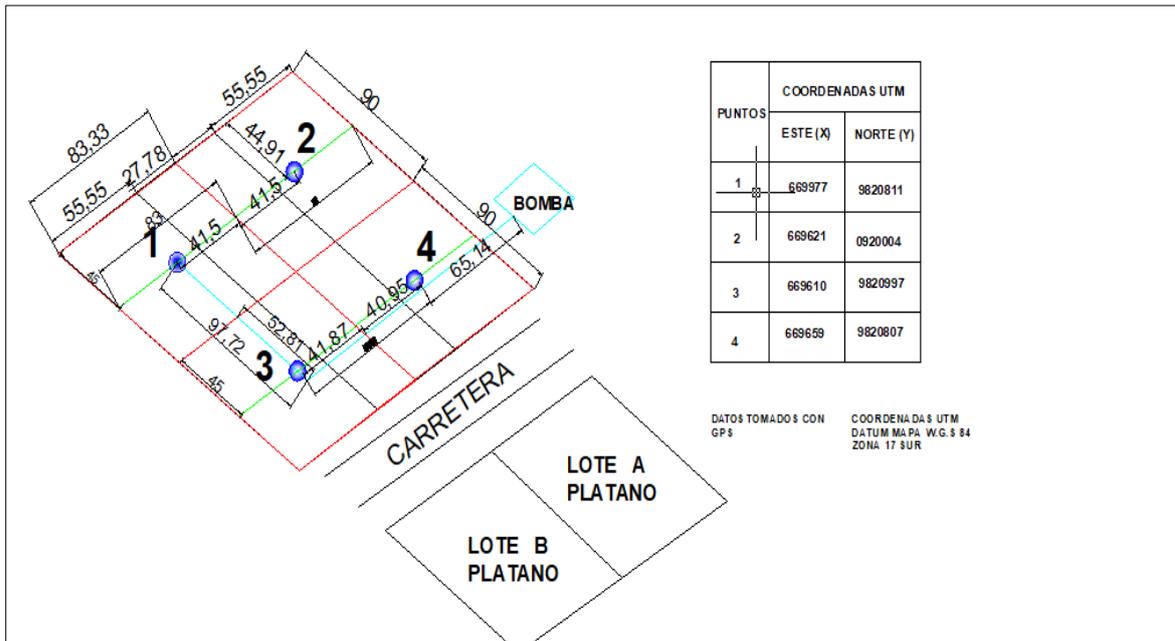


Figura 8. Diseño final  
Cifuentes, 2020

#### 4.2.2.4 Diseño del sistema de riego por microaspersión.

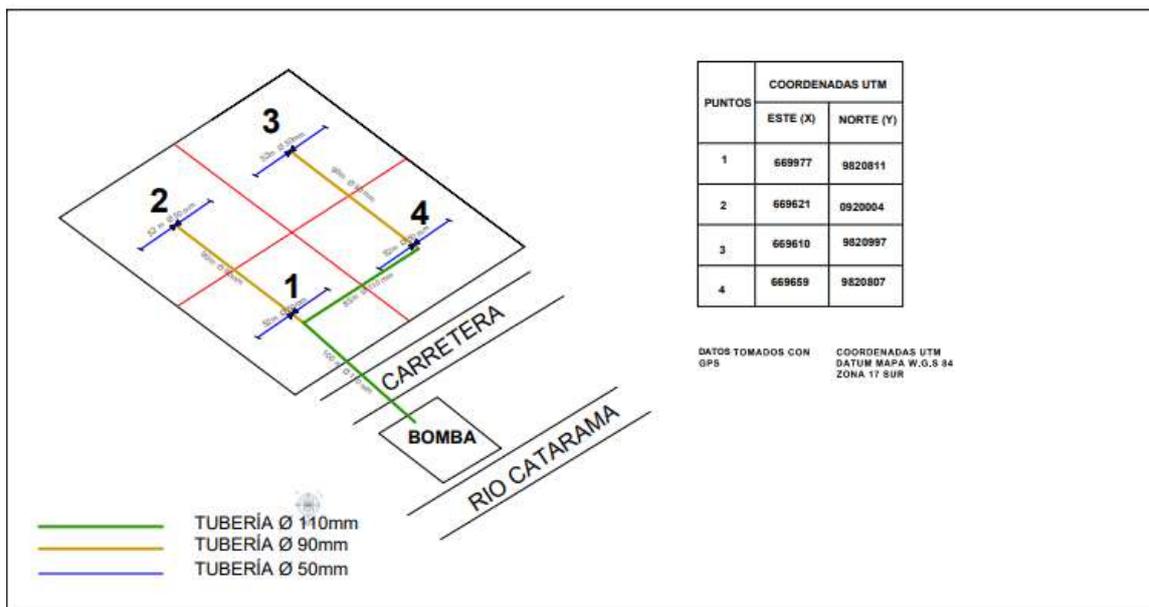


Figura 9. Diseño del sistema de fertiriego  
Cifuentes, 2020

La figura 9 muestra el diseño final del sistema de riego en el que se puede evidenciar que existe una tubería principal de 110mm y 90mm, tubería secundaria de 50mm y terciarias de 20mm y una distancia entre micro aspersores de 6m x 4,5m.

#### **4.2.2.5 Metodología para escoger el inyector Venturi.**

Para escoger el inyector Venturi a utilizar se tomó en cuenta la presión de la bomba, esta genera 200 galones por minuto a una presión de 70psi (4.10 bares)

**Tabla 16. Datos del Inyector Venturi**

| <b>Parámetros</b>         | <b>Valores</b> |
|---------------------------|----------------|
| <b>Presión de entrada</b> | 3,10 bar       |
| <b>Presión de salida</b>  | 1 bar          |
| <b>Caudal de entrada</b>  | 66 L/minutos   |
| <b>Succión</b>            | 300 L/h        |

Cifuentes, 2020

De la ficha técnica del inyector Venturi se escogió el de 1 pulgada, al momento de implementar el sistema de fertirrigación para su funcionamiento se procede de la siguiente manera: cabe recalcar que por cada válvula el tiempo de aplicación es de 55 minutos.

- Encender el motor
- Regar durante 15 minutos
- Agregar el fertilizante
- Luego se deja fertirrigando durante 25 minutos
- Después se deja la válvula por un tiempo de 15 minutos para drenar el fertilizante de las tuberías

| PRESIÓN ENTRADA (bar) | PRESIÓN SALIDA (bar) | ¾"                     |               | 1"                     |               | 1 ½"                   |               | 2"                     |               |
|-----------------------|----------------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
|                       |                      | CAUDAL ENTRADA (l/min) | SUCCIÓN (l/h) |
| 0,35                  | 0,00                 | 8                      | 94            | 26                     | 360           | 54                     | 590           | 160                    | 2130          |
|                       | 0,10                 | 8                      | 92            | 23                     | 198           | 45                     | 294           | 140                    | 1570          |
|                       | 0,20                 | 8                      | 82            | 21                     | 84            | 43                     | 200           | 122                    | 505           |
|                       | 0,28                 | 7                      | 32            | -                      | na            | -                      | na            | 113                    | 175           |
|                       | 0,30                 | -                      | na            | -                      | na            | -                      | na            | -                      | na            |
| 0,70                  | 0,00                 | 11                     | 91            | 36                     | 372           | 74                     | 720           | 200                    | 2220          |
|                       | 0,40                 | 11                     | 88            | 31                     | 144           | 64                     | 450           | 190                    | 2200          |
|                       | 0,50                 | 11                     | 43            | 31                     | 90            | 58                     | 108           | 162                    | 522           |
|                       | 0,60                 | 10                     | 30            | -                      | na            | -                      | na            | 160                    | 10            |
|                       | 0,00                 | 14                     | 90            | 40                     | 354           | 83                     | 720           | 230                    | 2040          |
| 1,00                  | 0,40                 | 14                     | 88            | 39                     | 270           | 74                     | 483           | 225                    | 2040          |
|                       | 0,70                 | 13                     | 44            | 37                     | 108           | 70                     | 180           | 195                    | 600           |
|                       | 0,84                 | 13                     | 35            | -                      | na            | -                      | na            | -                      | na            |
|                       | 0,00                 | 16                     | 80            | 47                     | 336           | 93                     | 720           | 256                    | 1980          |
| 1,40                  | 0,35                 | 16                     | 80            | 47                     | 336           | 90                     | 642           | 256                    | 1980          |
|                       | 0,70                 | 15                     | 77            | 46                     | 264           | 86                     | 440           | 238                    | 1386          |
|                       | 1,00                 | 15                     | 47            | 45                     | 126           | 83                     | 204           | 226                    | 642           |
|                       | 0,00                 | 19                     | 82            | 56                     | 312           | 110                    | 700           | 330                    | 1980          |
| 2,10                  | 0,35                 | 19                     | 82            | 56                     | 312           | 110                    | 700           | 310                    | 1980          |
|                       | 0,70                 | 19                     | 80            | 56                     | 312           | 110                    | 678           | 314                    | 1980          |
|                       | 1,00                 | 19                     | 79            | 56                     | 312           | 108                    | 600           | 307                    | 1740          |
|                       | 1,40                 | 18                     | 59            | 54                     | 204           | 104                    | 390           | 300                    | 1080          |
|                       | 1,70                 | 18                     | 34            | 53                     | 36            | 99                     | 70            | 290                    | 270           |
|                       | 0,00                 | 24                     | 83            | 66                     | 300           | 131                    | 700           | 358                    | 1950          |
| 3,10                  | 0,35                 | 24                     | 83            | 66                     | 300           | 131                    | 700           | 358                    | 1950          |
|                       | 0,70                 | 24                     | 83            | 66                     | 300           | 131                    | 700           | 357                    | 1950          |
|                       | 1,00                 | 24                     | 83            | 66                     | 300           | 131                    | 700           | 357                    | 1950          |
|                       | 1,70                 | 24                     | 75            | 66                     | 300           | 130                    | 630           | 353                    | 1650          |
|                       | 2,00                 | 23                     | 61            | 66                     | 282           | 127                    | 504           | 344                    | 1314          |
|                       | 2,40                 | 23                     | 43            | 65                     | 123           | 124                    | 213           | 337                    | 534           |
|                       | 0,00                 | 27                     | 85            | 77                     | 300           | 134                    | 700           | 450                    | 1950          |
| 4,10                  | 2,00                 | 27                     | 81            | 77                     | 300           | 134                    | 700           | 440                    | 1950          |
|                       | 2,40                 | 27                     | 77            | 77                     | 300           | 134                    | 612           | 394                    | 1740          |
|                       | 3,00                 | 26                     | 47            | 76                     | 230           | 132                    | 324           | 386                    | 1050          |
|                       | 3,24                 | 26                     | 26            | -                      | na            | 132                    | 168           | 380                    | 500           |
|                       | 0,00                 | 32                     | 84            | 90                     | 300           | 159                    | 720           | 460                    | 1950          |
| 5,50                  | 2,06                 | 32                     | 84            | 90                     | 300           | 159                    | 720           | 460                    | 1950          |
|                       | 3,10                 | 32                     | 81            | 90                     | 300           | 158                    | 708           | 460                    | 1884          |
|                       | 4,10                 | 31                     | 60            | 90                     | 255           | 156                    | 378           | 445                    | 1104          |
|                       | 4,48                 | 31                     | 26            | 89                     | 84            | 154                    | 132           | 440                    | 276           |
|                       | 0,00                 | 35                     | 93            | 95                     | 300           | 178                    | 720           | 530                    | 1950          |
| 6,90                  | 2,75                 | 35                     | 93            | 95                     | 300           | 178                    | 720           | 530                    | 1950          |
|                       | 4,50                 | 35                     | 81            | 95                     | 300           | 177                    | 660           | 530                    | 1950          |
|                       | 5,20                 | 34                     | 68            | 94                     | 234           | 175                    | 384           | 510                    | 1308          |
|                       | 5,44                 | 34                     | 55            | 94                     | 147           | 174                    | 240           | 510                    | 888           |

Figura 10. Ficha técnica del inyector Venturi

### 4.3 Estimación del porcentaje (%) de eficiencia del riego por microaspersión con fertirriego e inyector Venturi vs el sistema convencional.

Luego del análisis de los estudios del suelo se verificó que las condiciones para el cultivo de cacao en la zona de estudio eran óptimas, de esta manera se garantiza una excelente producción y desarrollo de las plantas. Se implementó el sistema de fertirrigación y una vez instalado, se procedió a calcular la eficiencia del sistema en la producción de cacao y el tiempo de distribución del riego.

#### 4.3.1 Tiempo de distribución.

Para calcular el tiempo de distribución de la fertirrigación se empleó una la siguiente fórmula:

$$Td = \frac{Lr}{Vi}$$

Donde:

Td= tiempo de distribución

Lr= lámina de riego ajustado

Vi= volumen de infiltración básica

$$Td = \frac{3,19mm}{8mm/h} = 0,39 h$$

#### **4.3.2 Nivel de eficiencia de sistema de fertirrigación.**

El presente trabajo se realizó en un periodo de 3 meses, en donde se llevó a cabo la aplicación del sistema de fertirriego con microaspersión e inyector Venturi, el fertilizante utilizado fue "Ferticacao plus". Se efectuó la comparación con el sistema convencional ya que este venía siendo implementado durante todo el periodo de funcionamiento y operación de la hacienda, existían pérdidas de fertilizantes dado que las raíces no absorbían correctamente los nutrientes, expandiéndose hacia los extremos de la planta.

Las tablas 16 y 17 muestran las especificaciones y las dosis que se utilizaron, tanto en la fertilización convencional como en el sistema de fertirriego.

**Tabla 17. Dosis utilizada en la fertilización convencional**

| Producto   | Aplicación | Fase                               | Uso  | Cantidad |
|------------|------------|------------------------------------|--|----------|
| Ferticacao | 1          | Antes de la poda                   | 19-4-19+3<br>(MgO)+1,8 (S)+0,1<br>(B)+0,1 (Zn) | 5 sacos  |
| Ferticacao | 2          | Emisión floral y cuaje de mazorcas | 19-4-19+3<br>(MgO)+1,8 (S)+0,1<br>(B)+0,1 (Zn) | 3 sacos  |
| Ferticacao | 3          | Llenado de granos                  | 19-4-19+3<br>(MgO)+1,8 (S)+0,1<br>(B)+0,1 (Zn) | 3 sacos  |

Cifuentes, 2020

**Tabla 18. Dosis utilizada en el sistema de fertirriego**

| Producto        | Aplicación   | Cantidad (fertilizante + agua)                |
|-----------------|--------------|---|
| Ferticacao Plus | Cada 15 días | 50 Kg de fertilizante + 250 Litros de agua/ha |

Cifuentes, 2020

**4.3.2.1 Eficiencia del sistema de fertirriego.**

A través de un chequeo de cobertura se constató el nivel de eficiencia del sistema de fertirrigación por microaspersión con inyector Venturi, el ángulo de cobertura de cada micro aspersor es de 360° con un radio de 4m y un caudal emitido de 50 l/h. Mediante una visita de campo se comprobó el nivel de cobertura del sistema y el área efectiva que alcanza la distribución del agua a través de los micro aspersores, seguidamente se procedió a deducir el porcentaje de eficiencia con una regla de 3 para confirmar su potencial funcionamiento:

$$\begin{array}{ccc}
 4m & & 100\% \\
 & \searrow & / \\
 & & X \\
 & / & \searrow \\
 3.98m & & 
 \end{array}$$

$$X = \frac{3.98m \times 100\%}{4m} = 99.5\%$$

La eficiencia del sistema de fertirriego es de 99.5% en lo que respecta a cobertura total, siendo este una excelente opción al momento de implementar un sistema de riego para un cultivo en una zona determinada.

#### ***4.3.2.2 Programa de fertirrigación.***

El Programa de fertirrigación, busca restituir el deterioro de la rentabilidad agrícola en las zonas de riego, minimizando los costos de producción y acrecentando los rendimientos, mediante la incorporación de sistemas de riego presurizado que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua y de la energía, optimizando el uso de los agroquímicos necesarios para el sano desarrollo de los cultivos.

##### *4.3.2.2.1 Fertilizante utilizado para el fertirriego.*

- Fertilizante plus

Fertilizante elaborado con materia prima importada de la mejor calidad, en base al requerimiento de nutrientes del cultivo de cacao, asegurando un excelente desarrollo y producción de mazorcas y tomando en cuenta el nivel de fertilidad del suelo. Contiene 7 elementos que son el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Azufre, Boro y Zinc, de forma balanceada, con las relaciones adecuadas que garantizan una correcta nutrición al cultivo. Es importante destacar que el cacao responde a la fertilización solo si se cultiva con niveles moderados de sombra o a plena exposición solar. Ofrece los siguientes beneficios:

- (a). - Nutrición balanceada en una sola aplicación.
- (b). - Evita equivocaciones en la mezcla.
- (c). - Ahorro de dinero por mezclas y mermas.
- (d). - Desarrollo precoz de las raíces y del crecimiento de la planta.
- (e). - Aumenta el contenido de proteínas y la producción de frutos y semillas.

(f). - Incrementa sus rendimientos.

- Dosis utilizada

La dosis de fertirriego utilizada en este proyecto fue 1 saco por cada hectárea, para lo cual se efectuó la mezcla de 50kg de fertilizante en 260 litros de agua.

- Recomendaciones para la preparación de soluciones de fertilizantes a utilizar en fertirriego.

Es importante disponer de dos tanques para el mezclado de los fertilizantes, uno para la preparación de los nitratos de calcio, magnesio, amonio y potasio. Y otro para la preparación de los sulfatos y fosfatos. Si no se cuenta con dos tanques una alternativa es aplicar separadamente los nitratos, de los fosfatos y sulfatos. Se debe mantener un monitoreo de los filtros, bombas, mangueras, en general de todo el sistema de riego, para garantizar la efectividad de las aplicaciones y el desarrollo del cultivo.

La fertirrigación depende de la interacción de cuatro factores: cultivo, agua, sustrato y fertilizante. En relación con estos factores, es importante considerar los siguientes aspectos en los programas de fertirrigación:

- La calidad del agua de riego.
- Las interacciones entre sales del agua y fertilizantes.
- La concentración y relaciones óptimas de nutrientes.
- El cálculo y preparación de disoluciones.
- La selección de los fertilizantes y la calidad.
- La estabilidad y compatibilidad de los fertilizantes en las disoluciones.
- Las fórmulas de fertilizantes por cultivo.
- Los volúmenes y la frecuencia de riego.

- Los lavados ácidos y su frecuencia para evitar la obstrucción de goteros.
- La aplicación de otros productos en el riego: aminoácidos, ácidos húmicos, bioestimulantes, plaguicidas, etc.

Para realizar la programación de un eficiente sistema de fertirrigación, se deben de tomar en consideración aspectos agronómicos del cultivo y de su entorno, tales como:

- Conocer la curva de crecimiento y fenología del cultivo.
- El consumo de nutrimentos: curvas de absorción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).
- El sistema de cultivo a desarrollar, ya sea a campo abierto, ambiente protegido o sustrato.
- El tipo de suelo, su estructura y textura.
- La calidad y cantidad de agua a utilizar.
- El sistema de inyección a emplear.
- La sanidad y el drenaje del sustrato.

Una vez que el productor o productora ya este implementando un sistema de fertirrigación es importante que mantenga cuidados específicos tales como:

- Muestreo y análisis de suelos y sustratos, periódicamente.
- Muestreo y análisis foliar.
- Normas de interpretación de resultados.
- Monitoreo de la solución fertilizante preparada, la que sale por los goteros.
- Monitoreo de la solución nutritiva lixiviada

## 5. Discusión

Esta investigación buscó diseñar e implementar un sistema de fertirriego por medio de microaspersión con inyector Venturi en el cultivo de cacao.

Mamani, Fray y de La Torre, (2017) en su estudio expresan que dentro de los parámetros agronómicos ideales para que la producción de cacao ocurra de manera óptima, el suelo debe tener una profundidad de 1.5m para que este permita la penetración de las raíces y absorción de nutrientes. Así mismo, la textura del suelo debe estar equilibrada entre arena, arcilla y tierra suelta de esta manera se garantiza la retención de sustancias y se evita la marchitez de la planta. Por el contrario, en el presente trabajo se obtuvo una profundidad de suelo de 1m, el contenido de humedad de un 87% y una textura franco-arcillosa, dadas las condiciones de la zona donde se realiza el estudio, esto hace que el suelo contenga en mayor proporción arcilla, volviéndose más compacto al momento de ser manipulado.

De la misma manera Benito, (2004) asegura que una buena producción de cacao está íntimamente relacionada con las condiciones atmosféricas del lugar, los factores climáticos influyen en el desarrollo de las plantas. El viento es un factor primordial siendo considerable una velocidad de 1 a 2 m/s en donde existen plantaciones de cacao. Estos resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo donde se pudo observar que la media del viento es de 2,2 m/s estando dentro del rango considerado, si se presentan vientos más fuertes se pueden evidenciar problemas en las plantas como defoliaciones fuertes.

Mendoza y Bermúdez, (2015) exponen que el ambiente ideal para el cacao es una precipitación anual promedio de un rango de 1600 a 2500mm, la cual debe estar completamente distribuida en la zona para maximizar su desarrollo y

producción. Sin embargo, en el cantón Urdaneta la precipitación anual es de 2547,2mm encontrándose en una mínima cantidad por encima del promedio requerido. Así también, Amores (2002) expresa que la temperatura ideal esta entre 23°C y 26°C para evitar cosechas insatisfactorias. Mientras que la temperatura máxima anual de Urdaneta es 35°C y la temperatura mínima anual es de 12°C. El suelo de Urdaneta presenta alto contenido de arcilla y durante el periodo de junio a noviembre está expuesto a déficit de agua, ya que son los meses en los que se presenta menor pluviosidad.

Balderrama (2015) en su investigación aprovechó una lámina de riego de 725 mm con un periodo de 19 horas con intervalo de 7 días para el riego. Por el contrario, en este trabajo se ocupó un área de 3 ha, donde se manejó una lámina de riego de 3.19 mm con dosis de riego de 29.46 m<sup>3</sup>/ ha en intervalos de 22 días. Se consideraron factores edafológicos, climatológicos, del sistema de riego, entre otros, con los que se obtuvo los valores requeridos por el sistema y se llegó a establecer las capacidades hídricas de la planta. Comeca (2017) comenta que el riego por microaspersión aumenta significativamente la producción al ser más eficiente y cumplir todos los requerimientos hídricos del cultivo. Pozo, (2017) asegura que el diseño hidráulico es indispensable en el diseño de un sistema de riego ya que este sirve para determinar los componentes del sistema y su funcionamiento, de manera que se pueda abastecer de agua suficiente a los cultivos obteniendo excelentes producciones con la menor cantidad posible del recurso hidrico.

Angel de la Cuesta, (2012) en su estudio realizado en Antioquía-Colombia le dio como resultado que el sistema de fertirriego le permitió acelerar la producción y aumentar sus cosechas en un 80% en un periodo de 4 meses. Por su parte Gamiño

(2012), afirma que la aplicación del fertirriego puede mejorar las propiedades del suelo produciendo cultivos óptimos y eficientes.

Por su parte Arboleda, et. al (2019) señalan que el riego por microaspersión es un sistema que, a pesar de humedecer un área reducida, brinda agua uniformemente en el radio correspondiente a la planta manteniéndola hidratada y con líquido vital necesario para crecer. Igualmente, es un método confiable donde hace que la operabilidad y el mantenimiento del sistema sea menos costoso y contribuye con el ahorro de agua, optimizando recursos.

## 6. Conclusiones

El cálculo de parámetros agronómicos como datos del cultivo, sistema de riego, parámetros del suelo y características climáticas es indispensable para la implementación de cualquier sistema de riego en una plantación para conocer cuáles son los requerimientos de la planta y la disponibilidad de recursos en la zona donde sea implementado.

Se implementó el sistema de fertirriego con la construcción y puesta en marcha de un inyector Venturi, a través del diseño agronómico y el diseño hidráulico. Mediante el diseño del sistema de fertirriego se determinaron las necesidades hídricas del cultivo, este es una parte importante en un proyecto de riego ya que si se cometen errores en los cálculos del diseño agronómico repercutirán posteriormente en el diseño hidráulico, este último permite establecer el funcionamiento del sistema por medio de cálculos y el diseño correspondiente para lograr una distribución eficiente del agua en la plantación.

Por último en la comparación de la fertilización convencional y el fertirriego con inyector Venturi se concluye que el sistema de fertirriego es más eficiente dado que se observó una eficiencia de 99,5% de cobertura total, la fertirrigación es una técnica que genera innumerables ventajas al momento de aplicarla, tanto para el agricultor como en la optimización de recursos, de este modo beneficia al suelo incrementando sus capacidades de producción y otorgándole los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.

## 7. Recomendaciones

Para cumplir con los parámetros agronómicos requeridos por el cultivo se recomienda realizar revisiones periódicas en la operación del sistema con el fin de verificar que esté funcionando de manera óptima, así como también efectuar mantenimientos consecutivos en el sistema de microaspersión para evitar costos secundarios en su reparación.

Para que el sistema de fertirriego implementado se mantenga en condiciones óptimas y favorezca el desarrollo de las plantas y el aumento de la producción es recomendable realizar las actividades agronómicas, llevando a cabo tareas post siembra como limpieza, poda, etc. Así mismo, este debe ser implementado antes de la germinación del cultivo con el propósito de que las actividades que se realicen sobre el suelo no perjudiquen la producción y llevar registro de la producción.

Como último punto, es conveniente gestionar la disponibilidad del recurso hídrico en la zona donde se desarrolla el proyecto, antes de su implementación, al mismo tiempo es necesario aplicar una dosificación acertada de fertilizantes que sean solubles en agua para facilitar su distribución al momento del riego y proporcionar la cantidad suficiente a cada planta.

## 8. Bibliografía

- Anecacao. (2013). *Sistema de riego por asperción para plantación de cacao*. Manual de cultivo de cacao, Guayaquil.
- Anecacao. (2014). *Sistema de riego por asperción para plantación de cacao*. Guayaquil: Asociación Nacional de Exportadores de Cacao.
- Angel de la Cuesta, M. A. (2012). *Universitaria Lasallista*. Obtenido de [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/808/1/IMPLEMENTACION\\_SISTEMA\\_FERTIRRIEGO\\_CULTIVO\\_CITRICOS.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/808/1/IMPLEMENTACION_SISTEMA_FERTIRRIEGO_CULTIVO_CITRICOS.pdf)
- Arboleda , A., Navarrete , C., Angulo , G., & Moran , S. (2019). Influencia de cuatro métodos de riego en el cuajado del fruto de cacao (teobroma cacao l.) en la zona de Milagro, provincia del Guayas. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/07/metodos-riego-cacao.html>
- Atoche , K. M. (2017). *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3145/atoche-feijoo-kenny-marcos.pdf?sequence=1>
- Balderrama, M. J. (2015). *Diseño Implementación y evaluación de un sistema de riego por microasperción en café (Coffea arábica L.) en la ESPAM MFL*. Calcetas : Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí .
- Bejarano, P. R. (2014). Evaluación de sistema de riego localizado en cultivos de cacao (Theobroma cacao) como estrategia de aumento de la producción en el departamento del Huila. *Ingeniería Y Región* , 45-55.
- Buendía , E. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. McGraw-Hill.
- Cadahía, L. C. (2005). *Fertirrigación Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* . Madrid: Mundi-Prensa .

- Carazas, T. J. (2018). *Diseño simulación y evaluación de primógenos tipo venturi, aplicado a la inyección de cultivos alimentarios*. Lima: Universidad Agraria La Molina.
- Ceballos, P. J. (2016). *Acuerdo N° 342 Plan Nacional de riego y drenaje 2012 - 2026*. Quito: Ediciones Legales .
- Chávez , F., Dueñas , S., Rodríguez , M., & Vera , A. (2010). *Universidad Técnica De Manabí*. Obtenido de [https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/IMPLEMENTACION\\_DE\\_UN\\_SISTEMA\\_DE\\_RIEGO.pdf](https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/IMPLEMENTACION_DE_UN_SISTEMA_DE_RIEGO.pdf)
- Comeca, Z. O. (2017). *Instalación de un sistema de riego por microaspersión para banano orgánico Fundo el Monte distrito Tamarindo Paita Piura*. Piura: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Constitución. (2008). *Constitución Política del Ecuador*. Ecuador: Publicación Oficial de la Asamblea Constituyente.
- Dzul, T. J. (2014). *Manejo eficiente del riego por microaspersión en huertas de naranjas dulces del sur de Yucatán*. Mérida - Yucatan: Instituto Nacional de investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias . doi:ISBN: 978-607-37-0321-5
- FAO. (2002). *Programa de análisis Socioeconómico y de Género en sistemas de riego*. Italia : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación .
- Ferreyra, R. S. (2005). *Manejo del riego localizado y fertirrigación*. La Cruz - Chile: Litogarín, Valparaiso . doi:ISSN: 0717 - 4829
- Gallardo, F. H. (2014). Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario . *Mexicana de Ciencia Agrícola*, 5(2), 241- 252.

- Gamiño, M. M. (2012). Efecto de la dosis de fertilización con fertiriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo. *Méxicana de Ciencia Agrícolas*, 3(8), 1551 - 1564. doi:ISSN: 2007-0934
- García, L. J. (2015). Respuesta fisiológicas de theobroma cacaoL. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo . *Acta Agronómica* , 65(1), 44 - 50. doi:ISSN: 2323-0118
- García , F. (2012). *Investigación comercial 3a edición*. ESIC Editorial,.
- González, J., Buedo, S., & Prado, F. (2019). La fertirrigación con vinaza de caña de azúcar limita la tasa fotosintética de soja (Glycine max, Leguminosae). *Botanica*, 2(54), 184. doi:<http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n2.24366>
- Kafkafi, U. T. (2012). *Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua*. Suiza: Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. doi:ISBN: 978-2-9523139-9-5
- Lahoz , G., Castillo , G., & Armesto , A. (2018). Fertinnowa, innovación en fertirrigación. *Navarra agraria*(231), 18-24. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6712377>
- Liotta, M. A. (2011). *Los sistemas de riego por goteo y microaspersión* . San Juan : Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria .
- Lotta, M. (2015). *Sistemas de riego por goteo y microaspersión* . San Juan - Argentina : Estación Experimental Agropecuaria .
- MAGAP. (2016). *Proyecto de Irrigación tecnificada para pequeños y medianos productores y productoras*. Quito: Ministerio de Agricultura Ganaderia Acuacultura y Pesca .

- Mamani, A., Fray , D., & La Torre, J. (2017). *Universidad Nacional del Altiplano*.  
Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5970>
- Manzano, J. V. (2015). Design and Installation Alternatives of Venturi Injectors in Drip Irrigation. *Revistas de Ciencias Agronómicas*, 46(2), 287-298. doi:ISSN: 1806-6690
- Martinez, O. (1994). Una revisión analítica de Diseño y método estadístico en ciencias agrícolas. *Agronomía Colombiana*, 9(1), 90-94.
- Mendoza , J. C., & Bermúdez, V. M. (2015). *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí*. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/456/1/TA50.pdf>
- Montesinos, W. (2012). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5644/T19283%20MONTESINOS%20RAMOS%2C%20WANERGES%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5644/T19283%20MONTESINOS%20RAMOS%2C%20WANERGES%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mosquera, H. H. (2018). *Diagnostico del estado nutricional y recomendaciones de fertilización en cacao CCN-51 en la finca El capullo, cantón el Triunfo, provincia del Guayas*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Ogasawara, J. (2017). *Estudio de los diferentes sistemas de riego agrícola utilizados en el Paraguay*. Paraguay: ALADI.
- Orellana , D. A. (2019). *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/13790/1/85T00567.pdf>

- Peña , A. (2017). *Física 2 do de bachillerato*. Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448609921.pdf>
- Pizarro, F. (1990). *Riegos localizados de alta frecuencia*. Madrid: Mundi Prensa. doi:ISBN: 8471142791
- Plastigama. (2015). *Sistema de tuberías y accesorios para infraestructura agrícola*. Guayaquil: Disensa Ecuador.
- Pozo, P. (2017). *Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas* . Obtenido de <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/7948>
- Proecuador. (2018). *Cultivo de Cacao elaboración de cacao, chocolate* . Ecuador: CFN.
- Quiñones , A., & Fontanilla , J. (2017). Efecto del uso de diferentes fuentes de potasio en fertirrigación sobre la producción, calidad y estado nutritivo de plantas de Clementina de Nules. *Revista de fruticultura*(57), 32-38. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6126551>
- Ramírez, A., & Cruz , H. J. (2018). *Universidad Nacional Agraria*. (I. thesis, Ed.) Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/3686/>
- Rivas , G., & López , G. (2019). *Universidad Nacional de Ingeniería*. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/2681/>
- Salcedo, F. B. (2005). Distribución de agua en un sistema de microaspersión sobre un ultisol cultivado con Lima Tahití en el estado de Monagas, Venezuela . *UDO Agrícola*, 88 - 95.
- Saldaña, G. A. (2015). Inyectores de Fertilizante tipo venturi: aplicación, diseño y simulación. *Iberoamericana de Ciencias*, 2(1). doi:ISSN: 2334-2501
- Secretaria Nacional de Planificación y desarrollo. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Urdaneta 2015 - 2030. Obtenido de

<http://app.sni.gob.ec/sni->

[link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/12600007](link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/12600007)

[30001\\_PDYOT%20URDANETA\\_11-03-2015\\_16-10-41.pdf](30001_PDYOT%20URDANETA_11-03-2015_16-10-41.pdf)

Soto , P., Piña , R., Sánchez , C., Pérez , L., & Basurto , S. ( 2016). Fertirrigación con macronutrientes en manzano ‘Golden Delicious’: Impacto en rendimiento y calidad de fruto. *Nova Scientia*, 8( 16), 162-180. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2033/203345704010.pdf>

Ulloa, C. M. (2016). *Fertirriego en Ecuador, presente y futuro* . Quito: Congreso Ecuatoriano de la Ciencias del Suelo.

Varas, C. J. (2016). *Evaluacion de la Actitud de los suelos para el cultivo de cacao ( Theobroma cacao L.) en la comunidad el Rocano del cantón Arenillas de la provincia de El Oro* . Guayaquil : Universidad Católica de Santiago de Guayaquil .

Villasante, L. A. (2009). *El riego fundamento Hidráulico*. Madrid: Mundiprensa.  
doi:ISBN: 8484763544

## 9. Anexos



Figura 11. Ubicación de la zona de estudio  
Cifuentes, 2020

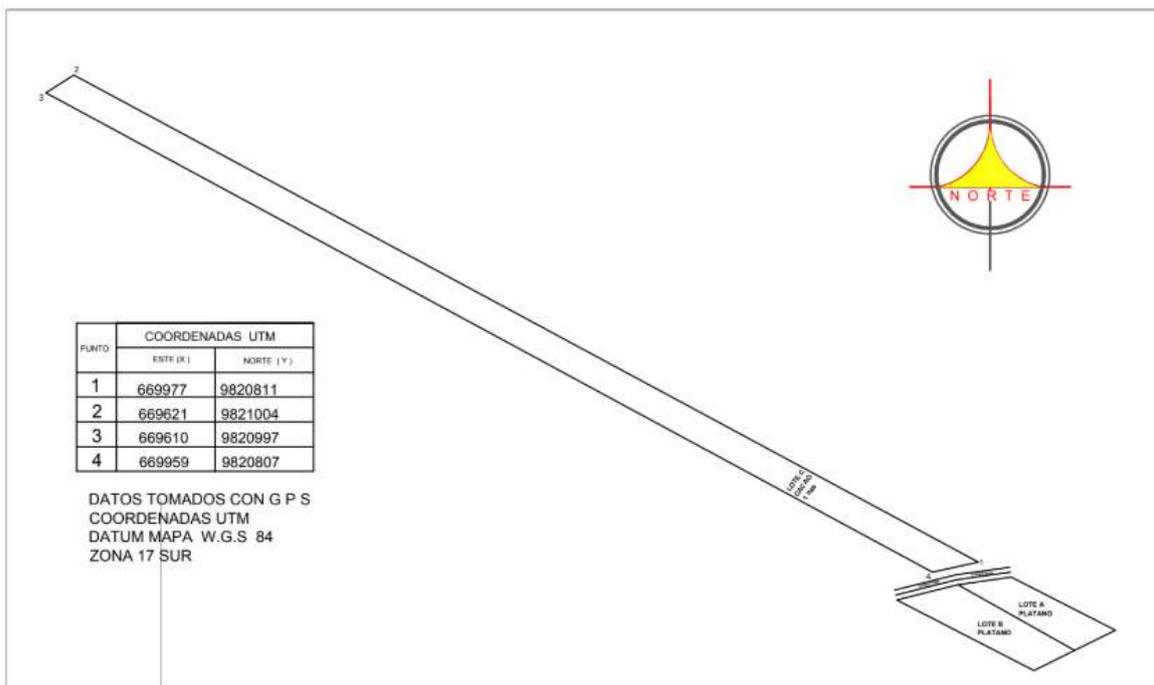


Figura 12. Plano Planimétrico  
Cifuentes, 2020



Figura 13. Instalación de bomba de 10 hp con su descarga  
Cifuentes, 2020



Figura 14. Instalación de bomba de 10 Hp con su succión  
Cifuentes, 2020



Figura 15. Zanja para tubería secundaria  
Cifuentes, 2020



Figura 16. Zanja para la tubería conductora  
Cifuentes, 2020



Figura 17. Zanja para la tubería principal  
Cifuentes, 2020



Figura 18. Zanja para tubería terciaria  
Cifuentes, 2020



Figura 19. Tuberculina terciaria de 20 mm  
Cifuentes, 2020



Figura 20. Armando elevadores para su respectiva triangulación  
Cifuentes, 2020



Figura 21. Instalación de tubería terciaria y pegado de levadores  
Cifuentes, 2020



Figura 22. Llave de pulgadas para el inyector Venturi  
Cifuentes, 2020



Figura 23. Inyector Venturi de 1 pulgada  
Cifuentes, 2020



Figura 24. Colocación de bridas y llave de bronce para el inyector Venturi  
Cifuentes, 2020



Figura 25. Manómetros para medir presión del inyector  
Cifuentes, 2020



Figura 26. Zanja profundizada para la tubería principal  
Cifuentes, 2020



Figura 27. Instalación del inyector Venturi  
Cifuentes, 2020



Figura 28. Instalación del inyector Venturi  
Cifuentes, 2020



Figura 29. Instalación del inyector Venturi  
Cifuentes, 2020