



Universidad
Nacional
de Loja

1859

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

Caracterización Biofísica y Socioeconómica de las Zonas de Riego del cantón Catamayo, utilizando herramientas de la geomática.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola

AUTOR:

Nicolás Alejandro Aguilar Hidalgo

DIRECTOR:

Mg.Sc. Aníbal Eduardo González G.

Loja – Ecuador

2023

Certificación |

Loja, 24 de febrero de 2023

M. Sc. Aníbal Eduardo González G.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del trabajo de titulación denominado: **Caracterización Biofísica y Socioeconómica de las Zonas de Riego del cantón Catamayo, utilizando herramientas de la geomática**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de la autoría de la estudiante **Nicolás Alejandro Aguilar Hidalgo**, con cédula de identidad Nro. **1150106464**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, autorizo su presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Atentamente



firmado digitalmente por:
ANIBAL EDUARDO
GONZALEZ GONZALEZ

M. Sc. Aníbal Eduardo González G.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Nicolas Alejandro Aguilar Hidalgo**, declaro ser autor/a del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150106464

Fecha: 22 de mayo del 2023

Correo electrónico: nicolas.aguilar@unl.edu.ec

Teléfono celular: 0988459847

Carta de autorización por parte del autor/a, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, Nicolás Alejandro Aguilar Hidalgo declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Caracterización Biofísica y Socioeconómica de las Zonas de Riego del cantón Catamayo, utilizando herramientas de la geomática, como requisito para optar el título de Ingeniero Agrícola, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del presente Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte y tres días del mes de mayo de dos mil veinte y tres.

Firma:



Autor: Nicolás Alejandro Aguilar Hidalgo

Cédula: 1150106464

Dirección: Sucre, Loja Ecuador

Correo electrónico: nicolas.aguilar@unl.edu.ec

Teléfono celular: 09988459847

DATOS COPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular: Mg.Sc. Aníbal Eduardo González.

Dedicatoria

Dedico con todo mi cariño mi proyecto de investigación de manera especial a mis padres Victoria Hidalgo y Ángel Aguilar, quienes con su paciencia y esfuerzo me apoyaron con sus sabios consejos e invirtieron su tiempo para educarme con amor y valores.

A mis amados sobrinos Geovanny y Estefanía que han sido mi principal motor para no rendirme ante tantas adversidades.

A mi familia y compañeros de clase por brindarme tantas enseñanzas de motivación y ofrecerme esa mano solidaria a cada instante.

Finalmente, dedico mi trabajo a todos los docentes que tuve durante mi formación académica. Gracias a ellos, he adquirido conocimientos y habilidades que me han permitido crecer profesionalmente y enfrentar los retos que se me presentan día a día. Además, sus sabios consejos y enseñanzas han sido fundamentales para mi desarrollo personal y me han ayudado a ser una mejor persona. A todos ellos, mi más profundo agradecimiento y respeto.

Nicolás Alejandro Aguilar Hidalgo

Agradecimiento

Principalmente debo agradecer de manera especial a mi director de Trabajo de Integración Curricular Mg.Sc. Aníbal González por permitirme realizar este trabajo de integración curricular bajo su directo, puesto su apoyo y confianza ha sido un aporte y motivación invaluable, en calidad de mi trabajo como estudiante.

El agradecimiento más profundo y sincero para toda mi familia, mis abuelitas Piedad y Dolores que sin su apoyo no hubiera sido posible culminar este trabajo. Y por encima de todo y con todo mi amor a mi madre, Victoria Hidalgo, por ser un modelo a seguir de perseverancia, honestidad y tenacidad.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería Agrícola, profesores, administrativos que contribuyeron a mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a los técnicos de laboratorio del centro de investigaciones territoriales que con su disposición me apoyaron con la presente investigación.

Nicolás Alejandro Aguilar Hidalgo

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	7
4.1. El Riego y el Cambio climático.....	7
4.1.1. <i>Conceptualización del cambio climático</i>	7
4.1.2. <i>El cambio climático y la desertificación</i>	7
4.1.3. <i>El cambio climático y su influencia en los recursos hídricos</i>	8
4.1.4. <i>Las precipitaciones y los eventos climáticos extremos</i>	9
4.1.5. <i>La producción de acuerdo al clima</i>	10
4.2. Los sistemas de riego.....	11
4.2.1. <i>Las cuencas generadoras de agua</i>	11
4.2.2. <i>La infraestructura hidráulica</i>	12
4.2.3. <i>Tipos de infraestructura hidráulica</i>	12
4.2.4. <i>Importancia del riego y su programación</i>	12
4.2.5. <i>Optimización de uso del agua para riego</i>	13
4.3. Categoría de los cultivos.....	15
4.3.1. <i>Ciclo de vida de los cultivos</i>	15
4.3.2. <i>Tipo de cultivo</i>	15
4.3.3. <i>Uso de suelo para el cultivo</i>	16
4.3.4. <i>Diversificación del cultivo</i>	17
4.4. Zonas de riego.....	17

4.5. Sistemas geográficos digitales.....	17
4.5.1. Componentes de un Sistema de información geográfica.....	18
4.5.2. La teledetección y el riego.....	19
4.5.3. Los sistemas de información geográfica y la identificación de áreas de riego.....	20
4.6. Base de datos geográfica.....	17
5. Metodología.....	23
5.1. Área de estudio	23
5.2. Diseño de la investigación.....	24
5.3. Metodología para el primer objetivo.....	25
5.3.1. Recopilación de información disponible.....	25
5.3.2. Identificación de las áreas de riego a través de imágenes de satélite.....	25
5.3.3. Recorridos de campo.....	26
5.4. Metodología para el segundo objetivo.....	27
5.4.1. Caracterización de zonas de riego mediante al ámbito biofísico.....	27
5.4.2. Caracterización de zonas de riego mediante al ámbito socioeconómico.....	28
5.3.3. Ejecución de una propuesta preliminar para determinar qué sectores más se pueden integrar al riego del cantón Catamayo.....	29
6. Resultados.....	31
6.1. Identificación de las zonas agrícolas que se encuentra bajo riego, en el cantón Catamayo utilizando las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica.....	31
6.1.2. Sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey.....	32
6.1.3. Sistema de riego La Era.....	34
6.1.4. Sistema de riego Malla.....	36
6.1.5. Sistema de riego San Pedro de la Bendita.....	37
6.1.6. Sistema de riego Guayquichuma.....	37
6.2. Caracterización de cada una de las zonas de riego del cantón en los ámbitos biofísicos y socioeconómico, en la perspectiva de conocer su potencial agrícola y las acciones para fortalecerlo.....	39
6.2.1. Caracterización de la zona de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey.....	39
6.2.2. Caracterización de la zona de riego La Era.....	50
6.2.3. Caracterización de la zona de riego Verdum.....	58
6.2.4. Caracterización de la zona de riego Malla.....	66
6.2.5. Caracterización de la zona de riego San Pedro de la Bendita.....	75
6.2.6. Caracterización de la zona de riego Guayquichuma.....	83
6.3. Ejecución de una propuesta preliminar para determinar que sectores mas se pueden integrar al riego del cantón Catamayo.....	91

7. Discusiones	93
7.1. Identificación de las zonas agrícolas que se encuentra bajo riego, en el cantón Catamayo utilizando las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica	93
7.2. Caracterización de cada una de las zonas de riego del cantón en los ámbitos biofísicos y socioeconómico, en la perspectiva de conocer su potencial agrícola y las acciones para fortalecerlo	93
7.2.1. <i>Características climáticas</i>	93
7.2.2. <i>Características físicas y morfométricas</i>	94
7.2.4. <i>Características socioeconómicas</i>	96
7.3. Ejecución de una propuesta preliminar para determinar que sectores mas se pueden integrar al riego del cantón Catamayo	98
8. Conclusiones	99
9. Recomendaciones	100
10. Bibliografía	101
11. Anexos	110

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Clasificación de tipo de pendiente</i>	28
<i>Tabla 2. Clasificación de unidades de tierras aptas para la agricultura según el nivel de manejo tradicional</i>	30
<i>Tabla 3. Modelo para determinar tierras aptas para la agricultura</i>	30

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Ubicación geográfica del cantón Catamayo.</i>	23
<i>Figura 2. Proceso para obtener imágenes satelitales</i>	26
<i>Figura 3. Mapa de zonas de riego del cantón Catamayo</i>	31
<i>Figura 4. Sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey</i>	33
<i>Figura 5. Sistema de riego Verdum</i>	34
<i>Figura 6. Sistema de riego La Era</i>	35
<i>Figura 7. Sistema de riego Malla</i>	36
<i>Figura 8. Sistema de riego San Pedro de la Bendita</i>	37
<i>Figura 9. Sistema de riego Guayquichuma</i>	38
<i>Figura 10. Mapa de precipitación media anual del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	40
<i>Figura 11. Mapa de temperatura media anual del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	41
<i>Figura 12. Mapa de pendiente del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	42
<i>Figura 13. Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	43
<i>Figura 14. Mapa de tipo de suelo del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	44
<i>Figura 15. Mapa base de la cuenca Guayabal para aporte de agua al sistema de riego Ingenio Monterrey</i>	45
<i>Figura 16. Mapa base de la cuenca Catamayo para aporte de agua al sistema de riego Ingenio Monterrey</i>	46
<i>Figura 17. Tipo de cultivos que existe en el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	47
<i>Figura 18. Métodos de riego que existe en el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	48
<i>Figura 19. Organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey</i>	49
<i>Figura 20. Mapa de precipitación media anual del sistema de riego La Era</i>	50
<i>Figura 21. Mapa de temperatura media anual del sistema de riego La Era</i>	51
<i>Figura 22. Mapa de pendiente del sistema de riego La Era</i>	53
<i>Figura 23. Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego La Era</i>	53
<i>Figura 24. Mapa de tipo de suelo del sistema de riego La Era</i>	54
<i>Figura 25. Mapa de cuencas hidrográficas y recursos hídricos del sistema de riego La Era</i>	55
<i>Figura 26. Tipo de cultivos que existen en el sistema de riego La Era</i>	56
<i>Figura 27. Métodos de riego que existen en el sistema de riego La Era</i>	56
<i>Figura 28. Organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego La Era</i>	57
<i>Figura 29. Mapa de precipitación media anual del sistema de riego Verdum</i>	58
<i>Figura 30. Mapa de temperatura media anual del sistema de riego Verdum</i>	59
<i>Figura 31. Mapa de pendiente del sistema de riego Verdum</i>	60
<i>Figura 32. Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego Verdum</i>	61
<i>Figura 33. Mapa de tipo de suelo del sistema de riego Verdum</i>	62

Figura 34. Mapa de cuencas hidrográficas y recursos hídricos del sistema de riego Verdum.....	63
Figura 35. Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de riego Verdum.....	64
Figura 36. Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego Verdum.....	64
Figura 37. Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego Verdum.....	65
Figura 38. Mapa de Precipitación media anual del sistema de riego Malla	67
Figura 39. Mapa de temperatura media anual del sistema de riego del Malla	68
Figura 40. Mapa de pendiente del sistema de riego Malla	69
Figura 41. Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego Malla.....	70
Figura 42. Mapa de tipo de suelo del sistema de riego Malla	71
Figura 43. Mapa base de la cuenca Indiucho para el aporte de agua al sistema de riego Malla	72
Figura 44. Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de riego Malla.....	73
Figura 45. Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego Malla.....	73
Figura 46. Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego Malla.....	74
Figura 47. Mapa de Precipitación media anual del sistema de riego San Pedro de la Bendita	75
Figura 48. Mapa de temperatura media anual del sistema de riego San Pedro de la Bendita	76
Figura 49. Mapa de pendiente del sistema de riego de San Pedro de la Bendita.	77
Figura 50. Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego de San Pedro de la Bendita	78
Figura 51. Mapa de tipo de suelo del sistema de riego San Pedro de la Bendita	79
Figura 52. Mapa base de la cuenca El Sauce para el aporte de agua al sistema de riego San Pedro de la Bendita.....	80
Figura 53. Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de Riego San Pedro de la Bendita.....	81
Figura 54. Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego San Pedro de la Bendita ..	82
Figura 55. Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego San Pedro de la Bendita	82
Figura 56. Mapa de precipitación media anual del sistema de riego Guayquichuma	84
Figura 57. Mapa de temperatura media anual del sistema de riego Guayquichuma.....	85
Figura 58. Mapa de pendiente del sistema de riego Guayquichuma.....	86
Figura 59. Mapa de tipo de suelo del sistema de riego Guayquichuma.....	87
Figura 60. Mapa de cuenca hidrográfica y recursos hídricos del sistema de riego Guayquichuma	88
Figura 61. Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de riego Guayquichuma	102
Figura 62. Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego Guayquichuma	103
Figura 63. Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego Guayquichuma.....	103
Figura 64. Mapa base de sectores a incrementarse a los sistemas de riego en el Cantón Catamayo	104

Índice de Anexos

Anexo 1. <i>Zonas de riego</i>	110
Anexo 2. <i>Infraestructura hidráulica</i>	111
Anexo 3. <i>Datos climaticos de las estaciones cercanas a las zonas de riego</i>	125
Anexo 4. <i>Certificado de traducción Abstract</i>	126

1. Título

**Caracterización Biofísica y Socioeconómica de las Zonas de Riego del cantón
Catamayo, utilizando herramientas de la geomática**

2. Resumen

Para la caracterización biofísica y socioeconómica de las zonas de riego del cantón Catamayo se utilizó información de campo, para poder identificar la cobertura de la tierra y los patrones de uso del suelo.

Además, se aplicaron técnicas de análisis espacial para evaluar las características del terreno y el potencial de los recursos hídricos en la zona de estudio. De igual manera, se llevó a cabo un análisis socioeconómico que incluyó encuestas y entrevistas con agricultores locales, para evaluar la estructura productiva y las prácticas de cultivo en la zona.

Los resultados obtenidos mostraron que el cantón Catamayo cuenta con una amplia variedad de cultivos, incluyendo caña, maíz, tomate, pepino, yuca, frejol, arboles frutales. Por otro lado, se identificó que el 55% esta dedicado a la agricultura, lo que se reflejó en la estructura productiva y la distribución de tierras de cultivo. Con estos hallazgos los productores podrán tomar decisiones informadas sobre qué cultivos cultivar, cómo manejar los recursos de manera eficiente y cómo adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado

En los recursos hídricos, se encontró que la mayoría de las zonas de riego se encuentran en condiciones de estrés hídrico, lo que sugiere la necesidad de una mejor gestión de los recursos disponibles y en cuanto a la cobertura de la tierra, se identificaron que 21.985 ha con potencial para la conservación de la biodiversidad, lo que podría contribuir a la sostenibilidad del sistema agrícola en la zona.

Palabras clave: Caracterización biofísica, Patrones de uso del suelo, Análisis espacial, Recursos hídricos, Zonas de riego.

2.1. Abstract

Field information was used to characterize the biophysical and socioeconomic aspects of the irrigation zones in the Catamayo canton, in order to identify land cover and soil use patterns.

Spatial analysis techniques were also applied to evaluate the terrain characteristics and potential water resources in the study area. Furthermore, a socio-economic analysis was conducted which included surveys and interviews with local farmers to evaluate the productive structure and cultivation practices in the area.

The results showed that the Catamayo canton has a wide variety of crops, including sugarcane, maize, tomato, and others. On the other hand, a great dependence on agriculture in the area was identified, which was reflected in the productive structure and distribution of cultivation lands.

Regarding water resources, it was found that most of the irrigation zones are under water stress conditions, suggesting the need for better management of available resources. As for land cover, areas with potential for biodiversity conservation were identified, which could contribute to the sustainability of the agricultural system in the area.

Keywords: Biophysical characterization, Soil use patterns, Spatial analysis, Water resources, irrigated areas

3. Introducción

El crecimiento constante de la población mundial, especialmente en países pequeños, ha resultado en una tasa de natalidad elevada y una tasa de mortalidad extremadamente baja. Ecuador ha experimentado un aumento en la población, aunque a un ritmo más lento que en décadas anteriores, esto plantea desafíos en la seguridad alimentaria debido a eventos extremos relacionados con el cambio climático, cambios en el uso del suelo y la escasez de agua para la agricultura (Akbash et al., 2018).

La crisis alimentaria a nivel mundial no se debe a la falta de producción, sino a la desigualdad en el acceso y distribución de alimentos, en lo cual es necesario desarrollar políticas agrícolas que garanticen un suministro suficiente de alimentos de calidad. (Altamirano, 2021).

El agua es un recurso imprescindible, del que cada vez más se exige su consumo en las poblaciones urbanas y que a su vez resulta más limitado, por lo que dicho problema afecta a ámbitos económicos, sociales y culturales. Esta situación hace que entre el 50% y el 80% del agua disponible consume el sector agrícola, lo que la mayoría lo considera como un exceso desde ciertos aspectos, sin tomar en cuenta que ese gasto es dedicado para producir los alimentos necesarios para la y que, por lo tanto, acaba siendo también una necesidad de la población en general (Dourojeanni,1999).

La caracterización biofísica y socioeconómica de las zonas de riego es esencial para comprender su funcionamiento y tomar decisiones adecuadas para la producción agrícola (Rodríguez, 2012). Proporciona información precisa sobre los aspectos físicos, naturales y socioeconómicos, lo que nos permite gestionar el agua de manera eficiente, proteger el medio ambiente, impulsar el desarrollo económico local y mejorar la calidad de vida de las comunidades agrícolas.

Una adecuada gestión y preservación de las zonas de riego es un desafío importante en la actualidad debido a la escasez de agua y la creciente demanda agrícola. Para lograr una planificación y manejo efectivos de estas áreas, es importante recurrir con herramientas y tecnologías que nos permitan obtener información detallada sobre los aspectos físicos y socioeconómicos que afectan su funcionamiento (Sadoff & Muller, 2010).

La importancia de la geomática y los SIG radica en su capacidad para recopilar y gestionar datos espaciales provenientes de diversas fuentes, como imágenes satelitales, sensores remotos y bases de datos socioeconómicas (Reatrepo,2020).

Estos datos nos proporcionan información precisa sobre aspectos clave de las zonas de riego, como la disponibilidad y calidad del agua, las características del suelo, la topografía, el uso del suelo, la infraestructura existente y los factores socioeconómicos de la comunidad local. Para lograr resultados más precisos y exactos, es necesario contar con herramientas web actualizadas y eficientes que ofrezcan imágenes satelitales de calidad. Es por esta razón que se utilizó el portal web "Planet Explorer", el cual proporciona imágenes satelitales con la opción de descargar imágenes con características especiales. Esta plataforma permitió obtener datos más detallados y específicos para un análisis más preciso y confiable de la información requerida.

El cantón Catamayo tiene como fuente principal de abastecimiento de agua el río Catamayo cuyo clima y suelos se caracterizan principalmente por ser favorables para el desarrollo agrícola, donde predomina principalmente el cultivo de la caña, maíz, pepino, tomate, pimiento y árboles frutales, Respecto de su clima, existe una alta variabilidad en las temporadas secas y de precipitación, los meses de lluvia con mayor relevancia son entre enero y abril mientras que el resto del año se presentan con menor significancia y la temperatura media presenta diversificaciones variando entre 19 y 23°C con mayores valores en los meses de abril-mayo y menores entre julio-agosto (Oñate & Bosque, 2010).

En Catamayo se evidencia una exposición de suelos a los agentes erosivos dado que en su mayoría presenta un ínfimo desarrollo patogenético. Mas de la mitad del territorio corresponden al orden Entisol el cual solo posee un horizonte sobre el material parental generando de esta manera una clara realidad de fragilidad, sumándose a ello la deforestación y usos agropecuarios inadecuados de la población lo cual incrementa la susceptibilidad a los procesos antes señalados (Jumbo, 2018).

Por tal motivo es de suma importancia identificar las zonas de riego del cantón y caracterizarlas, para determinar su viabilidad a futuro y las posibilidades que las autoridades correspondientes pongan la mirada en esta actividad que incide en la alimentación de la población.

Objetivo general

- Caracterizar en los ámbitos biofísico y socioeconómico las zonas de riego del Cantón Catamayo, utilizando herramientas de la geomática, en la perspectiva de proveer de insumos para el desarrollo agrícola del cantón.

Objetivos específicos

- Identificar las zonas agrícolas que se encuentran bajo riego, en el cantón Catamayo, utilizando los sistemas de información geográfica y las herramientas de la teledetección.
- Caracterizar cada una de las zonas de riego del cantón en los ámbitos biofísico y socioeconómico, en la perspectiva de conocer su potencial agrícola y las acciones a tomar para fortalecerlo.

4. Marco teórico

En este capítulo se presentan los conceptos y hallazgos científicos relacionados con el proyecto de titulación

4.1. El Riego y el Cambio climático

4.1.1. *Conceptualización del cambio climático*

El cambio climático es un acontecimiento constante y lo que hace la población es apresurar su apareamiento en contra de nuestros propios intereses, la alteración en la temperatura siempre ha existido en la historia de la tierra, hemos pasado del caliente al frío de forma natural por 4600 millones de años (Lozano, 2021).

El término cambio climático denota toda alteración del clima a lo largo del tiempo en lo cual obedece a causas naturales, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o a la actividad humana, que alteran la composición de la atmósfera global y se suman a la variabilidad natural del clima (Cagua, 2017).

Chávez & González, (2017) afirman que a nivel latinoamericano estos efectos pueden provocar una mayor sequedad de los suelos, sustituyendo progresivamente los bosques tropicales por sabanas, así como la salinización y desertificación de las tierras de cultivo. Ortiz, (2012) señala que, en el Ecuador los cambios en los patrones de las lluvias y la desaparición de los glaciares afectan a la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola o destinado a la producción de energía hidroeléctrica.

4.1.2. *El cambio climático y la desertificación*

El área a nivel mundial de las tierras inertes a el cambio climático se eleva a 145 millones de km, alrededor del 47 % corresponden al bioma árido en sus diversos grados y a aquellos ambientes que posiblemente pueden serlo: tierras hiperáridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Sin considerar los desiertos que cubren alrededor del 7,5 % del total del área árida mundial, las tierras secas ocupan un tercio de Europa y de ambas Américas, las dos quintas partes de Asia y de África y más de las tres cuartas partes de Australia (Balibrea, 2011)

Tena & Hernández, (2014) detallan que la desertificación reduce la diversidad biológica, que contribuye a muchos de los servicios que los ecosistemas de las tierras secas proporcionan al hombre.

La flora y su diversidad tienen un papel decisivo en la conservación del suelo y en la regulación de las aguas superficiales y el clima local; la alteración del suministro de los servicios interrelacionados que proporciona la biodiversidad vegetal en las tierras secas es uno de los desencadenantes clave de la desertificación y sus múltiples consecuencias, incluyendo la pérdida de hábitat para otras especies (Riascos & Uber, 2010).

La desertificación afecta al cambio climático mediante la pérdida de suelo y de vegetación, los suelos de las tierras secas contienen más de un cuarto de todos los depósitos de carbono orgánico del mundo así como casi todo el carbono inorgánico; puede liberar a la atmósfera global una importante fracción de este carbono, con consecuencias de retroalimentación significativas para el sistema climático global, se considera que 300 millones de toneladas de carbono se dispersan cada año en la atmósfera provenientes de las tierras secas como resultado de la desertificación (Alonso, 2013).

4.1.3. El cambio climático y su influencia en los recursos hídricos

Durante estos últimos años el planeta Tierra ha evidenciado cambios perceptibles en el clima, generando impactos sociales, económico y ambientales; en lo cual, la cantidad de agua dulce en las cuencas hidrográficas ha sido alterada debido a los cambios de los patrones meteorológicos y climáticos como es la inalterada precipitación y el derretimiento de hielo y permafrost que son algunas de las principales causas que incrementa la escorrentía superficial, como a su vez la evapotranspiración que altera el balance hídrico incrementando posibles días secos en las transiciones de estaciones climáticas (Ballesteros & Aristizabal, 2007).

Los cambios ambientales a un futuro dependen de las condiciones creadas por los forzamientos externos al sistema climático, así como de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles, y otros factores de índole natural y humana, además de la variabilidad interna inherente al sistema climático (Barros, 2004). Un conjunto de hipótesis sobre la magnitud y frecuencia de las emisiones futuras, permiten a los científicos elaborar diferentes escenarios de emisiones, sobre los que se basan las proyecciones de los modelos climáticos; siendo los modelos climáticos los que proporcionan diferentes alternativas de representación ante las respuestas de los forzamientos externos y la variabilidad interna del sistema climático (Acosta, 2010).

La necesidad de recurso hídrico para la utilización e aprovechamiento de consumo humano, riego y producción agrícola debido al incremento de población, nuevas zonas industriales y agrícolas se apreciaría afectado por el cambio climático, que disminuye el volumen hídrico anual disponible, por influencia del incremento de la temperatura en las cuencas hidrográficas, en particular en la época de estiaje, que pasaría de ser cada vez más escasa a ilimitada en los meses de menor precipitación (Díaz & Pretel, 2014).

4.1.4. Las precipitaciones y los eventos climáticos extremos

El cambio climático se manifiesta en el ciclo del agua de manera evidente dado que una atmósfera más cálida contiene más humedad. Por ello, la frecuencia y la intensidad de las lluvias fuertes han aumentado desde la década de 1950 y todo apunta a que esa tendencia se mantendrá (Pérez & Cantos, 2020). Según el IPCC (2014) se prevé que las precipitaciones diarias extremas se intensifiquen en un 7 % por cada grado centígrado de calentamiento global.

Castañeda et al., (2020), argumentan que en los últimos años se han podido evidenciar numerosos episodios en los que el equivalente a la precipitación de un mes, o incluso de muchos meses, ha caído en cuestión de horas o días, provocando inundaciones devastadoras y mortíferas tales sucesos ocurridos en África, Asia, Europa y América del Norte y del Sur. Al mismo tiempo, se prevé que la intensificación del calentamiento global aumente la superficie terrestre afectada por sequías más frecuentes y severas, que constituyen un conocido desastre de evolución lenta (Benito, 2007)

Altamirano, (2021) estima que, con el creciente calentamiento global, la proporción de ciclones tropicales intensos aumentará a escala mundial y empeorará la vulnerabilidad de las poblaciones costeras, que se encuentran en plena expansión. Algunos elementos indican que el cambio climático altera las trayectorias de esos fenómenos, en particular en la zona occidental del Pacífico Norte. Estamos asistiendo a desastres de mayor complejidad. Según el IPCC (Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), la probabilidad de que se produzcan inundaciones combinadas (mareas de tempestad, precipitaciones extremas o flujo fluvial) se ha incrementado en algunos lugares y seguirá incrementándose debido a la subida del nivel del mar y a la mayor intensidad de las precipitaciones (Pantevis & Torres, 2020).

4.1.5. *La producción de acuerdo al clima*

El sector agrícola se ha convertido en uno de los factores imprescindible de desarrollo socioeconómico y cultural a través de la historia, además de ser clave para el aseguramiento alimenticio mundial. De acuerdo con el IPCC (2014) “Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática”.

Este efecto climático de igual forma amenaza elementos básicos para la vida, como manifiesta Ocampo, (2021), se encuentran amenazados el acceso al agua, la salud, la producción de alimentos, el uso de tierras y ecosistemas. El clima es un medio renovable que daña a la producción agrícola; su influencia en un cultivo determinado, no depende sólo de las características climáticas de la localidad en que esté situado, sino también en gran medida de las situaciones en las que se desarrolla la producción; tiene relevancia el nivel de exposición del cultivo al clima, como el nivel de vulnerabilidad.

La inquietud respecto al efecto del medio ambiente en la agricultura se manifiesta dado que las variables climáticas claves para el desarrollo de los cultivos podrían ser severamente afectadas y así impactar la producción agrícola. Por otra parte, también se prevé con certeza que las alteraciones del cambio climático en la agricultura se relacionen con eventos extremos, como sequías, inundaciones dadas por precipitaciones intensas, vientos fuertes que afecten sobre todo a cultivos transitorios de raíces no tan profundas (Altieri & Nicholls, 2008).

De acuerdo con Altieri & Nicholls, (2008) “A medida que el cambio climático reduzca los rendimientos de los cultivos, los efectos sobre el bienestar de las familias dedicadas a la agricultura de subsistencia pueden ser muy severos, especialmente si el componente de productividad es reducido”. Esta acción puede agravar las condiciones socioeconómicas y ambientales de por sí complicadas.

Ante lo expuesto, surge la necesidad imperante de un mayor involucramiento en proponer medidas pertinentes frente al cambio climático y sus impactos, dado que “el clima es de fundamental importancia en la seguridad alimentaria” (Ouariachi & Olvera, 2017). El no acatar medidas eficaces a tiempo puede afectar todo el componente y estructura social, incluso se encuentra amenazada la economía de la región (Martínez et al., 2017).

4.2. Los sistemas de riego

4.2.1. Las cuencas de generación de agua

(Mirassou, 2009) argumenta que, la cuenca hidrográfica es una unidad del territorio en donde ejecuta la unión de un subsistema hídrico que produce agua, simultáneamente con los subsistemas ecológico, económico, social y político. También se conoce como el área de terreno donde provienen las aguas de un río, quebrada o laguna (Tchilinguirian & Olivera, 2000)

Una cuenca incluye ecosistemas terrestres y ecosistemas acuáticos y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida (Toapanta, 2022). En la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres sectores característicos: Alto, Medio y Bajo, los cuales en función a las características topográficas del medio pueden contribuir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (Llerena, 2009).

(Marín, 2015) establece que “Las cuencas tienen un funcionamiento territorial altitudinal ya que implica la relación directa entre las partes altas, cercanas al parteaguas, la zona de tránsito o intermedia y la parte baja de deposición y desembocadura, de tal forma que la parte alta afecta de manera determinante a la parte baja”.

En términos generales, los aportes de las cuencas según Rendón (2003) son los siguientes:

- Abastecimiento continuo de agua dulce: El desarrollo natural que se producen en la cuenca, se da mediante la interacción entre el agua, suelo, clima y vegetación para favorecer la captación de agua, abasteciendo los cauces incluso en épocas de sequía; además, la cuenca puede cumplir mucho mejor la función de tratamiento de aguas residuales que un sistema técnicamente avanzado que cuesta miles de dólares.
- Regulación de la cantidad de agua: La principal fuente infalible de agua durante todo el año son los ríos, que debido a sucesos el caudal alimenta zonas de ciénagas y pantanos. Esto propicia que el agua en la temporada de lluvias fluya más despacio, lo cual amplía, en las épocas más secas, el período en el que puede disponerse de agua.
- Regulación climática: La conservación de los sistemas hidrológicos naturales dentro de la cuenca tiene efectos micro climáticos y macro climáticos evidentes.
- La evapotranspiración: Es una fuente de niveles locales de humedad y la biodiversidad local, en las superficies con vegetación arbórea, gran parte del agua de las lluvias retorna a la atmósfera por evaporación o transpiración volviendo a precipitar en la zona circundante.

4.2.2. *La infraestructura hidráulica*

Las obras hidráulicas son aquellas que, evolucionadas bajo el ámbito de la ingeniería civil, tienen como principal fin el agua y a su manejo, fundamentalmente persiguiendo dos propósitos primordiales: su aprovechamiento y la defensa ante sus excesos (Quispe & Aucapuma, 2011).

Uno de los métodos más efectivos según (Agudo, 2011), para cubrir los periodos de escasez y para controlar la excedencia hidrológica es la construcción de infraestructuras hidráulicas de almacenamiento, regulación y laminación de caudales. Estas obras, cuando están con una correcta planificación y gestión, resultan esenciales para garantizar el bienestar social y ambiental.

4.2.3. *Tipos de infraestructura hidráulica*

Para (Jaume, 2014), los tipos de infraestructura hidráulica son los siguientes:

- **Común:** Tienen por finalidad atender el requerimiento de un conjunto determinado de usuarios para fines primarios o productivos, principalmente asuntos agrícolas.
- **Propio:** Tiene por objetivo preservar el requerimiento de un único usuario.
- **Pública:** La que es de autoridad del Estado y presta servicios públicos abastecimiento de agua, puede ser construida y/u operada por entidades públicas u operadores privados.
- **Privada:** La que es de titularidad privada y presta exclusivamente servicios o se construye con fines exclusivamente de interés de un particular o privado
- **Mayor:** Comprenden estructuras que por sus características de construcción, operación y mantenimiento resultan de mayor importancia en el Sistema Hidráulico Común.
- **Menor:** Engloba estructuras de poco dimensionamiento pero que sirven para prestación de servicios de distribución y abastecimiento de agua desde un punto de captación en la infraestructura hidráulica mayor o en la fuente natural de agua, hasta la entrega final.
- **Permanente:** Obras de carácter permanente, usualmente vinculadas a Obras Hidráulicas Mayores.
- **Transitorio:** Obras temporales, para actividades específicas usualmente vinculadas a Obras Hidráulicas Mínimas.

4.2.4. *Importancia del riego y su programación*

El uso del riego en la agricultura es una práctica coloquial, desarrollada con la finalidad de proveer una cantidad adecuada de agua para el correcto desarrollo de los cultivos y permitir así la producción de alimentos en la época seca, en la cual no existen lluvias frecuentes.

El agua es tan importante para la agricultura debido a que crea una solución en el suelo en la cual se encuentran disueltos los nutrientes y mediante la absorción efectuada por sus raíces, las plantas logran acceder a estos (Candarle, 2015). Como seres vivos, las plantas necesitan de agua para sobrevivir, los cultivos absorben los nutrientes del suelo y realizan varias funciones fisiológicas en presencia de agua, cuando el suelo no tiene la cantidad suficiente de agua o no es oportuna su disponibilidad por medio de la lluvia o de fuentes naturales, se convierte como una necesidad la aplicación del riego (Valverde, 2005).

Quesada, (2017) define que los cultivos tienen momentos críticos para sus necesidades de agua, que, si no se compensan, se traducen en pérdidas en rendimiento o por falta de germinación, en las actuales condiciones de sequía de nuestro país, se evidencian las necesidades de distritos de riego en diferentes zonas.

La importancia del riego está condicionada a la demanda y necesidades del mismo, en función a las limitaciones climáticas de la zona, y será determinante en toda aquella región, donde el agua aportada por las precipitaciones no sea capaz de restituir la consumida por el cultivo; la finalidad del riego será proporcionar al cultivo la humedad necesaria para su desarrollo de producción (Iglesias & Gallart, 2005) asume que de este criterio se derivan diversos propósitos como es el de resolver el problema que producen las cortas sequías en épocas lluviosas, poner el suelo en condiciones para producir, debido a que se mejoran las condiciones ambientales para el desarrollo del vegetal.

La programación del riego tiene como objeto central el que se tomen decisiones orientadas a determinar las cantidades de agua por aplicar y las fechas de aplicación de cada riego con la intención de minimizar deficiencias o excesos de humedad en el suelo que pudieran causar efectos adversos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos; con una adecuada programación del riego se puede lograr un importante ahorro en el agua, se disminuyen costos por ahorro de energía y mano de obra, se minimiza estrés hídrico y maximizan rendimientos, así como calidad, rentabilidad e ingresos (Silva, 2018).

4.2.5. Optimización de uso del agua para riego

El agua es un recurso natural que ha cobrado especial importancia económica en las últimas décadas, debido a su escasez en el planeta. De la superficie de la tierra 70 % está cubierto de agua: 97.5 % (1365 m³) es salada y 2.5 % (35 m³) es dulce; de esta última, 68.9 % está almacenado en los glaciares, 30.8 % contenida en el suelo y 0.3 en lagos y ríos. Al final, sólo 0.26 % es agua dulce accesible para el consumo humano y se localiza en ríos, lagos y acuíferos a poca profundidad (Peña, 2013).

Así pues, estudiar el agua desde el punto de vista económico permite la toma de decisiones en lo referente a su suministro a los distintos sectores productivos y no productivos, el cálculo del valor económico del líquido implica obtener el valor del producto marginal, es decir, su contribución al valor total de la producción (Zetina Espinosa et al., 2013).

El porcentaje de agua dulce disponible para el consumo humano se debe distribuir entre las actividades humanas que la demandan: doméstica, agropecuaria e industrial (Caballer Mellado & Guadalajara, 1998). De esta distribución, la agricultura es la actividad que consume más agua, representando globalmente alrededor de 69 % de toda la extracción, el consumo doméstico alcanza aproximadamente 10 % y la industria 21% (Pérez, 2022).

A pesar de que la agricultura es el sector que consume más agua en el mundo, en términos de volumen; el uso del agua es de bajo valor económico, poco eficiente y subvencionado. Los estudios realizados a lo largo de los años ochenta revelan que los derechos que se pagan por el riego representan menos de 8 % del valor de los beneficios que la agricultura aporta (López et al., 2009).

Farell , (2008) define que el riego es esencial en el manejo del agua en muchas regiones, y tiene un gran impacto en el medio ambiente y la biodiversidad; extrayendo agua de fuentes subterráneas, ríos, lagos o escorrentía, los sistemas de irrigación redistribuyen esta agua, teniendo numerosos efectos en la biodiversidad, principalmente en zonas mediterráneas.

Las construcciones hidráulicas reducen el caudal del río y cambia la hidrología de sistemas fluviales enteros con impactos en todas las formas de vida en las cuencas hidrográficas, la extracción excesiva del agua para la agricultura puede alterar hábitats acuáticos y fauna lacustre, tanto en comunidades biodiversas como en sistemas pobres con pocas especies (Parra, 2015).

Para gestionar eficientemente el riego a nivel de parcela se debe conocer las necesidades de agua del cultivo, en este sentido cabe destacar la labor realizada por los servicios de asesoramiento al regante de las diferentes comunidades autónomas, que proporcionan información a los regantes sobre la dosis de riego a aportar a su cultivo en función del desarrollo del mismo y condiciones climáticas (Poch, 2012).

4.3. Categoría de cultivos agrícolas.

La categorización de los cultivos agrícolas es una práctica común utilizada en la agricultura para organizar y clasificar los diferentes tipos de cultivos en función de diversas características. Esta clasificación proporciona una base para el estudio, análisis y gestión de los sistemas de cultivo, y es fundamental para la toma de decisiones en la planificación agrícola.

4.3.1. *Ciclo de vida de los cultivos*

Según Zulaica & Celemín, (2015) los principales tres grupos de cultivos según su ciclo de vida son:

- **Cultivos anuales:** Los cultivos anuales son plantas que crecen y se cosechan en un período de un año o menos. Son muy importantes en la agricultura actual y se cultivan en todo el mundo. Algunos ejemplos populares de cultivos anuales son el maíz, el trigo, el arroz, la soja, el algodón y diversas hortalizas como el tomate y la zanahoria. Estos cultivos se siembran en primavera o verano y se recolectan en otoño, son una fuente crucial de alimentos y materiales utilizados en diversas industrias.
- **Cultivos perennes:** Los cultivos perennes son plantas que viven más de dos años y no necesitan ser replantadas cada temporada, estos cultivos son árboles frutales, arbustos de bayas y cultivos como espárragos y alcachofas. Estas plantas tienen sistemas de raíces fuertes y pueden regenerarse después de cada ciclo de crecimiento; Ofrecen beneficios como una mayor resistencia a enfermedades y plagas, pero requieren un establecimiento más largo y una gestión continua para mantener su productividad a lo largo del tiempo.
- **Cultivos bianuales:** Son aquellos que requieren dos años para completar su ciclo de vida. Durante el primer año, se enfoca en el crecimiento vegetativo, mientras que en el segundo año se produce la floración y la formación de frutos o semillas, que se cosechan al final. Algunos de estos cultivos son las remolachas y algunas variedades de zanahorias.

4.3.2. *Tipo de cultivo*

Las zonas de riego desempeñan un papel fundamental en la producción agrícola, debido que permiten aprovechar de manera eficiente los recursos hídricos disponibles para el cultivo de diversas especies vegetales. La elección de los cultivos en estas áreas está determinada por una combinación de factores biológicos, económicos y sociales. Steduto et, al (2012) deducen algunos de los principales tipos de cultivos que suelen encontrarse en las zonas de riego:

- **Cultivos alimentarios:** Los cultivos alimentarios desempeñan un papel vital en la provisión de alimentos básicos a nivel mundial. Los cereales, como el maíz, el trigo, el arroz y la cebada, son ampliamente cultivados en zonas de riego debido a su significativa contribución de carbohidratos esenciales y su papel fundamental en la seguridad alimentaria de muchas comunidades, de igual manera, las legumbres, como el frijol, la soja y el garbanzo, también son cultivadas en estas áreas, ya que son una fuente importante de proteínas vegetales.
- **Cultivos hortícolas:** Las hortalizas ejercen un papel clave en la diversificación de la dieta y el suministro de nutrientes esenciales. En las zonas de riego, se cultivan diversas variedades de hortalizas como tomates, lechugas, zanahorias, pimientos, berenjenas, entre otras. Estos cultivos suelen tener un ciclo de crecimiento corto y una alta demanda en el mercado, lo que los convierte en opciones rentables para los agricultores.
- **Cultivos frutales:** Los cultivos frutales, como cítricos, manzanas, peras, mangos, plátanos y uvas, son comunes en las zonas de riego con climas adecuados. Estos cultivos requieren una cantidad significativa de agua, pero también generan ingresos considerables debido a su valor comercial y demanda constante; la producción de frutas en las zonas de riego contribuye a la diversificación agrícola y a la generación de empleo.
- **Cultivos industriales:** Algunas zonas de riego se destinan a la producción de cultivos industriales, como el algodón, la caña de azúcar, el tabaco y el aceite de palma. Estos cultivos tienen aplicaciones en la industria textil, alimentaria y farmacéutica, y su producción a gran escala puede ser una fuente importante de ingresos económicos para las comunidades.

4.3.3. *Uso de suelo para el cultivo*

Existen diferentes formas de clasificar los cultivos en función de cómo se aprovecha el suelo para cultivarlos. Para Hernández & Morote, (2019) las tres principales categorías son las siguientes

- **Cultivos de secano:** Estos cultivos se desarrollan en áreas donde no se utiliza irrigación adicional y dependen únicamente de la lluvia natural. Como son el trigo, la cebada, el girasol y el maíz.
- **Cultivos de regadío:** Estos cultivos se cultivan en áreas donde se proporciona irrigación adicional para satisfacer las necesidades de agua de las plantas. Esto se hace a través de sistemas de riego.

- **Cultivos de invernadero:** Estos cultivos se cultivan en estructuras cerradas, como invernaderos, donde se controlan las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la luz solar. Esto permite el cultivo de una amplia variedad de productos durante todo el año, como tomates, pepinos, fresas y flores.

4.3.4. Diversificación del cultivo

La diversificación de cultivos es una estrategia fundamental en la agricultura que busca incrementar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. Consiste en la introducción de una amplia variedad de cultivos en una misma área o en una secuencia temporal, en contraposición a la práctica tradicional de cultivar una única especie o monocultivo. Esta práctica tiene numerosos beneficios, tanto agronómicos como ambientales, y puede contribuir a la seguridad alimentaria, la resiliencia de los sistemas agrícolas y la conservación de los recursos naturales (Nicholls et al., 2015).

Estas estrategias incrementan la productividad debido a que la rotación de cultivos es clave para la diversificación ya que permite evitar la acumulación de plagas y enfermedades específicas de una especie en particular, así como el agotamiento de nutrientes en el suelo. La rotación de cultivos puede incluir la alternancia de especies que tienen requerimientos nutricionales y estructuras de raíces diferentes, lo que contribuye a una utilización más eficiente de los recursos del suelo y a una mayor productividad (Aguirre et al., 2016).

Además Maquilón, (2022) Implementa que la diversificación de cultivos favorece la salud del suelo, reduciendo la erosión, mejorando su estructura y aumentando su capacidad de retención de agua y nutrientes. La presencia de diferentes especies en el sistema radicular contribuye a una mayor infiltración de agua y a la prevención de la compactación del suelo. Asimismo, algunos cultivos pueden tener la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, reduciendo la necesidad de fertilizantes nitrogenados.

4.4. Zonas de riego

El proceso de seleccionar y calificar las tierras de un área dada con fines de ser regadas es uno de los pasos esenciales en la decisión de establecer riego para mejorar la producción agrícola teniendo en cuenta cual será la factibilidad de regar y que medida serán los beneficios y problemas que surgirán (Villaseñor et al., 2020).

Como proceso de elección de zonas para riego se debe tener en cuenta que es indispensable poseer un levantamiento básico de suelos, como al igual la topografía del uso actual de la tierra (Ortiz et al., 2021).

Es necesario tener presente que el seleccionar y clasificar una zona para riego es interpretar características, cualidades y predecir acerca de su comportamiento del lugar ante procesos meteorológico; por lo que un cierto grado de subjetividad y error están envueltos en este proceso.

Las clasificaciones interpretativas, como es la realizada con fines de riego, son muy útiles cuando se ajustan al propósito para el cual son hechas y dentro del marco geopolítico donde son realizadas (Toainga, 2015); Así no podemos pensar que esta clasificación nos sirva como la mejor para seleccionar la aptitud de las áreas para un determinado cultivo, con fines urbanísticos o demás, en todas las regiones del mundo. (Arocena & Marsigliana, 2018) sugieren que para cada aspecto región existen caracteres o particularidades que se necesitan tomar en cuenta para producir interpretaciones con esos objetivos que se ajusten a cada realidad.

4.5. Sistemas geográficos digitales

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta de análisis que permite almacenar, recuperar, manipular, analizar e identificar relaciones espaciales a partir de la información espacial y de todos los atributos relacionados con ella, todo ello se puede manifestar en forma de mapa(Lázaro & González, 2005) .

Rubén, (2009) acota que los SIG permiten el análisis espacial y la toma de decisiones sobre el espacio, por la simplicidad de manejo de todos los datos sobre un lugar mediante mapas, imágenes aéreas, fotografías, bases de datos, estadísticas, ya que proporciona el manejo de mucha información sobre un 1 punto concreto de la superficie terrestre.

4.5.1. Componentes de un Sistema de información geográfica

Un SIG está integrado por un conjunto de subsistemas donde convergen aspectos muy tecnológicos con otros más tradicionales, lo conforman una serie de elementos estrechamente relacionados entre sí, en los que cada de uno de ellos posee identidad propia, pero el conjunto de todos genera una herramienta de potencial extraordinario (Herrera & Coca, 2015).

Tradicionalmente son 5 los elementos principales: datos, métodos, software, hardware y factor organizativo el cual son las personas

- **Datos:** Los datos son la materia prima para trabajar con los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Sin ellos, no podremos construir productos de información o mapas que nos ayuden a hacer nuestros análisis y tomar las decisiones en nuestra organización.

Esos datos podrán venir de diferentes fuentes: sensores remotos, GPS, fotografías aéreas, archivos formatos shapefile, archivos CAD, archivos Excel, etc.

- **Software:** Para el correcto análisis e interpretación de la información geográfica es necesaria la participación de un software SIG que tenga la potencia y funcionalidad de trabajar con información de este tipo. Hoy en día existen bastantes softwares SIG en el mercado que nos ponen a disposición herramientas SIG para el tratamiento de la información geográfica. A continuación, nombraremos los más comunes y/o utilizados
- **Hardware:** Como es lógico, para poder utilizar algunos de los softwares anteriormente mencionados es necesario un ordenador o hardware. Dependiendo de las características de esta máquina, obtendremos un mayor o menor rendimiento a la hora de realizar nuestros análisis
- **Equipo humano:** Una vez tenemos los datos y con qué analizarlos, necesitamos saber cómo. Aquí es donde entramos en juego los profesionales SIG. Y es que el profesional SIG es un perfil muy cuestionado (y demandado) en los últimos años, ya que existen muchas tareas dentro de un análisis SIG, las cuales necesitan de uno o varios profesionales, incluso profesionales temáticos.

4.5.2. La teledetección y el riego

La estabilización de la agricultura de riego continúa siendo un aspecto prioritario, tanto para países desarrollados como en vías de desarrollo. Generalmente, el crecimiento sostenible de la agricultura de riego se ve limitado por escasez de agua y de tierras regables (Vila et al., 2018). Sin embargo, existe la posibilidad de incrementar en forma importante la producción agrícola si se utilizan eficientemente el agua y la infraestructura disponibles, mediante un mejor manejo de los sistemas de conducción (incluyendo la operación), modernización de la infraestructura, un mejor mantenimiento y prácticas agrícolas más adecuadas (Gaona, 2013).

La geomática, a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la teledetección y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), están tomando un rol preponderante en el manejo de los recursos hídricos, al conjugar la dimensión espacial y temática en la representación precisa de los componentes territoriales (Bastiaanssen & Ali, 2003a), elementos claves al momento de configurar un escenario ajustado a la realidad en donde cada componente presenta características propias que pueden y deben ser analizadas conjuntamente.

La potencialidad de riego ha sido usada en muchas ocasiones como el único criterio para establecer las políticas agrícolas y de recursos hídricos de un país, sin hacer un análisis integrado de las limitaciones económicas, sociales, institucionales, ambientales y de mercados (Mena et al., 2007a).

(Martinez, 2006) en su investigación definen que los malos resultados de los proyectos agrícolas pueden ser atribuidos a la mala distribución de agua en las áreas de producción, por lo cual para solucionar dicha circunstancia se debe gestionar las concesiones de uso de agua y la determinación del catastro de riego; este tipo de estudios pueden ser una ardua tarea, por eso los SIG son una poderosa herramienta para gestionar y manejar los sistemas de riego muy rápido, gracias a que disponen de múltiples opciones para su análisis y evaluación (Delgado & García, 2017).

Los SIG juegan un papel primordial en la agricultura ya que posibilitan, entre otros: la clasificación, mapeo y cartografía de cultivos con información georreferenciada, la identificación de etapas fenológicas de las plantas, el monitoreo del riego y la predicción de rendimientos (Fernandez et al., 2018); todo ello basado, fundamentalmente, en fuentes de información como las imágenes satelitales, la fotogrametría aérea y los datos de cosecha de las maquinarias agrícolas.

4.5.3. Los sistemas de información geográfica y la identificación de áreas de riego

La generación de información temática y espacial mediante herramientas geomáticas, permite la conformación de un completo y preciso escenario territorial que favorece el análisis y comprensión de las múltiples variables que determinan el potencial productivo base para establecer esquemas de producción agrícola adecuados a las condiciones existentes (Mena et al., 2007b).

En este contexto, la determinación de sectores homogéneos de intervención mediante geoprocésamiento, permite el análisis conjunto e integrado de variables territoriales factibles de ser expresadas espacialmente, lo cual constituye el punto de partida necesario para establecer una tipología de explotaciones que oriente las líneas de acción en un nuevo escenario con mayor y mejor disponibilidad del recurso agua aprovechadas para riego (Bastiaanssen & Ali, 2003). Entre las diversas investigaciones que se han realizado al respecto, se puede mencionar aquella llevada a cabo en la Provincia de Almería, España, destinada a mejorar la gestión de la distribución de agua mediante redes colectivas de tuberías para riego en zonas con cultivos hortícolas intensivos (Sierra et al., 2000).

En dicho estudio, se elaboró una completa base cartográfica digital que reflejaba la situación real de la red de riego, con lo cual fue posible realizar un análisis detallado de la misma, como también de la gestión de la zona regable.

Bastiaanssen & Ali, (2003) definen que, con la utilización de herramientas tecnológicas de diseño, simulación y manejo de los sistemas de distribución, se generó una reducción en la

inversión y en los costos de explotación, así como un aumento de la producción agrícola, por lo que los primeros beneficiados fueron los gestores y usuarios de dichos sistemas de riego, principalmente agricultores. En esta misma línea, un estudio realizado en la Cuenca del río Indo en Pakistán, utilizó sensores remotos y tecnología SIG para evaluar la productividad del agua de varios cultivos con distintos sistemas de riego, y demostró que la productividad del agua en un cultivo varía considerablemente en función de la escala de estudio (canales pequeños y canales mayores) y de la distribución de las áreas de riego consideradas.

La teledetección emplea una gran aplicación en la vigilancia remota, la cual se da mediante el uso de imágenes satélite que prácticamente están revolucionando la agricultura debido a que en la actualidad existe una infraestructura de imágenes satélites muy bien establecidas y distribuidas mediante todo el mundo; correlacionando la agricultura que está en uso y la gestión de riego con lo cual se puede establecer disponibilidad de agua para riego, demandas de agua en zonas específicas, láminas de riego a ser aplicadas, así como zonas aptas para la agricultura bajo riego para administrar apropiadamente y eficientemente el recurso para su adecuado uso (Aparicio, 2017).

4.6. Base de datos geográfica

Una Base de Datos Geográfica (BDG) es una agrupación de datos geográficos organizados de tal manera que da la posibilidad de ejecutar el análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG); por ello una base de datos geográfica se utiliza de soporte para la implantación de servicios geográficos relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), y su contenido es la base fundamental en los procesos de producción cartográficos (Ortiz, 2013).

La finalidad de una base de datos geográfica es emplear un modelo de datos, que consiste en la formalización conceptual de las entidades geográficas del mundo real con el objeto de realizar una abstracción que permita satisfacer unas necesidades de información (Ordoñez, 2015).

La implementación del modelo debe de facilitar la explotación y optimizar el almacenamiento para conseguir el mejor rendimiento en las consultas, es por ello que (Benavidez, 2010) argumenta que la construcción de una base de datos geográfica es un proceso con análisis profundo que en primeras instancias se debe ejecutar un esfuerzo por alcanzar el diseño lógico para realizar la traslación del modelo conceptual al modelo de datos de un software

específico; es por ello que se debe tener en claro que los objetivos de una buena base de datos GIS son:

- Mantener la coherencia y evitar redundancias.
- Permitir recoger relaciones entre entidades.
- Gestión y recuperación de datos eficaz.

Es muy importante resaltar que los resultados obtenidos utilizando estos datos no son válidos para sacar conclusiones o tomar decisiones de ningún tipo sobre la zona, pero si que son perfectamente válidos para realizar pruebas, demostrar las posibilidades de la aplicación SIG, estimar las dificultades y reducir los riesgos de implementación, esta es una práctica muy extendida cuando se pretende demostrar la potencialidad de una aplicación sin que la organización tenga que sufrir el alto coste y tiempo que puede conllevar la captura de los datos necesarios (Laza, 2019). La búsqueda exhaustiva es una estrategia académica que permite generar una base de datos con la información que obtenemos mediante investigación, además de ordenarla y sistematizarla para utilizarla de la manera adecuada.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

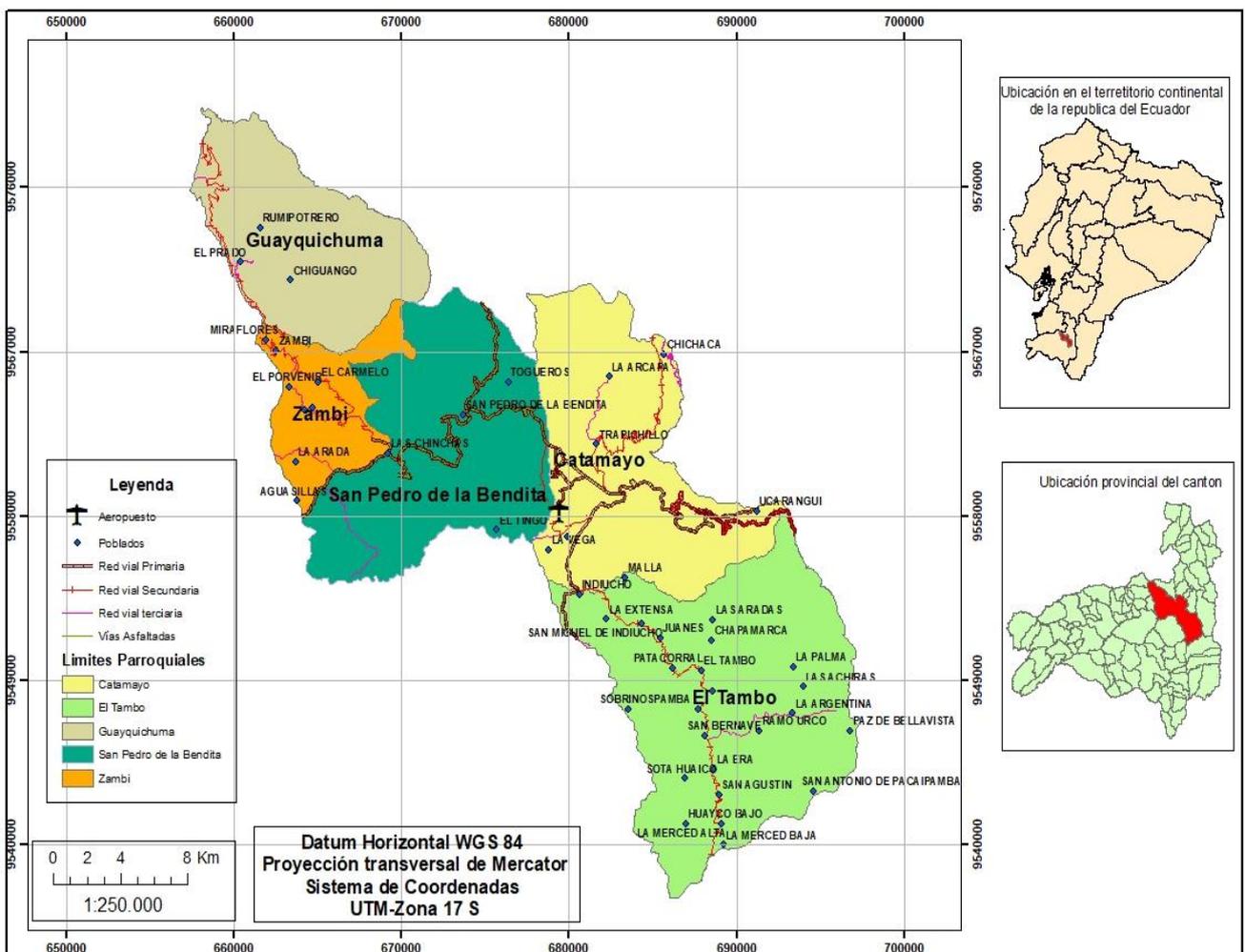
La investigación se desarrolló en el cantón Catamayo, que se encuentra ubicado al sur de la región interandina del Ecuador, considerado como el segundo cantón más grande y poblado de la provincia de Loja, ubicado geográficamente entre las coordenadas:

Latitud: 04° 20' 04" y 04° 10' 06" S

Longitud: 80° 15' 16" y 80° 0' 03" O

Figura1.

Ubicación geográfica del cantón Catamayo.



Catamayo está constituido por diversas parroquias rurales tales como son: El Tambo, Guayquichuma, San Pedro de la Bendita y Zambí. A través del censo de población y vivienda del 2020 se consigna una población de 30.638 habitantes.

Su superficie es de aproximadamente 645.2 km², se ubica a una altitud media de 1238 msnm, conformado por un clima tropical seco de 19°C en promedio. Las principales actividades económicas que prevalecen en el cantón están directamente relacionadas con la agricultura y la ganadería, de lo cual el 80% está directamente relacionada con la agricultura, y el 20% con la ganadería; en la zona también existen otras actividades como el turismo, el comercio y la manufactura (Ordóñez, 2012).

5.2. Diseño de la investigación

De acuerdo a los objetivos planteados para el estudio como es caracterizar las zonas de riego del cantón Catamayo, se acogió a un diseño no experimental en donde se aplicó de manera transversal; considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficiente, se procedió a realizar una investigación de tipo descriptivo para conocer a detalle cual es la información biofísica y socioeconómica de las zonas de riego dentro del cantón.

El presente trabajo se planteó mediante el enfoque cuantitativo, dado que este método es el que mejor se adapta a las necesidades de la investigación; en lo cual, se tomó la estrategia de salidas de campo, encuestas y entrevistas para medir la percepción de los aspectos biofísicos y socioeconómicos de cada una de las zonas de riego del cantón. La población de estudio estuvo conformada por los dueños de las áreas que conformen una organización de sistema de riego, así como a la junta de regantes.

En la presente investigación se empleó el método de muestreo no probabilístico teniendo un número al azar, en el cual, de acuerdo con Scharager & Reyes, (2001) “La elección de los elementos no depende de la probabilidad si no de las condiciones que permiten hacer el muestreo (acceso o disponibilidad, convivencia etc); son seleccionadas con mecanismos informales y no aseguran la total representación de la población” en concordancia que se solicitara a los productores del cantón que cuenten con un sistema de riego.

5.3. Metodología para el primer objetivo

Identificar las zonas agrícolas que se encuentran bajo riego, en el cantón Catamayo, utilizando las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica.

5.3.1. Recopilación de información disponible

Con el aprovechamiento de documentos geospaciales, se recopiló información disponible del cantón Catamayo sobre estudios ya ejecutados en las áreas que se encuentran bajo riego, dicha información fue de utilidad para concentrar el análisis de la presente investigación.

Las entidades y plataformas digitales en donde se investigó la información fueron las siguientes:

Consejo Provincial de Loja: Cartas geográficas y topográficas actuales del área de estudio, así como investigaciones ejecutadas sobre riego y producción. Esta institución es la encargada de la competencia del riego en la provincia de Loja, por lo tanto, cuenta con gran información sobre el tema de las áreas regables.

GAD Municipal del cantón Catamayo: Plan de Ordenamiento Territorial actual del Cantón, investigaciones empleadas sobre producción agrícola, información meteorológica y geomorfológica, información socioeconómica

SENAGUA: Información sobre los recursos hídricos de las diferentes demarcaciones del Ecuador, en este caso se consultará sobre la demarcación Catamayo-Puyango, en la cual se encuentra inmerso el cantón Catamayo

Consulta a plataformas digitales con información espacial: Se identificó información espacial disponible sobre riego y producción del cantón con el fin de que dicha información sirva como apoyo al análisis.

5.3.2. Identificación de las áreas de riego a través de imágenes de satélite

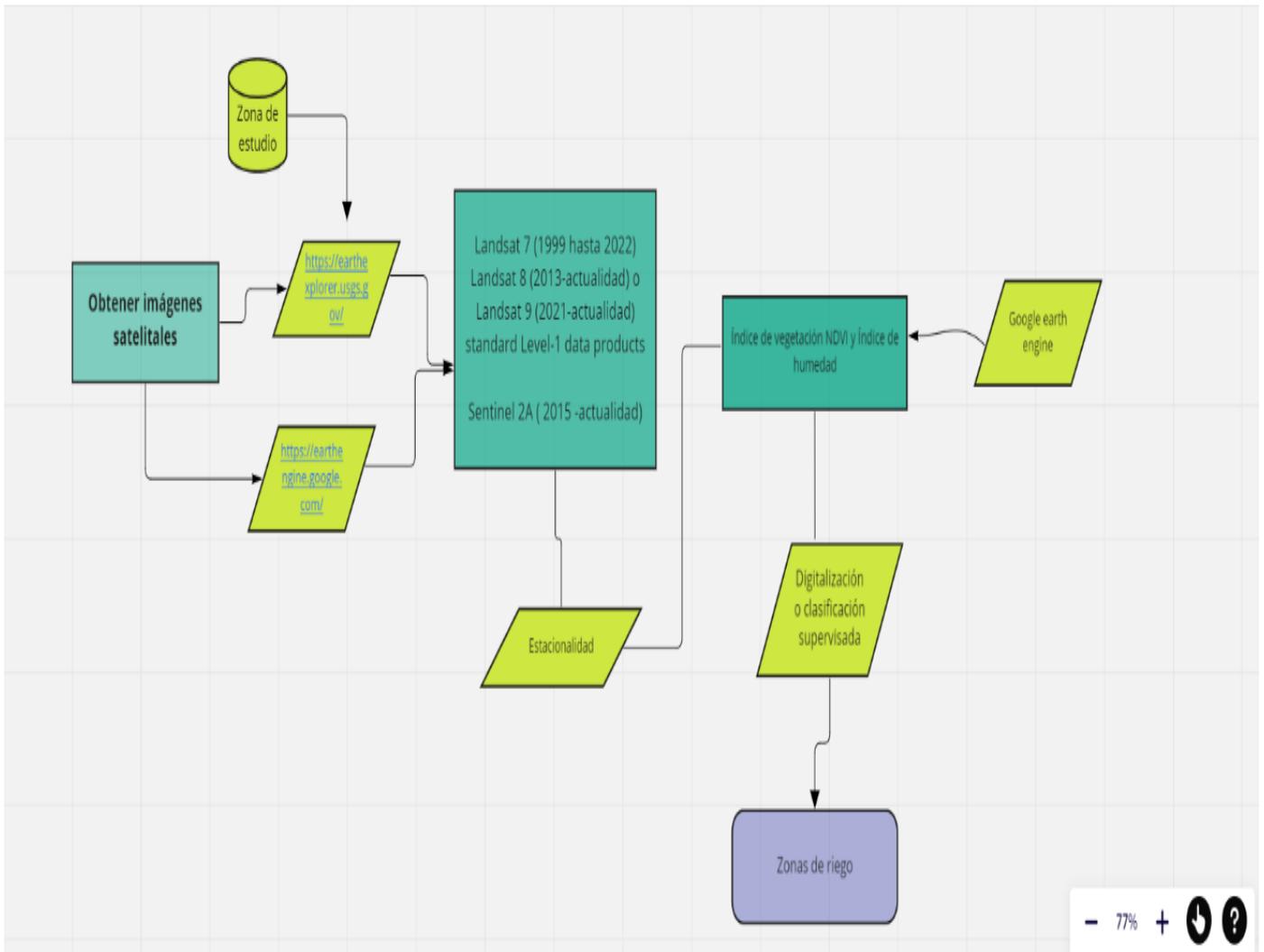
Para identificar las áreas de riego en el cantón de Catamayo, en primer lugar, se obtuvieron imágenes satelitales actualizadas del área de interés utilizando los programas Planet Explorer y Google Earth tal y como se muestra el proceso en la Figura 2; para la obtención de las mismas se definieron las fechas que se van a trabajar.

Una vez que se tuvo señalado las fechas, se verifico imágenes con una nubosidad máxima del 40% y se seleccionó las imágenes en épocas del año donde exista menos precipitación y se pueda identificar claramente las áreas regadas del cantón.

Posteriormente, se aplicó la clasificación supervisada y no supervisada de las imágenes mediante técnicas de análisis de datos geospaciales, como los índices espectrales (NDVI, NDWI), además de análisis de texturas y detección de cambios para identificar la vegetación en la zona.

Figura2

Proceso para obtener imágenes satelitales



5.3.3. Recorridos de campo

Con la finalidad de verificar la información geográfica e hídrica obtenida del cantón Catamayo se realizó recorridos de campo para determinar si la información recopilada mantiene idoneidad dentro del análisis empleado. Se identificaron los puntos de interés en cada zona de riego, como la captación de toma de agua y los cultivos a recorrer, y se estableció un orden de visita para maximizar la eficiencia del recorrido; toda la información hídrica se recopiló mediante toma de puntos con un dispositivo GPS en el sitio donde se encuentra la captación de

toma de agua, con el fin de obtener información geográfica precisa y actualizada; se registró la latitud, longitud y altitud del lugar.

Se revisaron los datos obtenidos sobre la disponibilidad y calidad del agua en el área, y se verificó la idoneidad de la información mediante la observación directa de las fuentes de agua.

Además, como parte del área de estudio, se llevaron a cabo encuestas y entrevistas a los integrantes de los sistemas de riego. Estos participantes fueron seleccionados al azar, centrándonos principalmente en las autoridades responsables del sistema de riego, en cantidades proporcionales por sector. El objetivo principal de estas actividades fue obtener información detallada sobre la superficie de las fincas bajo riego, el tipo de producción, las estrategias de riego, los cultivos y las variedades cultivadas, el rendimiento, la organización de los regantes y los problemas relacionados con la producción.

5.4. Metodología para el segundo objetivo

Caracterizar cada una de las zonas de riego del cantón en los ámbitos biofísico y socioeconómico, en la perspectiva de conocer su potencial agrícola y las acciones a tomar para fortalecerlo

5.4.1. Caracterización de zonas de riego mediante al ámbito biofísico.

Mediante información secundaria se recopiló información biofísica existente, todos estos datos fueron manejados bajo los sistemas de información geográfica (SIG); los parámetros analizados fueron los siguientes:

Clima: Para analizar la temperatura y precipitación de las zonas de estudio implicó realizar una relación entre la altitud y la temperatura, seguida por la identificación de estaciones que rodean al cantón para obtener la precipitación media anual. Para lograr esto, se seleccionaron estaciones que permitieron analizar la temperatura y la precipitación promedio en la zona de estudio a lo largo de un año.

Posteriormente, se procedió a dibujar las isotermas máximas, mínimas y medias, lo que permitió llevar a cabo una clasificación climática de cada zona de riego del cantón para un periodo establecido. Para la obtención de toda esta información, se utilizaron anuarios meteorológicos del INAMIH.

Características físicas y morfométricas: Una vez delimitado el sector de estudio se procedió a determinar el área y el perímetro de cada zona así como su relieve y drenaje, con el fin de realizar la comparación de una superficie terrestre con otra además mediante el uso de cartas geográficas y topográficas del cantón se procedió a visualizar mediante softwares las pendientes de las áreas de estudio tal

Dicha información se consiguió del Geoportal de cartografía sección pendientes escala: 1:100.000. En lo cual se clasificaron en la Tabla 1:

Tabla1.

Clasificación de tipo de pendiente

Clase	Descripción	Pendiente (%)
1	Ligeramente inclinado	0-5
2	Inclinado	5-10
3	Fuertemente inclinado	10-15
4	Moderadamente escarpado	15-30
5	Escarpado	30-60
6	Muy escarpado	> 60

Fuente: FAO, 2009.

Geología y geomorfología: Con los estudios ya realizados se procedió a identificar los tipos de rocas superficiales de cada zona con criterios de resistencia diferencial a la erosión y permeabilidad, además de la secuencia litológica del terreno en estudio. En lo cual dicha información se obtendrá de cartas nacionales del “PRONAREG” en una escala 1:100000 (Gondard, 1984).

Tipo de suelo: Con los análisis de suelo ya realizados dentro del cantón se procedió a identificar todos los tipos de suelo de las zonas de riego identificadas, con el fin de conocer las propiedades físicas y químicas para la producción; esta información se obtuvo de la plataforma “SIGTIERRAS” mediante la Cartografía de Geopedología escala 1:100000.

Cuencas hidrográficas y recursos hídricos Determinado las cuencas que inciden el área de estudio, se ejecutó un análisis para determinar la cercanía, disponibilidad y características de cada río o quebrada que sirven con sus recursos a la producción agrícola del cantón, con el fin de establecer estrategias de producción agrícola sostenible. La información se extrajo del Geo portal de cartografía sección ríos escala: 1:100.000.

5.4.2. Caracterización de zonas de riego mediante al ámbito socioeconómico.

Por medio del análisis socioeconómico dentro de las áreas de riego del cantón Catamayo, se determinó el componente social y económico y su influencia para el desarrollo del cantón, para lo cual se analizaron los siguientes aspectos:

Tipo de cultivos: Se visitó las áreas de riego y se consultó sobre los cultivos que se siembran en las zonas en los cuales se clasificaron los más predominantes del área de estudio y se determinó los cultivos que presentan más rentabilidad económica.

Métodos de riego: Se lo hizo con visitas de campo y con encuestas a los agricultores en lo cual se analizará el método de riego empleado en cada área de estudio, acorde a las necesidades del cultivo y sobre todo el beneficio que conlleva el mismo.

Infraestructura hidráulica: Se efectuó un análisis a través de visitas de campo y encuestas para determinar cuál es la infraestructura hidráulica que cuenta cada sistema de riego, en lo cual se identificó cual es el tipo de captación, distribución, conducción y regulación que cuenta cada productor u organización para incrementar su producción; además de que tipo de material están construidos dicha infraestructura y la sistematización de la obra.

Tipo de organización de regantes: Se averiguó sobre las juntas de regantes existentes dentro del cantón Catamayo con sus características tales como: organización, número de personas que la conforman, reglas y normas, toma de decisiones, gestión de recursos, mantenimiento del sistema y participación y representación; con el fin de recopilar información necesaria para impartir estrategias de diversificación de zonas de riego.

Asociación de productores: Se analizó cuales son las políticas internas dentro del manejo de recurso hídrico para cada área a producir.

5.4.3. Ejecución de una propuesta preliminar para determinar qué sectores más se pueden integrar al riego del cantón Catamayo

Se realizó un análisis de los sitios posibles de integrar al riego en el cantón, a través del análisis de las series de suelos, la disponibilidad de agua, las vías de acceso, la organización de regantes, la propiedad de los predios; el material de apoyo fue información sobre clasificación de suelos y clasificación de tierras tal y como se muestra en la Tabla 1 y 2. Todo utilizando información con los sistemas de información geográfica.

Además, se estructuró una base de datos geográfica digital donde se almacenó toda la información recabada para que sirva como instrumento de apoyo para la toma de decisiones del Municipio de Catamayo, en el tema del riego del cantón.

Finalmente se obtuvo un mapa que muestre todas las áreas de riego del cantón Catamayo.

Tabla2.

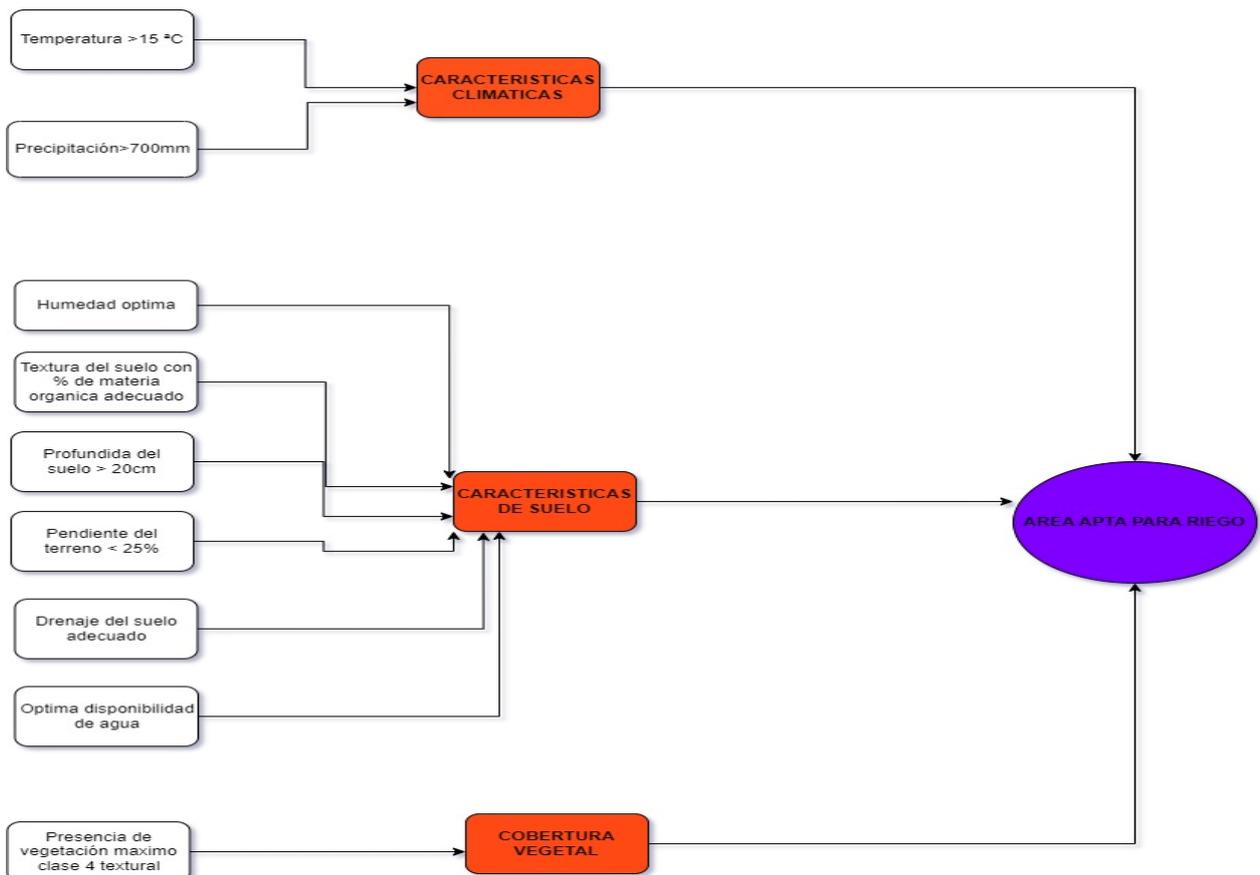
Clasificación de unidades de tierras aptas para la agricultura según el nivel de manejo tradicional

Calidad de las tierras	S1	S2	S3	N
Pendiente (%)	0-4	4-8	8-16	>16
Profundidad útil (cm)	75	50-75	25-50	< 25
Drenaje	Bueno	Moderado	Algo excesivo	Pobre y excesivo
Pedregosidad	Nula	Nula	< 50%	> 50%
Susceptibilidad a la erosión	Nula a Baja	Baja	Moderada	Severa

Fuente: FAO, 2006

Tabla 3

Modelo para determinar tierras aptas para la agricultura



6. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para cada objetivo

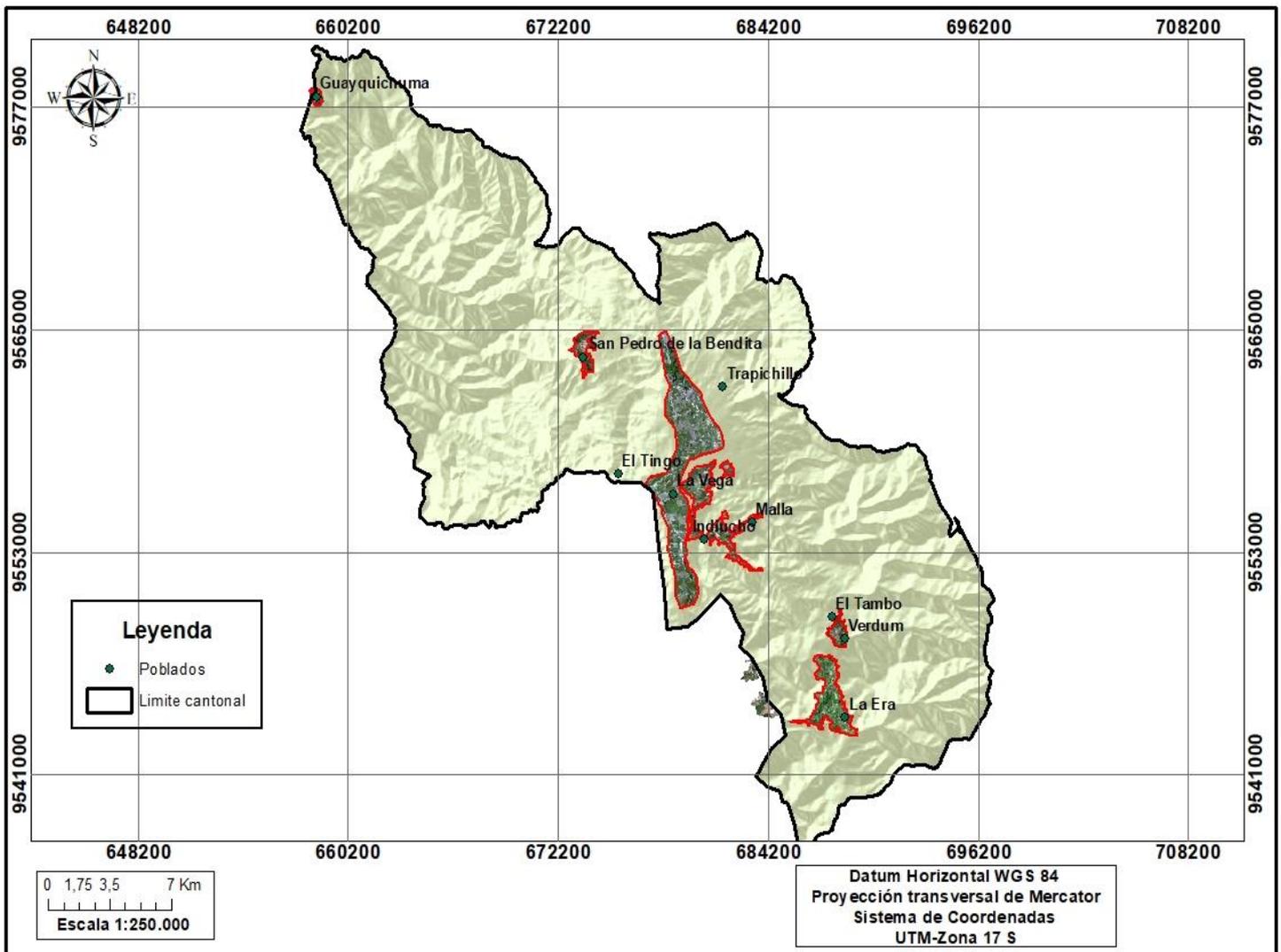
6.1. Identificación las zonas agrícolas que se encuentran bajo riego, en el cantón Catamayo, utilizando las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica

Se impartieron características para la descarga de las imágenes satélites las cuales fueron las siguientes:

- Nubosidad máxima del 40%
- Época del año de julio a septiembre

Figura3

Mapa de zonas de riego del cantón Catamayo



De acuerdo a lo observado en la Figura 3, existen seis zonas de riego bien delimitadas en las que se detallan a continuación:

6.1.1. Sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey

El Ingenio Monterrey es una empresa que ha trabajado por el desarrollo de Catamayo y la región desde 1959. Inició como un sueño de Don Alberto Hidalgo Jarrín y su familia, quienes constituyeron la Empresa Monterrey - Azucarera Lojana Compañía Anónima MALCA en 1959. Dos años después, instalaron el ingenio que compraron en Colombia y ensamblaron con mecánicos locales que se convirtieron en los técnicos de la empresa. En 1962, el ingenio produjo su primera producción de azúcar y se convirtió en una de las empresas más prósperas del país.

La hacienda cuenta con un ingenio, o fábrica de azúcar, y una red de canales de riego que proveen agua a sus cultivos. Su extensión de área de regable esta por 2160 ha tal y como se muestra en la Figura 4; el 72% de los terrenos son arrendados lo que corresponde a 1560 ha del cultivo y el 18% son terrenos propios de la empresa lo cual corresponde a 600 ha. Se encuentra en el centro de la cabecera cantonal y esta ubicado geográficamente en las siguientes coordenadas:

Latitud: 03° 59' 7" y 03° 57' 40" S

Longitud: 79° 22' 01" y 79° 23' 24" O

El proceso de producción de caña comienza en el campo, donde los cañicultores siembran, abonan y mantienen las plantaciones libres de plagas. Una vez que están listas, las plantas absorben más nutrientes antes de ser cortadas y transportadas a la planta, donde se lavan y extrae el jugo. El bagazo se utiliza para generar energía y producir abono orgánico, y otros desechos como la melaza y la cachaza se utilizan en otros productos y fines.

6.1.2. Sistema de riego Verdum

La figura 5 muestra el sistema de riego Verdum en Catamayo, se ha convertido en un pilar esencial para el desarrollo agrícola de la región y para el sustento de las comunidades rurales, El sistema de riego cuenta con un canal tipo trapezoidal que transporta el agua a diversos barrios como el Tambo, Capilla alta, Capilla baja y , regando aproximadamente 106 ha. Se encuentra ubicado cerca de la parroquia El Tambo, a unos 15 km desde la cabecera cantonal, sus coordenadas geográficas son:

Latitud: 03° 58' 7" y 04° 9' 40" S

Longitud: 78° 35' 36" y 79° 30' 1" O

La fuente principal de captación de agua es la quebrada Verdum, debido al sistema de riego se ha mejorado de cultivos como caña de azúcar, frutales y hortalizas en toda la región.

El proyecto de mejoramiento involucro la creación de una toma de agua, la construcción de un filtro para eliminar arena, la instalación de estructuras elevadas, la provisión y colocación de tuberías de PVC para canal principal de 12.23 km de longitud con diámetros que van desde 315 mm hasta 63 mm para distribuir el agua a través de un sistema de presión, la colocación de 84 puntos de entrega con diámetro de 63 mm, la instalación de 4 juegos de reguladores de presión, 4 juegos de válvulas sectoriales, 24 válvulas de control de aire y 11 juegos de dispositivos de limpieza para el sistema de tuberías.

Figura4

Sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey

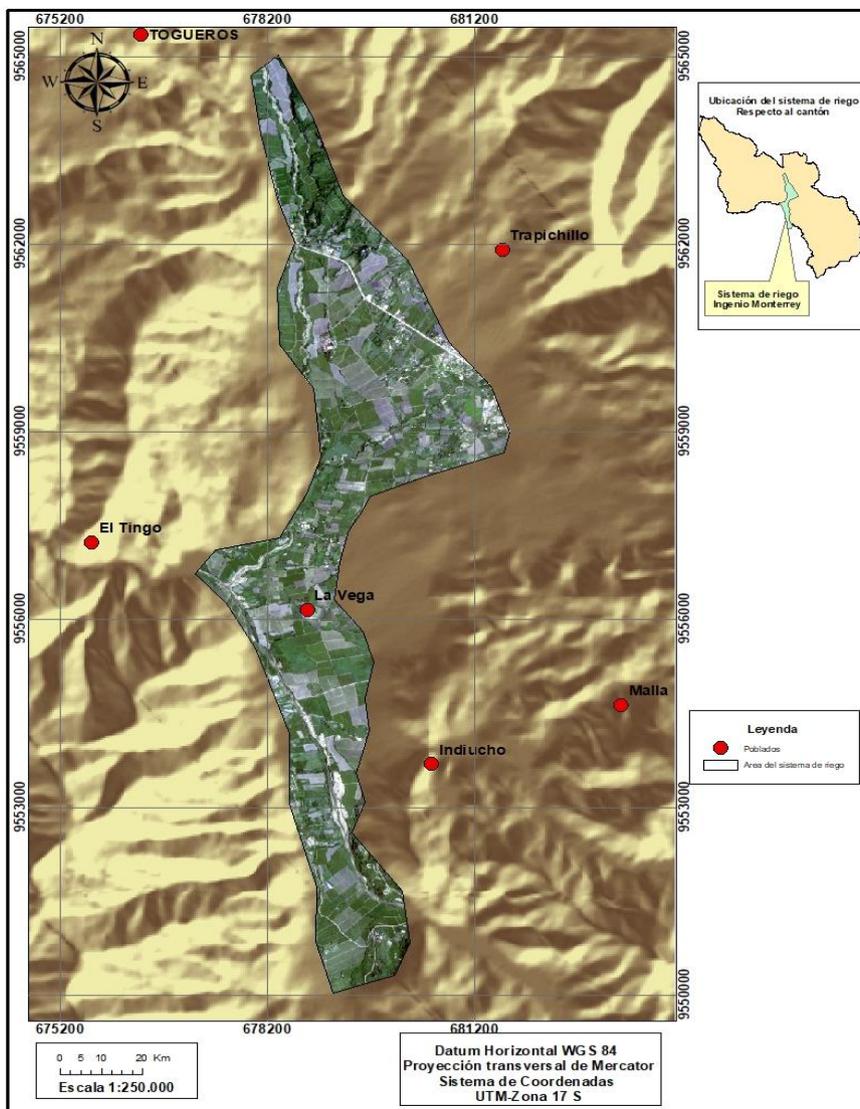
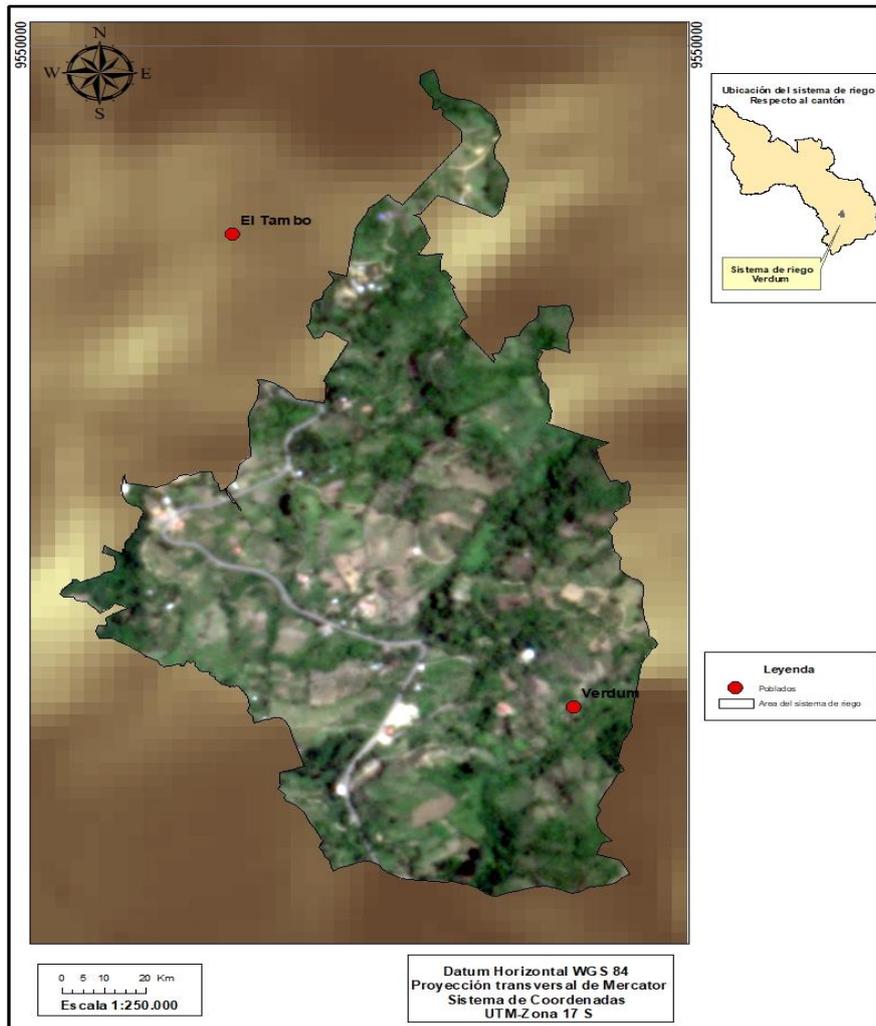


Figura 5.
Sistema de riego Verdum



6.1.3. Sistema de riego La Era

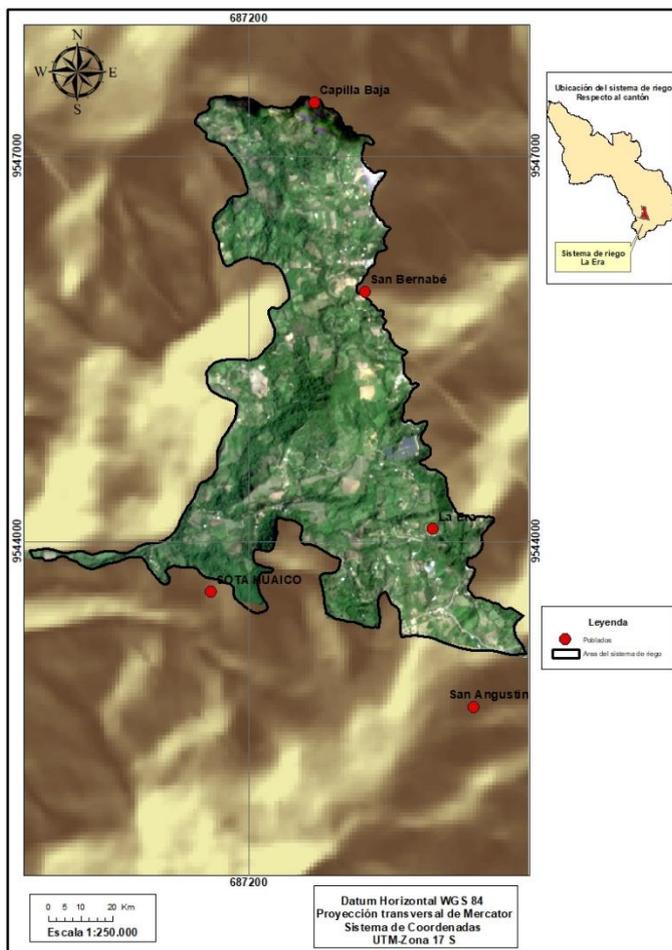
La construcción del sistema de riego la Era inició en enero de 1974 con la edificación del canal principal, financiado por el ex INERHI. En 1979, durante la ejecución del Plan Inmediato de Riego de la provincia de Loja, se llevó a cabo la segunda etapa del proyecto. El sistema ha estado operando desde 1985, es decir, hace 32 años. La obra de toma es del tipo convencional y cuenta con una rejilla de captación lateral ubicada en la margen derecha de la quebrada San Agustín. El caudal concesionado es de 211.4 l/s, y su área de influencia abarca 590.5 ha, con una superficie planificada para riego de 360 ha. Como se muestra en la Figura 6 se encuentra 20 a km del centro de la cabecera cantonal, entre la Via Intervalles, sus coordenadas geográficas son:

Latitud: 03° 59' 17" y 04° 10' 50" S

Longitud: 78° 17' 36" y 79° 30' 56" O

La administración, operación y mantenimiento del sistema de riego La Era, es realizada desde octubre de 1998, por la Junta General de Usuario; el 5 de mayo del año 2000, el ex CNRH de Loja, les transfirió el derecho de aprovechamiento de las aguas de la quebrada San Agustín.

Figura6.
Sistema de riego La Era



6.1.4. Sistema de riego Malla

Como se muestra en la Figura 7 el proyecto de riego Malla inició en el año 2011 y se llevó a cabo su construcción y ejecución en los años siguientes, finalizando en 2016. Este proyecto fue creado por el Gobierno del Ecuador a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) con el objetivo de mejorar la productividad agrícola en la zona de Catamayo y promover el desarrollo económico y social de la región. Desde entonces, se han realizado varias fases de implementación y construcción del sistema de riego con el fin de ampliar su cobertura y mejorar su eficiencia.

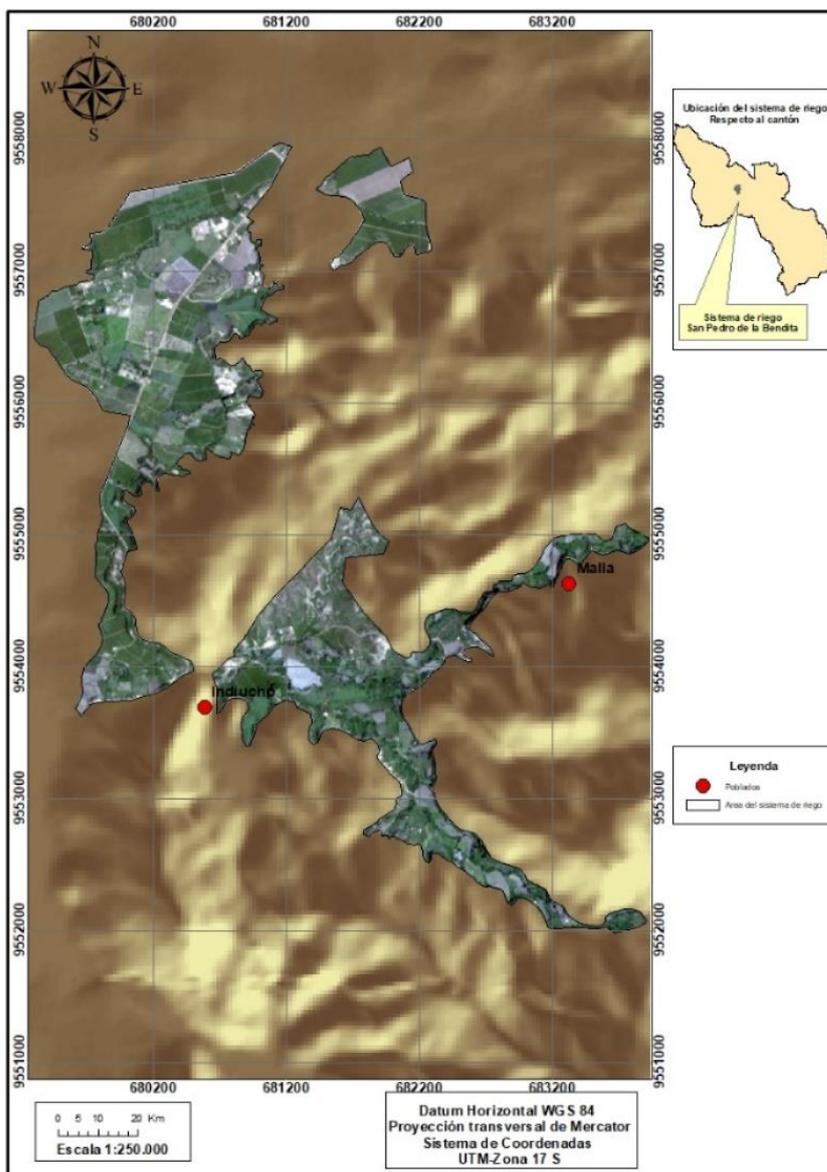
Los principales cultivos que se encuentran dentro del proyecto de riego son el maíz y la caña de azúcar, frejol, yuca, pepino, pimiento y árboles frutales abarcando un área regable de 760 hectáreas. Se encuentra ubicado a 3 km del centro del cantón y los barrios involucrados en este sistema son La Vega, El Tambo e Inducho, ubicados geográficamente en las siguientes coordenadas:

Latitud: 03° 59' 7" y 04° 05' 13" S

Longitud: 79° 36' 28" y 79° 34' 32" O

Figura7

Sistema de riego Malla



6.1.5. Sistema de riego San Pedro de la Bendita

Tal y como se muestra en la Figura 8 el sistema de riego San Pedro de la Bendita se encuentra ubicado 13.2 km en donde sus coordenadas geográficas son:

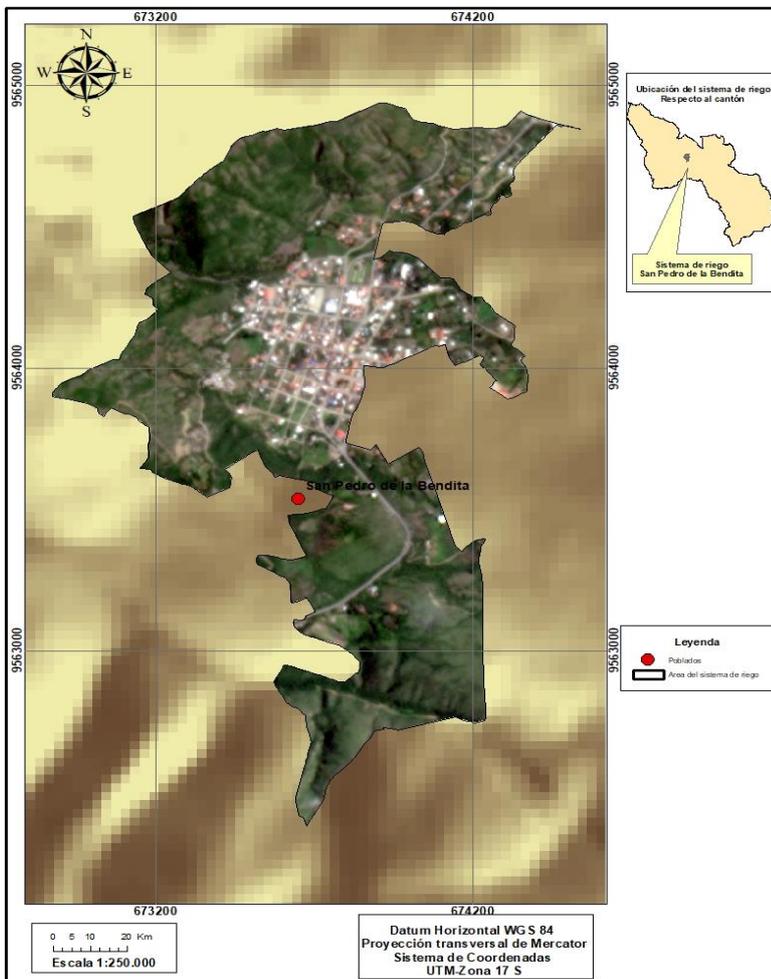
Latitud: 03° 93' 05" y 04° 10' 50" S

Longitud: 78° 56' 16" y 79° 43' 02" O

La historia de creación de este sistema remota desde hace mas de 100 años atrás, en el año 2014, se llevó a cabo un evento significativo en la zona de San Vicente en colaboración con el consejo provincial y los residentes locales. Se emprendió una fase inicial de mejora en el sistema de riego, la cual incluyó los siguientes elementos: la construcción de una nueva estructura de captación con diseño caucasiano, la instalación de un desarenador con capacidad para manejar un flujo de 95,63 litros por segundo, la creación de una salida del desarenador hacia un tanque de lavado, la construcción de una salida del desarenador al primer tanque rompe presión, la conexión entre los cuatro tanques rompe presión, y la instalación de alrededor de 1140 metros de tubería de PVC de 200 mm de diámetro.

Figura8.

Sistema de riego San Pedro de la Bendita



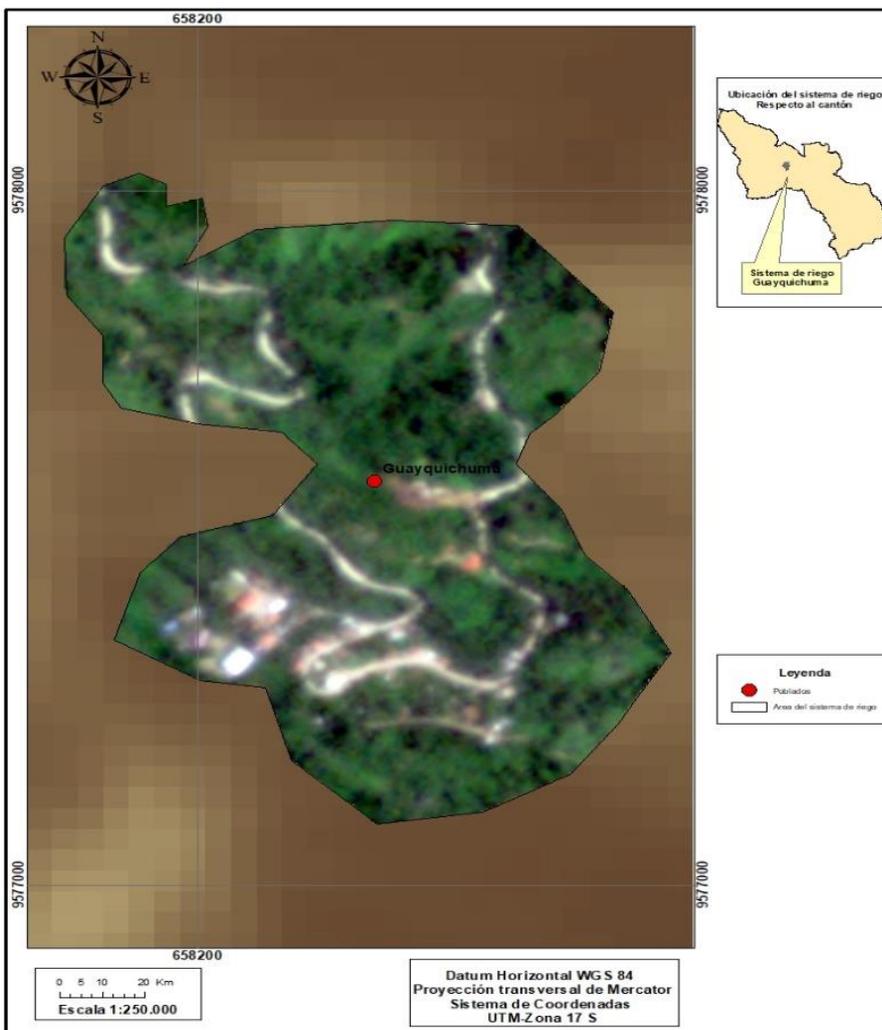
6.1.6. Sistema de riego Guayquichuma

El sistema de riego Guayquichuma es uno de los sistemas de riego más antiguos de la provincia de Loja, se cree que fue fundado en la época precolombina, y su nombre proviene de la lengua quechua, que significa "ojo de agua". Durante la época colonial, el sistema de riego fue administrado por los propietarios de las tierras cercanas, quienes se encargaban de su mantenimiento y distribución del agua. Como se muestra en la Figura 9 se encuentra ubicado a 97.1km del cantón y se ubica en las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 03° 49' 06" y 0° 49' 10" S

Longitud: 79° 34' 31" y 79° 34' 32" O

Figura9.
Sistema de riego Guayquichuma



6.2. Caracterización de cada una de las zonas de riego del cantón en los ámbitos biofísico y socioeconómico, en la perspectiva de conocer su potencial agrícola y las acciones a tomar para fortalecerlo.

Una vez presentados los aspectos generales de cada zona de riego del cantón se obtuvo que las condiciones biofísicas son similares debido a la cercanía de una superficie con la otra, además de que las condiciones de textura de suelo y geología varían de un lugar de otro todo esto debido a los acontecimientos pedológicos suscitados en cada localidad.

En el ámbito social se obtuvieron diferencias entre algunos sistemas de riego, debido a que dentro del cantón existen empresas privadas que conllevan diversas políticas internas. Pero que, en los sistemas de riego comunitarios fue común que los propios usuarios de los sistemas se hagan cargo del mismo.

6.2.1. Caracterización de la zona de riego de la hacienda Ingenio Monterrey

6.2.1.1. Características climáticas

Los datos climáticos que se obtuvieron mediante la interpolación de las estaciones cercanas al sistema de riego se presentan a continuación:

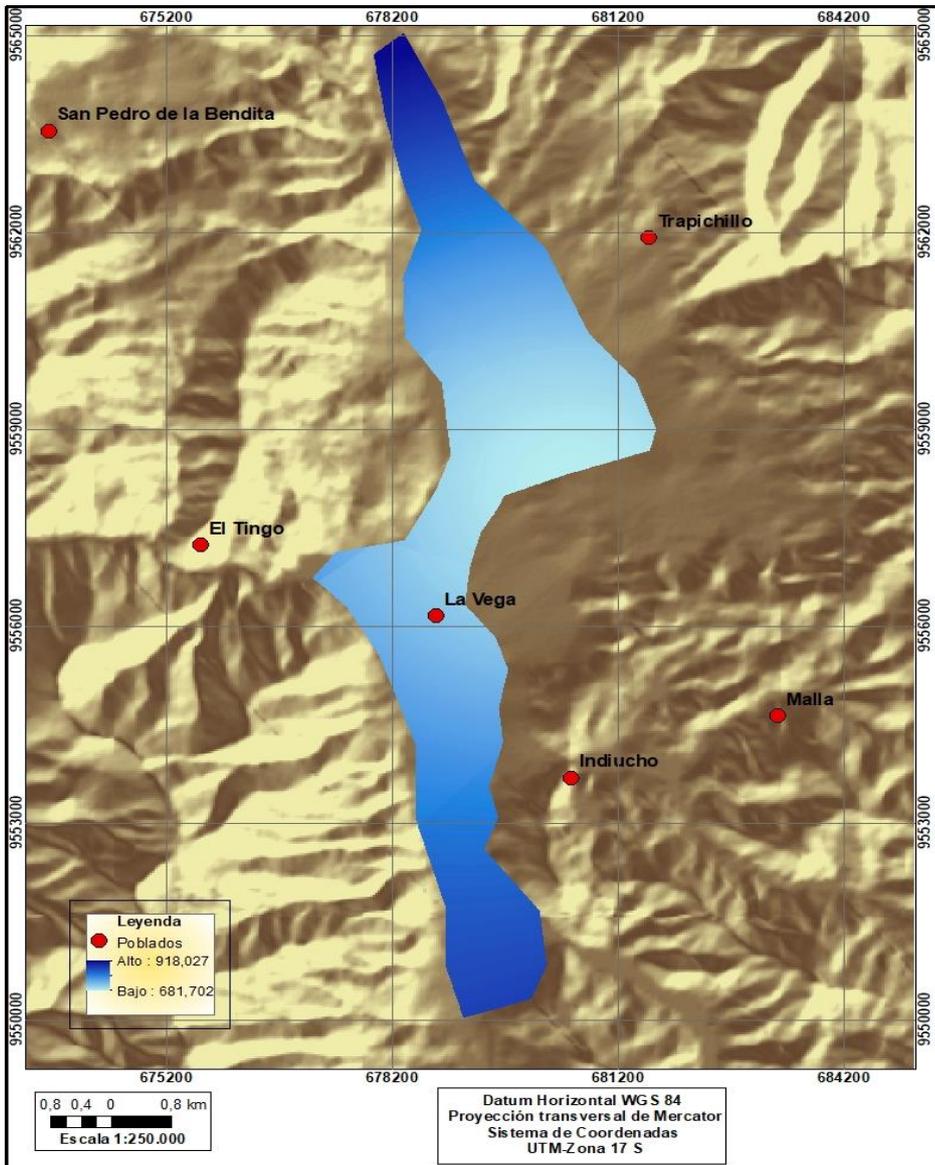
- **Precipitación**

La precipitación media anual es de 798 mm, Los meses con mayor incidencia de precipitaciones son febrero a abril, como se muestra en el mapa de precipitación obtenido.

Como se muestra en la Figura 10, la mayor magnitud de precipitación ocurre en las partes inferiores y superiores de la zona de estudio en donde se involucran las parroquias de Indiucho y la Extensa con 839 mm/año, mientras tanto en la parte céntrica de la zona de estudio existe menor precipitación con 695 mm/año en donde los barrios cercanos a la zona son la vega y el tingo. El 74% de la zona de riego tiene una precipitación de 681 mm y el 26% tiene 841 mm en lo cual no existe gran magnitud de precipitación media anual dentro de toda el área de estudio, lo cual es desfavorable para el cultivo de caña.

Figura10.

Precipitación media anual del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



Fuente: (Pérez, 2016).

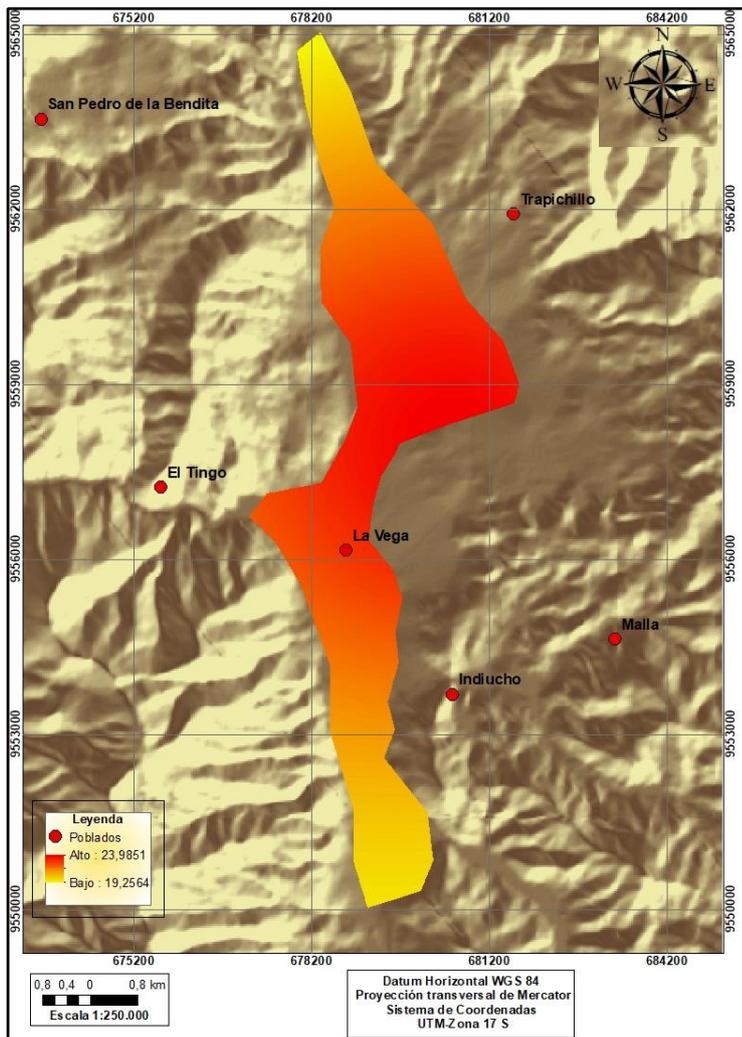
- **Temperatura**

La temperatura media del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey es de 21 °C, convirtiéndose en un clima cálido-tropical. Los meses en donde existe mayor incidencia de temperatura van de diciembre a mayo alcanzando una temperatura media de 27.5 °C.

Como se puede mostrar en la Figura 11 la alta temperatura varía entre 20 y 23 °C en donde están involucrados los barrios la Vega y Monterrey, mientras con poca relevancia la menor temperatura varía entre 19-20 °C en donde están involucrados los barrios de Indiucho y Trapichillo. El 89% del sistema de riego tiene una temperatura de 21.6 °C y el 11% tiene una temperatura de 19.3%, lo cual estas condiciones climáticas son favorables para la producción agrícola

Figura 11.

Mapa de temperatura media anual del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



Fuente: (Pérez, 2016).

6.2.1.2. Características físicas y morfométricas

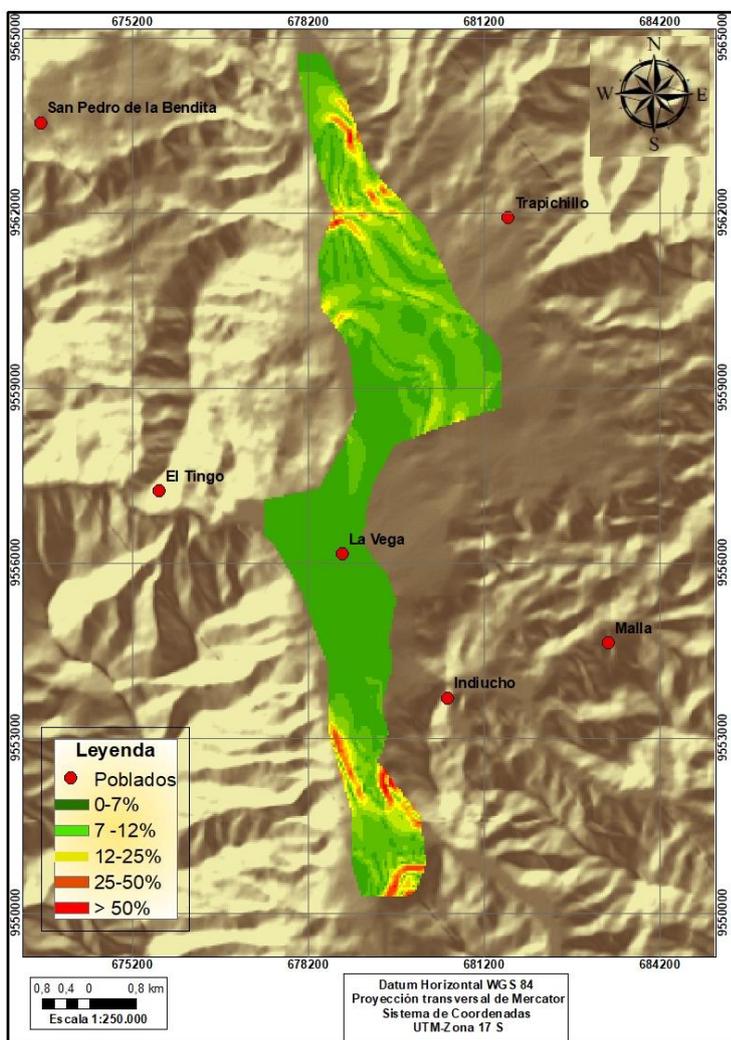
Mediante información secundaria como SIG TIERRAS se pudo interpolar los datos y se obtuvo lo siguiente:

- **Pendiente**

El relieve que tiene el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey es de tipo plana con pendiente suave de 7-12%, lo que lo convierte en una superficie plana y apta para la producción.

Figura12.

Mapa de pendiente del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey



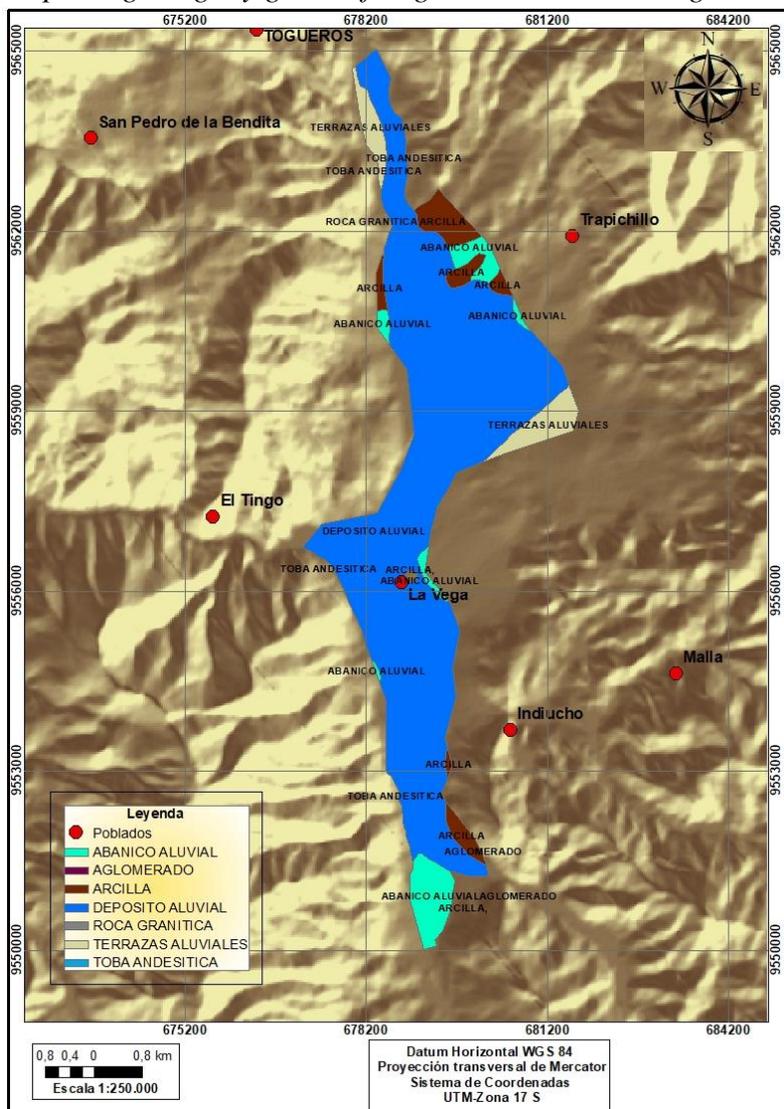
Fuente: (Pérez, 2016).

Como se muestra en la Figura 12, el 86% de toda la zona de riego cuenta con pendientes que van de 0-7%, mientras que el 14% las pendientes van mayor al 12% en lo cual, al ser una superficie plana, la producción conlleva una alta rentabilidad.

- **Geología y geomorfología**

La geología que tiene este sistema de riego parte de depósitos aluviales los cuales son sedimentos transportados por agua y son típicamente formados por grava y arena. Contiene sedimentos gruesos debido al transporte de la corriente de agua de los rios Catamayo y Trapichillo. Sobre todo, en época de lluvias.

Figura13.
Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



Fuente: (Pérez, 2016).

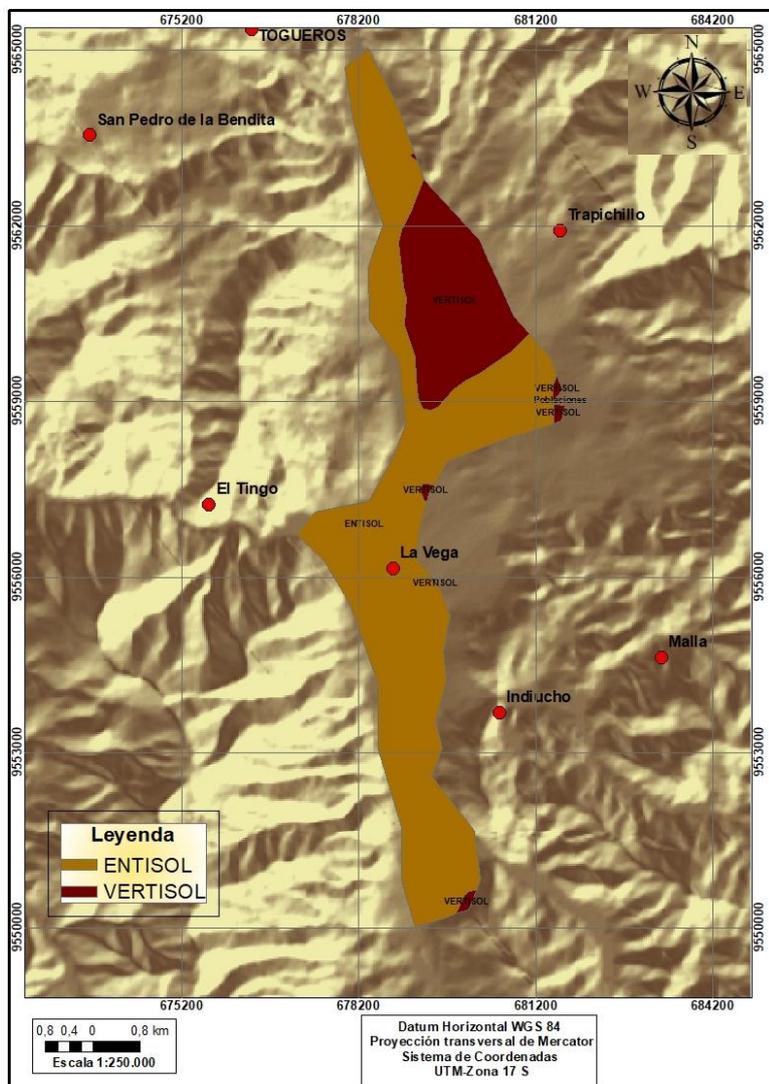
Como se muestra en la Figura 13, el 73% del área total de la zona de riego se basa en la geología de tipo de depósitos aluviales y el 27% se complementa de arcillas y aglomerados. En lo cual se deduce que la zona de riego cuenta con una geología apta para la agricultura debido a que este tipo de geología tiene una alta fuente de nutrientes.

- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo que presenta el sistema de riego es de tipo entisol lo cual representa que es un suelo joven.

Figura 14.

Mapa de tipo de suelo del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



Fuente: (Pérez, 2016).

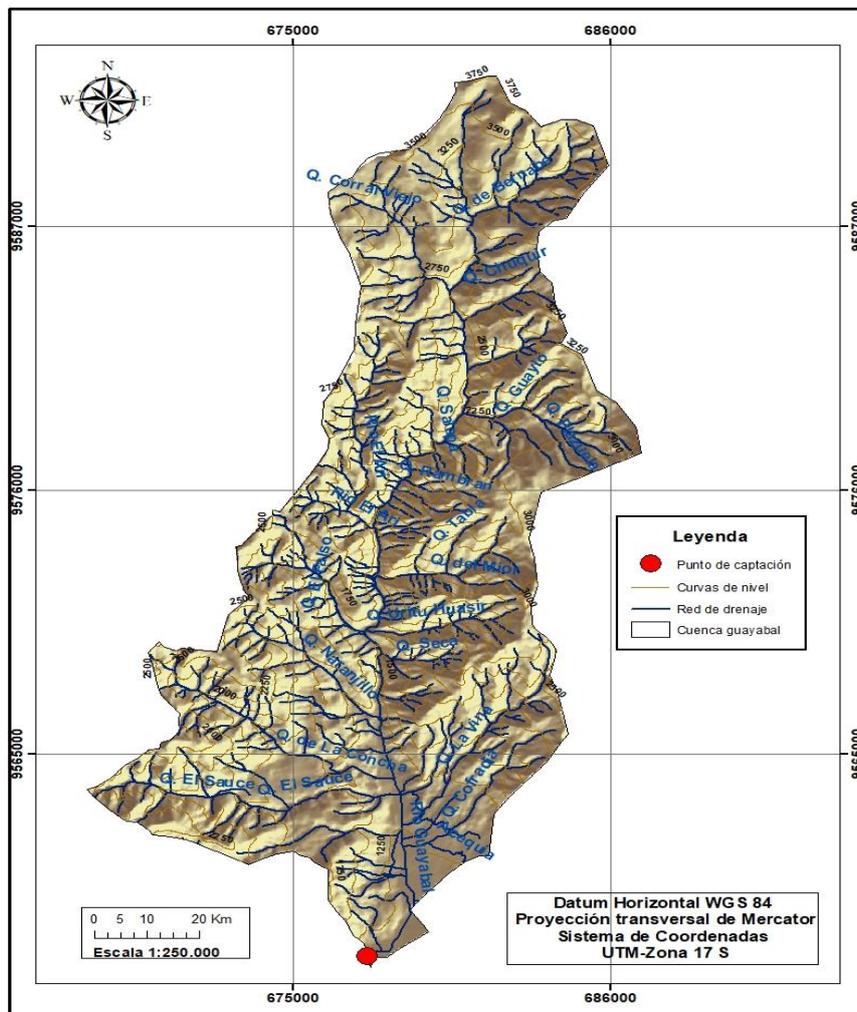
Tal y como se muestra en la Figura 14, el 86% de la zona esta conformada por suelo tipo entisol y solo el 14% por vertisol. En donde este tipo es el más común en todo el mundo, especialmente en zonas áridas y semiáridas. Los suelos Entisoles son típicos de laderas, presentan problemas con retención de agua y nutrientes lo cual limita su capacidad para apoyar el crecimiento y rendimiento de cultivos.

- **Cuencas hidrográficas y recursos hídricos**

Las fuentes principales de captación de agua que tiene el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey es el rio Catamayo que brinda un caudal 5823 lit/s y el rio Guayabal que brinda un caudal de 1206.8 lit/seg

Figura15.

Mapa base de la cuenca Guayabal para aporte de agua al sistema de riego Ingenio Monterrey



Fuente: (Pérez, 2016).

6.2.1.3. Características socioeconómicas

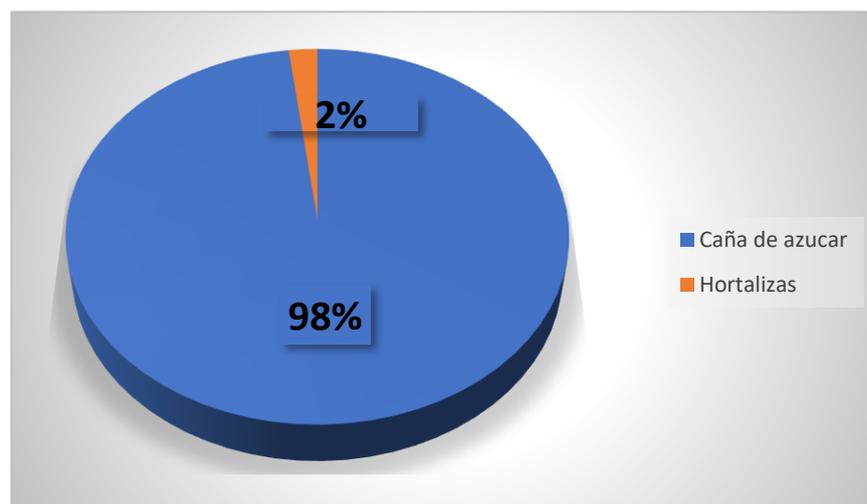
La evaluación de las características socioeconómicas de un sistema de riego es esencial para comprender la viabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola. En este sentido, el presente estudio se enfocó en analizar las características socioeconómicas del sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey, en donde se tomaron características de cultivos y cuál es la forma de regar. Además, de aspectos sociales como cuál es la organización interna de la empresa con el fin de conocer su potencial agrícola a nivel cantonal y provincial.

- **Tipo de cultivos**

Dentro de este sistema de riego el principal cultivo es la caña de azúcar

Figura17.

Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



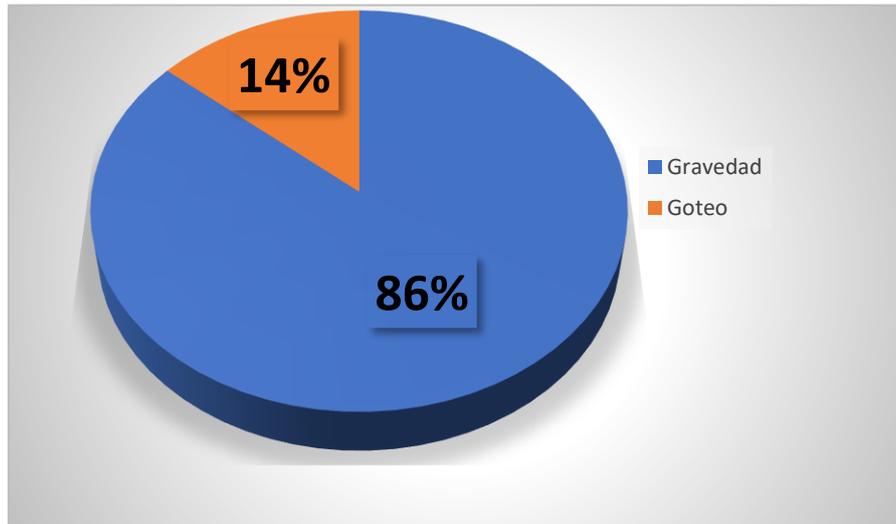
Mediante la Figura 17, se puede evidenciar que el 98% de toda la zona es cultivada por caña de azúcar y solo el 2% por hortalizas. Entre las principales variedades dentro del sistema de riego esta que el 70% ocupa la variedad de puerto rico, el 20% la variedad de republica dominica y el 10% ocupa la variedad “CC89200” y otras variedades.

- **Métodos de riego**

El principal método de riego ocupado a nivel de todo el sistema de riego es el de gravedad.

Figura18.

Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



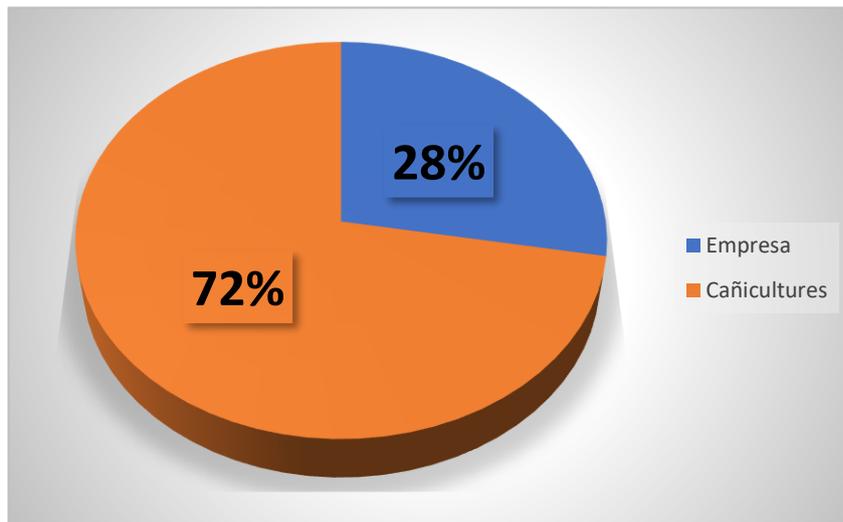
Como se ilustra en la Figura 18, el método de riego por gravedad ocupa el 86% de toda la zona de riego, mientras que el método de riego por goteo representa el 14% restante. Además, dentro del sistema de riego, se utilizan estrategias como la determinación de láminas de agua y los requerimientos hídricos del cultivo. En este sentido, se riega el suelo pesado cada 15 días, el suelo liviano cada 8 días y los cultivos de ciclo corto se riegan dos veces por semana.

- **Organización y asociación de regantes**

La mayor parte de administración dentro de toda la empresa está a cargo de los cañicultores.

Figura19.

Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego de la hacienda Ingenio Monterrey.



La organización de la empresa tal y como se muestra en la Figura 19, el 72% de toda la zona está a cargo de los cañicultores y el 18% los administra la propia empresa. La hacienda ingenio monterrey tiene 400 ha propias y 1760 ha son arrendadas a cañicultores en particular.

La empresa emplea alrededor de 1000 trabajadores en tres turnos para trabajar las 24 horas al día durante todo el año. El proceso de producción de caña comienza en el campo, donde los cañicultores siembran, abonan y mantienen las plantaciones libres de plagas. Una vez que están listas, las plantas absorben más nutrientes antes de ser cortadas y transportadas a la planta, donde se lavan y extrae el jugo. El bagazo se utiliza para generar energía y producir abono orgánico, y otros desechos como la melaza y la cachaza se utilizan en otros productos y fines. Sus políticas internas de producción se basan en tres formas las cuales son: producción directa en lo cual se invierte 1200\$ para obtener una rentabilidad promedio de 120 q/ha; el arriendo de la producción, el cual consiste en arrendar el terreno y obtener el 20% de su producción; y, el arriendo directo de la producción que se basa en que por cada hectárea producida se le debe pagar 1000 dólares al propietario del terreno.

Mendieta, (2014) aporta en su investigación que el ingenio también está comprometido con la comunidad y participa en proyectos sociales, proporciona vivienda a los trabajadores y ha creado la Fundación Alberto Hidalgo para brindar atención médica.

6.2.2. Caracterización del sistema de riego La Era

6.2.2.1. Características climáticas.

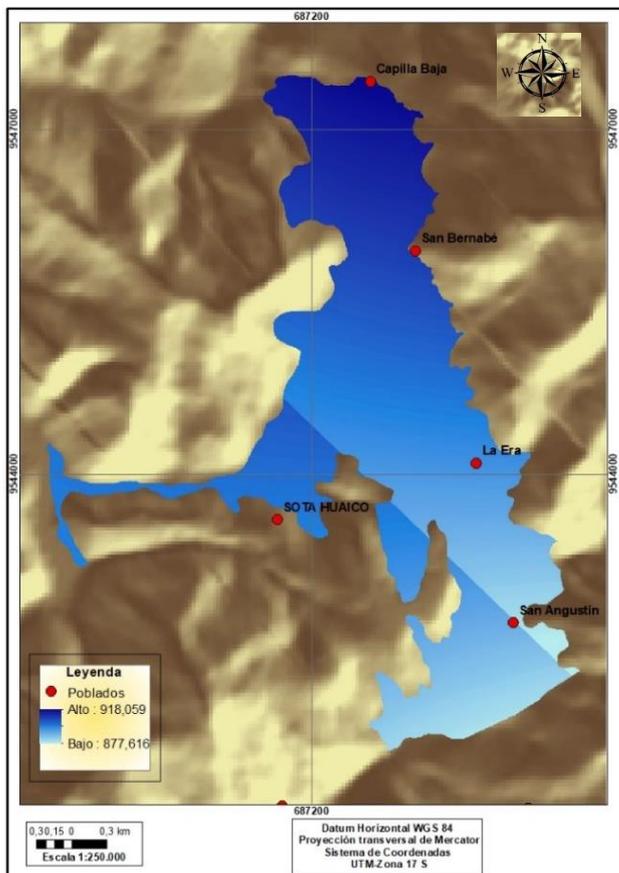
A continuación, se muestran los datos climáticos que se obtuvieron al utilizar la técnica de interpolación utilizando estaciones cercanas al sistema de riego:

- **Precipitación**

La precipitación media anual es de 898 mm. Los meses en donde existe mayor incidencia de precipitación existe es en la época de invierno, que ocurre desde el mes de enero hasta el mes de mayo. Y los meses de menor precipitación van desde diciembre hasta abril.

Figura20.

Precipitación media anual del sistema de riego La Era



Fuente: (Pérez, 2016).

Tal y como se muestra en la Figura 20, la mayor parte de precipitación se da en las zonas superiores de estudio en donde se encuentran los barrios La Capilla Baja y San Bernabé, mientras que, en la parte céntrica e inferior de la zona de riego, donde se encuentran los barrios San Agustín, El Huayco Bajo y La Merced, existe una menor precipitación de 877 mm/ año.

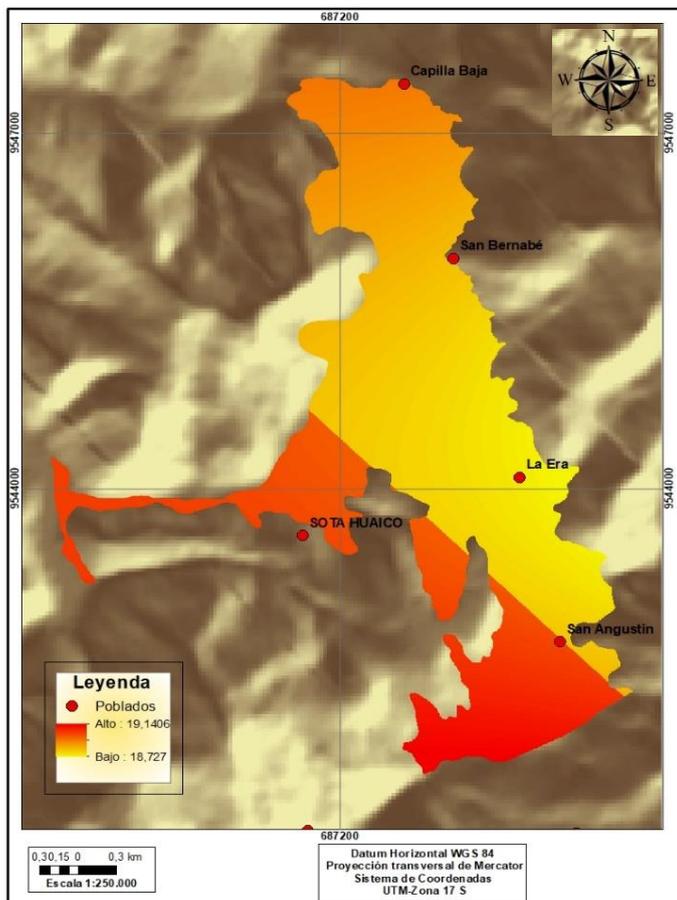
El 83% de la zona de estudio tiene una precipitación de 831 mm y el 17% tiene una precipitación de 914,3 mm; en lo cual la precipitación media anual de este sistema de riego es favorable para toma de decisiones en la agricultura

- **Temperatura**

La temperatura media del sistema de riego La Era es de 20 °C, convirtiéndose en un clima cálido-húmedo. Los meses en donde existe elevada temperatura son en los meses de verano que van desde diciembre hasta mayo.

Figura21.

Mapa de temperatura media anual del sistema de riego La Era



Fuente: (Pérez, 2016).

Como se pueda observar en la Figura 21 la temperatura maxima varía entre 19-20 °C en donde están involucrados los barrios de Sota Huaico, Huayco alto y la Capilla baja, mientras que con poca relevancia la temperatura minima varía entre 15-17 °C en donde los barrios involucrados es San Bernabé. El 42% de la zona de estudio tiene temperatura de 19.2 °C y el 58% tiene una temperatura de 16.3%; en donde estas condiciones climáticas son favorables para una alta agrícola

6.2.2.2. Características físicas y morfométricas

Para el análisis de las características físicas y morfométricas se utilizó información secundaria, mediante la interpolación de resultados se obtuvo lo siguiente:

- **Pendiente**

La topografía de este sistema de riego se caracteriza por ser moderadamente alta que van con pendientes del 12-25%, lo que convierte en una superficie inclinada y con desafíos para la agricultura.

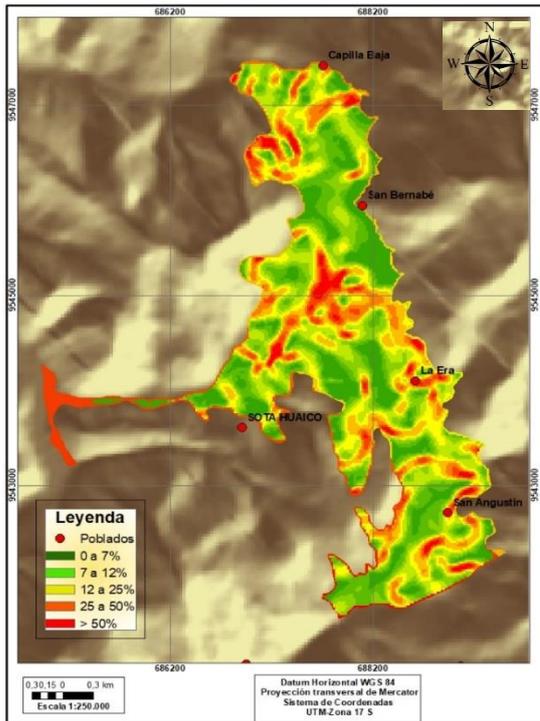
Como se muestra en la Figura 22, el 79% de toda la zona de estudio cuenta con pendientes que van de 12-25%, mientras que el 21% las pendientes van menores al 25%. Por lo tanto, se trata de un área de riego inclinada que estar ubicado en una presenta problemas en la agricultura debido a la posible erosión del suelo y las dificultades para el manejo de agua.

- **Geología y geomorfología**

El sistema de riego La Era se caracteriza por estar ubicado sobre una formación geológica de edad Mioceno, donde predominan los aglomerados, las tobas y capas de lava. Este tipo de geología se origina por el material volcánico fragmentado debido a erupciones volcánicas que han sido expulsados por procesos eruptivos.

Como se muestra en la Figura 23, el 78% del área total de la zona de riego se basa en la geología de tipo de aglomerados, toba y capas de lava y el 22% se complementa de limolita, arcillas y capas de lava. En lo cual este tipo de geología es beneficiosa para los cultivos debido a sus propiedades físicas y químicas.

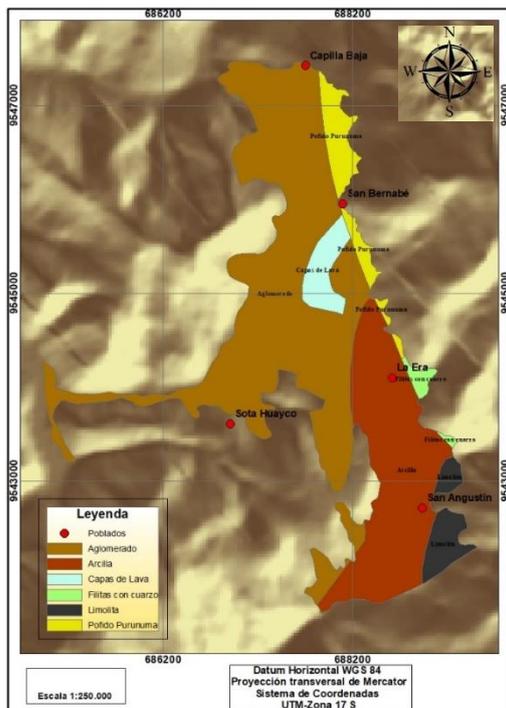
Figura22.
Mapa de pendiente del sistema de riego La Era.



Fuente: (Pérez, 2016).

Figura23.

Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego La Era



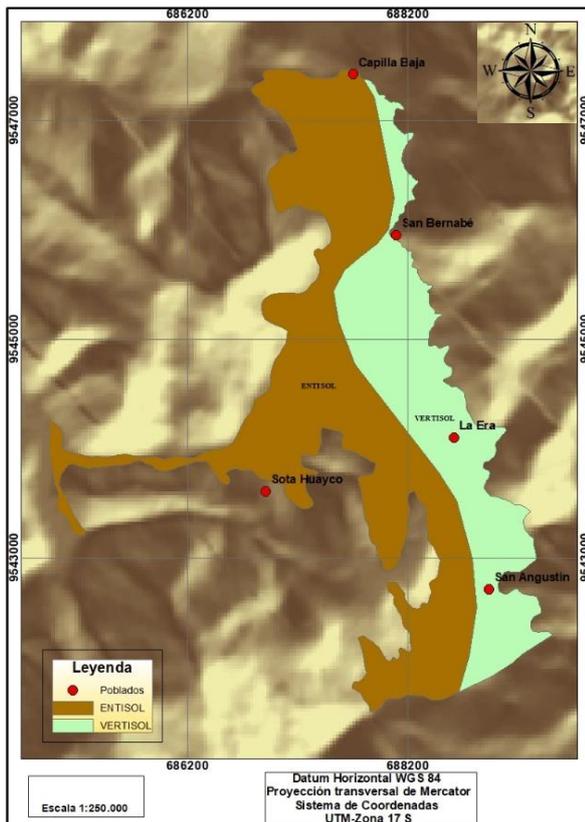
Fuente: (Pérez, 2016).

- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo que presenta el sistema de riego es de tipo entisol lo cual representa que es un suelo joven.

Figura24.

Mapa de tipo de suelo del sistema de riego La Era



Fuente: (Pérez, 2016).

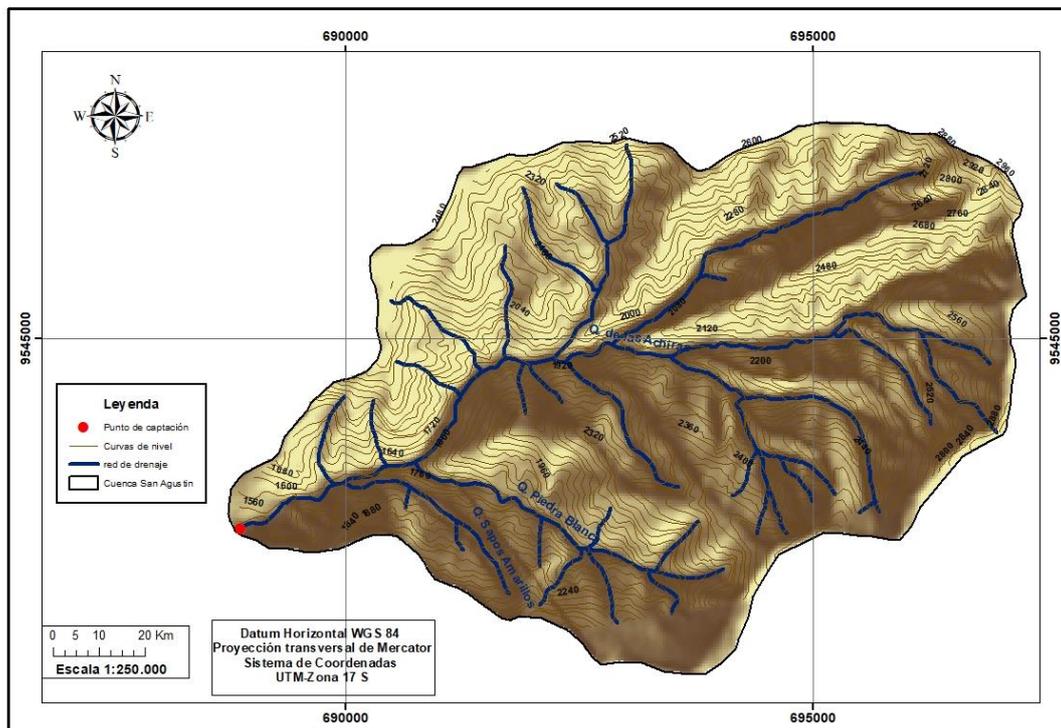
Como se observa en la Figura 24, el 60% de toda la zona de riego cuenta con el tipo de suelo entisol y el 40% con tipo de suelo vertisol. En lo cual estos tipos de suelo son beneficiosos para la agricultura debido a su alta capacidad de retención de agua y nutrientes.

- **Cuencas hidrográficas y recursos hídricos**

La fuente principal de abastecimiento de agua para este sistema de riego, es la quebrada “San Agustín” que proporciona un caudal de 218.13 lit/seg, beneficiando a los barrios: La capilla, San Bernabé, Sobrinopamba, La Era y San Agustín.

Figura25.

Mapa de cuencas hidrográficas y recursos hídricos del sistema de riego La Era



Fuente: (Pérez, 2016).

Tal y como se observa en la Figura 25, este sistema de riego cuenta con una sola fuente de captación en lo cual es la quebrada San Agustín con su caudal tiene una área de influencia de 590.5 ha. En su infraestructura, posee una obra de toma tipo convencional con rejilla de captación lateral, aguas abajo a la margen derecha de la quebrada.

6.2.2.3. Características socioeconómicas

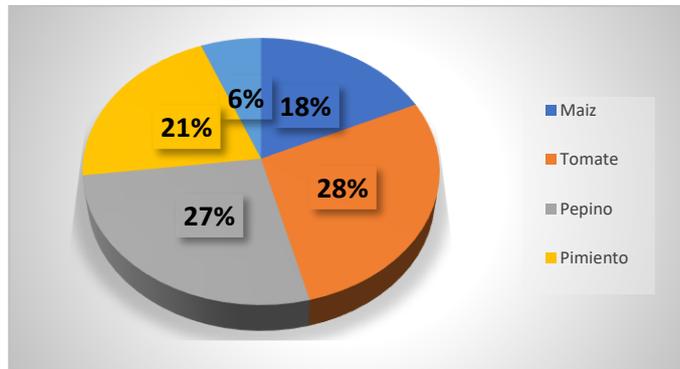
Se evaluaron aspectos como los tipos de cultivos y los métodos de riego utilizados, así como también se examinó la organización interna del sistema para comprender su potencial agrícola en el ámbito Parroquial y Cantonal. En donde se obtuvo lo siguiente:

- **Tipo de cultivos**

Dentro de este sistema de riego el principal cultivo son las hortalizas tales como el tomate, pimiento y pepino.

Figura26.

Tipo de cultivos que existen en el sistema de riego La Era



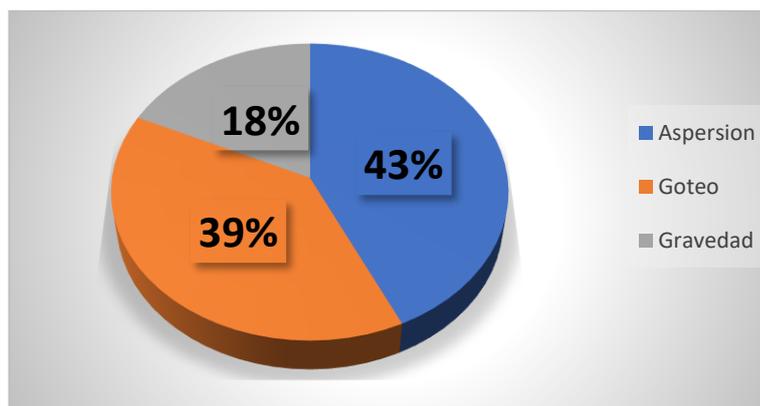
Mediante la Figura 26, se puede definir que el 76% de toda la zona de riego se basa en el cultivo de hortalizas tales como tomate, pepino y pimiento y el 24% se basa en la producción de maíz y árboles frutales. La producción promedio de hortalizas dentro de la zona es de 40-60 quintales por hectárea, lo cual se convierte en un aspecto rentable para los productores y su producción se dirige principalmente a la parroquia y al cantón.

- **Métodos de riego**

El principal método de riego ocupado a nivel de todo el sistema de riego es el de gravedad.

Figura27.

Métodos de riego que existen en el sistema de riego La Era



Tal y como se muestra en la Figura 27, el principal método de riego es el de aspersión ocupando un 43% de toda la zona de estudio, mientras que el método de riego menos utilizado es el de gravedad teniendo 18%.

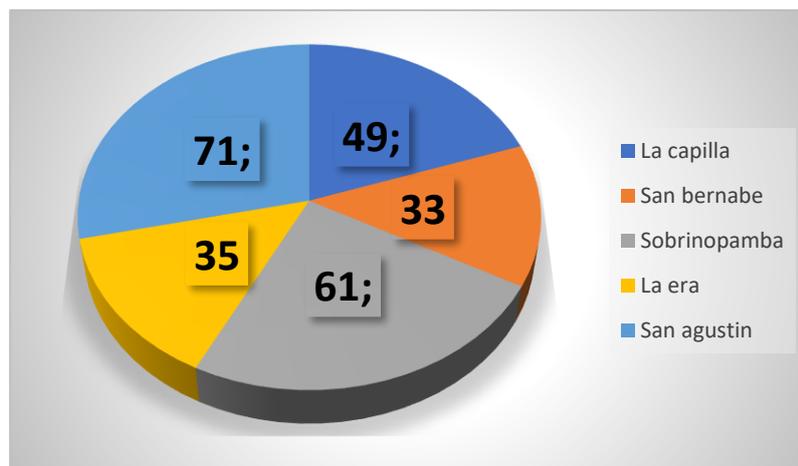
Dentro de los productores el 67% no ocupan estrategias de riego y solo el 33% si lo hacen; es por ello, que aun en la zona sus métodos de riego aún son de manera arcaica y no manejan adecuadamente el recurso hídrico. En cuanto al pago del recurso hídrico del sistema de riego, se basa en turnos asignados a cada terreno. Por cada turno, los propietarios pagan 5\$ al mes.

- **Organización y asociación de regantes**

Este sistema de riego es de tipo comunitario, lo que significa que la gestión de todo el sistema recae en los propios usuarios, quienes establecen sus políticas internas y cuentan con representantes directos. No obstante, este sistema comunitario ha enfrentado desafíos como la sobreexplotación del agua y el deterioro de la infraestructura (Velez, 2009). Estos problemas necesitan ser abordados de manera efectiva para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del sistema.

Figura28.

Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego La Era



El sistema de riego La Era actualmente está conformado por 244 usuarios, distribuidos en 5 juntas sectoriales las cuales son: San Agustín (71 usuarios), Sobrinopamba (61 usuarios), La Capilla (49 usuarios), La Era (35 usuarios) y San Bernabé (33 usuarios) tal y como se muestra en la Figura 28. El presidente actual de este sistema es el señor Vicente Armijos y los propios usuarios son los encargados del mantenimiento del sistema, a través de un canalero al cual le pagan 300 dólares americanos por mes.

La forma de obtención de sus terrenos principalmente es por compra propia y su administración interna de producción fundamentalmente se basa en la venta y en poca magnitud al consumo propio.

6.2.3. Caracterización de la zona de riego Verдум

6.2.3.1. Características meteorológicas

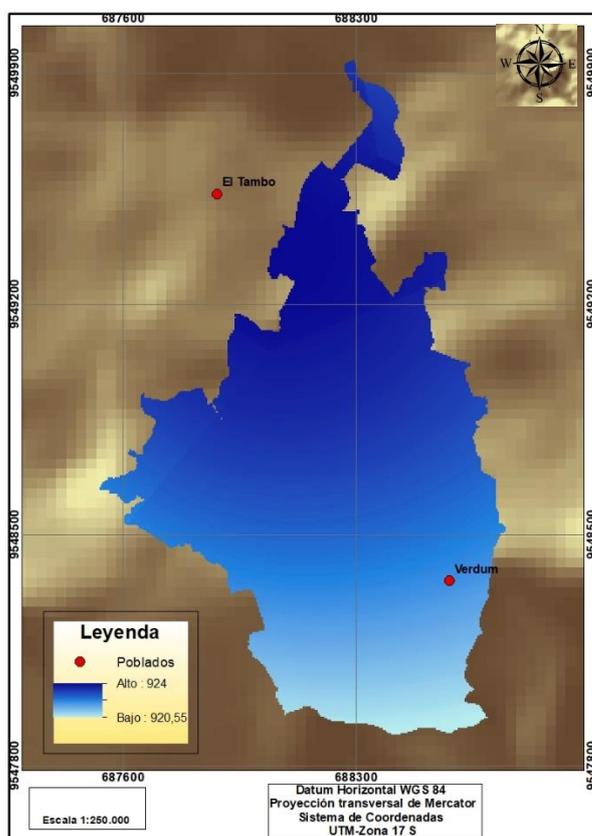
Mediante la interpolación de datos climáticos de las estaciones cercanas al sistema de riego se pudo obtener lo siguiente

- **Precipitación**

A partir del análisis de datos climáticos del cantón, se logró determinar que el sistema de riego Verдум tiene una precipitación media anual de 920.5 mm, teniendo en cuenta que los meses en donde existe mayor incidencia de precipitación van de febrero a mayo.

Figura29.

Precipitación media anual del sistema de riego Verдум



Fuente: (Pérez, 2016).

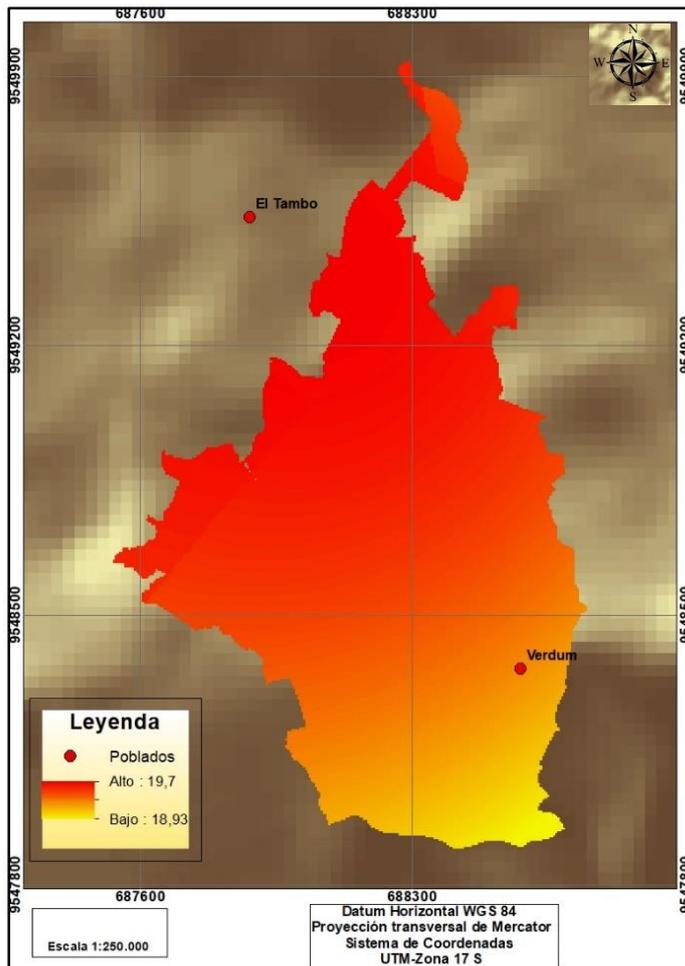
Como se observa en la Figura 29, la mayor cantidad de precipitación se localiza en las partes superiores de la zona de estudio en donde se ubica la parroquia el Tambo teniendo una precipitación de 910.2 mm/año y el sector donde se localiza menor precipitación es en La Capilla baja con 905.2 mm/año. El 75% de la zona de riego tiene una precipitación de 900.5 mm/año y el 25% tiene una precipitación de 902 mm/año; en lo cual la precipitación media anual de este sistema de riego es considerablemente de media a alta.

- **Temperatura**

La temperatura media del sistema de riego Verdum es de 19 °C, convirtiéndose en un clima cálido-húmedo . Los meses en donde la temperatura es elevada va desde diciembre hasta abril alcanzando 28 °C.

Figura30.

Mapa de temperatura media anual del sistema de riego Verdum



Fuente: (Pérez, 2016).

Tal y como se pueda muestra en la Figura 30 la temperatura máxima varía entre 18-20 ° C en donde están involucrados la parroquia el tambo, mientras que con poca relevancia la temperatura mínima varía entre 16-18 ° C en donde los barrios involucrados es la Capilla Baja. El 92% de la zona de estudio tiene temperatura de 19.8 °C y el 8% tiene una temperatura de 17.1 °C en donde estas condiciones climáticas son favorables para los cultivos.

6.2.3. 6.2.3.2. Características físicas y morfométricas

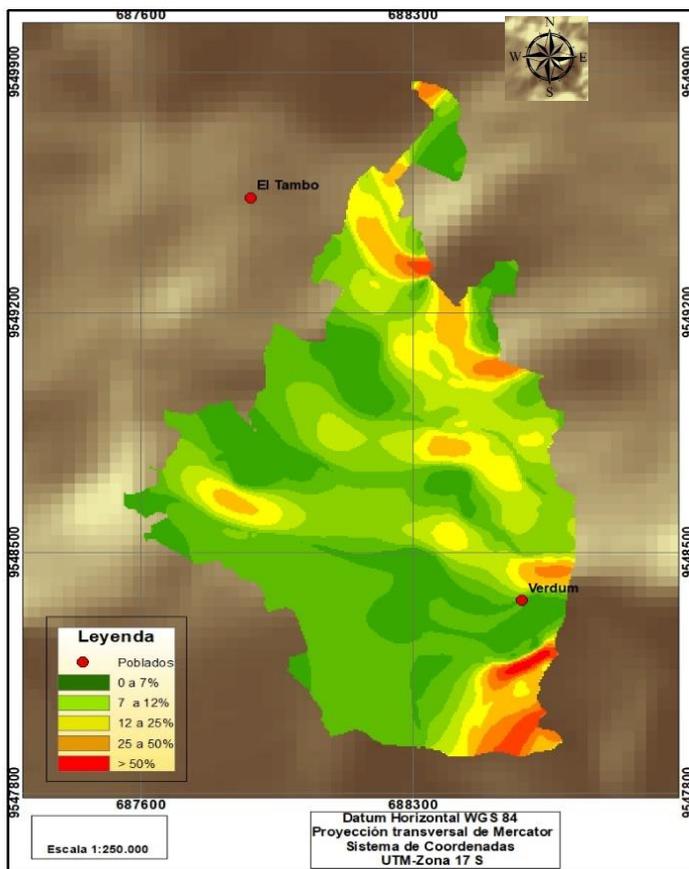
Las características físicas y morfométricas que se obtuvieron de este sistema de riego son las siguientes:

- **Pendiente**

La topografía de este sistema de riego se define por una elevación moderada que viene acompañada de pendientes que oscilan entre el 12% y el 25%. Esto resulta en una superficie inclinada que presenta dificultades para la práctica agrícola

Figura31.

Mapa de pendiente del sistema de riego Verdum.



Fuente: (Pérez, 2016).

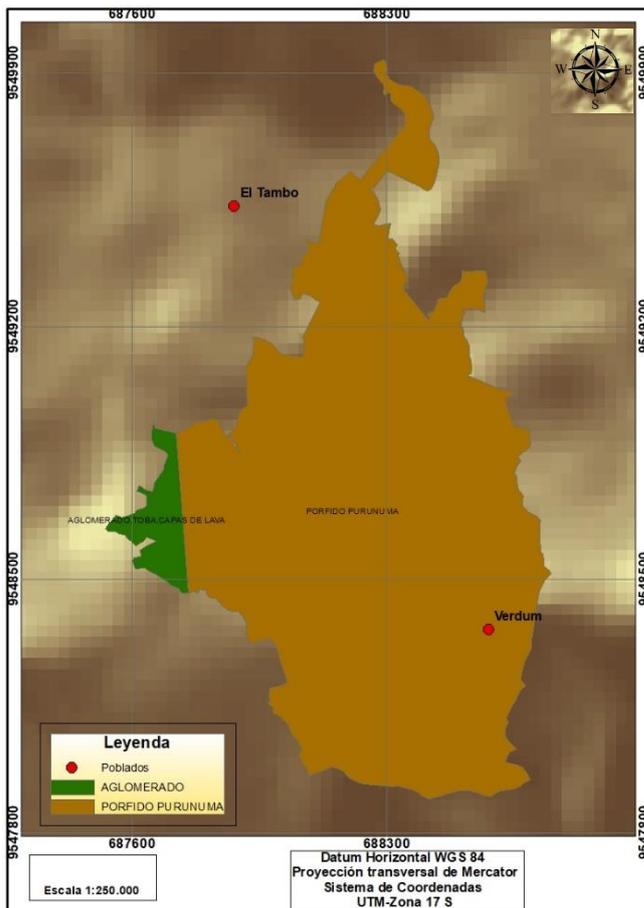
Como se observa en la Figura 31, el 56% de toda la zona de estudio cuenta con pendientes que van de 12-25%, mientras que el 44% las pendientes van mayor al 25%. Por ende, al ser un área de riego inclinada presenta problemas en la agricultura.

- **Geología y geomorfología**

La geología de la zona de estudio está compuesta principalmente por aglomerados, toba y capas de lava, además de escombros antiguos, lo que proporciona un suelo fértil para los cultivos.

Figura32.

Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego Verdum



Fuente: (Pérez, 2016).

Como se muestra en la Figura 32, el 51% del área total de la zona de riego se basa en la geología de conglomerados, toba y capas de lava, mientras que el 49% restante se compone de escombros antiguos.

En esta zona de riego, tanto los conglomerados como los escombros antiguos presentan una variedad de características geológicas que pueden afectar su uso en la agricultura. Estos depósitos pueden ser una fuente de minerales y nutrientes beneficiosos para el suelo y las plantas.

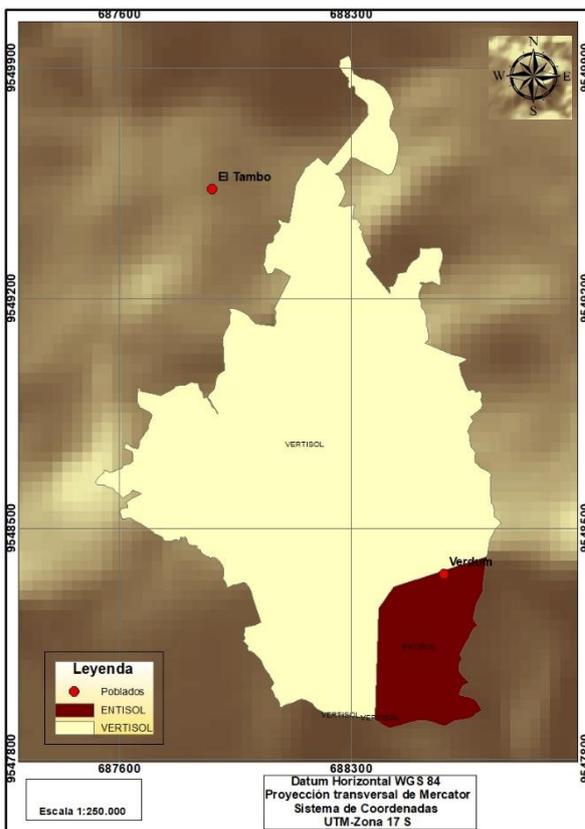
La composición mineral y química de estos materiales puede variar significativamente, lo cual puede influir en su capacidad para retener agua y nutrientes. De igual forma, ciertos depósitos pueden ser más susceptibles a la erosión y la compactación, lo que puede afectar su capacidad para sostener plantas y cultivos.

- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo que presenta el sistema de riego es de tipo vertisol lo cual representa que es un suelo con alto contenido de arcilla.

Figura33.

Mapa de tipo de suelo del sistema de riego Verdum



Fuente: (Pérez, 2016).

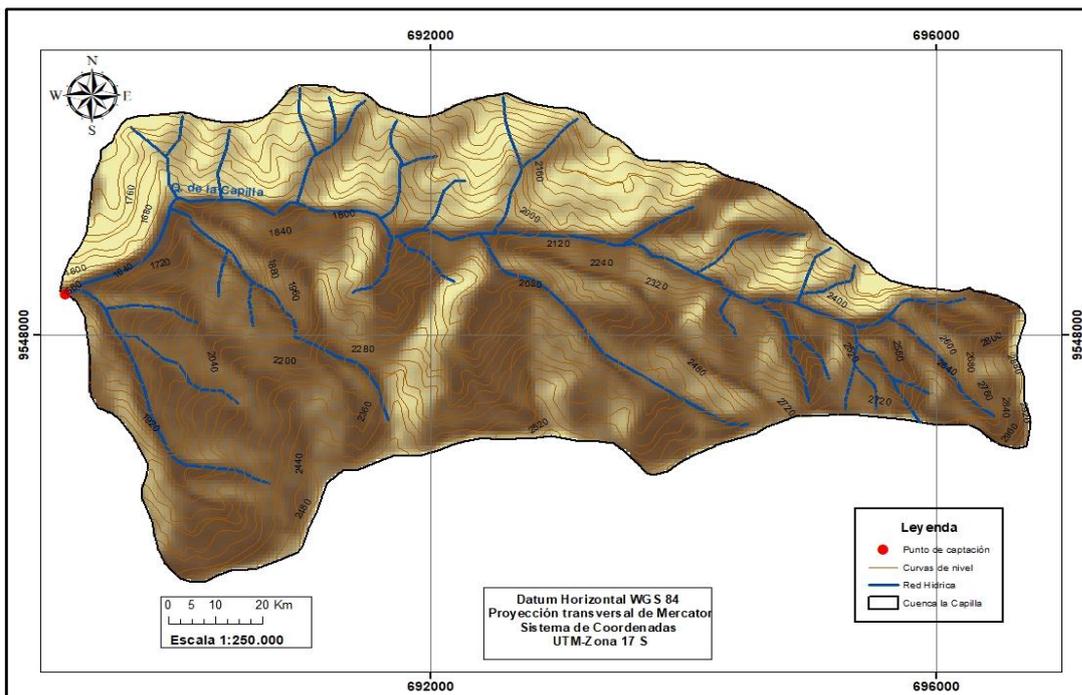
Como se muestra en la Figura 33, el 82% de toda la zona de riego cuenta con el tipo de suelo vertisol y el 18% con tipo de suelo Entisol. Este tipo de suelo se caracteriza por tener una alta capacidad de expansión y contracción debido a su alto contenido de arcilla.

- **Cuencas hidrográficas y recursos hídricos**

La fuente principal de abastecimiento de agua es la quebrada “La Capilla” que proporciona un caudal de 258.9 lit/seg esta agua es redistribuida en las acequias cercanas, en donde los barrios beneficiados por este sistema de riego son la parroquia El Tambo, La Capilla Baja, Huayco y La Merced.

Figura34.

Mapa de cuencas hidrográficas y recursos hídricos del sistema de riego Verдум



Fuente: (Pérez, 2016).

Como se muestra en la Figura 23, este sistema de riego cuenta con una sola fuente de captación en donde es la quebrada “La Capilla”. El sistema de toma de agua se compone de una estructura de hormigón que incluye un azud, un colchón disipador, muros laterales, una rejilla para la captación, un canal para la eliminación de sedimentos, un destripador y un desarenador con compuertas de lavado.

6.2.3.3. Características socioeconómicas

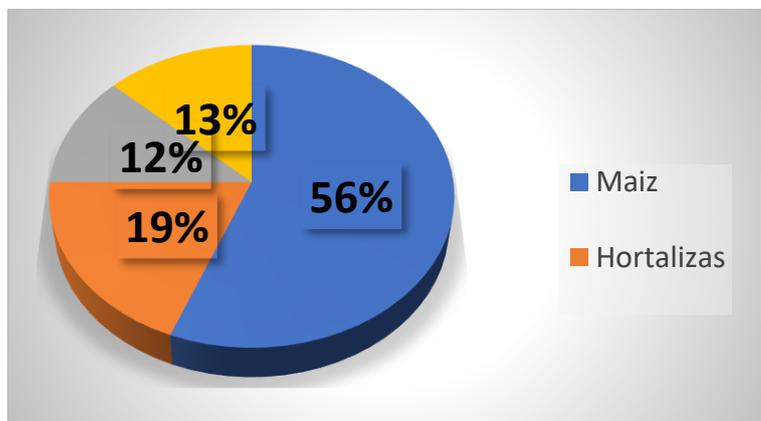
Para determinar la viabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola en un sistema de riego, es esencial analizar sus características socioeconómicas. En este sentido, se llevó a cabo un estudio en el que se examinaron las características socioeconómicas del sistema de riego Verдум en donde se obtuvo lo siguiente:

- **Tipo de cultivos**

Dentro de este sistema de riego el principal cultivo es el maíz.

Figura35.

Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de riego Verdum



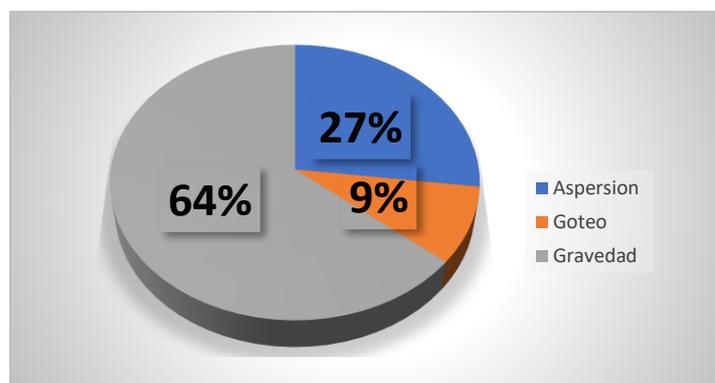
Mediante la Figura 34, se puede definir que el 56% de toda la zona de riego se basa en el cultivo de maíz y el 44% se basa en el cultivo de hortalizas, caña y árboles frutales. La producción de maíz dentro de la zona tiene un rendimiento de 50-60 quintales por hectárea, lo cual se convierte en un aspecto rentable para los productores y su producción se dirige principalmente a la parroquia y al cantón.

- **Métodos de riego**

El principal método de riego ocupado a nivel de todo el sistema de riego es el de gravedad.

Figura36.

Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego Verdum



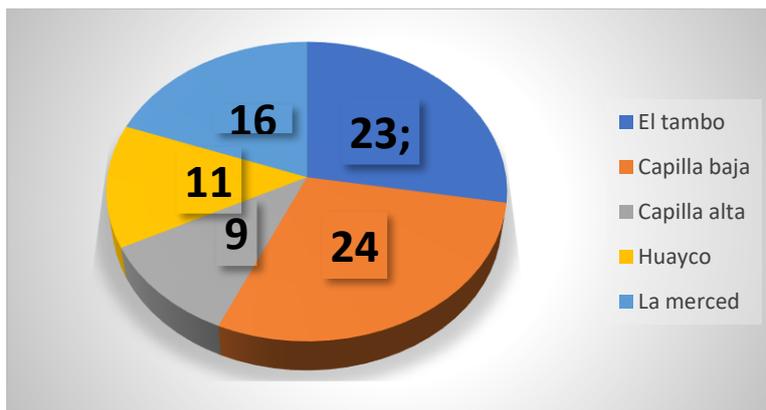
El principal método de riego es el de gravedad ocupando un 64% de toda la zona de estudio, mientras que el método de riego menos utilizado es el de goteo teniendo 9%. Dentro de los productores la mayor parte no ocupa estrategias adecuadas para el riego en donde solo aplican agua de manera inadecuada sin conocer las necesidades del cultivo a detalle. El pago del agua del sistema de riego se basa por el número de turnos y lotes que exista en la finca por cada turno de riego los productores cancelan 5\$ por mes.

- **Organización y asociación de regantes**

La gestión de este sistema de riego es comunitaria, ya que los usuarios son responsables de la administración de todo el sistema y establecen sus propias políticas internas, así como también cuentan con representantes directos

Figura37.

Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego Verdum



El sistema de riego Verdum actualmente está conformado por 81 usuarios, distribuidos en 5 juntas sectoriales las cuales son: Huayco (24 usuarios), La Merced (23 usuarios), El Tambo (16 usuarios), Huayco (11 usuarios) y Capilla alta (9 usuarios) tal y como se muestra en la Figura 36. El presidente actual de este sistema es el señor Fabian Palta y los propios usuarios del sistema son los encargados del mantenimiento del sistema; su asociación es de tipo jurídica.

Dentro de la infraestructura del sistema se han observado problemas de sobreexplotación de agua. Con este antecedente, se propuso un plan de mejoramiento. Así, el proceso de construcción y mejora estuvo a cargo de la Constructora Escudero Loyola y la Prefectura.

Según los aspectos identificados, se procedió a adecuar la infraestructura, incluyendo la toma de agua, la instalación de un filtro para eliminar la arena, la provisión y colocación de tuberías de PVC con una longitud total de 12.23 km y diámetros que varían desde 315 mm hasta 63 mm para la distribución del agua a través de un sistema de presión. Además, se instalaron 84 puntos de entrega con un diámetro de 63 mm, se colocaron 4 juegos de reguladores de presión, 4 juegos de válvulas sectoriales, 24 válvulas de control de aire y 11 juegos de dispositivos de limpieza para el sistema de tuberías.

La forma de obtención de sus terrenos principalmente es por compra propia y su administración interna de producción fundamentalmente se basa en la venta y en poca magnitud al consumo propio.

6.2.4. Caracterización de la zona de riego del Malla

6.2.4.1. Características climáticas

Mediante la interpolación de las estaciones cercanas al sistema de riego se obtuvo lo siguiente:

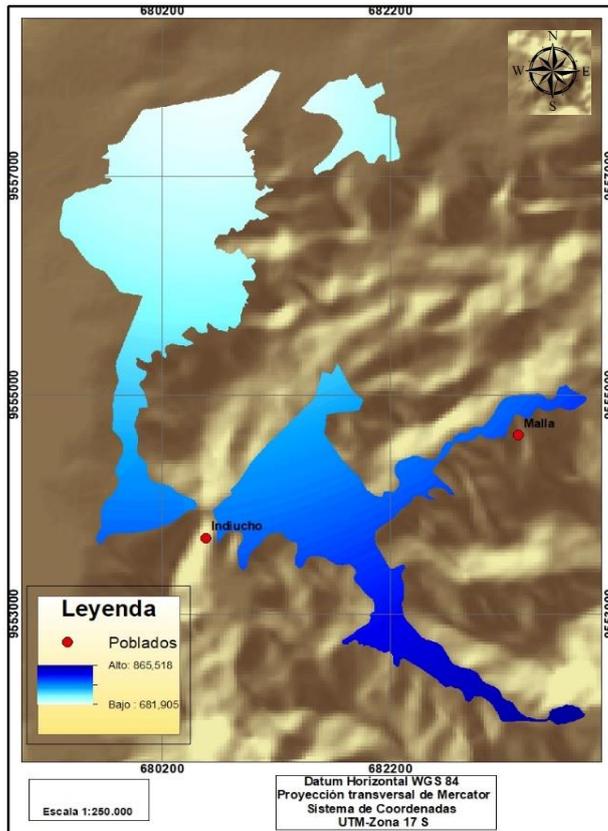
- **Precipitación**

La precipitación media anual de 773.5 mm, lo cual se pudo interpretar en el siguiente mapa de precipitaciones. Los meses en donde existe mayor precipitación va desde febrero hasta abril.

Como se puede observar en la Figura 38, la precipitación máxima se localiza en las partes inferiores de la zona de estudio en donde se encuentra Indiucho, La extensa y Malla y en relevancia el sector donde se encuentra la precipitación mínima es en Monterrey con 621 mm/año. El 52% de la zona de riego tiene una precipitación de 632.3 mm/año y el 48% tiene una precipitación de 886 mm/año; en lo cual la precipitación media anual de este sistema de riego es considerablemente moderada.

Figura38.

Precipitación media anual del sistema de riego Malla



Fuente: (Pérez, 2016).

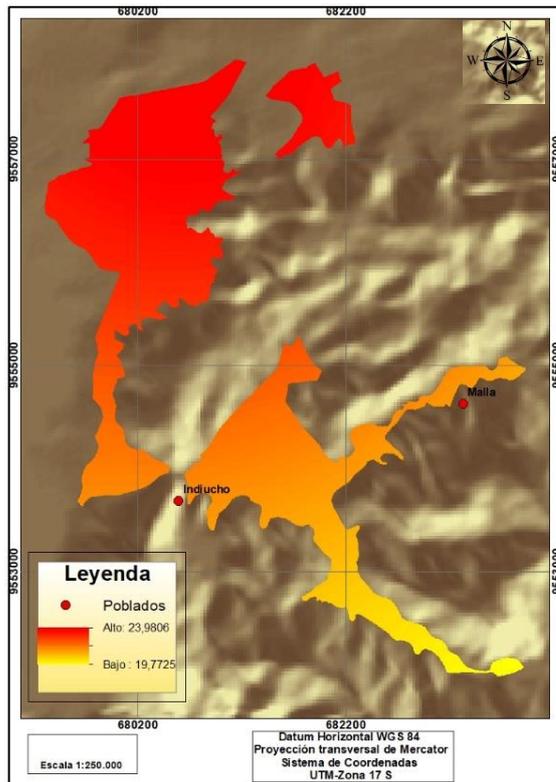
- **Temperatura**

La temperatura media del sistema de riego del Malla es de 21.87 C, convirtiéndose en un clima tropical. Los meses en donde se da la temperatura máxima van desde diciembre hasta mayo alcanzando una temperatura media de 29 °C.

Como se puede mostrar en la Figura 39, la temperatura máxima preside en donde el centro del cantón, mientras que con poca relevancia la menor temperatura varía entre 17-20 C en donde los barrios involucrados es Indiucho, Malla y la Extensa. El 47% de la zona de estudio tiene temperatura de 21.6 C y el 53% tiene una temperatura de 19.2 C en donde estas condiciones climáticas son favorables para los cultivos.

Ilustración 39.

Mapa de temperatura media anual del sistema de riego del Malla



Fuente: (Pérez, 2016).

6.2.4.2. Características físicas y morfométricas

Las características físicas y morfométricas encontradas en este sistema se presentan a continuación:

- **Pendiente**

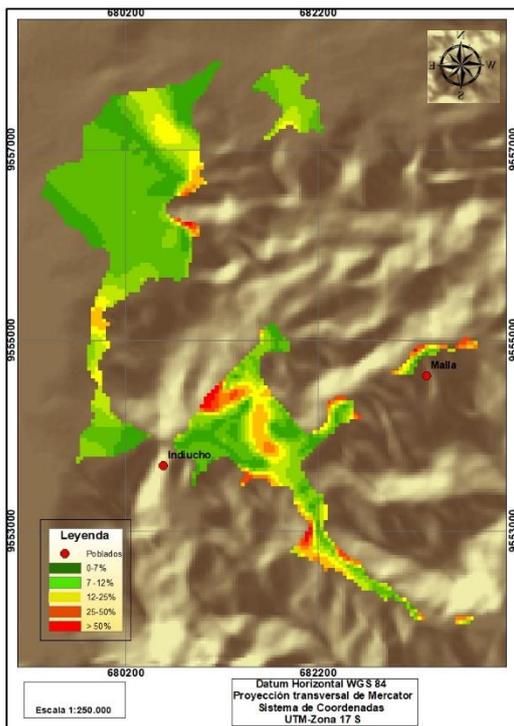
La topografía de este sistema de riego se define por una elevación moderada que viene acompañada de pendientes que oscilan entre el 0-12%. Esto resulta en una superficie plana apta para la agricultura.

Como se observa en la Figura 40 adjunta, el 84% de toda la zona de estudio cuenta con pendientes que van de 0-12%, lo que la convierte en una superficie relativamente plana y adecuada para la agricultura.

Este tipo de terreno suele ser más fácil de cultivar y manejar, ya que permite un mejor control del riego y la fertilización, así como un acceso más sencillo a maquinaria y equipos agrícolas.

No obstante, es importante tener en cuenta que el 16% restante de la zona de estudio presenta pendientes mayores al 12%. Si bien estas áreas pueden ser más difíciles de manejar y cultivar, no necesariamente son inapropiadas para la agricultura. De hecho, existen técnicas y prácticas agrícolas específicas que permiten cultivar en terrenos con pendientes, como la agricultura en terrazas o la siembra en contorno.

Figura40.
Mapa de pendiente del sistema de riego Malla.



Fuente: (Pérez, 2016).

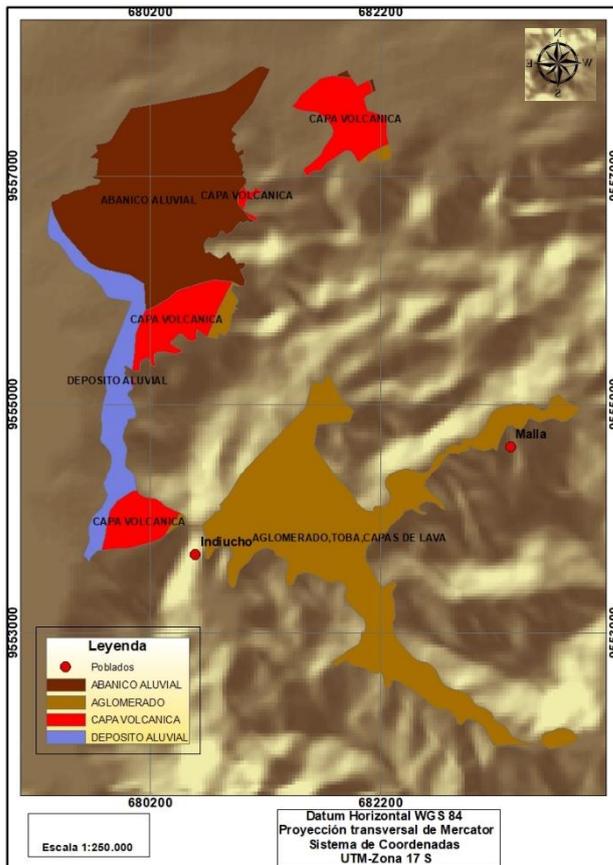
- **Geología y geomorfología**

La geología de este sistema de riego está compuesta principalmente por aglomerados, toba y capas de lava y Abanicos Aluviales.

Como se muestra en la Figura 40, el 61% del área total de la zona de riego se basa en la geología de tipo de aglomerados, toba y capas de lava y 39% se complementa de abanicos aluviales y capas volcánicas. En lo cual la geología de este sistema de riego son recursos importantes para la agricultura debido a su alta fertilidad y capacidad de retención de agua.

Figura41.

Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego Malla.



Fuente: (Pérez, 2016).

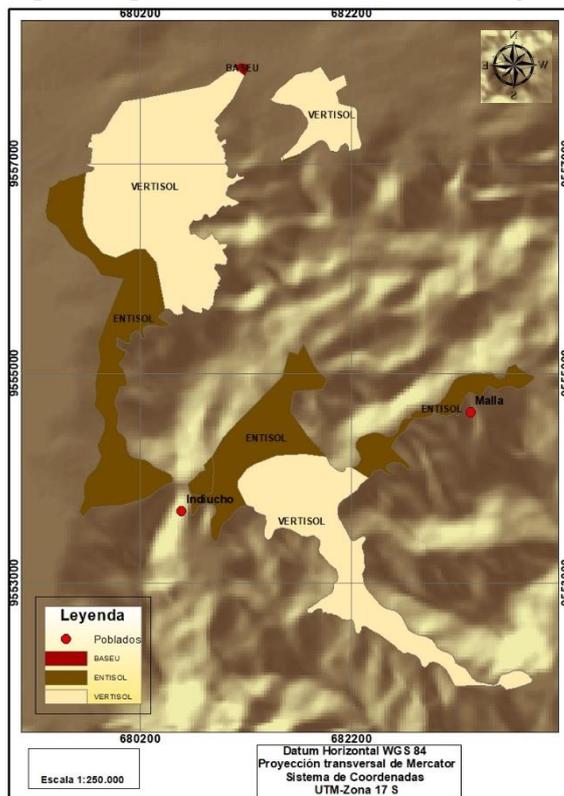
- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo que tiene este sistema de riego es de tipo vertisol lo cual representa que es un suelo con alto contenido de arcilla.

Como se muestra en la Figura 42, el 77% de toda la zona de riego cuenta con el tipo de suelo vertisol y el 33% con tipo de suelo entisol. En lo cual este tipo de suelo se caracteriza en la zona de estudio se caracteriza por tener una alta capacidad de expansión y contracción debido a su alto contenido de arcilla.

Figura42.

Mapa de tipo de suelo del sistema de riego Malla



Fuente: (Pérez, 2016).

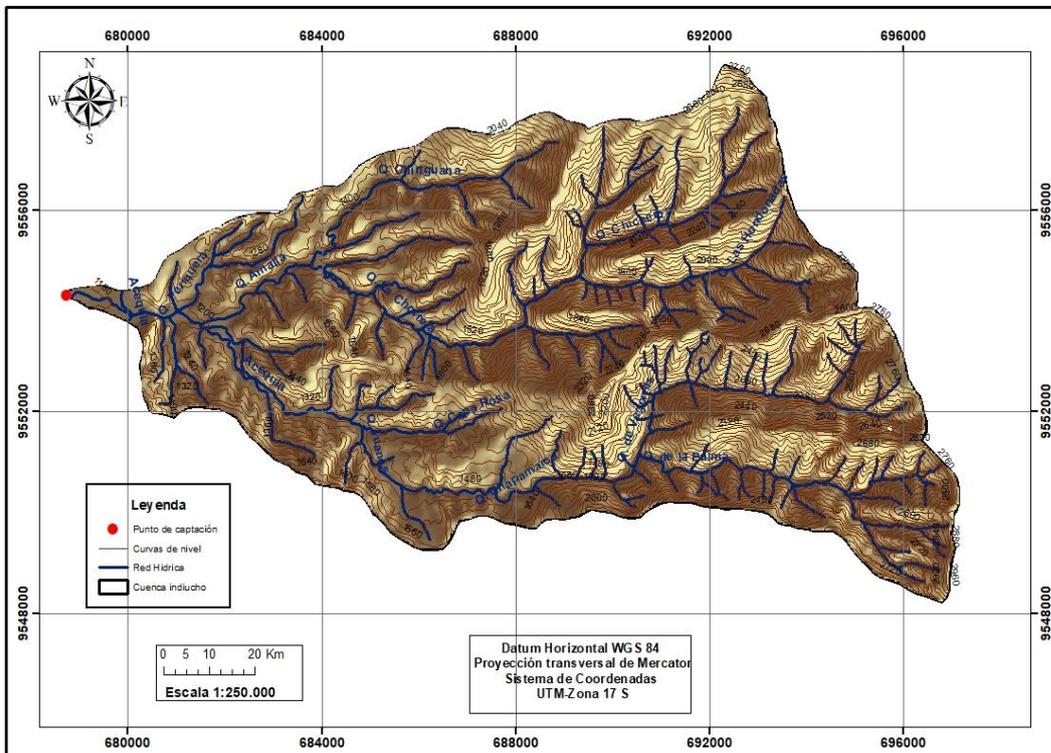
- **Cuencas hidrográficas y recursos hídricos**

La fuente principal de abastecimiento de agua es la quebrada “Indiucho” ubicada en la cota 1280m, que proporciona un caudal de 630.94 lit/seg esta agua es redistribuida en las acequias cercanas, en donde los barrios beneficiados por este sistema de riego son la La Vega, El Tambo e Indiucho, y su infraestructura hidráulica se basa en la construcción de una represa llamada "La Toma", un canal principal de 19 km² y más de 140 km de canales secundarios.

La Figura 43 muestra que este sistema de riego tiene una sola fuente de captación, la quebrada "La Capilla. El sistema de captación de agua se compone de varias estructuras de hormigón, que incluyen un azud, un colchón disipador, muros laterales, una rejilla para la captación, un canal para la eliminación de sedimentos y un desrripiador. Todos estos elementos trabajan juntos para garantizar la captación y suministro de agua adecuada para el sistema de riego. Es importante destacar que estos elementos son fundamentales para la correcta operación del sistema, asegurando que el agua esté limpia y libre de sedimentos antes de ser distribuida a los cultivos.

Figura43.

Mapa base de la cuenca Indiucho para el aporte de agua al sistema de riego del Proyecto Malla



Fuente: (Pérez, 2016).

6.2.4.3. Características socioeconómicas

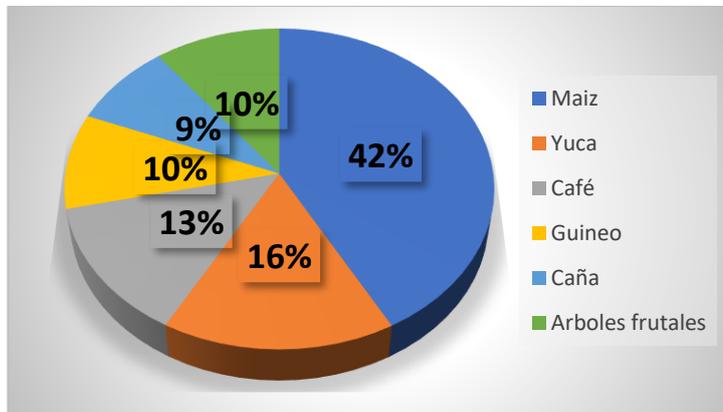
Es fundamental analizar las características socioeconómicas de un sistema de riego para evaluar su viabilidad y sostenibilidad en la producción agrícola. Por lo tanto, se realizó un estudio exhaustivo para examinar estas características en el sistema del Proyecto Malla. El estudio incluyó una evaluación de factores clave como los tipos de cultivos y métodos de riego utilizados, así como también se examinó la estructura organizativa interna del sistema con el fin de determinar su potencial agrícola en el contexto Parroquial y Cantonal. Este análisis es crucial para garantizar que el sistema de riego sea capaz de producir alimentos de manera sostenible y rentable para los agricultores locales.

- **Tipo de cultivos**

Dentro de este sistema de riego el principal cultivo es el maíz.

Figura44.

Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de riego Malla



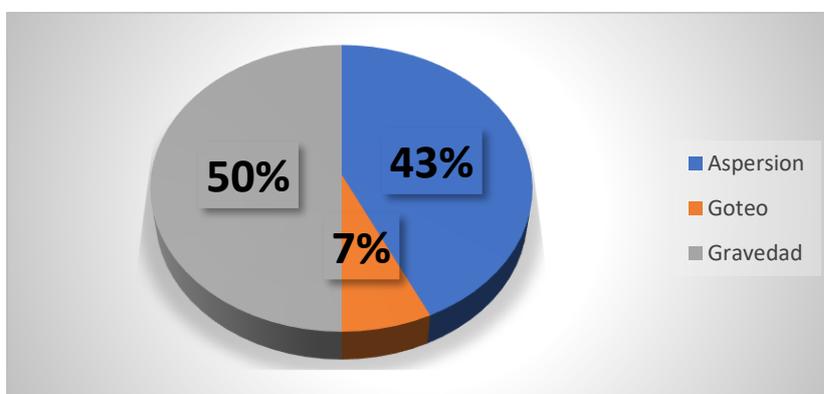
Mediante la Figura 42, se puede observar que el cultivo predominante de este sistema es el maíz ocupando un 42% de toda la zona de riego y en constancia el cultivo con menos predominancia es la caña de azúcar ocupando un 9% de la zona. La producción de maíz dentro de la zona es de 45-60 quintales por hectárea, lo cual se convierte en un aspecto rentable para los productores y su producción se dirige principalmente a la parroquia y al cantón.

- **Métodos de riego**

El principal método de riego ocupado a nivel de todo el sistema de riego es el de gravedad.

Figura45.

Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego Malla



Como se puede observar en la Figura 43, el principal método de riego es el de gravedad ocupando un 50% de toda la zona de estudio, mientras que el método de riego menos utilizado es el de goteo teniendo 7%.

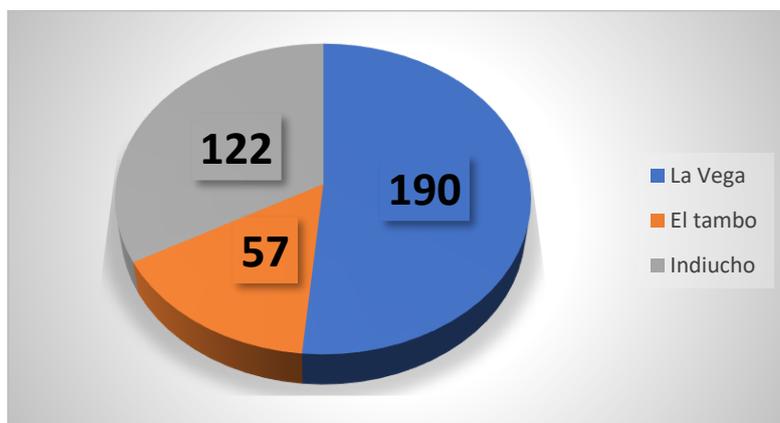
Dentro de los productores la mayor parte no ocupa estrategias adecuadas para el riego en donde solo aplican agua de manera inadecuada sin conocer las necesidades del cultivo a detalle; Cabe destacar que cada productor del sistema paga una tarifa mensual de 5.6\$ por cada turno asignado a su terreno.

- **Organización y asociación de regantes**

La administración del sistema de riego es llevada a cabo por la comunidad, ya que los usuarios tienen la responsabilidad de manejar todo el sistema y establecer sus propias políticas internas. Además, cuentan con representantes elegidos directamente por ellos

Figura46.

Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego Malla



El sistema de riego del Proyecto Malla actualmente esta conformado por 81 usuarios, distribuidos en 3 juntas sectoriales las cuales son: La Vega (190 usuarios), Indiucho (122 usuarios), y El Tambo (57 usuarios), tal y como se muestra en la Figura 44.

El costo total del proyecto Malla de Riego Catamayo-Chira fue de aproximadamente 41 millones de dólares estadounidenses, financiado principalmente por el Gobierno del Ecuador, con el apoyo técnico y financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Los propios usuarios del sistema son los encargados del mantenimiento del sistema; su asociación es de tipo jurídica. La forma de obtención de sus terrenos principalmente es por

compra propia y su administración interna de producción fundamentalmente se basa en la venta y en poca magnitud al consumo propio.

6.2.4. 6.2.5. Caracterización de la zona de riego San Pedro de la Bendita

6.2.5. 6.2.5.1. Características Climáticas

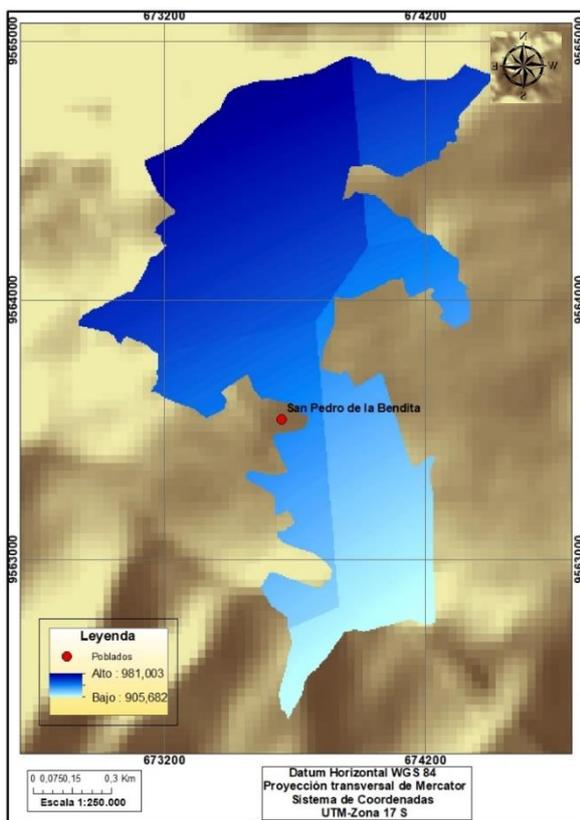
Atraves de información secundaria de las estaciones cercanas al sistema de riego se pudo obtener lo siguiente

- **Precipitación**

La precipitación media anual de 906 mm, en donde los meses en donde existe mayor precipitación van desde marzo hasta junio y los de menor precipitación de diciembre hasta a abril

Figura47.

Mapa de Precipitación media anual del sistema de riego San Pedro de la Bendita



Fuente: (Pérez, 2016).

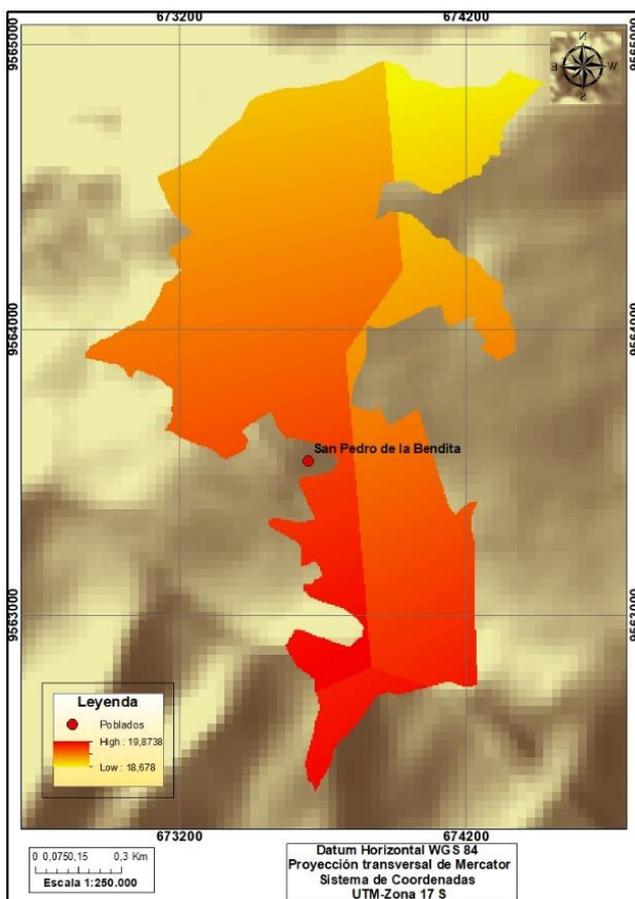
Como se puede interpretar en la Figura 47, la mayor cantidad de precipitación se localiza en las partes superiores y céntricas de la zona de estudio y con poca relevancia el sector donde se encuentra la menor precipitación es en la parte inferior de la zona de estudio con 897 mm/año. El 76% de la zona de riego tiene una precipitación de 925 mm/año y el 34% tiene una precipitación de 878 mm/año; en lo cual la precipitación media anual de este sistema de riego es considerablemente moderadamente alta.

- **Temperatura**

La temperatura media del sistema de riego de San Pedro de la Bendita es de 19.26 °C, convirtiéndose en un clima tropical. Los meses en donde existe elevada temperatura van desde agosto hasta noviembre alcanzando una temperatura media de 23°C.

Figura48.

Mapa de temperatura media anual del sistema de riego San pedro de la Bendita



Fuente: (Pérez, 2016).

Como se puede mostrar en la Figura 48 la temperatura máxima varía entre 18.5-20 °C en donde está involucrada la parte inferior y céntrica de la zona de estudio, mientras que con poca relevancia la temperatura mínima varía entre 15-17.5 °C en donde la parte superior de la zona es la involucrada. El 91% de la zona de estudio tiene temperatura de 18.9 °C y el 9% tiene una temperatura de 18.6 °C en donde estas condiciones climáticas son favorables para los cultivos.

6.2.5.2. Características físicas y morfométricas

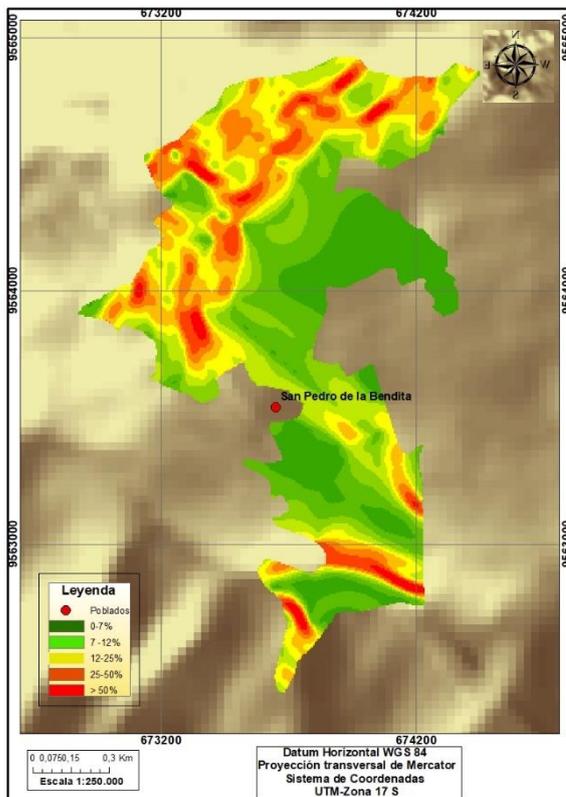
Las características físicas y morfométricas encontradas en el sistema de riego fueron las siguientes:

- **Pendiente**

Como se puede observar en la Figura 49, más de la mitad de la zona de estudio cuenta con pendientes que oscilan entre el 0-50%, lo que significa que la mayoría de las áreas destinadas a la agricultura en este sistema de riego presentan una topografía muy difícil de trabajar. Además, el 47% de la zona presenta pendientes mayores al 50%, lo que representa una superficie sumamente inclinada y con graves problemas para la agricultura.

Figura49.

Mapa de pendiente del sistema de riego de San Pedro de la Bendita.



Fuente: (Pérez, 2016).

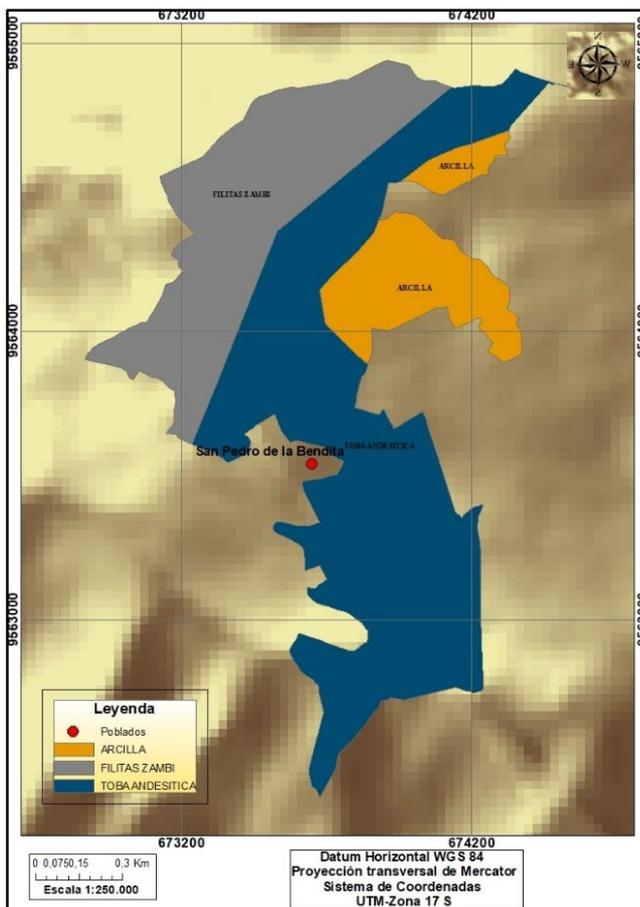
- **Geología y geomorfología**

La geología de este sistema de riego está compuesta principalmente por Tobas Andesíticas y capas de lava. La geología es un factor importante a considerar en la gestión del agua y en la producción agrícola en general.

La Figura 50 muestra que el 71% del área total de la zona se basa en la geología de tipo tobas andesíticas, mientras que el 29% se complementa con capas volcánicas. Estos recursos geológicos son primordiales debido a su alto contenido en minerales como el hierro y magnesio, que son esenciales para el crecimiento de las plantas y la producción agrícola.

Figura50.

Mapa de geología y geomorfología del sistema de riego de San Pedro de la Bendita



Fuente: (Pérez, 2016).

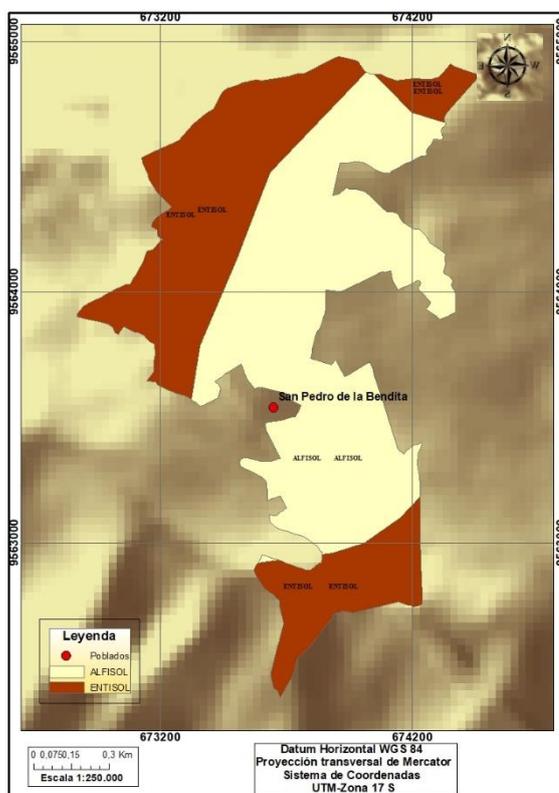
- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo que predomina en este sistema de riego es de tipo entisol lo cual representa que es un suelo viejo con fertilidad baja.

Como se muestra en la Figura 50, el 65% de toda la zona de riego cuenta con el tipo de suelo alfisol y el 45% con tipo de suelo entisol. En lo cual este tipo de suelo se caracteriza por tener una capa de subsuelo rica en aluminio y hierro.

Figura 51.

Mapa de tipo de suelo del sistema de riego San Pedro de la Bendita



Fuente: (Pérez, 2016).

- **Cuencas hidrográficas y recursos hídricos**

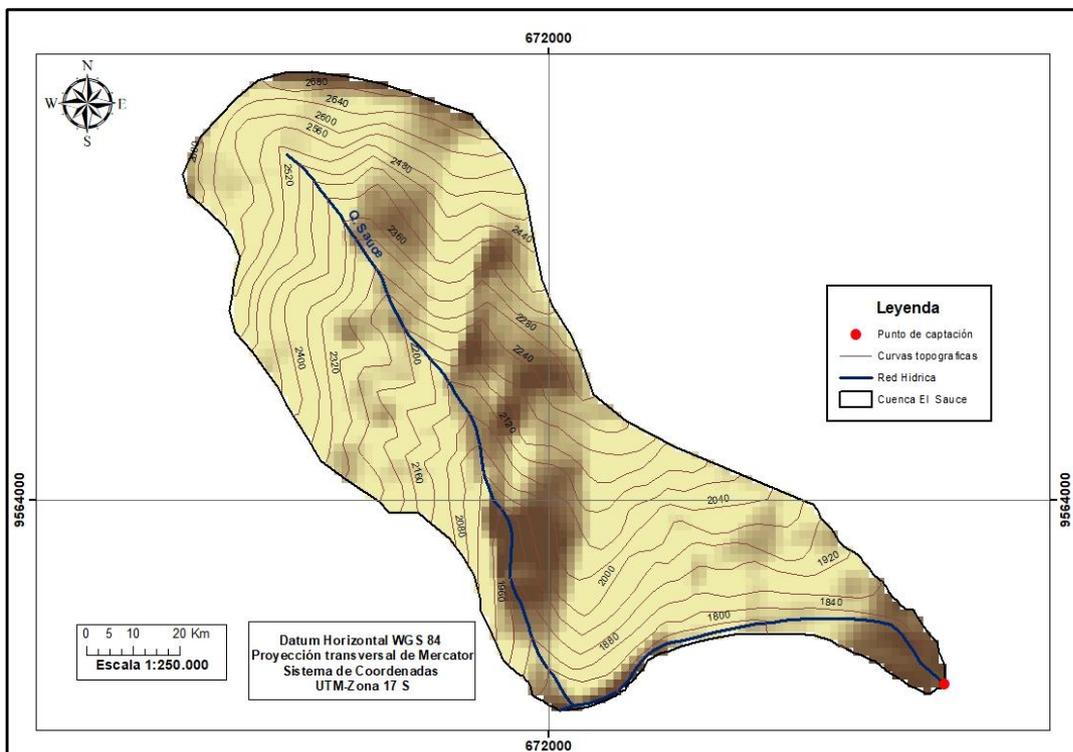
La fuente principal de abastecimiento de agua es la quebrada “El Sauce” que proporciona un caudal de 378.12 lit/seg esta agua es redistribuida en las acequias cercanas, en donde los barrios beneficiados por este sistema de riego son: San Vicente y las Conchas

La Figura 51 muestra que este sistema de riego tiene una sola fuente de captación, la quebrada "El Sauce". El sistema de captación es de tipo caucasiana de agua se compone de varias estructuras de hormigón, que incluyen un azud, un colchón disipador, muros laterales, una rejilla para la captación, un canal para la eliminación de sedimentos y un destripador.

Todos estos elementos trabajan juntos para garantizar la captación y suministro de agua adecuada para el sistema de riego. Es importante destacar que estos elementos son fundamentales para la correcta operación del sistema, asegurando que el agua esté limpia y libre de sedimentos antes de ser distribuida a los cultivos.

Figura52.

Mapa base de la cuenca El Sauce para el aporte de agua al sistema de riego San Pedro de la Bendita



Fuente: (Pérez, 2016).

6.2.5.2. Características socioeconómicas

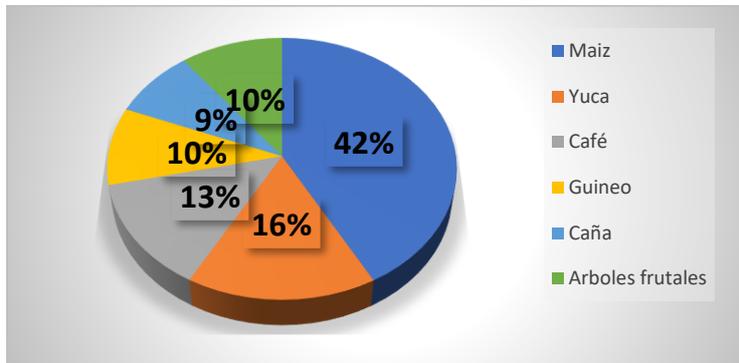
Mediante la información socioeconómica obtenida se pudo obtener lo siguiente:

- **Tipo de cultivos**

Dentro de este sistema de riego el principal cultivo es el maíz, Yuca, café y árboles frutales.

Figura 53.

Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de Riego San Pedro de la Bendita



Mediante la Figura 53, se puede observar que el cultivo predominante de este sistema es el maíz ocupando un 42% de toda la zona de riego y en constancia el cultivo con menos predominancia es la caña de azúcar ocupando un 9% de la zona. La producción de maíz dentro de la zona es de 55-60 quintales por hectárea, lo cual se convierte en un aspecto rentable para los productores y su producción se dirige principalmente a la parroquia y al cantón.

Actualmente, solo se están utilizando de manera desigual 38,08 hectáreas para la agricultura, y solo 20 hectáreas reciben agua de manera constante. Esto significa que solo se está aprovechando el 40,51% de todas las hectáreas que son adecuadas para el cultivo.

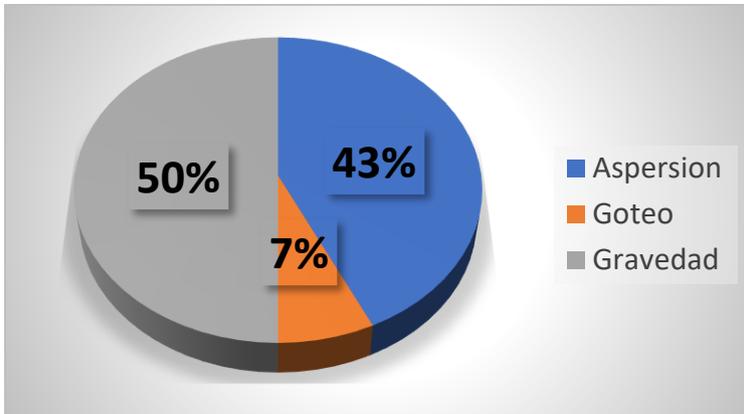
- **Métodos de riego**

El principal método de riego ocupado a nivel de todo el sistema de riego es el de gravedad y aspersión.

Como se puede observar en la Figura 53, el principal método de riego es el de gravedad y aspersión ocupando un 93 % de toda la zona de estudio, mientras que el método de riego menos utilizado es el de goteo teniendo 7%. Dentro de los productores la mayor parte no ocupa estrategias adecuadas para el riego en donde solo aplican agua de manera inadecuada sin conocer las necesidades del cultivo a detalle, manteniendo ideologías arcaicas.

Figura54.

Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego San Pedro de la Bendita

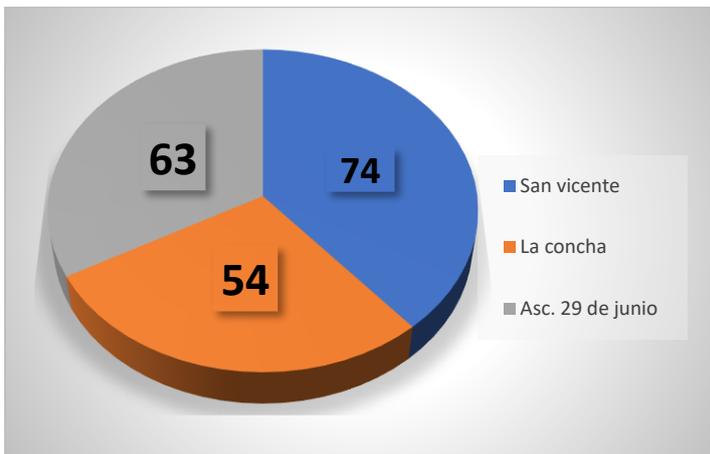


- **Organización y asociación de regantes**

La gestión del sistema de riego es responsabilidad de la comunidad, ya que los usuarios tienen el encargo de manejar el sistema en su totalidad y crear sus propias políticas internas. Adicionalmente, la comunidad cuenta con representantes elegidos directamente por ellos.

Figura55.

Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego San Pedro de la Bendita



El sistema de riego San Pedro de la Bendita actualmente está conformado por 191 usuarios, distribuidos en 3 juntas sectoriales las cuales son: San Vicente (74 usuarios), Asociación 29 de junio (63 usuarios), y Las Conchas (54 usuarios), tal y como se muestra en la Figura 54. La conformación de los turnos de riego a cada usuario está asignada con una frecuencia de 15 días. Según la forma de organización actual los usuarios del sistema de riego cancelan una tarifa de 3,00 USD/hora/ha. Los propios usuarios del sistema son los encargados del mantenimiento del sistema y su asociación es de tipo jurídica.

En el año 2014, se llevó a cabo un evento significativo en la zona de San Vicente en colaboración con el consejo provincial y los residentes locales. Utilizando recursos provenientes de proyectos de inversión en riego y drenaje del año 2013, se emprendió una fase inicial de mejora en el sistema de riego, la cual incluyó los siguientes elementos: la construcción de una nueva estructura de captación con diseño caucásico, la instalación de un desarenador con capacidad para manejar un flujo de 95,63 litros por segundo, la creación de una salida del desarenador hacia un tanque de lavado, la construcción de una salida del desarenador al primer tanque rompe presión, la conexión entre los cuatro tanques rompe presión, y la instalación de alrededor de 1140 metros de tubería de PVC de 200 mm de diámetro. Además, se realizó la rehabilitación del reservorio Urushapa, el cual puede almacenar aproximadamente 33,000 metros cúbicos de agua.

La forma de obtención de sus terrenos principalmente es por compra propia y su administración interna de producción fundamentalmente se basa en la venta y en poca magnitud al consumo propio.

6.2.6. Caracterización de la zona de riego Guayquichuma

6.2.6.1. Características Climáticas

Se encontró que el clima en este sistema de riego es de vital importancia para la agricultura local, y los datos climáticos correspondientes son los siguientes:

- **Precipitación**

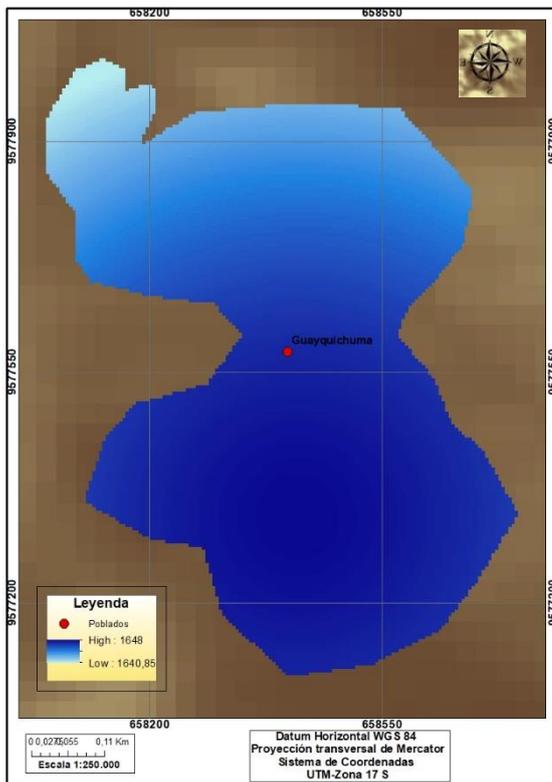
La precipitación media anual de 1645.3 mm, y los meses en donde existe mayor precipitación van desde febrero hasta abril.

Como se puede interpretar en la Figura 56, la mayor cantidad de precipitación se localiza en las partes inferiores y céntricas de la zona de estudio y con poca relevancia el sector donde se encuentra la menor precipitación es en la parte superior de la zona de estudio con 1645.9 mm/año.

El 88% de la zona de riego tiene una precipitación de 1647.6 mm/año y el 12% tiene una precipitación de 1644 mm/año; en lo cual la precipitación media anual de este sistema de riego es considerablemente alta.

Figura 56.

Mapa de Precipitación media anual del sistema de riego Guayquichuma



Fuente: (Pérez, 2016).

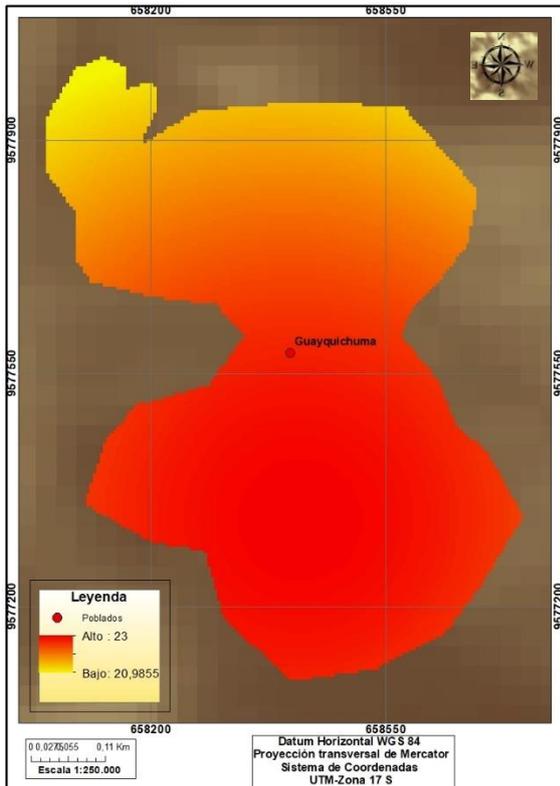
- **Temperatura**

La temperatura media del sistema de riego Guayquichuma es de 21 °C, convirtiéndose en un clima tropical. Los meses en donde existe mayor temperatura van desde septiembre hasta noviembre .

Como se puede mostrar en la Figura 56 la temperatura máxima varía entre 20-21 °C en donde está involucrada la parte inferior y céntrica de la zona de estudio, mientras que con poca relevancia la temperatura mínima varía entre 19-20 °C en donde la parte superior de la zona es la involucrada. El 93% de la zona de estudio tiene temperatura de 20.8 °C y el 7% tiene una temperatura de 20.6 °C en donde estas condiciones climáticas son favorables para los cultivos.

Figura 57.

Mapa de temperatura media anual del sistema de riego Guayquichuma



Fuente: (Pérez, 2016).

6.6.2. Características físicas y morfométricas

Las características físicas y morfométricas de este sistema de riego son considerables para la toma de decisiones, en donde se obtuvo lo siguiente:

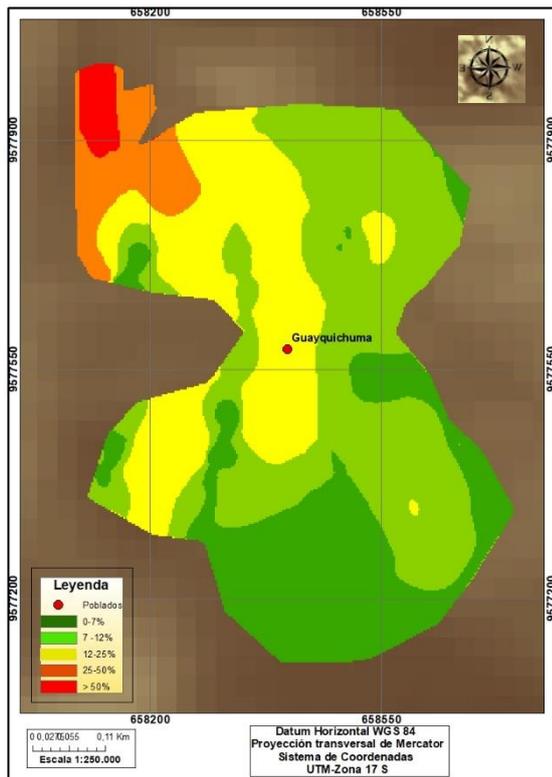
- **Pendiente**

la topografía del sistema de riego se define por unas pendientes fuertemente inclinadas que oscilan entre el 25-50%. Estas pendientes representan un gran desafío para la agricultura debido a la dificultad de distribuir adecuadamente el agua y los nutrientes en los cultivos.

Como se puede observar en la Figura 58, el 79% de toda la zona de estudio cuenta con pendientes que van de 0-50%, lo que significa que la mayor parte del área de cultivo presenta una topografía muy difícil de trabajar. Solo el 21% de la zona presenta pendientes menores al 50%, lo que representa una superficie adecuada para la producción agrícola.

Figura 58.

Mapa de pendiente del sistema de riego Guayquichuma



Fuente: (Pérez, 2016).

- **Geología y geomorfología**

La geología de este sistema de riego se basa por completo en la roca granodiorita, la cual es una roca ígnea plutónica formada por el enfriamiento lento y la cristalización del magma a profundidades de la corteza terrestre. Esta roca es relativamente abundante y se encuentra en numerosas regiones del mundo.

La granodiorita se compone principalmente de cuarzo, feldespato y mica, y su color varía desde el gris claro hasta el gris oscuro. Su composición mineralógica y química varía según la región en la que se encuentre, pero en general, tiene un alto contenido de aluminio y sodio, y un bajo contenido de calcio y hierro. Además, contiene otros elementos como potasio, magnesio, titanio y bario.

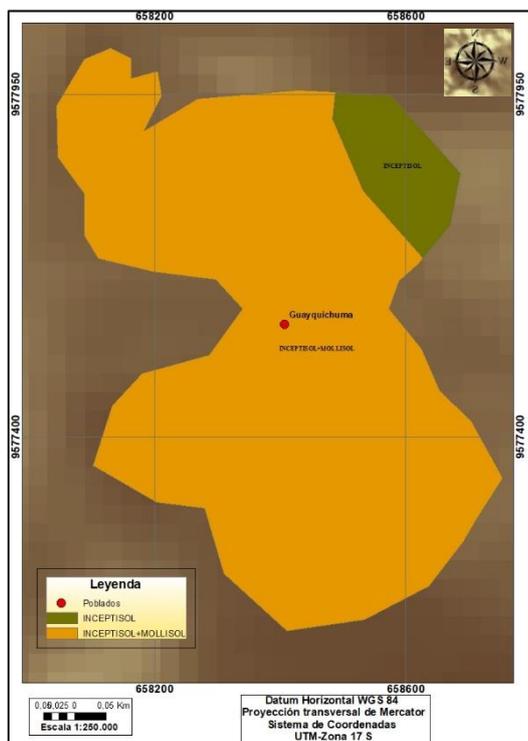
Es importante destacar que en este tipo de roca se encuentra un alto contenido de sodio, el cual es un catión muy importante en la química de las rocas ígneas. En el caso específico de la granodiorita, su contenido de sodio puede variar entre un 3% y un 6%, lo que la convierte en una roca especialmente rica en este elemento.

- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo que predomina en este sistema de riego es de tipo inceptisol+molisol lo cual representa que es un suelo joven

Figura 59

Mapa de tipo de suelo del sistema de riego Guayquichuma



Fuente: (Pérez, 2016).

Como se puede observar en la Figura 59, el 86% de la zona de estudio está compuesto por el tipo de suelo Inceptisol + Molisol, el cual se caracteriza por tener una acumulación incipiente de materia orgánica.

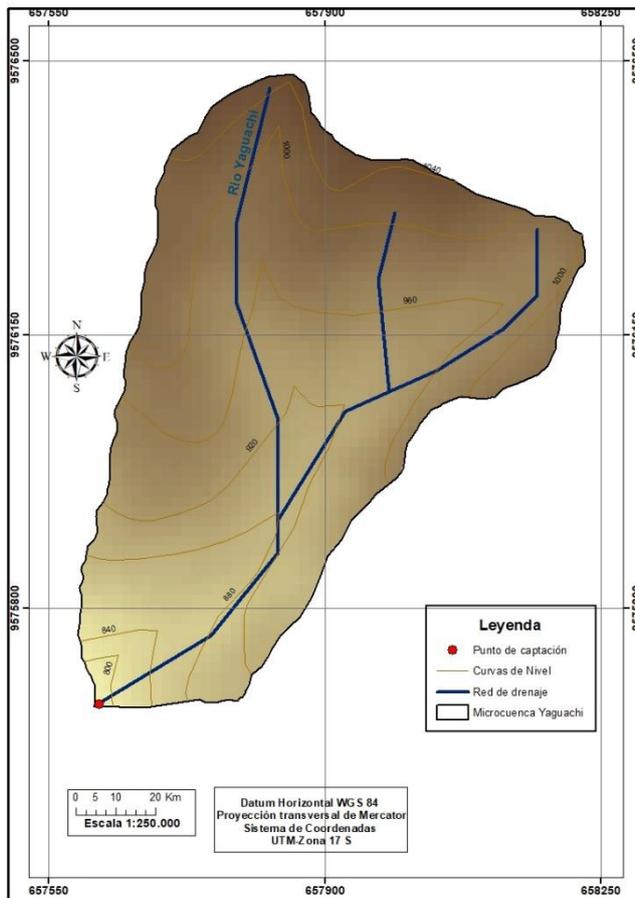
Este tipo de suelo es de gran importancia para la agricultura y la producción de alimentos, ya que es altamente productivo y permite el desarrollo de una amplia variedad de cultivos. Por otro lado, el 14% restante del área de estudio corresponde al tipo de suelo Inceptisol, el cual también puede ser utilizado para la producción agrícola, aunque su capacidad productiva puede variar en función de las condiciones específicas de cada sitio.

- **Cuencas hidrográficas y recursos hídricos**

La fuente principal de abastecimiento de agua es el río “Yaguachi” que proporciona un caudal de 228,33 lit/seg esta agua es redistribuida en las acequias cercanas, en donde los barrios beneficiados por este sistema de riego son: : Chiguango alto , Chiguango bajo, Santa Ana y el Prado

Figura 60.

Mapa de cuencas hidrográficas y recursos hídricos del sistema de riego Guayquicbuma



Fuente: (Pérez, 2016).

La Figura 60 muestra que este sistema de riego tiene una sola fuente de captación, la cual es el río Yaguachi con sus quebradas aledañas. El sistema de captación es de tipo caucásica de agua se compone de poca infraestructura hidráulica dado que la toma de agua es de manera lateral.

6.6.3. Características socioeconómicas

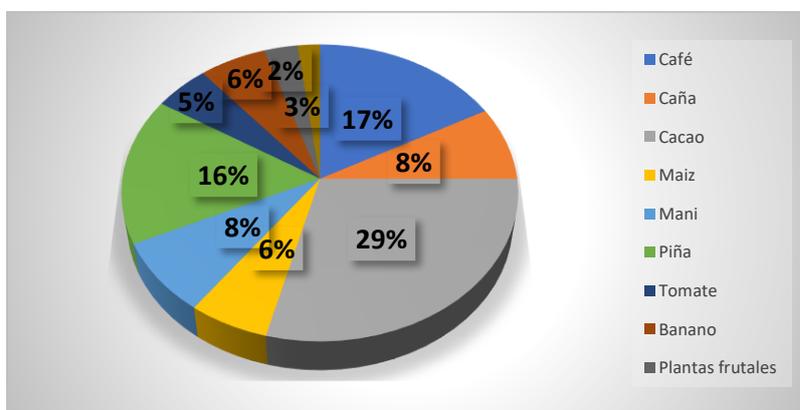
Las características socioeconómicas obtenidas tuvieron diversificación en los resultados, los cuales fueron los siguientes:

- **Tipo de cultivos**

Dentro de este sistema de riego los principales cultivos son la piña, cacao y café.

Figura 61.

Diagrama de tipo de cultivos que existe en el sistema de Riego Guayquichuma



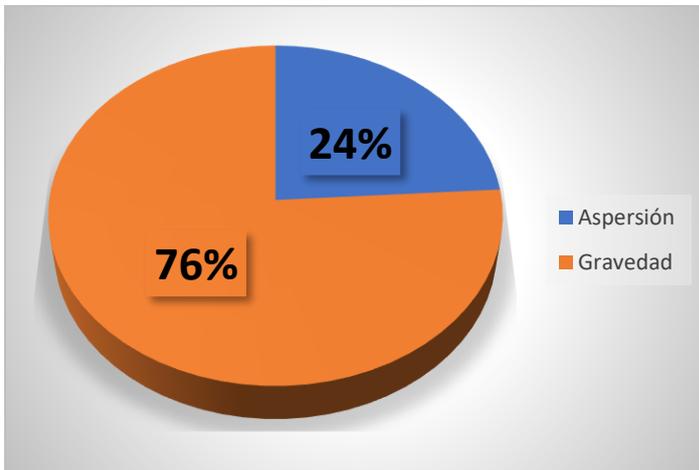
Mediante la Figura 60, se puede observar que el cultivo predominante de este sistema es la piña ocupando un 29% de toda la zona de riego y en constancia el cultivo con menos predominancia es el café ocupando un 5% de la zona. La producción de piña dentro de la zona es de 25-40 quintales por hectárea, lo cual se convierte en un aspecto rentable para los productores y su producción se dirige principalmente a la parroquia y al cantón.

- **Métodos de riego**

El principal método de riego ocupado a nivel de todo el sistema de riego es el de gravedad

Figura62.

Diagrama de métodos de riego que existe en el sistema de riego Guayquichuma



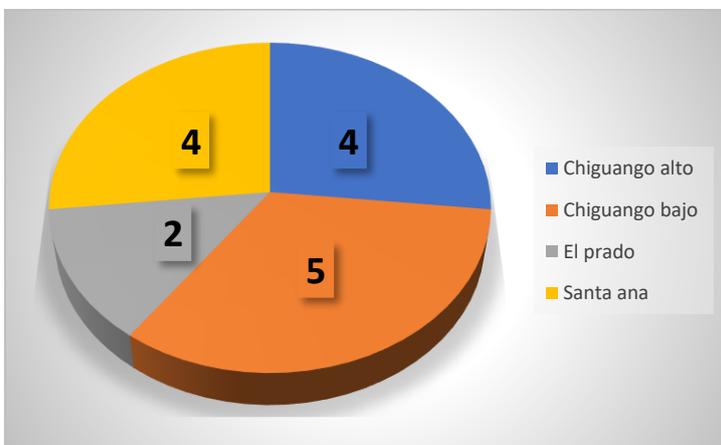
Como se puede observar en la Figura 61, el principal método de riego es el de gravedad ocupando un 76 % de toda la zona de estudio, mientras que el método de riego menos utilizado es el de aspersión teniendo 24 %. Dentro de los productores la mayor parte no ocupa estrategias adecuadas para el riego en donde solo aplican agua de manera inadecuada sin conocer las necesidades del cultivo a detalle, manteniendo ideologías arcaicas.

- **Organización y asociación de regantes**

La gestión del sistema de riego es responsabilidad de la comunidad, ya que los usuarios tienen el encargo de manejar el sistema en su totalidad y crear sus propias políticas internas. Adicionalmente, la comunidad cuenta con representantes elegidos directamente por ellos.

Figura63.

Diagrama de organización y asociación de regantes que existe en el sistema de riego Guayquichuma



El sistema de riego Guayquchuma actualmente esta conformado por 15 usuarios, distribuidos en 4 juntas sectoriales las cuales son: Chiguango alto (5 usuarios), Chiguango bajo (4 usuarios), Santa Ana (4 usuarios) y El Prado (2 usuarios), tal y como se muestra en la Figura 62. Los propios usuarios del sistema son los encargados del mantenimiento del sistema y su asociación es de tipo jurídica.

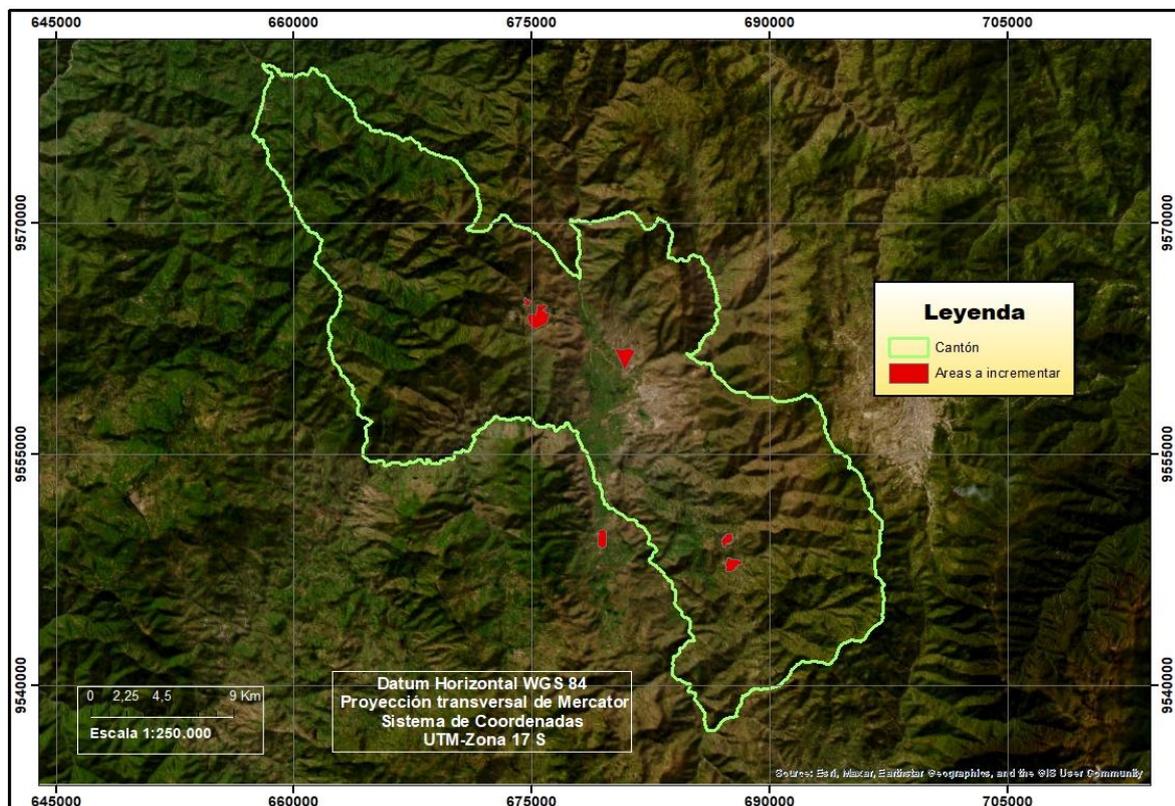
La forma de obtención de sus terrenos principalmente es por compra propia y su administración interna de producción fundamentalmente se basa en la venta y en poca magnitud al consumo propio. Cada usuario del sistema de riego cancela un valor de 4.3\$ mensual por cada turno que tenga su finca.

6.3. Ejecución de una propuesta preliminar para determinar qué sectores más se pueden integrar al riego del cantón Catamayo

A través del análisis de todos los sistemas de riego existentes en el cantón Catamayo, se logró identificar las áreas cercanas con potencial para el incremento de la producción agrícola. Para seleccionar las zonas adecuadas, se consideró el modelo propuesto en una investigación previa, el cual fue adaptado a las pendientes de la provincia de Loja y las condiciones morfológicas y ambientales de la zona de estudio. Como resultado, se obtuvo la siguiente base de datos.

Figura64.

Mapa base de sectores a incrementarse a los sistemas de riego en el Cantón Catamayo



La Figura 63 muestra claramente que existe un potencial para incrementar el área de riego en el cantón Catamayo en un 23%, lo que equivale a un total de 439.65 ha. Es importante destacar que las características biofísicas de estas superficies son adecuadas para la agricultura, ya que se trata de suelos del tipo entisol, con una profundidad promedio de 70cm y pendientes menores al 50%.

7. Discusiones

7.1. Identificación las zonas agrícolas que se encuentran bajo riego, en el cantón Catamayo, utilizando las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica

La Hacienda Ingenio Monterrey es una de las principales productoras de caña de azúcar en la región y cuenta con un sistema de riego impresionante, que abarca una extensión de 2160 hectáreas lo cual lo convierte en el sistema de riego más grande de todo el cantón, este sistema cuenta con una red de canales que se extiende por toda la hacienda y que provee de agua a los cultivos de caña de azúcar y en poca magnitud a hortalizas, asegurando así una producción constante y de calidad. Dichos resultados son similares obtenidos por Diaz, (2008) en el ingenio Valdez ubicado en la provincia de los Ríos en donde dicho Ingenio azucarero cuenta con 3000 ha.

Por otro lado, el sistema de riego de Verdum es mucho más modesto al antes ya mencionado, con una extensión de tan solo 106 hectáreas. En donde este sistema conlleva problemas hidráulicos y de producción debido a los monocultivos.

7.2. Caracterización de cada una de las zonas de riego del cantón en los ámbitos biofísico y socioeconómico, en la perspectiva de conocer su potencial agrícola y las acciones a tomar para fortalecerlo.

7.2.1. Características meteorológicas

El Cantón Catamayo es una región con una amplia variedad de climas y ecosistemas. La región cuenta con diversos sistemas de riego que se han implementado para aprovechar al máximo los recursos hídricos y mejorar la productividad agrícola.

El clima de los sistemas de riego presenta una temperatura media anual de 19.8 grados Celsius y una precipitación de 500 mm por año. El sistema de riego que registra las temperaturas más altas es el sistema de riego Malla con una temperatura media anual de 21.8 C, mientras que el sistema de riego Verdum presenta la menor temperatura, con 19 C. Es importante tener en cuenta que la temperatura en esta región puede variar significativamente según la ubicación geográfica y la altitud. En las zonas más elevadas de la región, la temperatura puede ser más fresca, mientras que en las zonas más bajas, como en el valle de Catamayo, la temperatura puede ser más cálida, como es el caso de la mayoría de los sistemas de riego.

En cuanto a la precipitación, el sistema de riego Guayquichuma registra la mayor cantidad de lluvia, alcanzando los 1645.3 mm por año, mientras que el sistema de riego Malla registra la menor cantidad de precipitación, con 773.5 mm por año. Moreno (2019) señala que la combinación de precipitaciones elevadas y altas temperaturas puede aumentar la evaporación y la acumulación de sales en el suelo, lo que puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas.

7.2.2. Características físicas y morfométricas

- **Pendiente**

El cantón cuenta con un relieve montañoso propicio para la agricultura. Sin embargo, en cuanto a los sistemas de riego en estudio, se observa que el sistema de riego Guayquichuma presenta pendientes elevadas que van desde el 25% al 50%, mientras que el sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey tiene pendientes planas que oscilan entre el 7% y el 12%. Kreuzer & Smith (2018) argumentan que las pendientes suaves permiten un buen drenaje del agua de lluvia, lo que reduce el riesgo de encharcamientos y anegamientos en los campos. Además, esto ayuda a prevenir la erosión del suelo y a conservar su fertilidad.

- **Geología y geomorfología**

La geología es un factor clave que influye en el diseño y construcción de los sistemas de riego. En el caso del Cantón Catamayo, se pueden identificar diferentes tipos de formaciones geológicas en las áreas donde se ubican los sistemas de riego. La geología predominante en la región está compuesta por aglomerados, tobas y capas de lava, estos depósitos son resultado de la actividad volcánica e hidrológica que ha tenido lugar en la zona durante millones de años. La presencia de estos depósitos puede influir en la calidad del suelo y la disponibilidad de agua en la región, lo que puede afectar la productividad agrícola.

Sin embargo, es importante destacar que existe una excepción en la región, y se trata del sistema de riego Guayquichuma, el cual presenta una geología diferente a la de los demás sistemas de riego. Este sistema se encuentra ubicado en una zona de granodiorita, una roca ígnea plutónica que se caracteriza por su textura gruesa y la presencia de cuarzo y feldespatos. La granodiorita es una roca resistente y duradera que puede ser favorable para la construcción de infraestructuras de riego, ya que puede soportar cargas pesadas y resistir la erosión. Además, Carrasco, (2020) argumenta que es una roca que es resistente a la intemperie y es una buena opción para proyectos de construcción en zonas con climas cálidos y húmedos.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la granodiorita también puede contener minerales que pueden ser reactivos con el agua y afectar la calidad del agua utilizada para el riego.

- **Tipo de suelo**

El tipo de suelo predominante en la mayoría de los sistemas de riego en el cantón es el entisol y el vertisol, dos tipos de suelo que se caracterizan por ser poco desarrollados y con baja fertilidad natural.

Los entisoles son suelos jóvenes y poco desarrollados, con una baja acumulación de nutrientes y una estructura pobre. Estos suelos se forman a partir de materiales recién depositados y tienen una baja capacidad de retener agua y nutrientes. Torres (2018) en su investigación empleada en Perú sobre Alojamiento bioclimático en la zona agrícola de rinconada de Puruhuay detalla que la presencia de suelos entisoles, junto con la presencia de material pedregoso, puede indicar una baja fertilidad del suelo debido a una baja retención de nutrientes y una alta permeabilidad. Sin embargo, un alto contenido de materia orgánica y nitrógeno en el horizonte superficial puede mejorar la fertilidad del suelo.

Por otro lado, los vertisoles son suelos ricos en arcilla, que presentan una alta capacidad de retener agua y nutrientes, pero también una alta plasticidad y susceptibilidad a la erosión. Además, Bernal et al, (2013) en su investigación empleada en Cuba provincia de habana afirman que estos tipos de suelos proporciona un gran potencial para el desarrollo de cultivos, ya que este tipo de suelo es rico en nutrientes y mantiene una buena retención de agua.

Sin embargo, una excepción en la región es el sistema de riego Guayquichuma, que presenta un tipo de suelo inceptisol + mollisol. Los inceptisoles son suelos jóvenes con una ligera acumulación de nutrientes, mientras que los mollisoles son suelos de pradera, muy productivos y ricos en nutrientes; la combinación de estos dos tipos de suelos puede ser favorable para la productividad agrícola en la zona.

7.2.3. Cuencas hidrográficas y recursos hídricos

El sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey cuenta con una mayor presencia de cuencas hidrográficas a nivel del Cantón. La cual es el río Catamayo y el río Guayabal; esto se debe principalmente a la gran extensión de área de riego que posee la hacienda, la cual se extiende a lo largo del cauce del río. Las cuencas hidrográficas del río Catamayo y el río Guayaba son unas de las más importantes de la región, lo que permite al sistema de riego de la Hacienda Ingenio Monterrey tener un suministro constante de agua, lo que mejora la productividad agrícola y la calidad de los cultivos.

Por otro lado, se encontró que el sistema de riego Guayquichuma cuenta con la menor presencia de cuenca hidrográfica, ya que solo cuenta como fuente de captación el río Yaguachi. Esto significa que este sistema de riego es más vulnerable a los cambios climáticos, como la disminución de la cantidad de lluvia y el aumento de la temperatura, lo que podría afectar la producción agrícola en la región. Rajadel, (2017) en su investigación realizada en Valencia afirma que la gestión adecuada de los recursos hídricos puede mejorar el caudal disponible en una zona de riego y además el uso de tecnologías como sistemas de monitoreo remoto y control puede ayudar a mejorar la eficiencia en la distribución del agua y aumentar el caudal.

La infraestructura hidráulica a nivel cantonal se basa principalmente en obras de tipo caucasiense o tirolésa, que constan de varias estructuras de hormigón, como un azud, un colchón disipador, muros laterales, una rejilla para la captación, un canal para la eliminación de sedimentos y un destripador. Sin embargo, el sistema de riego Guayquichuma es una excepción, ya que no se compone de obras hidráulicas y solo cuenta con una toma lateral de agua.

7.2.4. Características socioeconómicas

- **Tipo de cultivos**

Entre los cultivos más importantes en los sistemas de riego del cantón, se encuentra la caña de azúcar, la cual es el principal cultivo en la zona. Este cultivo es muy rentable y se destina en gran medida a la producción de azúcar y alcohol. Se cultivan 3 principales variedades de caña de azúcar, entre ellas: Puerto rico, República Dominicana y Cc89200 ; teniendo una producción promedio de 130 Tn/ha con un cuidado normal. Dichos resultados son similares a la investigación realizada por Navarrete, et al (2022), en San Carlos provincia de Manabí en donde su producción cuenta con 100 parcelas distribuida en 22 productores en donde producen entre 75-90 toneladas por hectárea.

Además, las hortalizas tales como el tomate, el pimiento y el pepino también son un cultivo muy común en los sistemas de riego de la zona teniendo una productividad de 40-60 quintales por hectárea. Dichos resultados son similares a los obtenidos por Suarez, (2020) en su análisis de producción de hortalizas en la región costera del Ecuador en donde se encontró que la mayor parte de la producción de hortalizas definida en tomate, papa, cebolla y lechuga en esta región se destina a la exportación, con una producción promedio por hectárea de entre 40 y 70 toneladas.

A pesar de que la región de Catamayo es muy fértil, algunos cultivos no son muy comunes en los sistemas de riego de la zona. Uno de estos cultivos es la piña, la cual no se produce mucho en la zona debido a que su cultivo requiere de condiciones específicas de suelo y clima.

Es importante destacar que la producción de estos cultivos en los sistemas de riego del cantón tiene un impacto significativo en la economía local. Además, la producción agrícola en la zona también es importante para garantizar la seguridad alimentaria de la población local.

- **Métodos de riego**

El principal método de riego utilizado en los sistemas de riego del cantón, es el de gravedad debido a su fácil manejo con los cultivos y a la rentabilidad económica que implica su uso. En contraste, el método de goteo es menos utilizado debido a los elevados costos de funcionamiento asociados con él.

Solo los sistemas de riego de la hacienda del Ingenio Monterrey, el Proyecto Malla y La Era emplean técnicas de riego, como laminas netas y kc, entre otras estrategias. Por otro lado, Verdum, San Pedro de la Bendita y Guayquichuma no implementan estas técnicas debido a sus culturas agrícolas arcaicas. Faustino y Jiménez Otárola (2000) detallan la importancia de considerar las implicaciones ambientales y socioeconómicas de los sistemas de riego, ya que el uso excesivo o el manejo inadecuado del recurso hídrico puede tener consecuencias negativas en la región. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de conservación y gestión sostenible para garantizar la equidad y la sostenibilidad en el uso del agua en beneficio de todos los habitantes de la región.

- **Organización y asociación de regantes**

En el cantón, el principal tipo de organización de regantes en los sistemas de riego es el comunal, en el cual los mismos conforman delegados encargados del funcionamiento del sistema. Estos delegados se reúnen en promedio quincenalmente para discutir y tomar decisiones en conjunto sobre el uso del agua y el mantenimiento del sistema de riego.

Este tipo de organización comunal tiene sus ventajas, ya que los usuarios del sistema de riego tienen un mayor control sobre el uso del agua y el mantenimiento del sistema. Además, fomenta la cooperación y la solidaridad entre los usuarios, lo que puede mejorar la gestión del agua y su uso sostenible en la región.

Por otro lado, en la hacienda Ingenio Monterrey, el sistema de riego funciona de manera diferente, ya que es una empresa privada. En este caso, la empresa tiene sus propias políticas internas y se encarga del funcionamiento del sistema de riego. Si bien este tipo de organización puede tener beneficios en términos de eficiencia y profesionalismo en la gestión del agua, también puede tener limitaciones en cuanto a la participación y el control de los usuarios del sistema de riego.

La administración de este sistema se basa en que solo 600 hectáreas son propiedad de la empresa, mientras que 1560 hectáreas son responsabilidad de cañicultores particulares, por lo que su consorcio es de tipo mixto. Las políticas de producción se basan principalmente en el alquiler del terreno, en donde tanto el cañicultor como la empresa tienen una rentabilidad alta.

7.3. Ejecución de una propuesta preliminar para determinar qué sectores más se pueden integrar al riego del cantón Catamayo

La afirmación de que las características biofísicas y climáticas de las superficies identificadas en la Figura 63 son adecuadas para la agricultura está respaldada por el diagrama planteado por (Chirin&Mejia, 2014); teniendo en cuenta que dicho modelo fue modificado debido a las pendientes de la provincia.

El tipo de suelo entisol es uno de los 12 tipos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional de Clasificación de Suelos (SICS), que se caracterizan por suelos poco desarrollados y una falta de horizontes distintivos. Estos suelos tienen una buena capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que los hace adecuados para la agricultura. La profundidad del suelo es un factor importante para la agricultura, ya que influye en la cantidad de agua y nutrientes que las plantas pueden absorber. Según la literatura científica, una profundidad mínima de 50 cm es adecuada para la mayoría de los cultivos, aunque algunos pueden requerir suelos más profundos.

Las pendientes menores al 50% son importantes para evitar la erosión del suelo y la pérdida de nutrientes. De acuerdo con la literatura científica, las pendientes ideales para la agricultura están entre el 0% y el 8%.

El cantón Catamayo cuenta con múltiples áreas verdes pero que el principal problema es la erosión de los suelos y sobre todo la falta de recurso hídrico en los sectores en donde existe muy poco caudal para el riego es por ello que en el presente estudio solo se tomó en cuenta características técnicas para la correcta elección incremento de áreas regables.

8. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que:

- El 4.35% de toda la superficie del cantón está conformada por áreas de riego establecidas lo cual abarca el 2824,43 ha; el 26.8% esta conformada por cultivos que no cuentan con un sistema de riego establecido lo cual implica 17393.2 ha y 44651.2 ha están destinadas a la conservación y ganado.
- Las principales características biofísicas del cantón son que el tipo de suelo predominante es el entisol con un relieve de tipo montañoso y pendientes del 7-12% y el principal método el principal método de riego utilizado es el riego por gravedad de lo cual 2358,55 ha están regadas de esta manera.
- Al analizar los datos socioeconómicos en el cantón de Catamayo, se puede afirmar que la producción de caña de azúcar es más rentable en comparación con otros monocultivos como son las hortalizas. La rentabilidad de la caña de azúcar alcanza un impresionante 39.6%, mientras que las hortalizas presentan una rentabilidad del 6%. Esta diferencia demuestra que la producción de caña de azúcar ofrece mayores beneficios económicos en la zona y que dentro del cantón se debe diversificar los cultivos.
- Al utilizar los SIG en conjunto con plataformas web actualizadas para la descarga de imágenes satelitales, como "Planet explorer", se obtuvo una gran ayuda para el análisis geomático. Se puede implementar el uso de estas estrategias en lugar de las técnicas convencionales, siempre y cuando se cuente con información verificada y actualizada del campo.

9. Recomendaciones

- Mediante los resultados obtenidos en la presente investigación se pudo determinar que las características biofísicas se pudieron realizar de mejor manera con análisis in situ y de laboratorio, siempre y cuando exista mayor tiempo establecido.
- Se pudo haber implementado la comparación de información satelital con mas de una plataforma para así escoger los mejores resultados y compararse entre si.
- Gestionar el apoyo con instituciones públicas del cantón para asi que exista mas recursos para ampliar este tipo de investigaciones que sirven para la toma de decisiones del cantón.

10. Bibliografía

- Acosta, M. (2010). EL CAMBIO CLIMÁTICO. ESTADO GENERAL DE LA CUESTIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO.
- Agudo, P. A. (2008). *La nueva cultura del agua del siglo XXI*. Sociedad Estatal Zaragoza Expoagua 2008.
- Aguirre-Cadena, J. F., Cadena-Iñiguez, J., Ramírez-Valverde, B., Trejo-Téllez, B. I., Juárez Sánchez, J. P., & Morales-Flores, F. J. (2016). Diversificación de cultivos en fincas cafetaleras como estrategia de desarrollo. Caso de Amatlán. *Acta universitaria*, 26(1), 30-38.
- Akbash, K. S., Pasichnyk, N. O., & Rizhniak, R. Y. (2018). Generalization of calculation methods for gender indices in demographic and social statistics. *Regional Statistics*, 8(2), 170-183.
- Alonso, J. A. (2013). *El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Editorial Club Universitario.
- Altamirano, T. (2021). *Refugiados ambientales: cambio climático y migración forzada*. Fondo Editorial de la PUCP.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7-24.
- Aquilón Hernández, A. E. (2022). *Caracterización físico-química de los principales abonos orgánicos comerciales, utilizados en la zona de Babahoyo* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- Balibrea, L. F. (2011). *Uso y gestión del agua en las zonas semiáridas y áridas* (Vol. 18). Editum.
- Ballesteros, H. B., & Aristizabal, G. L. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto*

invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Subdirección de Meteorología (Bogotá, Colombia). 96p.

Barros, V. (2004). *Cambio climático global*. Libros del zorzal.

Bastiaanssen, W. G., & Ali, S. (2003). A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Agriculture, ecosystems & environment*, 94(3), 321-340.

Benavidez Villacrés, C. A. (2010). Servidores WebMapping para Bases de Datos Espaciales. Aplicativo: Sistema de Información Geográfica (SIG) Prototipo del Cuerpo de Bomberos de Riobamba (Bachelor's thesis).

Benito, G. (2007). Riesgo de inundaciones: Tendencias históricas y perspectivas de acuerdo con el Cambio Climático.

Cagua, T. A. C. (2017). El cambio climático y sus implicaciones en la salud humana. *Ius Inkarrí*, (6), 329-342

Candarle, P. (2015). Técnicas de acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo agrícola,(CENADAC), Dirección de acuicultura.

Castañeda, L. F., Coreño, O., Nava, J. L., & Carreño, G. (2020). Removal of fluoride and hydrated silica from underground water by electrocoagulation in a flow channel reactor. *Chemosphere*, 244, 125417.

Chávez-Jiménez, A., & González-Zeas, D. (2015). El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *Ribagua*, 2(1), 3-13.

culada al cambio de uso del suelo en la subcuenca Catamayo, Ecuador.

Daga López, R. A. (2009). Determinación de áreas con aptitud para la expansión urbana con fines de ordenamiento territorial aplicando el análisis espacial

multicriterio: caso: cuenca baja del río Lurín.

- Delgado, D. F. F., & García, D. K. F. (2017). Los sistemas de información geográfica. Una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 9(1), 11-16.
- Díaz Nassi, C. E., & Pretel Sanchez, E. R. (2014). Diseño hidráulico y agronómico para un sistema de riego tecnificado del sector La Arenita, distrito Paiján-Chicama.
- Díaz, R. (2008). Caracterización Energética del Bagazo de Caña de Azúcar del Ingenio Valdez. Ecuador. *CARBON*, 24(23.48), 23-52.
- Dourojeanni, A. (1999). La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible.
- Escrivà, A. (2018). Aún no es tarde: claves para entender y frenar el cambio climático (Vol. 29). Universitat de València.
- Farell Baril, C. (2008). Simulación del requerimiento y suministro del agua en el municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México.
- Fernández, L. A., Castellanos, E. I., Díaz, M. L. V., Laguardia, A. M., & Santana, L. H. (2018). Remote supervision and control based on wireless technology to operation of central pivot irrigation machine. *Sistemas & Telemática*, 16(44), 63-74.
- Gaona Quesada, R. (2013). Factibilidad económica para el aprovechamiento de aguas tratadas de PTAR Atapaneo en módulos II al IV del DR020 Morelia-Queréndaro utilizando SIG.
- Hernández, M., & Morote, A. F. (2019). Evolución de los sistemas agrarios mediterráneos intensivos. Uso del agua y de la tierra (2000–2016). *El Regadío en el Mediterráneo Español. Una Aproximación Multidimensional*; Garrido, A., Pérez-Pastor, A., Eds, 35-75.

- Herrera Chong, E., & Coca Conesa, L. L. (2015). *“Módulo de análisis espacial estadístico descriptivo para el Sistema de Información Geográfica de la Universidad de las Ciencias Informáticas (SIG UCI) (Bachelor's thesis, Universidad de las Ciencias Informáticas. Facultad 6).*
- Iglesias, A., Estrela, T., & Gallart, F. (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla-La Mancha*, 303-354.
- IPCC (2014). Entregada concluyente del Quinto Informe de Evaluación: El cambio climático amenaza con impactos irreversibles y peligrosos, pero existen opciones para limitar sus efectos.
- Jaume, A. T. (2014). *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano*. Universidad de Alicante.
- Jumbo Flores, D. C. (2018). Estimación cualitativa y cuantitativa de la erosión hídrica vin
- Laza, C. A. (2019). Investigación y recogida de información de mercados. UF1780. Tutor Formacion.
- Lázaro, M. L., & González, M. J. G. (2005). La utilidad de los Sistemas de Información Geográfica para la enseñanza de la Geografía. *Didáctica Geográfica*, (7), 106-122.
- Llerena Vargas, H. G. (2009). *Influencia del cambio climático en el caudal del Rio Puyo y sus efectos en la Cuenca Hidrográfica de la Provincia de Pastaza en Ecuador (Bachelor's thesis).*
- López-Urrea, R., de Santa Olalla, F. M., Montoro, A., & López-Fuster, P. (2009). Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*, 96(6),

1031-1036.

- Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. E., & Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108.
- Marín Castro, S. I. (2015). Revaloración entre el Territorio Cuenca y Ciudad Intermedia. A partir de la dialéctica de los espacios reales, concebidos y percibidos: estudio de caso Cuenca del Río Chinchiná-Departamento de Caldas. *Escuela de Arquitectura y Urbanismo*.
- Martínez, M. F. (2006). *Más allá del Cambio Climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. Instituto Nacional de Ecología.
- Martínez-Rodríguez, B., & Viguera, M. R. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Turrialba, Costa Rica.
- Mas Monsonis, M. (2017). Uso de la teledetección y los SIG en la vigilancia de la calidad del agua: aplicación al Mar Menor.
- Mena, C., Ormazábal, Y., Llanos, J. L., & Díaz, J. (2007). Desarrollo de un sistema de información geográfica para mejorar la gestión del agua de riego del embalse Convento Viejo, Chile. *Agricultura técnica*, 67(1), 49-59.
- Mirassou, S. B. (2009). La gestión integral de los recursos hídricos: aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61-72.
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de ingeniería*, (33), 115-123.

- Oñate Valdivieso, F., & Bosque, J. (2010). Study of climate trends and generating regional climate change scenarios in a binational river basin in South America.
- Ordoñez Zambrano, J. J. (2015). *Diseño de una infraestructura de datos espaciales y su aplicación a la gestión de proyectos de exploración aurífera en el departamento de Antioquia-Colombia* (Master's thesis, Quito, 2015.).
- ORTIZ, G. H. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CENTRO DE COLABORACIÓN GEOESPACIAL DEL ESTADO DE MÉXICO* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO).
- Ortiz, R. (2012). El cambio climático y la producción agrícola. *Banco Interamericano de desarrollo*, 836.
- Ortiz-Calle, R., Cartagena-Ayala, Y., Morillo-Velarde, R., Vásquez-Mejía, C., Romero-Anchapanta, M., Erique-Agila, D., ... & Torres-Fierro, P. (2021). Efecto del riego por goteo de bajo volumen en el rendimiento del cultivo de fréjol variedad “Rojo del Valle” en los andes ecuatorianos. *Manglar*, 18(3), 253-260.
- Ouariachi, T., Gutiérrez-Pérez, J., & Olvera-Lobo, M. D. (2017). Criterios de evaluación de juegos en línea sobre cambio climático: Aplicación del método Delphi para su identificación. *Revista mexicana de investigación educativa*, 22(73), 445-474.
- Pantevis, M., & Torres, V. (2020). Geomorfología y Dinámica Fluvial del Rio Amazonas a la altura de Leticia, aplicado a zonas de inundación.

- Parra Betancourt, C. A. (2015). Aplicación de métodos hidrológicos para determinar el régimen de caudal ambiental (RCA) en la cuenca hidrográfica del río Cali.
- Peña, A. G. (2013). Evaluación de las extracciones de agua subterránea por métodos indirectos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México: aplicando la teledetección y SIG. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 141-149.
- Pérez, J. J. M., & Cantos, J. O. (2020). Climatic change and thermal comfort. Effects on the tourism industry in the region of Valencia. *Investigaciones Turísticas*, (20), 1-30.
- Pérez, R. M. I. (2022). Explosión demográfica y cobertura efectiva de agua para consumo doméstico: retos en sudcalifornia. Estudio del periodo: 2000-2020. *Prioridades locales de la gestión municipal*, 81.
- Poch Masegú, R. (2012). Riego y fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.): efecto sobre el rendimiento del cultivo y la contaminación subterránea por nitratos.
- Quesada-Rodríguez, J. (2017). Determinación de los requerimientos de agua para diferentes cultivos de la zona norte Cartago.
- Quispe Quispe, J. M., & Aucapuma Conde, W. (2011). Plan de gestión de riego en la subcuenca de Patacancha distrito de Ollantaytambo-Cusco.
- Rendón, D., 2003. Tectonic and sedimentary evolution of upper Aburra Valley, northern Colombian Andes. Mester thesis Shimane University. Japan. 124 p.
- Riascos, R., & Uber, J. (2010). Aislamiento e identificación de bacterias de la rizósfera de chontaduro y evaluación de su capacidad solubilizadora de fosfatos en los suelos del municipio Olaya herrera Departamento de Nariño.
- Rodríguez Eraso, N. (2012). Land-cover and land-use change and deforestation in

Colombia: spatial dynamics, drivers and modelling= Deforestación y cambio en la cobertura del suelo en Colombia: dinámica espacial, factores de cambio y modelización.

Sadoff, C. W., & Muller, M. (2010). *La gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: efectos anticipados y respuestas esenciales*. Estocolmo: Global Water Partnership.

Sierra, A. J. Z., Cardeña, J. R., Baena, J. C., Segura, J. L., & López, J. M. (2000). Predicción del caudal en redes de riego de cultivos intensivos. *Riegos y drenajes XXI*, (110), 40-45.

Silva Do Nascimento, A. K. (2018). Viabilidad técnica y económica de los servicios de asesoramiento al regante (SAR), así como su repercusión socioeconómica y medioambiental. Aplicación a un caso en España.

Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. *Estudio FAO: Riego y Drenaje (FAO) spa no. 66*.

Tchilinguirian, P., & Olivera, D. E. (2000). De aguas y tierras: aportes para la reactivación de campos agrícolas arqueológicos en la Puna Argentina. *Relaciones-Sociedad Argentina de Antropología*, (25), 99-118.

Tena, E. D. M., & Hernández, A. J. (2014). Nuestro medio ambiente: cápsulas facilitadoras para su aprendizaje en la realidad dominicana.

Toanga Oñate, S. D. (2015). Dinámica de uso del suelo rural en el periodo 1989-2009 y la variabilidad climática en comunidades Altoandinas de la provincia de Chimborazo (Bachelor's thesis, PUCE).

Toapanta Tene, J. P. (2022). *Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF* (Bachelor's thesis, Riobamba,

Universidad Nacional de Chimborazo).

- Torres Olortegui, M. L. (2018). Efecto de un bosque reforestado con eucalipto (*eucalyptus globulus*) en la calidad del suelo en la zona de Huacrachuco-Huánuco 2018.
- Valverde, T. (2005). Ecología y medio ambiente-Teresa Valverde Valdés, Zenon Cano-Santana.
- Vila, N. A., Brea, J. A. F., & Cardoso, L. (2018). Gestión del agua en la agricultura. análisis de países con potencial de crecimiento. *Agroalimentaria*, 24(47), 25-42.
- Villaseñor-Mir, H. E., Huerta-Espino, J., Rosa, H. S., Martínez-Cruz, E., Rodríguez García, M. F., Solís-Moya, E., ... & Ireta-Moreno, J. (2020). Barobampo C2015, nueva variedad de trigo cristalino para áreas de riego en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(2), 245-247.
- Zetina-Espinosa, A. M., Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. Á., Cruz-Jiménez, J., & Téllez-Delgado, R. (2013). Valor económico del agua en el distrito de riego 044, Jilotepec, Estado de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(2), 139-156.
- Zulaica, L., Vazquez, P., & Celemín, J. P. (2015). Servicios ecosistémicos y deforestación en la Selva Paranaense: Análisis comparativo en la Cuenca Binacional del río San Antonio (Argentina-Brasil) entre 2001 y 2011. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 34, 167-192.

11. Anexos

Anexo 1.

Zonas de riego

Anexo a:

Zona de riego de la Era año 2022



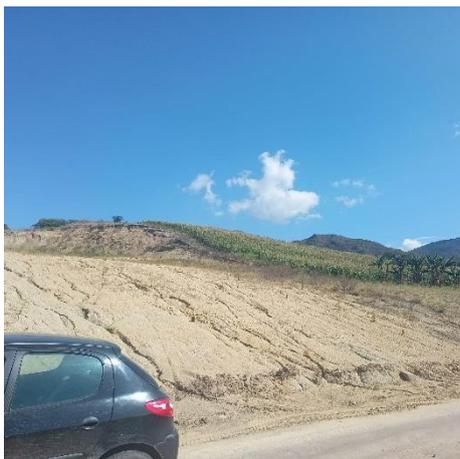
Anexo b:

Zona de riego de el Tambo año 2022



Anexo c:

Zona de riego Guayquichuma año 2022



Anexo d:

Zona de riego San Pedro año 2022



Anexo2.
Infraestructura hidráulica

Anexo e:

Fuente de captación Guayabal año 2022



Anexo f:

Fuente de captación Guayquichuma año 2022



Anexo g:

Fuente de captación La Era año 2022



Anexo3.

Datos climáticos de las estaciones cercanas a los sistemas de riego

CUADRO A3 : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE ESTACIONES CERCANAS A LOS SISTEMAS DE RIEGO DEL CANTON CATAMAYO (°C)

Año	Estación					
	La Argelía	Catachoca	El Cisne	Cajanuma	El Prado	El Tambo
1998	15	18,2	17,3	16,3	17,1	23,1
1999	14	17,2	18,3	16,5	17,2	24,2
2000	13,2	18,5	17,6	16	17,2	24,3
2001	15	17,5	16,8	16,3	17,3	23,3
2002	13,2	18,2	17,5	16,2	17,4	22,9
2003	16,2	18,5	17,6	16,3	18,1	23,7
2004	15,2	18	18,3	16,5	17,9	23,8
2005	13,5	18,3	17,6	16,4	17,5	23,5
2006	15,6	18,6	16,3	16,4	17,6	23,6
2007	16,2	17,9	16,9	16,5	17	23,8
2008	16,4	16,5	16,8	16	17,3	23,6
2009	15,2	18,6	16,9	16,5	17,4	23,6
2010	14,5	18,5	17,1	16,3	18,1	24,2
2011	13,2	18,3	18,6	16,3,9	17,9	24,3
2012	12,3	18,6	19,5	17,1	17,5	24,6
2013	13,9	18,9	18,6	16,3	18,1	24,9
2014	14,9	18,7	18,5	16,2	17,9	25,7
2015	15,2	19	18,6	16,5	17,5	24,3
2016	13,2	18,5	18,9	16,8	17,5	24,1
2017	15,7	18,5	18,6	16,2	17,6	24,7
2018	15,2	18,6	18,5,4	16,3	18,2	24,9
2019	15,3	18,9	17,9	16,5	17,6	25,1
2020	15,3	19,1	18	16,2	16,9	24,4

CUADRO A3 b : PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE ESTACIONES CERCANAS A LOS SISTEMAS DE RIEGO DEL CANTON CATAMAYO (mm/año)

Año	Estación					
	La Argelía	Catachoca	El Cisne	Cajanuma	El Prado	El Tambo
1998	1896	1536	2003,6	1789,6	2001,6	1694,3
1999	1875	1600	2010,6	18003,2	2005,6	1700,0
2000	1879,6	16002	2005,6	1785,6	2001,3	1699,5
2001	1900	1569	2001,3	1806,5	204,5	1695,3
2002	1856	1656,3	204,5	1803,6	2009,5	1694,8
2003	1859	1658,4	2009,5	1900	1998,6	1698,6
2004	1795	1652,6	1998,6	1899,3	2006,3	1700,0
2005	1895	1537	2006,3	1803,8	2003,6	1772,3
2006	1896	1600	2003,6	1789,6	2003,5	1698,5
2007	1875	16002	2010,6	18003,2	2002,2	1669,0
2008	1879,6	1569	2005,6	1801	2001,3	1699,5
2009	1900	1656,3	2001,3	1806,5	1999,6	1695,3
2010	1856	1658,8	204,5	1803,6	200,3	1694,8
2011	1859	1652,6	2009,5	1900	2002,6	1698,6
2012	1795	1657,3	1998,6	1899,3	2005,6	1700,0
2013	1895	1658,8	2006,3	1803,8	2001,3	1772,3
2014	1879,6	1653,6	2003,6	1789,6	204,5	1698,5
2015	1900	1569	2010,6	18003,2	2009,5	1669,0
2016	1856	1656,3	2005,6	1785,6	1998,6	1694,8
2017	1859	1658,4	2001,3	1806,5	2006,3	1698,6
2018	1795	1652,6	204,5	1803,6	2006,3	1700,0
2019	1895	1537	2009,5	1900	2010,8	1772,3
2020	1863	1540,5	1998,6	1865	20015,3	1695,0

Anexo4.
Certificación de traducción Abstract

CERTIFICATE OF TRANSLATION

I, Mario Castillo Jiménez, am competent to translate from Spanish into English, and certify that the translation of Summary of Biophysical and socio-economic characterization of the irrigation zones of the Catamayo canton, using geomantic tools. Is true and accurate to the best of my abilities.



MARIO IVAN CASTILLO
JIMENEZ

Mario Castillo Jiménez

Signature of Translator

Name of Translator

Jose Antonio Eguiguren y Sucre esquina.

Address of Translator

099 3630682.

Telephone Number of Translator