

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental



“ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA COMO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LOS CULTIVOS DE CEBADA (*Hordeum vulgare.*), MAIZ (*Zea mays L.*), TRIGO (*Triticum aestivum*) Y PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL DISTRITO DE QUISHUAR- HUANCVELICA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autoras:

Debora Milagros Fernandez Vergara

Milagros Estefani Huamani Moreno

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

A Jehová Dios, por ser mi fortaleza y mi guía contaste. Por sus sabios principios que me enseñan y educan, siendo el verdadero principio del conocimiento.

A mi mejor amigo, mi consejero personal, mi apoyo constante y mi motivación; mi papá Alberto Fernández y a mi madre Hibón Vergara por trasmitirme siempre fuerza de voluntad, el sentido de responsabilidad y compromiso para continuar. A mi hermano menor, Daniel, por alegrarme los días y compartirme tus pensamientos positivos para ver cada día de forma positiva

DÉBORA

A Dios, por ser testigo clave de mis días de sacrificio y nunca abandonarme, fortaleces mi alma con cada paso que doy guiándome hacia buenas personas que aclaren mis ideas de esperanza y sobrepasar dificultades momentáneas iluminándome de conocimiento y buena paciencia. También va dirigido A mi familia en especial a mi madre, que me formaste como un ser luchador que siempre busca salir adelante, que los sueños existen para quien se los proponga y que nada ni nadie te puede limitar sobre ellos, tú que escuchaste mis miedos y también mis metas y respondías preocupada y emocionada, tú que te dolía el cuerpo por cada trabajo mal pagado y solo me miraste para decir vales la pena, a ti te dedico todos mis logros porque no hay mamá tan llena de amor que tú.

MILAGROS

AGRADECIMIENTO

A mis amados padres, por su constante motivación y fortaleza. Por acompañarme en cada momento difícil, instruyéndome en valores y principios para encaminarme en la vida.

A mi tía Carmen Fernández por su rigurosa y cariñosa motivación para seguir adelante culminando esta etapa estudiantil.

Al Ing. Carlos Zapata y a la Ing. Maritza Rodríguez por sus oportunos conocimientos en la materia y sus aportes teóricos.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Antecedentes	15
1.2.1. Internacionales	15
1.2.2. Nacionales	17
1.3. Definiciones conceptuales	19
1.3.1. Zonificación	19
1.3.2. Factores Climáticos	19
1.3.3. Factores Edafológicos	19
1.3.4. Fisiografía	20
1.3.5. Producción Agrícola	20
1.3.6. Manejo Adecuado Agrícola	20
1.3.7. Agroecología	21
1.3.8. Sistemas de información Geográficos	21
1.3.9. Análisis Geoespacial	21
1.4. Justificación	21
1.5. Formulación del problema	22
1.6. Objetivos	23
1.6.1. Objetivo general	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
1.7. Hipótesis	23
1.7.1. Hipótesis general	23

1.7.2.	Hipótesis específicas	24
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		24
2.1	Tipo de investigación	24
2.2	Unidad de Estudio	25
2.2.1	Ubicación del área de estudio	25
2.2.2	Limites	25
2.2.2	Demografía	27
2.2.3	Economía	27
2.2.4	Geología y topografía	28
2.2.5	Capacidad de uso mayor del suelo	29
2.2.6	Uso Actual del suelo	29
2.3	Población y muestra	31
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de Datos	31
2.4.1	Técnica de Recolección de datos	31
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos	32
2.5	Análisis de datos	32
2.5.1	Materiales Generales:	32
2.5.2	Materiales Cartográficos:	33
2.5.3	Materiales de Gabinete:	33
2.5.4	Software y equipos	33
2.6	Procedimiento metodológico	34
2.6.1	Primera fase: Caracterización del componente ambiental mediante sus variables edafológicas y meteorológicas	34
2.6.1.1	Variables edafológicas	34
2.6.1.2	Variables Meteorológicas	36
2.6.1.3	Temperatura	37
2.6.2	Segunda fase: Definición de los parámetros agroecológicos para los cultivos de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), maíz (<i>Zea mays L.</i>), trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	37
2.6.2.1	Requerimientos Agroecológicas para el cultivo de la cebada	38
2.6.2.2	Requerimientos agroecológicos para el cultivo del trigo	39
2.6.2.3	Requerimientos agroecológicos para el cultivo del maíz	40
2.6.2.4	Requerimientos agroecológicos para el cultivo de la papa.	41
2.6.3	Tercera fase: Construcción del modelo para la zonificación agroecológica para los cultivos de papa, cebada, maíz y trigo.	42

2.7	Aspectos Éticos	45
CAPÍTULO III. RESULTADOS		47
3.1	Caracterización ambiental en el Distrito de Quishuar mediante sus variables edafológicas y meteorológicas:	47
3.1.1	Variables edafológicas:	47
	A. Clasificación de suelo	47
	B. Textura del suelo	50
	C. Profundidad de suelo	50
	D. Drenaje	52
	E. Pedregosidad o Gravosidad	54
	F. Potencial de Hidrógeno (pH)	56
	G. Materia orgánica	58
	H. Permeabilidad	60
	I. Pendiente	62
3.1.2	Variables meteorológicas:	65
	A. Precipitación:	65
	B. Temperatura:	68
3.2	Parámetros agroecológicos para los cultivos de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), maíz (<i>Zea mays L.</i>), trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	71
3.2.1	Parámetros agroecológicos para la cebada	71
3.2.2	Parámetros agroecológicos para el trigo	76
3.2.3	Parámetros agroecológicos para el maíz	80
3.2.4	Parámetros agroecológicos para la papa	84
3.3	Modelo y mapas de zonificación agroecológica	88
3.3.1	Zonificación agroecológica para el cultivo de cebada	88
3.3.2	Zonificación agroecológica para el cultivo de trigo	92
3.3.3	Zonificación agroecológica para el cultivo de maíz	95
3.3.4	Zonificación agroecológica para el cultivo de papa	98
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		101
4.1	Discusión	101
4.2	Conclusiones	108
REFERENCIAS		111
ANEXOS		119

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extensión (km^2) de uso actual del suelo en el distrito de Quishuar	30
Tabla 2. Estaciones Meteorológicas	36
Tabla 3. Criterios seleccionados para el cultivo de cebada	38
Tabla 4. Criterios seleccionados para el cultivo de trigo	39
Tabla 5. Criterios seleccionados para el cultivo de maíz	40
Table 6. Criterios seleccionados para el cultivo de papa	41
Tabla 7. Codificación por variable edafológica y meteorológica	43
Tabla 8. factor Ponderativo de variables	44
Tabla 9. Unidades de suelo del distrito de Quishuar	48
Tabla 10. Extensión (km^2) de la profundidad del suelo en el distrito de Quishuar	52
Tabla 11. Extensión (km^2) de drenaje del suelo en el distrito de Quishuar	54
Tabla 12. Extensión (km^2) de pedregosidad del suelo en el distrito de Quishuar	56
Tabla 13. Extensión (km^2) de potencial de hidrógeno del suelo en el distrito de Quishuar	58
Tabla 14. Extensión (km^2) de materia orgánica del suelo en el distrito de Quishuar	60
Tabla 15. Extensión (km^2) de permeabilidad del suelo en el distrito de Quishuar	62
Tabla 16. Extensión de pendientes en el distrito de Quishuar	63
Tabla 17. Precipitación promedio mensual y anual total del 2009 al 2019	65

Tabla 18 Temperatura media mensual total y anual (años)	69
Tabla 19. Parámetros agroecológicos para el cultivo de cebada y peso por criterio	74
Tabla 20. Parámetros agroecológicos para el cultivo de trigo y peso por criterio	78
Tabla 21. Parámetros agroecológicos para el cultivo de maíz y peso por criterio	82
Tabla 22. Parámetros agroecológicos para el cultivo de papa y peso por criterio	86
Tabla 23. Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de cebada en el distrito de Quishuar	92
Tabla 24. Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de trigo en el distrito de Quishuar	
Tabla 25. Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de maíz en el distrito de Quishuar	98
Tabla 26. Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de papa en el distrito de Quishuar	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	27
Figura 2: Mapa de uso actual del suelo del distrito de Quishuar	30
Figura 3. Diagrama de la zonificación agroecológica	43
Figura 4: Mapa de clasificación de suelos	50
Figura 5 : Mapa de Profundidad del suelo del distrito de Quishuar	52
Figura 6: Mapa de drenaje del suelo del distrito de Quishuar	53
Figura 7: Mapa de pedregosidad de suelo del distrito de Quishuar	56
figura 8: Mapa de potencial de hidrógeno en el distrito de Quishuar	58
Figura 9: Mapa de Materia orgánica del suelo en el distrito de Quishuar	60
Figura 10: Mapa de Permeabilidad del suelo del Distrito de Quishuar	62
Figura 11. Mapa de pendientes del distrito de Quishuar	65
Figura 12. Variabilidad de la precipitación de las estaciones aledañas a Quishuar en un promedio de 10 años desde el 2009 al 2019	67
Figura 13: Mapa de Precipitaciones del Distrito de Quishuar	68
Figura 14. Variabilidad de la temperatura de las estaciones aledañas a Quishuar en un promedio de 10 años desde el 2009 al 2019	70
Figura 15: Mapa de temperaturas del distrito de Quishuar basadas en la altitud.	71
Figura 16. Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de Cebada	91

Figura 17. Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de Trigo	94
Figura 18. Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de Maíz	97
Figura 19: Mapa de zonificación agroecológica para el cultivo de papa	100

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Modelo de integración de variables	44
Ecuación 2: Modelo de integración en base a variables	89
Ecuación 3: Modelo de integración para el cultivo de cebada	89
Ecuación 4: Modelo de integración para el cultivo de trigo.....	99
Ecuación 6: Modelo de integración para el cultivo de papa	99

RESUMEN

En la actualidad los sistemas de información geográfica contribuyen como estrategias de planificación y gestión ambiental. Una de sus aplicaciones es la zonificación agroecológica, herramienta base para un adecuado y óptimo ordenamiento encontrando zonas con características homogéneas que proporcionan información valiosa para potenciar el desarrollo de cultivos sin dañar los recursos naturales. El presente estudio tuvo como propósito elaborar la zonificación agroecológica para los principales cultivos del distrito de Quishuar- Huancavelica (cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) a través de su caracterización ambiental. Para ello se tomó como guía los requerimientos de cada cultivo identificados mediante la recopilación de estudios científicos guiados por la zonificación ecológica económica del departamento de Huancavelica. La información cartográfica fue obtenida en formato tiff o shapefile y se aplicó la metodología de la superposición ponderada y la superposición de mapas temáticos en conformidad a las variables edafológicas y meteorológicas locales, identificando zonas sostenibles para su desarrollo. Los resultados evidencian cuatro zonas de aptitud agroecológica para los cultivos en el distrito clasificados de menor a mayor de baja adaptación a muy buena adaptación. Se encontró en mayor proporción áreas con regular a buena adaptación debido a limitaciones edafológicas.

Palabras clave: zonificación agroecológica, sistemas de información geográfica cebada, maíz, trigo, papa

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, el desarrollo de una nación surge de la evaluación de los recursos naturales y su influencia en el medio ambiente, en los cuales la planificación de recursos se apega cada vez más a la realidad ecológica de las áreas de producción. Esto se logra al contar con herramientas que permitan identificar alternativas de usos sostenibles, tomando como base las herramientas de sistema de información geográficas y sus aplicaciones como la zonificación agroecológica, priorizando la identificación de zonas potenciales para el desarrollo de una agricultura estratégica y sostenible.

Al respecto el estudio realizado por Salgado (2013) en México explica que “la importancia de la relación de los consumidores (sociedad), el medio biótico y las tecnologías ejercidas, permite el desarrollo de una agricultura sustentable” (p.134). Naciendo como respuesta la finalidad de construir alternativas y proponer soluciones en el aprovechamiento de los recursos del suelo para el aprovechamiento de estos en áreas de producción de cultivos.

De igual forma, En América latina y el Caribe, FAO (2015) considera “la producción sostenible de cultivos básicos como alimento, que minimizan la presión en los recursos naturales y generan un manejo adecuado de la diversidad usando variedades autóctonas y policultivos” (p. 2). El establecimiento de cultivos debe guardar relación con el hábitat donde se encuentra y un buen diseño de infraestructura para que se encuentre un equilibrio de los recursos como el suelo, el agua y el aire, siendo la zonificación agroecológica viable para un adecuado desarrollo de diversos cultivos.

En el territorio peruano, el ministerio de agricultura y riego (MINAGRI) viene implementando la elaboración de mapas de zonas agroecológicas permitiendo un mejor uso del suelo agrario y sus perspectivas en los cultivos identificando alternativas de usos sostenibles con la finalidad de que el productor agrario pueda elegir las zonas óptimas para un cultivo adecuado sin perjudicar los recursos como el suelo, la flora y fauna (MINAGRI, 2019).

El distrito de Quishuar, ubicado en la Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica, es considerado como un distrito de conducta económicamente activa en el sector agrícola; información validada a partir de la propuesta sobre el plan de desarrollo urbano dentro del distrito realizado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) siendo su principal fuente de ocupación e ingresos de las familias (70.2 %) con un valor bruto que asciende a S/. 380,958 (MVCS, 2007). Sin embargo, una de las problemáticas del distrito de Quishuar en el sector agrícola está sujeta al potencial tradicional humano y al desconocimiento de áreas óptimas para el desarrollo de sus cultivos oriundos. La investigación entre otras afirmaciones recalca que la zona contiene cultivos característicos como la papa y tuna además de granos oriundos como maíz, cebada o trigo (MVCS, 2007). Siendo estos últimos de gran importancia mundial por sus características nutricionales y en las que se basará la presente investigación, mediante la realización de mapas de zonificación agroecológica para impulsar su desarrollo y evitar prácticas tradicionales que dejen secuelas en el recurso del suelo y la inadecuada diversificación de los recursos.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Internacionales

Se tiene el estudio realizado por Gonzales & Hernández (2016) titulado: “Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México” cuyos objetivos fueron la elaboración de la ZAE partir de condiciones geomorfológicas, climáticas y edafológicas, tomándose variables de Textura y condiciones, nivel de erosión, materia orgánica, salinidad, pedregosidad. Las variables fueron trabajadas con vistas a la construcción de un modelo integrado que optimice las potencialidades del cultivo. Su estudio tiene como resultados las zonas aptas de producción en función a la inclinación de laderas, hipsometría y potenciales de relieve mostrando el 5% del territorio con potenciales óptimos.

Barrios (2016) en su estudio titulado: “Zonificación agroecológica para el cultivo de arroz de riego en Colombia” cuyo objetivo fue Realizar la Zonificación y caracterización ambiental del sistema de arroz de riego tomando variables como clima, suelo, ensayos de riego, estrés abiótico y rendimiento del arroz, utiliza la Caracterización de la zona de estudio, la Parametrización y evaluación del cultivo mediante el modelo de red neuronal en el Sistema de información Geográfica. Los resultados muestran la tasa de desarrollo fenológico y de incremento de la biomasa. Su estudio concluye que la zonificación agroecológica aporta conocimientos de gran potencial para conocer las etapas fenológicas y condiciones requeridas para el desarrollo óptimo del cultivo.

En otro estudio realizado en el estado de Carabobo-Venezuela, para el cultivo del maíz y cómo poder obtener una producción agrícola viable del cultivo, se tomaron aspectos de la condición del suelo y clima de la zona, los tipos de relieves y los lineamientos

hídricos de los cultivos aportando resultados de la humedad del suelo que dieron una superficie de 520 km^2 de tierras agrícolas aptas para el cultivo del maíz, gracias a ello se ubica al cultivo según la estación de crecimiento y la ubicación en zonas adecuadas para su producción (Olivares et al., 2018).

Zambrano (2018) en su estudio titulado: “Evaluación de zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) mediante análisis multicriterio, Manabí” tuvo la finalidad de determinar zonas aptas agroecológicamente y con características de sostenibilidad mediante la toma de parámetros como medios ecológicos, variables de recursos naturales y organización de los recursos del suelo. La metodología empleada fue tomada de la FAO establecida en 1997 usando SIG como herramienta en los análisis de suelo y clima. La autora describe que la implementación de herramientas del SIG permite limitar zonas con distintas clases de adaptabilidad.

Por otro lado, Caza (2018) en su estudio: “Zonificación Agroecológica para los cultivos de maracuyá (*Pasiflora edulis*), café (*Theobroma cacao*) en la parroquia rural de San Isidro, Provincia de Manabí” toma como base las características ambientales y factores para el desarrollo óptimo del maracuyá. Como metodología trabaja mediante la recopilación edafológica de instituciones nacionales y requerimientos climáticos para construir mediante una superposición de mapas. Los resultados presentan al cultivo de maracuyá con un porcentaje de aptitud 7,86%, el café con 5,23% y el cacao con 11, 61%. El estudio concluye que la zonificación agroecológica viabiliza la facilitación de los procesos de planificación del desarrollo rural.

1.2.2. Nacionales

El Perú cuenta con más del 80% de zonas de vida; encontrándose con diversidad de ecosistemas en conjunto con la mega diversidad que han servido de sostenibilidad para su producción. Esta diversidad ha contribuido en el desarrollo de metodologías que optimicen su desarrollo y su contribución (Gómez y Flores, 2015).

Montañez (2014) en su estudio titulado “Diagnóstico participativo de los factores productivos limitantes en el desarrollo agrícola del anexo de Santa Rosa de Patahuasi del Distrito de Huanca - Angaraes – Huancavelica” identificó elementos ligados a la producción y que delimitan el desarrollo de la agricultura. Su estudio utiliza un método descriptivo en base a la recopilación de información antecesora de la población estudiada, la realización de una zonificación y la productividad. Para el desarrollo de los objetivos el autor destaca como herramientas la recopilación de documentos, recorrido y talleres con la comunidad, tomando como muestra 24 familias dedicadas a la agricultura. Los resultados permitieron identificar el proceso en los cambios ecosistémicos en el desarrollo de cultivos y sus repercusiones. Su estudio concluye que la relación de los pisos altitudinales está altamente ligada en el uso agrícola y la relación con criterios climáticos, morfológicos, entre otros.

Por otro lado, el estudio realizado por Salas et al. (2017) titulado “Microzonificación agroecológica de sistemas agrosilvopastoriles empleando un modelo de procesamiento basado en SIG en parcelas en la provincia de Bongará, Amazonas (Perú)” cuyo objetivo fue realizar una zonificación agroecológica productiva con la finalidad de mejorar la distribución espacial del suelo, tuvo las variables de estudio las herramientas de geoprocésamiento en base a las características edafológicas y climáticas de la zona en dos épocas con temperaturas distintas, además de 32

muestreos de suelo mediante calicatas con dimensiones de 1 m de ancho por 1.50 m de largo de profundidad variable, para la descripción de horizontes y perfiles del suelo. La caracterización de zonas agroecológicas fue desarrollada mediante la herramienta cartográfica Molder Builder. Como resultado se desarrolló 7 mapas de zonificación agroecológica y sus niveles de adaptabilidad en base a su proporción. Se destacan los cultivos de papa (40,08%), maíz (23,79%), cedro colorado (25,81%), aliso (18,72%), pasto (45,28%), oville (72,25%) y kikullo (31,61%). El estudio concluye que la zonificación agroecológica es una importante herramienta de gestión ambiental que permite analizar alternativas para un mejor recurso del suelo.

Guimarey (2018) en su estudio “Propuesta de zonificación Agroecológica para el manejo ambiental de la subcuenca del Bolsón Cuchara, región Huánuco” con el objetivo de realizar una zonificación agroecológica como herramienta para una gestión ambiental, utilizó como herramientas base la zonificación ecológica económica realizada en el sector Huánuco y la recopilación de mapas, tablas, gráficos y estadísticas de información ecológica, climática edafológica, vegetación existente y datos socioeconómicos. El resultado de su estudio fue reconocer tres zonas agroecológicas productivas que permitió identificar propuestas para mejorar la calidad del suelo.

Lliuyac (2018) en su estudio “Análisis de los factores limitantes en la producción agrícola de la comunidad campesina de Lirio Leoncio Prado del distrito de Congalla Angares- Huancavelica” con el objetivo de determinar los factores limitantes en la agricultura. Toma como muestra 70 comuneros. Además, se realizó encuestas y sesiones con los productores agrícolas. La zonificación agroecológica fue dividida en tres grupos altitudinales y el análisis de capacidad de uso mayor del suelo. Se identificó

la escasez de tierras aptas para cultivos. Sin embargo, en pisos altitudinales a 3500 msnm hay relevantes cultivos de papas, kiwicha, quinua, habas, entre otros.

A su vez el estudio de Lipa & Goyzueta (2018) titulado: “Zonificación y modelamiento agroecológico para el cultivo de café (*Coffea arabica l.*) utilizando la tecnología de SIG y teledetección en el CIP Tambopata – Sandia – Puno” realizó la zonificación agroecológica destacando características potenciales tomando como base uso mayor del suelo mediante variables biofísicas en categorías de aptitud, encontraron, mediante un diagnóstico territorial, la elaboración de mapa base, etapa de campo y etapa de laboratorio que gran parte del territorio del CIP Tambopata presenta factores favorables de café cumpliendo con sus requerimientos.

1.3. Definiciones conceptuales

1.3.1. Zonificación

La zonificación según el Ministerio del Ambiente es un proceso dinámico y flexible que permite identificar alternativas de usos sostenibles en el territorio (MINAM, 2017).

1.3.2. Factores Climáticos

El clima es la agrupación de estados de tiempo atmosféricos (temperatura, precipitación, humedad, relación con el viento, etc.) considerados en un periodo y producidos en un lugar determinado (FECYT, 2004).

1.3.3. Factores Edafológicos

La edafología es una rama de la ciencia que se encarga del análisis del suelo, sus características y composición. El suelo es un componente significativo en los sistemas de producción agrario, su manejo integral permite lograr condiciones edáficas sustentables en el crecimiento de cultivos (Muhammmad, 2016).

1.3.4. Fisiografía

La Fisiografía, según Carl O,Sauer, en su investigación: “Morfología del paisaje” hace referencia a las ciencias generales de la tierra que ocupan y permiten procesos físicos en conjunto siendo una base del clima, la geología y la morfología del suelo (Sauer, 2006)

La relación que guarda la geoforma, material parental y la topografía (factores importantes en a fisiografía) participan en el origen y desarrollo del proceso evolutivo del suelo, con el grado de alerta natural en la cobertura vegetal que son la generación de la explotación agropecuaria y hasta la ubicación de los asentamientos humanos como parte de la infraestructura (Lipa & Goyzueta,2018).

1.3.5. Producción Agrícola

El termino producción agrícola en la economía es utilizada como referencia a la variedad de productos y el beneficio generado de la actividad agrícola como resultado (Lipa & Goyzueta, 2018).

1.3.6. Manejo Adecuado Agrícola

Se encuentra ligado a factores como minimizar la degradación del suelo agrícola en relación con la maximización de su producción; comprende en conjunto el laboreo de cultivos y el adecuado manejo sobre ello con la valorización de elementos principales como recurso agua y recurso suelo en busca de la conservación de la biodiversidad a partir de la evaluación de porcentajes de sustentos alimenticios proporcionados e instrumentos dados por la naturaleza (Altieri y Nicholls, 2000).

1.3.7. Agroecología

Relacionada con la naturaleza y la sensibilidad social donde el querer obtener una producción sostenible, sea un trabajo en conjunto con la cultura indígena-campesina a través de la inducción ecológica, es más importante que la aglomeración de cultivos convencionales con factor desgaste del suelo agrícola en desacuerdo al valor ganancias por producción agroindustrial impuesta y desmedida (Castillo, 2009).

1.3.8. Sistemas de información Geográficos

Un sistema de información Geográfica también conocido como SIG; según Carmona & Monsalve (2020) menciona que el sistema de información geográficas “es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y traficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es: Un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre” (pag.8), con la finalidad de dar soluciones a problemas complejos en la empleo y distribución de la tierra mediante la aplicación del sistema operativo y datos exactos de la superficie terrestre (Carmona & Monsalve, 2002).

1.3.9. Análisis Geoespacial

Descrito por Bosque Sendra (1992) como un análisis espacial lo define como “el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se considera de alguna manera, sus características espaciales.

1.4. Justificación

Basándonos en lo mencionado en el apartado de realidad problemática se observa que el sector agrícola del distrito de Quishuar materializa la producción “agricultura

tradicional” donde se segmenta cultivos por criterio de adaptabilidad en suelos para ciertas áreas causados por la poca tecnificación, ausencia de evaluación de recursos naturales y un uso muy bajo de tecnología que emplean en el desarrollo.

Es de considerar que, la agricultura sostenible es aquella que permite emplear una producción agrícola que diversifique los cultivos y genere el aumento de producción, sin sobre explotar a la naturaleza, lo mencionado es posible conociendo plenamente los recursos naturales que maneja el área en estudio. Debido a ello la presente investigación utiliza el Sistema de Información Geográfica(SIG) para el manejo de información georreferenciada y recopilación de datos para el análisis y administración en la elaboración de mapas a través de variables edafológicas y meteorológicas encontrados en la zona en estudio que permitirá dar a conocer la zonificación agroecológica en la capacidad potencial que representa dichas áreas referido a las características propias del suelo y el tipo de clima ideal para el desarrollo de los cultivos seleccionados (trigo, cebada, maíz y papa). Este mecanismo permite la disminución de riesgos a los que puede estar sometidos la agricultura y logra una explotación racional de los recursos naturales (FAO, 2017), el cual será de vital importancia para una cosecha racional y con miras a generar ingresos óptimos que podrían llevar a convertir un área considerada como sector pobre a un área en vías crecientes de desarrollo agrícola (FAO, 2018).

1.5. Formulación del problema

¿De qué manera influye la zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica para los cultivos de la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays L.*), el Trigo (*Triticum aestivum*) y la papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar – Huancavelica?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Elaborar la Zonificación Agroecológica para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar.

1.6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el componente ambiental para el Distrito de Quishuar mediante sus variables edafológicas (textura del suelo, pH, pedregosidad, permeabilidad, drenaje, pendiente) y meteorológicas (precipitación y temperatura).
- Seleccionar los parámetros agroecológicos para los cultivos de los cultivos de la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays L.*), el trigo (*Triticum aestivum*) y la papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar
- Establecer la zona de aptitud agroecológica óptima para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*).

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

Al realizar la zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica se logró identificar zonas con una calidad de buena adaptación, regular adaptación o baja lo cual permitirá dar un adecuado uso del recurso suelo en los cultivos seleccionados cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) del distrito de Quishuar.

1.7.2. Hipótesis específicas

- La caracterización ambiental en sus variables meteorológicas (precipitación - temperatura) y edafológicas (textura, pH, profundidad, permeabilidad, drenaje, pendiente) tuvieron un impacto en la identificación de zonas más adecuadas para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito Quishuar.
- Los requerimientos agroecológicos propios de los cultivos seleccionados generaron una influencia en identificar áreas potenciales para el diagnóstico propuesto en el distrito de Quishuar.
- Las zonas agroecológicas óptimas influyeron en la determinación de zonas óptimas para el desarrollo sostenible del cultivo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo no experimental cuantitativa, aplicada pues utiliza la recopilación de datos y estudios previos para la comprobación de hipótesis y la construcción de estadísticas porcentual en base a los resultados (Hernández y Bautista, 2014). Para la zonificación de ciertos sectores que representan grado de potencialidad en el distrito de Quishuar se desarrolló de acuerdo a la metodología mostrada en el Modelo de integración de variables (ver ecuación 1), teniendo como variables limitantes el suelo, el clima y la pendiente, el cual se desarrolló a partir de la recopilación de datos obtenida por SENAMHI

y complementar con información satelital base para que a partir de ello obtener las variables de la zona que intervengan en el estudio, teniendo ciertas particularidades cada uno, de acuerdo a los requerimientos de los cultivos seleccionados en el presente estudio.

2.2 Unidad de Estudio

2.2.1 Ubicación del área de estudio

El distrito de Quishuar fue creado el 06 de marzo de 1957, mediante la ley 12816, separándose del distrito de Salcabamba. Como sistema poblacional, se caracteriza por concentrar la menor cantidad de la población con el 0,98% de la población total provincia (MVCS, 2007).

El área de estudio (distrito de Quishuar) se encuentra localizado en la provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica en la parte central andina del país con una latitud de 3130 msnm y una superficie de 31.54 km^2 (MVCS, 2007). Se ubica entre las coordenadas de $12^\circ 14' 28''$ latitud sur y $74^\circ 46' 32''$ latitud oeste perteneciente a la zona 18 S en coordenadas UTM (MVCS, 2007) (ver figura 1).

2.2.2 Límites

Los límites del área de estudio son recopilados gracias a la información brindada por MVCS en el año 2007.

- Por el norte: Salcabamba
- Por el sur: Daniel Hernández, Surcubamba
- Por el este: Salcabamba, Colcabamba
- Por el oeste: Salcabamba

MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE QISHUAR- HUANCAVELICA

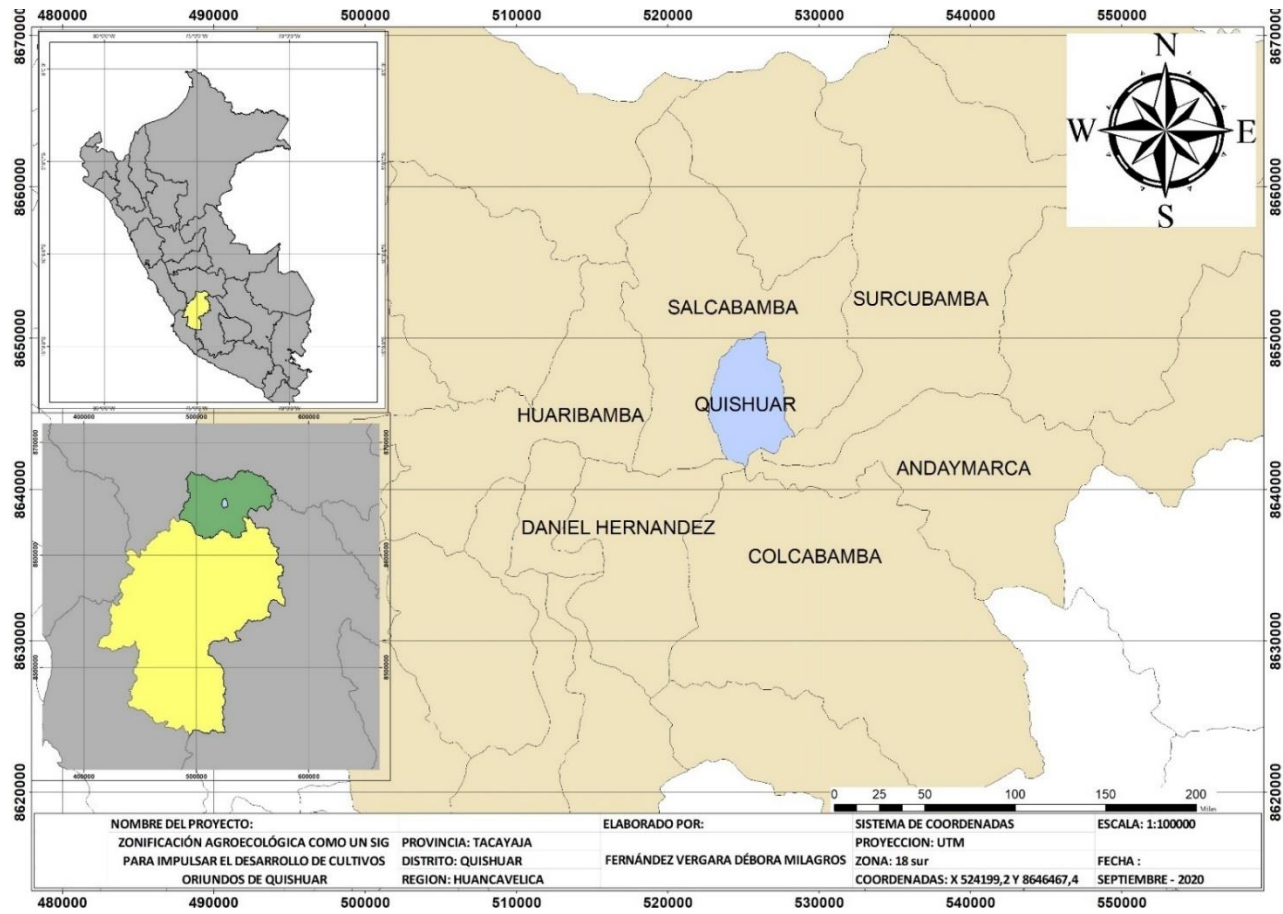


figura 1. Ubicación del área de estudio

El poder ubicar el área de estudio permite comprender que el espacio territorial segmentado cuenta con población en Quishuar de tipo rural cuya distribución espacial está definido de manera contradictoria ya que el 9,9% es de área rural y el 90.1% es de área urbana lo que determina al distrito con una pobre circulación y no adecuada estructuración poblacional (MVCS, 2007).

2.2.2 Demografía

Según el Censo de Población y Vivienda realizado en 1993 nos detallaba que la población del distrito de Quishuar fue de 956 habitantes, correspondiendo el 86.5% a la población urbana (827 hab.) y el 13.5% a la población rural (129 hab.), registrando para el periodo intercensal 1993-2005 una tasa de crecimiento de 0.6% promedio anual. Según el último censo en el año 2005 para el Distrito de Quishuar, la población hasta ese periodo fue con un reporte de 1,023 habitantes. Asimismo, detalla la distribución poblacional según sexo, siendo el 49.0% son hombres lo cual no se considera una notable diferencia con respecto a la cantidad de mujeres que correspondería al 51% (MVCS, 2007).

2.2.3 Economía

Huancavelica está vinculada a espacios económicos y ciudades intermedias importantes como Huancayo (Junín), Huamanga (Ayacucho) y Pisco (Ica), su enfoque permite establecer ejes de desarrollo que se apoyan en la infraestructura y los servicios básicos disponibles, en los recursos y potencialidades de los centros poblados, y en las cuencas hidrográficas de los ríos Mantaro, Pampas, Huarpa y Churcampa.

En el año 2005, la economía de Huancavelica está en función de la actividad agropecuaria, esta actividad se delimita en agrícola con un porcentaje de participación de 70.2% y pecuario con un porcentaje de 29.8%. así también; en la Manufactura de pequeña escala, en la Minería del oro y del cobre y en las actividades de Comercio y Servicios (MVCS, 2007).

El producto que tiene más valor por su participación en el valor bruto de producción agrícola del distrito es la Papa, con el 34.7% del VBP Distrital, seguido en orden de importancia por el maíz amiláceo (30.6%), el Trigo (9.1%), y la cebada (8.7%). Estos 4 productos representan el 97.2% del VBP del sub. -sector agrícola del distrito. A partir de su actividad agrícola con mayor participación, se evaluó los cultivos que más influyen dentro del área de estudio, siendo considerados como relevantes la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays l.*), el trigo (*Triticum aestivum*) y la papa (*Solanum tuberosum*).

2.2.4 Geología y topografía

Las manifestaciones presentes en el distrito de Quishuar es contar con una topografía accidentada y con poca accesibilidad a una altura de 3,130 msnm, permitiendo interpretar el comportamiento de su crecimiento económico y la manera de su desplazamiento como distribución céntrica (MVCS, 2007).

Los estudios realizados por el Gobierno Regional de Huancavelica en el proyecto “Desarrollo de Capacidades para el Ordenamiento Territorial en el Departamento de Huancavelica” para el el conocimiento geológico integral del área de estudio, establece que el distrito de Quishuar está representada en el área de Sacsaquero Quishuarpampa

en el cuadrángulo de Castrovirreyna. Asimismo, su litología está determinada por una fase sedimentaria piroclástica con un ancho de 80 a 100m, en la que se encuentran horizontes delgados de caliza-arsénicas (Gobierno Regional de Huancavelica, 2007).

2.2.5 Capacidad de uso mayor del suelo

Según el gobierno Regional de Huancavelica, el distrito de Quishuar se encuentra ubicado dentro la subclase C3es lo cal determina suelos superficiales a moderadamente profundos con textura franco a franco arenoso con una fase por pendiente fuertemente inclinado (8-75%), así como drenaje moderado naturalmente en reacción ligeramente ácido y alcalino. Generalmente su composición contiene gravas arenas, limos y Arcillas, Diorita (Gobierno Regional de Huancavelica, 2007).

2.2.6 Uso Actual del suelo

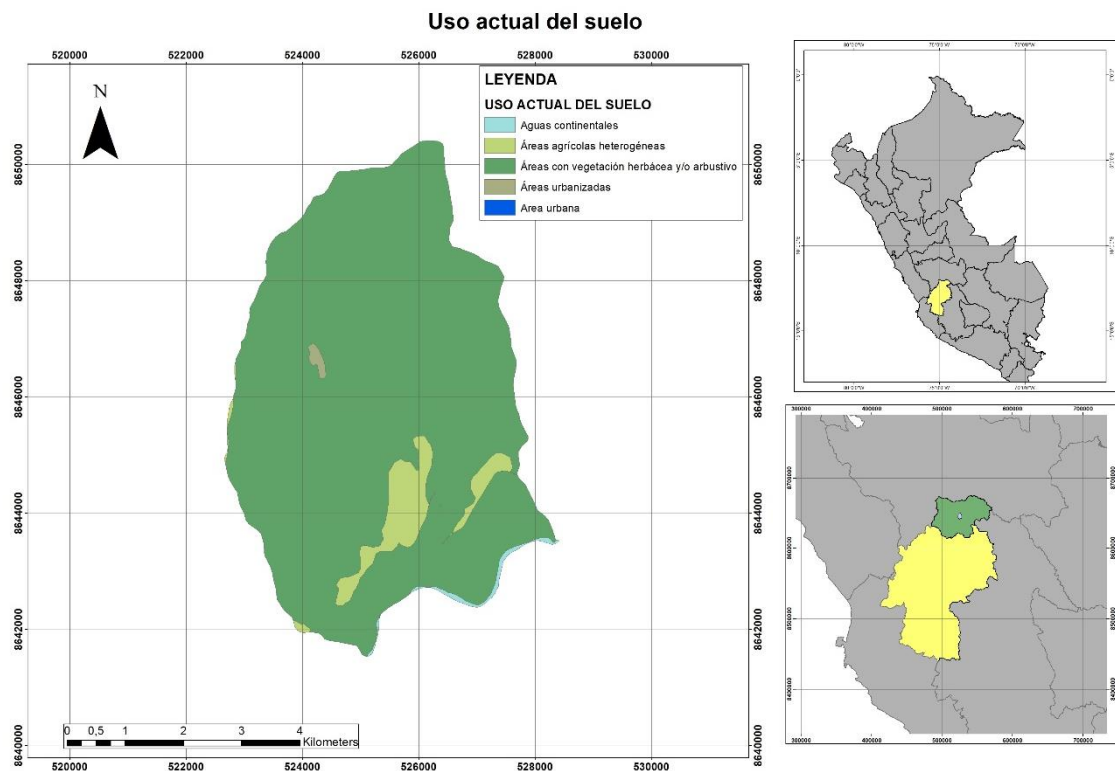


Figura 2: Mapa de uso actual del suelo del distrito de Quishuar

Según el gobierno Regional de Huancavelica, el distrito de Quishuar presenta 4 categorías resaltantes: Áreas urbanas, aguas continentales, áreas agrícolas heterogéneas, áreas con vegetación herbácea o arbustivo (Gobierno Regional de Huancavelica, 2007).

La categoría Nivel 2 de uso actual del distrito de Quishuar con mayor extensión son las zonas de vegetación herbácea con una extensión de 30,66 km^2 (93,96%) en el que se encuentran intervención de cultivos (maíz, papa, trigo, cebada, pastos, alfalfa, ray Grass y heno). Seguida de las áreas agrícolas heterogéneas con una extensión de 1,69 km^2 (5,19%) donde se evidencian mosaico de cultivos, finalmente se encuentran las áreas urbanizadas (centro poblado del distrito de Quishuar) con una extensión de 0,10 km^2 (0,29 %) y las zonas de aguas continentales con una extensión de 0,18 km^2 (0,56%) en relación con todo el distrito de Quishuar (ver tabla 1).

Tabla 1.

Extensión (km^2) de uso actual del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Aguas continentales	0,18	0,56
Áreas agrícolas heterogéneas	1,69	5,19
Vegetación herbácea	30,66	93,96
Áreas urbanizadas	0,10	0,29
Total	32,63	100

2.3 Población y muestra

La población para la presente investigación corresponde a toda la información geoespacial encontrada en el distrito de Quishuar.

La muestra delimita información en específico del área corresponde a 32.632022 Km² del distrito de Quishuar para los cultivos seleccionados.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de Datos

La recolección de la información está basada análisis estadísticos y exploratorios, las cuales permitieron conseguir entendimiento de los datos y describir su funcionamiento (Montes, 2020). El análisis de información y datos se basó en estudios característicos de la zona de Quishuar tomados de la zonificación ecológica económica del departamento de Huancavelica mediante la inclusión de mapas cartográficos y un modelo digital de elevación (DEM) a través de la zonificación como base del estudio con aspectos agroecológicos considerando las variables que influyan en el propósito.

. Se clasificaron los suelos según el manual de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, se generan mapas temáticos mediante la herramienta ArcGIS para la descripción y codificación de aptitud según los cultivos.

2.4.1 Técnica de Recolección de datos

La recolección de datos se basó en la revisión documentaria de estudios de clasificación del suelo y caracterización de la zona que aborda la zonificación ecológica económica (MINAM) con relación a mapas temáticos del departamento de

Huancavelica, además de recopilación de información climática de estaciones aledañas a la zona de estudio, como el mapa climático establecido por el SENAMHI.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Se utiliza como instrumentos los SIG (Sistemas de información Geográfica) y tablas de cotejo evaluando la ponderación de cada parámetro a tratar (suelo, pendiente, temperatura y precipitación) mediante cuatro valoraciones 4 como excelente, 3 como bueno, 2 como regular y 1 como malo.

2.5 Análisis de datos

Para la presente investigación se realiza un análisis espacial, la cual permite extraer la información mediante los Sistemas de Información Geográfica y generar mapas característicos de información existente para una mejor toma de decisiones en la resolución de problemas específicos (ESRI, 2020) Esto permitirá identificar zonas agroecológicas aptas en función de cada parámetro asociado a los cultivos seleccionados con la finalidad de encontrar una propuesta a un mejor ordenamiento en el presente distrito.

Todo ello en función a los siguientes materiales:

2.5.1 Materiales Generales:

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó una serie de requerimientos mencionados a continuación:

- Mapas temáticos obtenidos del geo servidor MINAM

- Información geoespacial, descriptiva del Proyecto de Zonificación Ecológica económica del departamento de Huancavelica
- Información cartográfica básica descargada del geo servidor MINAM, IGN
- Modelo de elevación Digital del proyecto ASTER
- Información histórica pluviométrica compartida por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.

2.5.2 Materiales Cartográficos:

- Mapa físico político del Departamento de Huancavelica del IGN
- Mapa de características de suelos del ZEE- Huancavelica
- Mapa de capacidad de uso mayor del MINAM
- Mapa Geomorfológico del INGEMET
- Mapa de clasificación climática del SENAMHI
- Modelo digital de elevación

2.5.3 Materiales de Gabinete:

- Computadora
- Información meteorológica
- Escalímetro

2.5.4 Software y equipos

- Software: Arc GIS 10.6.
- Google Earth Pro.
- Microsoft Excel.

- Earth data (ASFL)

2.6 Procedimiento metodológico

2.6.1 Primera fase: Caracterización del componente ambiental mediante sus variables edafológicas y meteorológicas

Para esta fase primero se realizó la delimitación del distrito de Quishuar, mediante la carta nacional, en modelo SHP del Instituto Geográfico del Perú, tomando como base el modelo distrital, mediante la herramienta selección por atributos. A continuación, se procedió a generar mapas basados en las variables edafológicas como tipo de suelos (permeabilidad, drenaje, PH, materia orgánica, pedregosidad) y pendientes) y sus variables meteorológicas (precipitación y temperatura). Cada procedimiento se describe a continuación:

2.6.1.1 Variables edafológicas

A. Clasificación de suelo

Para el levantamiento cartográfico del recurso suelo en el distrito de Quishuar, se utilizó estudios realizados por el Gobierno Regional de Huancavelica en el año 2012, correspondientes a cartas de Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000. El mismo estudio considera dentro de su metodología los estudios anteriores como generada por la ONERN y utiliza la clasificación taxonómica Soil Taxonomy (2010) sistema que basa la morfología de los suelos en función a sus horizontes, ambos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Asimismo, la clasificación de tierras

por capacidad de uso mayor toma en consideración los aspectos edafoclimáticos a través del Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú (017 –2009 –AG), del Ministerio de Agricultura (Gobierno Regional de Huancavelica, 2012). A fin de proporcionar una mejor interpretación en las características y componentes del recurso suelo se identificaron a los suelos en forma taxonómica en grupos y subgrupos de suelos, orden y suborden. En lineamiento a las siguientes definiciones:

Orden del suelo. Implica la presencia o ausencia de rasgos específicos que son pruebas en cuando al grado y clase de los procesos formadores del suelo que aplica las características condicionantes en el uso del suelo (Barreira, 1974).

Subórdenes del suelo. Determinados por régimen de humedad del suelo, propiedades asociado a humedad, estado de descomposición de régimen vegetal y material parietal (Barreira, 1974)

Grandes grupos. Representan el conjunto de los horizontes del suelo, y similitudes en ordenamiento. Se identifican con letras mayúsculas (Barreira, 1974).

Sub grupo. Subdivisiones dentro de los grupos representados por letras minúsculas y números en el medio (Barreira, 1974).

Luego se procedió a delimitar las características predominantes del suelo del distrito de Quishuar como su potencial de hidrógeno, pedregosidad, materia orgánica, permeabilidad, drenaje, textura.

B. Pendientes

La generación del mapa de pendientes se realizó mediante un modelo digital de elevación (DEM) a través de la herramienta slope map y la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, describiendo las pendientes en 8 parámetros: plana (< 2%), ligeramente inclinada (2 a 4 %), moderadamente inclinada (4 a 8 %), fuertemente inclinada (8 a 15 %), moderadamente empinada (15 a 25 %), empinada (25 a 50 %), muy empinada (50 a 75 %), extremadamente empinada (> 75 %) (Caso, 2012)

2.6.1.2 Variables Meteorológicas

Se tuvo información de datos meteorológicos de 3 estaciones: Pampas, Salcabamba y Colcabamba (Tabla 2) proporcionadas por el Servicio de Hidrología y Meteorología del Perú (SENAMHI).

Tabla 2.

Estaciones Meteorológicas

Código	Nombre	UTM x	UTM y	Altitud	Tipo
112012	Pampas	512593,5	8628987,5	3245 msnm	CM
100120	Salcabamba	522692,4	8651383,3	3280 msnm	CM
112163	Colcabamba	536215	8627563,9	3055 msnm	CM

Fuente: SENAMHI

A. Precipitación

Mediante las tres estaciones mencionadas en el ítem 3.6.1.2. Variables meteorológicas proporcionadas por el Servicio de Hidrología y Meteorología del Perú (SENAMHI) se obtuvo datos diarios de 10 años lo cual se trabajó en Excel para determinar los promedios anuales que fueron procesados por ArcGIS para la obtención del mapa de isoyetas interpolando las estaciones. Esto se generó mediante la herramienta de hidrología spline.

2.6.1.3 Temperatura

Mediante las tres estaciones mencionadas en el ítem 3.6.1.2. Variables meteorológicas proporcionadas por el Servicio de Hidrología y Meteorología del Perú (SENAMHI) se obtuvo datos diarios de 10 años lo cual se trabajó en Excel para determinar los promedios anuales que fueron procesados por ArcGIS. Adicionalmente se realizó el mapa de temperaturas en función del estudio del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) la cual menciona que la temperatura media varía según los pisos altitudinales (MVSC, 2007).

2.6.2 Segunda fase: Definición de los parámetros agroecológicos para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*)

En esta fase se identificaron las características predominantes de los cultivos priorizados mediante la recopilación y consolidación bibliográfica existente en función de las variables edafológicas (pendiente, textura de suelo, profundidad, permeabilidad, drenaje, potencial de hidrógeno, pedregosidad) y las variables meteorológicas (régimen de precipitaciones y temperatura) encontradas y descritas en el distrito de

Quishuar. En función de cada descripción se colocó una valoración siendo 1 el valor más bajo de valoración y 4 el más alto.

2.6.2.1 Requerimientos Agroecológicas para el cultivo de la cebada

La cebada pertenece a la familia Poaceace. Su cultivo se conoce desde tiempos remotos, siendo parte de la tradición e historia, representando una gran fuente económica y ecológica (Giraldo, 2010) Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que presentan clasificándose de tres formas:

- 1) *Hordeum distichum* (cebada de dos carreras)
- 2) *Hordeum tetrastichum* (cebada de cuatro carreras)
- 3) *Hordeum hexastichum* (cebada de seis carreras).

En la siguiente tabla se presenta los criterios evaluados para el cultivo de cebada implementados dentro de la presente:

Tabla 3.

Criterios seleccionados para el cultivo de cebada

Componente	Criterio	Óptimo (4)	Bueno (3)	Regular (2)	No apto (1)
	Pendiente (%)	0 a 4 %	5 a 15 %	15 a 25 %	>25 %
	Textura	Media	Moderadamente Fina o gruesa	Fina / gruesa	arcillosos
Edafológico	Pedregosidad	< 15 %	15 a 35 %	35 a 60 %	>60 %
	Drenaje	Bueno	Moderado	Imperfecto	Pobre
	pH	6 a 6,5	7 a 8	8	< 6

Meteorológico	Precipitación	700mm	800mm	1000 mm	>1000mm
	Temperatura	16 a 22 °C	22 a 24 °C	12 a 14 °C	>35 o <10 °C

Fuente: INIFAP, 2013; CIREN, 1989

2.6.2.2 Requerimientos agroecológicos para el cultivo del trigo

El trigo forma parte del consumo principal del territorio peruano. Pertenece a la familia de las Poaceae y al género *Triticum* (Ecured). Por otro lado, el estudio de Novoa y Villaseca (1987) con el título: “Requerimientos de suelo y clima en trigos de primavera” destacan que el trigo crece en diferentes ecosistemas con características y suelos muy variados, en la que este cereal prospera dado a su viabilidad de adaptación del clima, dependiendo de sus estados fenológicos. Así mismo, condiciones en temperaturas óptimas van desde 18° C a 25 °C en sus fases de siembra, floración y madures.

En la siguiente tabla se presenta los criterios evaluados para el cultivo de trigo implementados dentro de la presente investigación.

Tabla 4.

Criterios seleccionados para el cultivo de trigo

Componente	Criterio	Óptimo (4)	Bueno (3)	Regular (2)	No apto (1)
Edafológico	Pendiente (%)	0 a 6 %	6 a 15 %	15 a 25 %	>25 %
	Textura	Media	Moderadamente finas o gruesa	Muy fina o gruesa	Muy arcillosa
	Pedregosidad	< 15 %	15 a 35 %	35 a 60 %	>60 %

	Drenaje	Bueno	Moderado	Imperfecto	Pobre
	pH	5.5 a 6,5	7 ^a 7.5	8	> 8
Meteorológico	Precipitación	800 mm	700 mm	1000 mm	<400 mm
	Temperatura	16 a 20 °C	22 a 24 °C	12 a 14 °C	>30 o <12 °C

Fuente: INIFAP, 2013; CIREN, 1989, MINAGRI (2013)

2.6.2.3 Requerimientos agroecológicos para el cultivo del maíz

Encontrados con mayor rendimiento en los departamentos de Arequipa, Lambayeque y Apurímac. Crece en la región yunga, quechua y zuni entre los 1500 a 3800 m.s.n.m. Pertenece a la familia de las gramíneas y se encuentran las variedades Pardo, alazán, mochero, coruca, entre otros (MINAGRI, 2019)

En la siguiente tabla se presenta los criterios evaluados para el cultivo de maíz implementados dentro de la presente investigación:

Tabla 5.

Criterios seleccionados para el cultivo de maíz

Componente	Criterio	Óptimo (4)	Bueno (3)	Regular (2)	No apto (1)
	Pendiente (%)	0 a 8 %	9 a 15 %	15 a 25 %	>25 %
	Textura	Media	Finas	Muy finas	Gruesas
Edafológico	Pedregosidad	< 15 %	15 a 35 %	35 a 60 %	>60 %
	Drenaje	Bueno	Moderado	Imperfecto	Pobre
	pH	5.5 a 6,5	7 a 7.5	8	> 8

Meteorológico	Precipitación	800 mm	700 mm	600 mm	<500 mm
	Temperatura	18 a 24 °C	16 a 16 °C	12 a 15 °C	<12 °C

Fuente: INIFAP, 2013

2.6.2.4 Requerimientos agroecológicos para el cultivo de la papa.

El origen de la papa o el *Solanum tuberosum* pertenece a la familia de las solanáceas de especie herbácea se dio a las orillas del lago Titicaca domesticada en el altiplano andino.

En la siguiente tabla se presenta los criterios evaluados para el cultivo de papa implementados dentro de la presente investigación:

Tabla 6.

Criterios seleccionados para el cultivo de papa

Componente	Criterio	Óptimo (4)	Bueno (3)	Regular (2)	No apto (1)
Edafológico	Pendiente (%)	0 a 8 %	9 a 15 %	15 a 25 %	>25 %
	Textura	Media	Gruesas	Finas	Muy finas
	Pedregosidad	< 15 %	15 a 35 %	35 a 60 %	>60 %
	Drenaje	Bueno	Moderado	Imperfecto	Pobre
	pH	5.5 a 6,5	7ª 7.5	8	> 8
Meteorológico	Precipitación	900 mm	700 mm	600 mm	<400 mm
	Temperatura	14 a 20 °C	22 a 24 °C	12 a 14 °C	<12 °C

Fuente: INIFAP, 2013; MIANGRI, 2019

2.6.3 Tercera fase: Construcción del modelo para la zonificación agroecológica para los cultivos de papa, cebada, maíz y trigo.

En esta fase se describe el modelo de integración de mapas a utilizar para generar la zonificación agroecológica de los cultivos seleccionados.



Figura 3. Diagrama de la zonificación agroecológica

La figura 3 muestra el modelo de integración propuesto para la zonificación agroecológica de los cultivos escogidos. Este modelo fue definido en base a la investigación de trabajos de zonificación previos tanto en Perú como internacionales tomando como base el estudio de zonificación realizado por el Centro de Levantamientos de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN).

En cada mapa se agregó un nuevo campo en la tabla de atributo con el nombre COD_N (tabla 7) y se coloca la valoración del 1 al 4 explicado anteriormente.

Tabla 7.

Codificación por variable edafológica y meteorológica

Variable	Representación
Suelo	COD 4
Pendiente	COD 3
Precipitación	COD 2
Temperatura	COD 1

La integración de los mapas fue realizada mediante la herramienta unión. Esta herramienta crea nuevas coberturas mediante la superposición de dos coberturas de polígonos (ESRI, 2016) (MappinGIS, 2016).

La primera combinación (precipitación y temperatura) generó el submodelo meteorológico. La segunda combinación (pendientes y suelo) generó el submodelo edáfico. La tercera combinación fue el submodelo meteorológico más el submodelo edáfico generando el mapa de zonificación. En esta capa se agregó un nuevo campo y se realizó un ajuste ponderativo de variables tomando en cuanto el grado de incidencia de cada variable. Se tomó como base el análisis multicriterio y superposición ponderada. Estableciendo parámetros según grado de interés, identificando criterios que van a favorecer el objetivo deseado, en este caso basados en información existente de los cultivos (Zambrano, 2018).

Además, se generan los valores según porcentajes de importancia (Sales et al., 2017) (Zambrano, 2018) desde el valor mínimo hasta el valor máximo expresado en la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Modelo de integración de variables

$$AP = (-) P + (-) S + (-) T + (-) PP$$

- AP= Aptitud potencial
- P = Pendientes
- S = suelos
- T = temperatura (isoterma)
- PP = precipitación (isoyeta)
- (-) = ponderación a colocar según importancia

Los aspectos mencionados en la anterior fórmula son multiplicados por valores dando la suma de uno representando el 100%. Mediante ponderaciones se dividen en zonas desde marginalmente aptas a zonas muy aptas.

Tabla. 8

factor Ponderativo de variables

VARIABLES	Cebada	Maíz	Trigo	Papa
Pendiente	40 %	30 %	40 %	35 %
Suelo	25 %	35 %	25 %	30 %
Temperatura	20 %	20 %	15 %	25 %
Precipitación	15 %	15 %	20 %	10 %

Una vez realizado el ajuste ponderativo se multiplica ese porcentaje a cada variable y se fracciona en rangos equitativos mostrando en el mapa zonas con baja adaptación, regular adaptación, buena adaptación y muy buena adaptación.

2.7 Aspectos Éticos

Según el código de ética del investigador UPN, en el capítulo cuarto denominado a principio ético y el capítulo quinto denominado política anti-plagio y/o resguardo de los derechos involucrados, se sintetiza lo siguiente:

- Humanidad: Los investigadores considerados como personas con derechos y principios básicos dentro de su naturaleza humana y las leyes del estado peruano que los rige.
- Justicia: El respeto al acuerdo previo investigación así también los beneficios establecidos.
- Igualdad: Los investigadores reciben las mismas consideraciones, sin diferencia alguna en base a sus derechos y el cumplimiento de ellos.
- Veracidad: Los investigadores actúan con imparcialidad en la investigación en el espacio y contexto realizado.
- Trabajo en Equipo: Los investigadores vienen realizando un trabajo dual con la finalidad de potenciar sus capacidades para efectuar el logro del estudio y el bien a la comunidad.
- Originalidad: Los investigadores realizan un trabajo autentico el cual plasman sus ideas, fines, etc., y el determinar la estructura del proyecto tomando como base las ideas de otros autores de forma sintetizada para darle soporte a lo ya

mencionado los cuales son citados de manera correcta colocando al autor y la obra realizada dentro de las referencias bibliográficas.

- Determinación de porcentajes de similitud: Los investigadores se someten a la revisión del software en detección de copias, así como el análisis de falsos positivos que nos brinde un porcentaje de 0% aceptado por la normativa.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Caracterización ambiental en el Distrito de Quishuar mediante sus variables edafológicas y meteorológicas:

3.1.1 Variables edafológicas:

El conocimiento edafológico del distrito de Quishuar proporciona información en base a su PH, pedregosidad, porcentaje de materia orgánica, textura y drenaje esenciales para la zonificación agroecológica (FAO, 1996).

A. Clasificación de suelo

Mediante el estudio de suelos del departamento de Huancavelica y la delimitación de suelos del distrito de Quishuar, se encontraron 8 categorías de suelo, divididas en orden de suelo, suborden, gran grupo y subgrupo (Barreira, 1974)., representadas en la siguiente tabla:

Tabla 9.

Unidades de suelo del distrito de Quishuar

Nombre	Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Sub Grupo	Área (km^2)	%
Acobamba	Entisols	Orthents	Ustorthents	Typic Ustorthents	6,51	20,01
Ancos	Entisols	Orthents	Cryorthents	Typic Ustorthents	0,006	0,02
Catrovirreyna	Entisols	Orthents	Cryorthents	Lithic	0,60	1,84
Ticrapo				Cryorthents-Lithic Ustorthents		
Chirumpiani	Inceptisols	Ustepts	Dystrudepts	Lithic Dystrudepts	2,68	8,24
Córdova	Entisols	Orthents	Cryorthents	Typic Undorthents	17,83	54,82
Ichupata	Inceptisols	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	0,09	0,28
Lucanas- Ayarmarca	Entisols	Fluvents	Torrifluvents	Typic Torrifluvents- Lithic Quartzipsamments	0,52	1,60
Pampas	Molisols	Udolls	Hapludolls	Pachic Hapludolls	4,29	13,19

**MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL DISTRITO DE QUISHUAR,
PROVINCIA DE TAYACAJA, DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA**

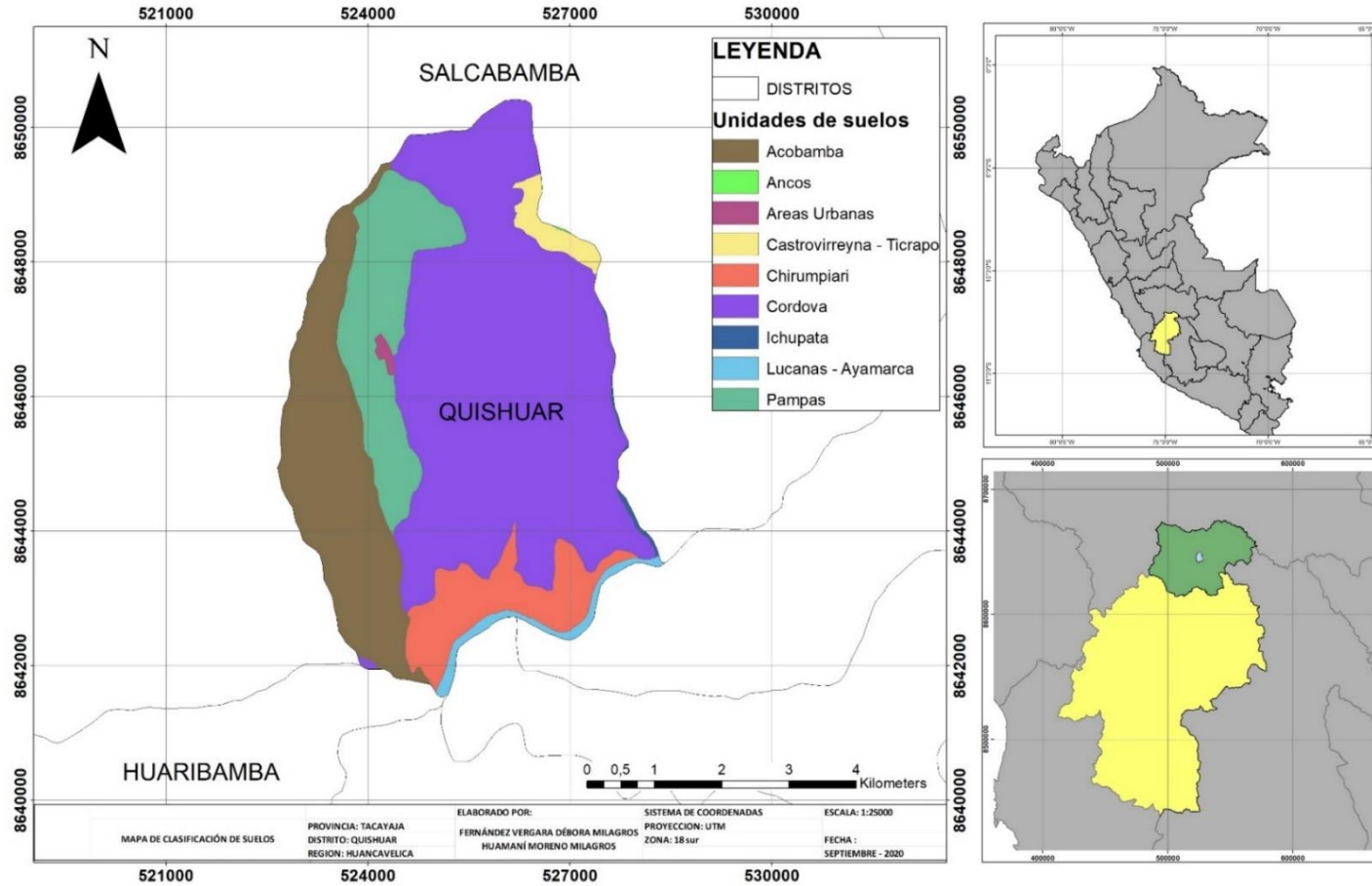


Figura 4: Mapa de clasificación de suelos

B. Textura del suelo

La textura del suelo destaca el contenido de partículas en diferentes tamaños siendo de las clases de arena, limo y arcilla. La importancia que ejerce en el suelo radica en la capacidad de contener materia orgánica, capacidad de retención de agua disponible, aire y capacidad de drenaje que condiciona muchos aspectos en la elección de un cultivo y el manejo posterior a ello (Jaraillo, 2002).

En el distrito de Quishuar se encontraron los siguientes grupos de texturas según la clase orden y suborden del suelo descritos en la tabla 7:

- Ancos: Representado en menor porcentaje 0,02 % presenta textura franco-arenosa a franco limosa.
- Castrovirreyna: Representado por un 1,84 % presenta texturas franco arenosos.
- Chirumpiani: Representado por un 8,24 % presenta textura franca a arcillosa
- Córdova: Encontrado en mayor proporción (54,87%): Presenta textura franca.
- Ichupata: Encontrado en un 0,08% Presenta textura franco-arenosa.
- Lucanas Ayarmarca: Encontrado en un 1,60% presenta textura franca a franco arenosa
- Pampas (Hapludolls): Encontrado en un 13,19% presenta textura arcillosa

C. Profundidad de suelo

La a profundidad del suelo representa el óptimo crecimiento de las raíces de los cultivos para su adecuado desarrollo. Ayudando en la absorción de agua y nutrientes (MINAGRI, 2013); Siguiendo la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor se identificaron 2 clases de profundidad en el distrito de Quishuar siendo de

Moderadamente profundo con características de 50 a 100 cm y suelos superficiales de 25 a cm (ver figura 5)

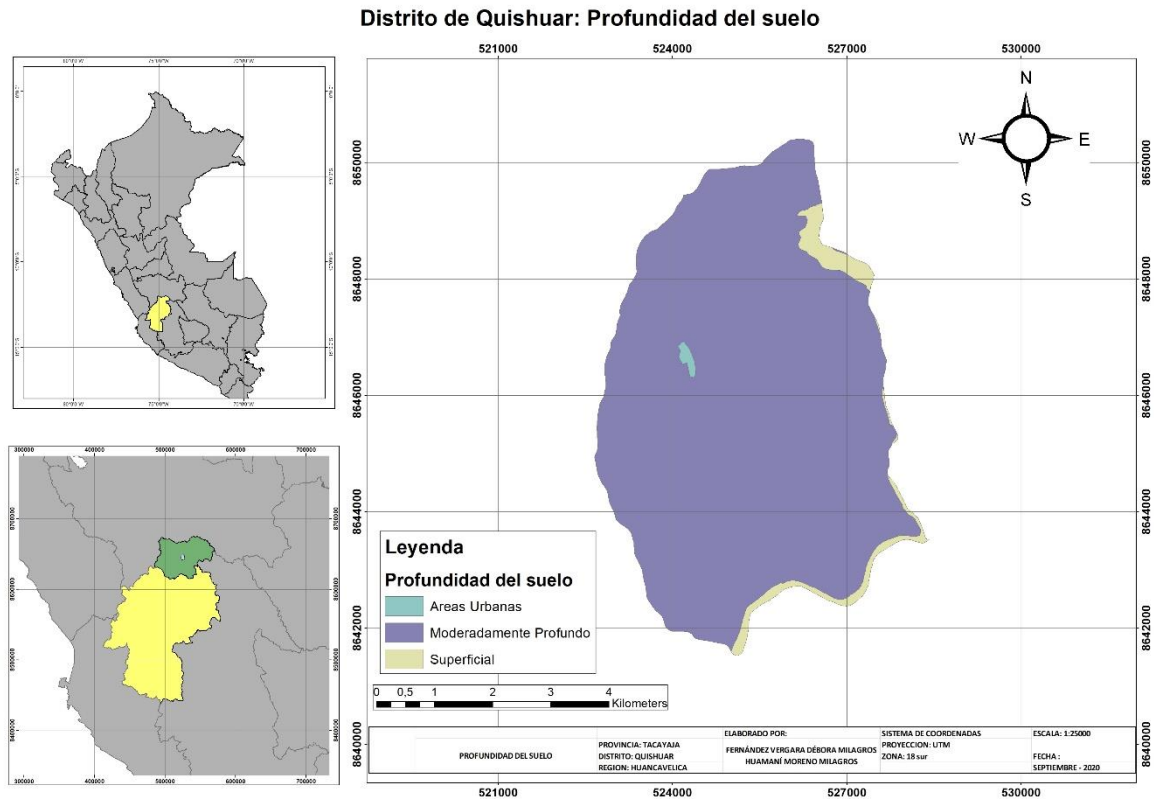


Figura 5: Mapa de Profundidad del suelo del distrito de Quishuar

Los suelos moderadamente profundos tienen una extensión del $31,32 \text{ km}^2$ (96,3%) en mayor proporción encontradas en los suelos de Acobamba, Ancos, Chirumpiani, Córdova, Pampas seguido de los suelos superficiales encontrados en las zonas de Chirumpiani, Lucanas Ayarmarca con una extensión del $1,21 \text{ km}^2$ (3,7%) en relación con todo el distrito de Quishuar (ver tabla 10).

Tabla 10.

Extensión (km^2) de la profundidad del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Moderadamente profundo	31,32	96,3
Superficial	1,21	3,7
Total	32,54	100

Fuente: Consultoría de suelos Huancavelica, 2012.

D. Drenaje

El drenaje permite eliminar el exceso de agua encontrados en el suelo provenientes de las aportaciones, esto se logra mediante la depresión de los niveles freáticos, aportando a la aeración del suelo y la remoción de sales (Paz, 2015). En el distrito de Quishuar de identificaron 3 clases de drenaje (ver figura 6) descritos a continuación:

- 1) drenaje algo excesivo que presenta características de suelos porosos y permeabilidad moderada (MINAGRI, 2011)
- 2) drenaje moderado en el cual es agua es removida algo lentamente quedando el suelo húmedo por un espacio pequeño de tiempo (MINAGRI, 2011)
- 3) drenaje imperfecto en el cual el agua es removida lo suficientemente lenta lo cual permite mantener el suelo húmedo en un tiempo significativo (MINAGRI, 2011).

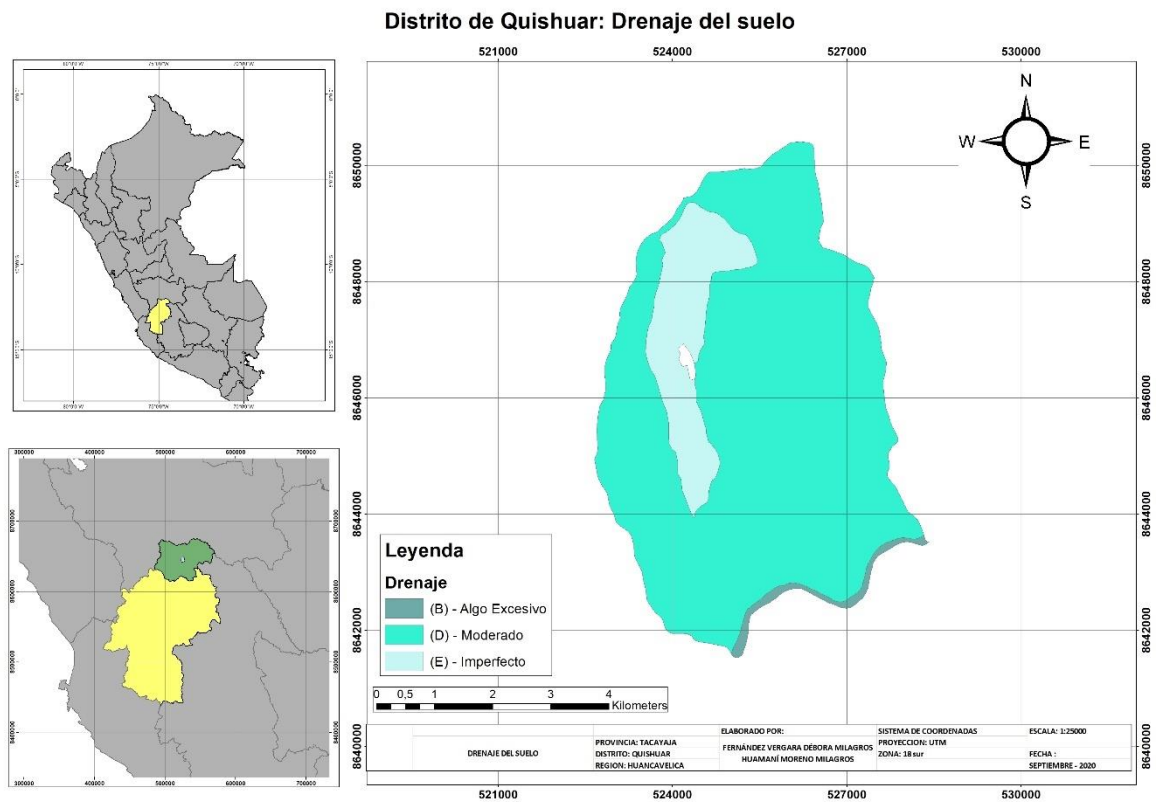


Figura 6: Mapa de drenaje del suelo del distrito de Quishuar

Los suelos con drenaje moderados presentan una mayor extensión en el territorio de Quishuar con una extensión de 27,728 (85,22%) encontrados en los suelos de Acobamba, Ancos, Castrovirreyna, Chirumpiani, Ichupata y Córdova. Seguidamente se encuentran los suelos con drenaje imperfecto en una extensión de 4,291 km^2 (13,19 %) perteneciente al suelo de Pampas. Finalmente, el drenaje del suelo algo excesivo se encuentra en la parte baja del distrito de Quishuar en el orden de suelo Lucanas Ayarmarca con una extensión de 0,517 km^2 (1,59%) en relación con todo el distrito de Quishuar (Consultoría de suelos Huancavelica, 2012) (ver tabla 11).

Tabla 11.

Extensión km^2 de drenaje del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Algo excesivo	0,517	1,59
Moderado	27,728	85,22
Imperfecto	4,291	13,19
Total	32,537	100

Fuente: Consultoría de suelos Huancavelica, 2012.

E. Pedregosidad o Gravosidad

La pedregosidad es la proporción relativa de piedras de 25 cm encontradas en la superficie del suelo (MINAGRI, 2011). En el distrito de Quishuar se encontraron 3 tipos de pedregosidad (ver figura 7) descritos a continuación:

- Libre a ligeramente gravoso: Las cuales por sus características no interfieren con la labranza y se encuentran espaciadas unas de otras en un rango mayor a 20 m (MINAGRI, 2011). Ocupando además menos del 15% del volumen del suelo.
- Gravoso: Ocupando del 15 al 35 % de fragmentos rocosos por volumen del suelo (Cortez, 2011)
- Muy Gravoso: En contenido de 35 % a más del fragmento del suelo por volumen rocoso (Cortez, 2011)

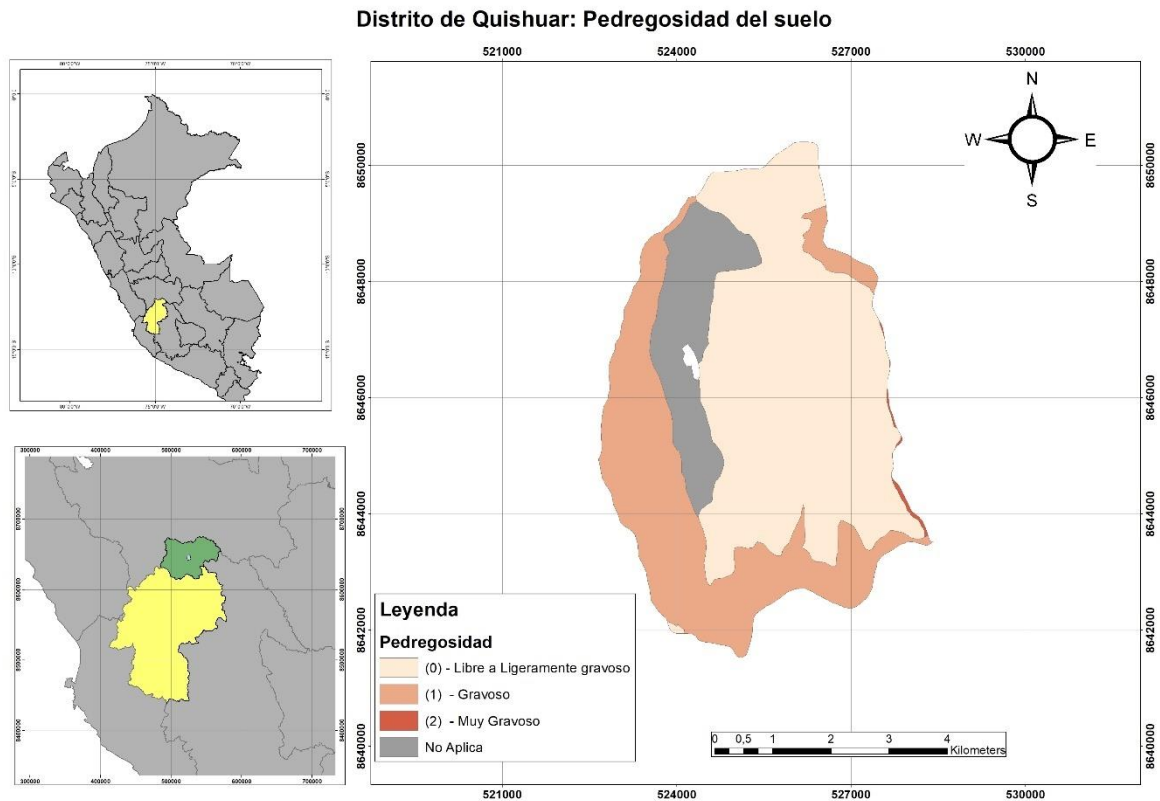


Figura 7: Mapa de pedregosidad de suelo del distrito de Quishuar

En la tabla 12 se visualiza que la categoría de libre a ligeramente gravoso representa mayor extensión correspondiendo a la zona de Córdova con una extensión de 17,83 km^2 (54,79%), seguidamente se encuentran las zonas gravosas ocupando el 10,32 km^2 (10,32%) en la parte este y sur del distrito de Quishuar. Además, se encuentran las zonas muy gravosas en menor proporción con una extensión de 0,10 km^2 (0,30%) (Consultoría de suelos Huancavelica, 2012).

Tabla 12.

Extensión (km^2) de pedregosidad del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Libre a ligeramente gravoso	17,83	54,79
Gravoso	10,32	31,72
Muy gravoso	0,10	0,30
No aplica	4,29	13,19
Total	32,54	100

Fuente: Consultoría de suelos Huancavelica, 2012.

F. Potencial de Hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno expresa el grado de acidez de forma logarítmica de hidrogeniones H que se encuentra en el suelo. Esta característica limita las acciones del suelo en sus condiciones físicas químicas y biológicas, así como en su absorción de nutrientes para su adecuada función en los cultivos (AGRICULTURE, 1996) En el distrito de Quishuar se encontraron 4 clases de pH desde fuertemente ácido a ligeramente alcalino (ver figura 8).

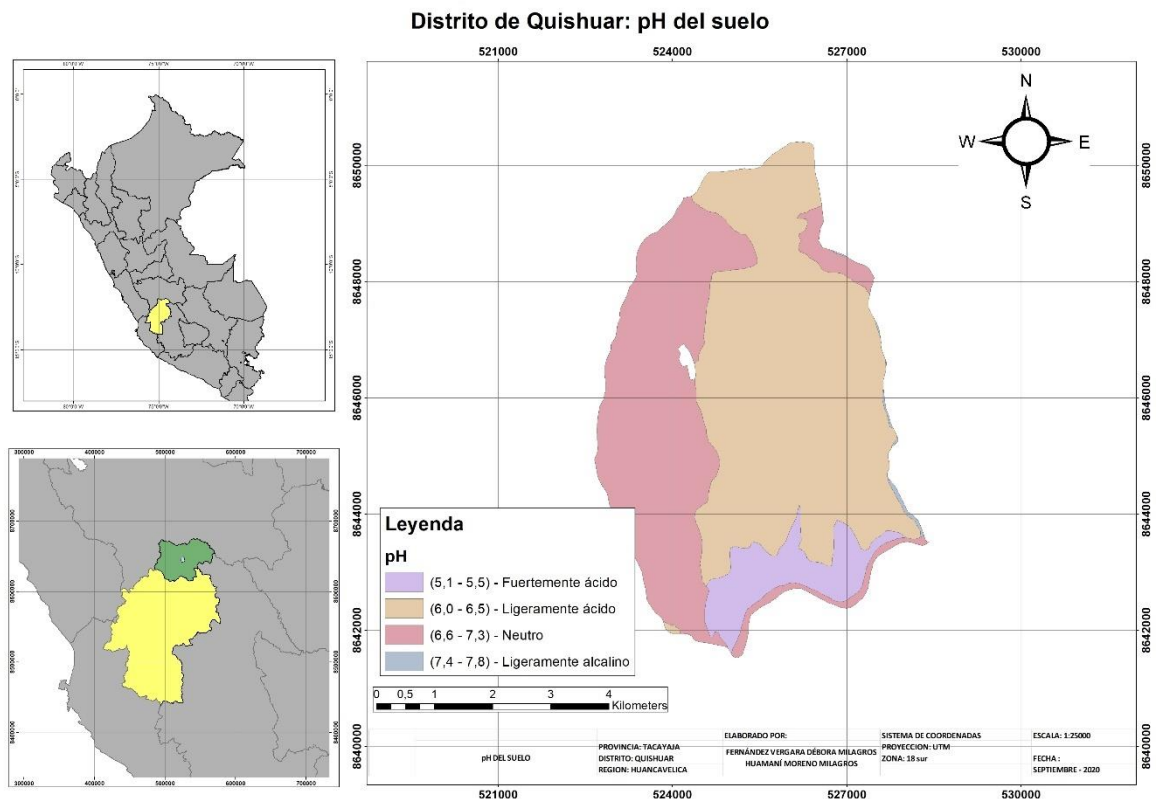


figura 8: Mapa de potencial de hidrógeno en el distrito de Quishuar

En la tabla 13 se muestra los niveles de pH encontrados en el distrito de Quishuar siendo predominante en todo el territorio el nivel de pH ligeramente ácido (6,0 a 6,5) con una extensión de $17,83 \text{ km}^2$ (54,79%), seguido del nivel de pH neutro (6,6 a 7,3) con una extensión de $11,92 \text{ km}^2$ (36,65%). A continuación, se encontraron los rangos fuertemente ácido y ligeramente ácido con una extensión de $2,68 \text{ km}^2$ y km^2 respectivamente (Consultoría de suelos Huancavelica, 2012).

Tabla 13.

Extensión (km^2) de potencial de hidrógeno del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Fuertemente ácido	2,68	8,24
Ligeramente ácido	17,83	54,79
Neutro	11,92	36,65
Ligeramente alcalino	0,10	0,32
Total	32,54	100

Fuente: Consultoría de suelos Huancavelica, 2012.

G. Materia orgánica

Materia orgánica o también llamada humus es la base para el desarrollo adecuado de la agricultura, da estabilidad estructural del suelo ayuda a la penetración del agua y el intercambio gaseoso, así como en la reserva de nutrientes para un óptimo desarrollo de los cultivos (Julca; et.al, 2006) baja (<2%), media (2-4%) y alta mayor al (4%) (Caso, 2012).

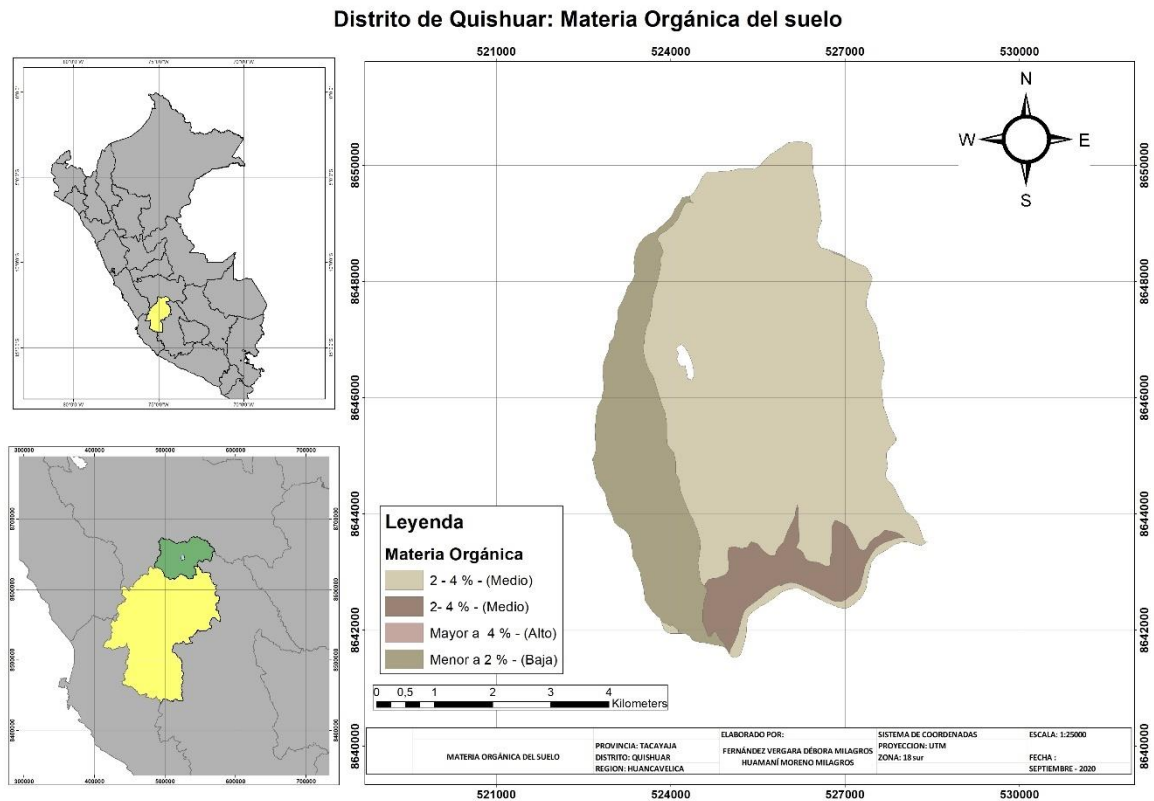


Figura 9: Mapa de Materia orgánica del suelo en el distrito de Quishuar

En la tabla 14 se muestra las extensiones de materia orgánica encontrada en la zona siendo predominante la categoría de materia orgánica media (2-4%) con una extensión del 26,02 km^2 (79,96%) seguida de la categoría baja de materia orgánica (<2%) con una extensión de 6,51 km^2 (20,02%). La categoría de materia orgánica alta es la de menor proporción encontrada en la zona (0,02 %) con respecto a todo el distrito de Quishuar (Caso, 2012).

Tabla 14.

Extensión (km^2) de materia orgánica del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Medio (2-4 %)	26,02	79,96
Alto (> 4%)	0,01	0,02
Bajo (< 2%)	6,51	20,02
Total	32,54	100

Fuente: Caso, 2012.

H. Permeabilidad

La permeabilidad del suelo es la capacidad de retención circulación y penetración del agua y del aire en las raíces (Ibáñez, 2007). En el distrito de Quishuar se encontraron 4 clases de permeabilidad del suelo (ver figura 10) descritas a continuación:

- Permeabilidad Lenta: Clase en la cual el movimiento de agua es muy lento que no se evidencia una penetración eficiente del aire en este tipo de permeabilidad no se adaptan al crecimiento de muchos cultivos (Ibáñez, 2007) (MINAGRI, 2011).
- Permeabilidad Moderada: Clase en la cual se favorece de forma adecuada el movimiento de agua y aire. Además de cumplir adecuadamente suelos para ser más cultivados (Ibáñez, 2007)
- Permeabilidad Moderadamente rápida: Encontrada en suelos con condiciones arenosas, pudiendo almacenar solutos y contaminantes (Ibáñez, 2007).

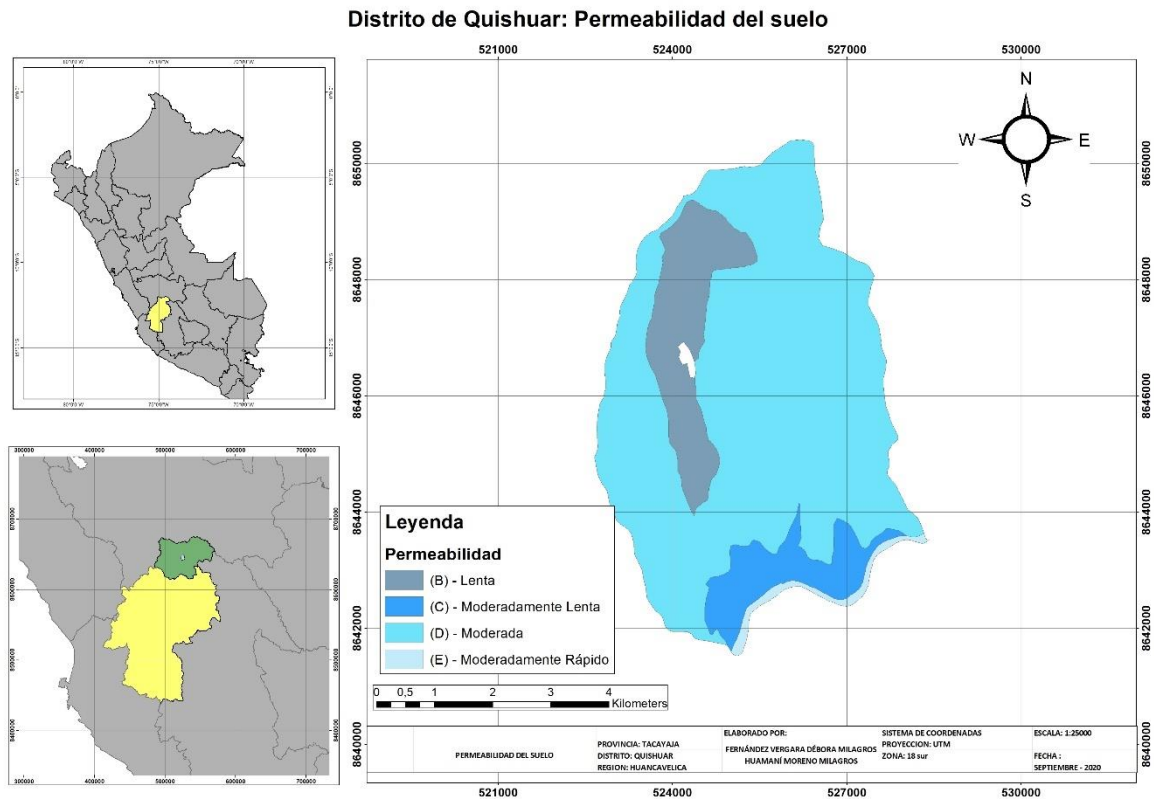


Figura 10: Mapa de Permeabilidad del suelo del Distrito de Quishuar

La tabla 15 muestra las características de permeabilidad encontradas en el distrito de Quishuar siendo la de mayor extensión la categoría moderada con $25,05 \text{ km}^2$ (76,98 %), seguida de la permeabilidad lenta encontrada en una extensión de $4,29 \text{ km}^2$ (13,19 %). Y las categorías más bajas moderadamente lenta y rápida con una extensión de $2,68 \text{ km}^2$ (8,24%) y $0,52 \text{ km}^2$ (1,59%) respectivamente (Consultoría de suelos Huancavelica, 2012).

Tabla 15.

Extensión (km^2) de permeabilidad del suelo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Lenta	4,29	13,19
Moderadamente Lenta	2,68	8,24
Moderada	25,05	76,98
Moderadamente rápido	0,52	1,59
Total	32,54	100

Fuente: Consultoría de suelos Huancavelica, 2012.

I. Pendiente

En el distrito de Quishuar se encuentran pendiente de tipo ligeramente empinado en un porcentaje de 0,03 % ($0,010 km^2$) Seguidamente se encuentra que el 0,05 % ($0,016 km^2$) son pendientes ligeramente empinado y moderadamente empinados en un 0,25 % ($0,080 km^2$) Asimismo, contiene un tipo de pendiente fuertemente inclinado en porcentaje de 0.94% ($0,304 km^2$), también contiene un tipo de pendiente moderadamente empinada en un porcentaje de 3.40 ($1,100 km^2$). Pendiente empinada con un rango de 25.50% en un área de 11.908 con un porcentaje de 25,22, pendiente muy empinada en un rango 50-75% en un área de $11.098 km^2$ con un porcentaje de 36.82, con un tipo de pendiente extremadamente empinada con un rango mayor al 75% en un área de 10.766 con un porcentaje de 33.29 (Caso, 2012).

Tabla 16.

Extensión de pendientes en el distrito de Quishuar

Categoría	Rango	Áreas (km ²)	Porcentaje (%)
Plana	< 2%	0,010	0,03
Ligeramente empinado	2-4%	0,016	0,05
Moderadamente inclinado	4-8 %	0,080	0,25
Fuertemente inclinado	8- 15 %	0,304	0,94
Moderadamente empinada	15- 25 %	1,100	3,40
Empinada	25 – 50 %	8,156	25,22
Muy empinada	50 - 75 %	11,908	36,82
Extremadamente empinada	>75%	10,766	33,29
Total		32,339	100

Fuente: Caso, 2012

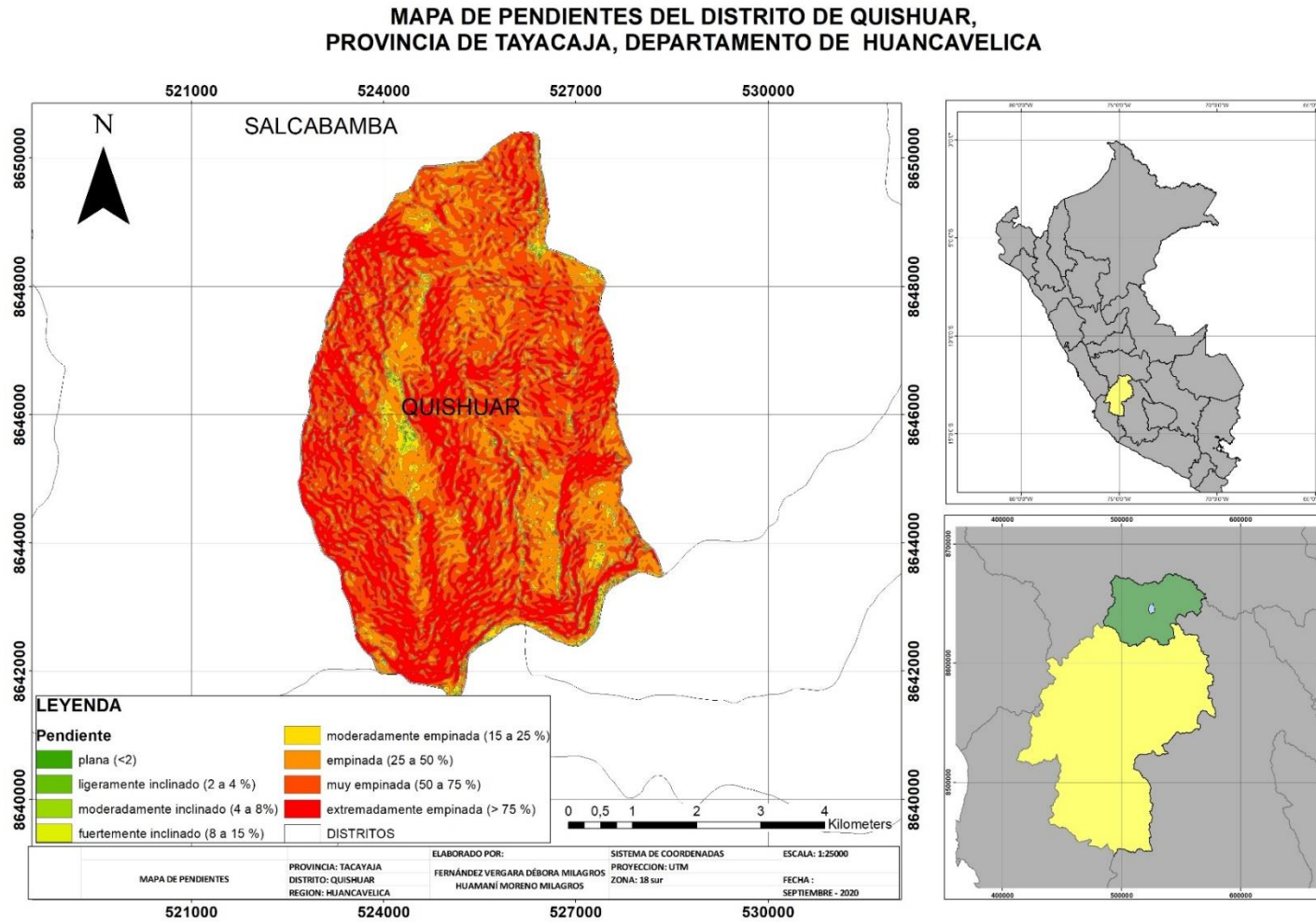


Figura 11. Mapa de pendientes del distrito de Quishuar

3.1.2 Variables meteorológicas:

El distrito de Quishuar es representativo por su extensión y características de relieve. Según el mapa climático nacional proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú se encuentra en la formación climática de la región sierra, caracterizada por su precipitación lluvioso, con temperaturas frías y medias anuales de 12°C veranos lluviosos e inviernos secos en presencia de heladas (SENAMHI, 2020).

A. Precipitación:

El análisis de la lluvia se basó en base a la información de las 3 estaciones proporcionadas por SENAMHI en los últimos 10 años en base a la precipitación mensual y precipitación acumulada anual (SENAMHI, 2020).

La siguiente tabla, presenta los valores mensuales y anuales de las precipitaciones para las 3 estaciones aledañas al distrito de Quishuar.

Tabla 17

Precipitación promedio mensual y anual total del 2009 al 2019

cód.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
112012	102,87	120,49	88,21	41,75	14,46	12,43	13,19	20,68	26,54	50,44	45,48	87,35	623,90
100120	137,35	146,67	120,88	53,72	21,99	9,38	12,45	21,81	32,23	72,42	76,36	128,07	833,32
112163	191,59	184,27	154,48	61,97	25,65	17,74	15,29	26,91	46,29	85,23	79,26	136,79	1025,48

Fuente: SENAMHI, 2020

El análisis de dichos datos permitió identificar que en el Distrito de Quishuar la precipitación anual acumulada es menor a 1025 mm, evidenciándose dos épocas de estaciones definidas. La estación seca en el periodo de mayo a noviembre y precipitaciones en un periodo de diciembre a marzo (ver figura 12).

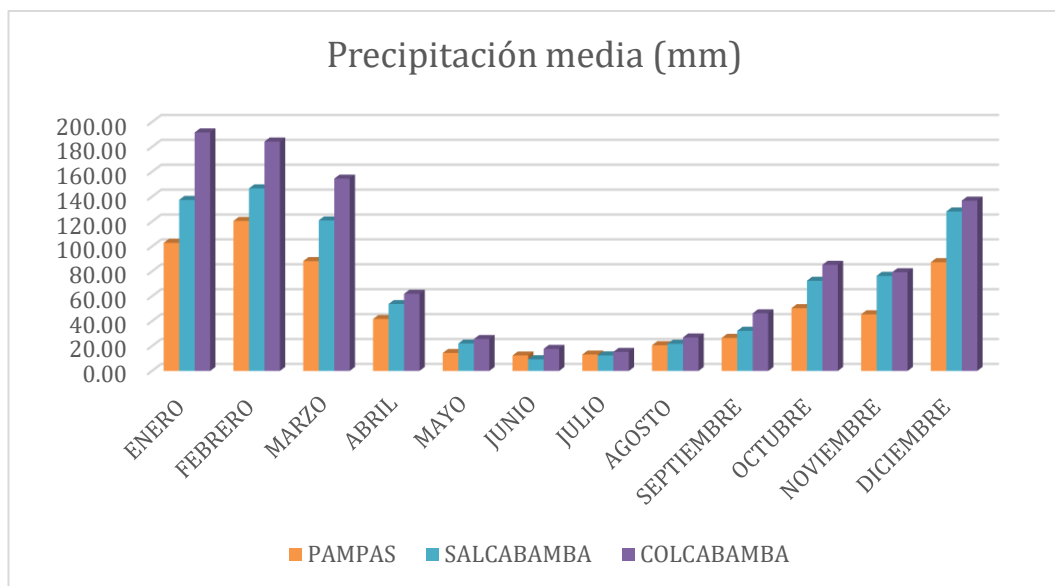


Figura 12. Variabilidad de la precipitación de las estaciones aledañas a Quishuar en un promedio de 10 años desde el 2009 al 2019

De acuerdo con los datos históricos proporcionados por el SENAMHI la precipitación acumulada anual alrededor del distrito de Quishuar es de 827,56 siendo la estación de Pampas la de menos precipitación con 623,90 mm y la de mayor precipitación la estación Colcabamba con 1025,48mm SENAMHI (SENAMHI, 2020).

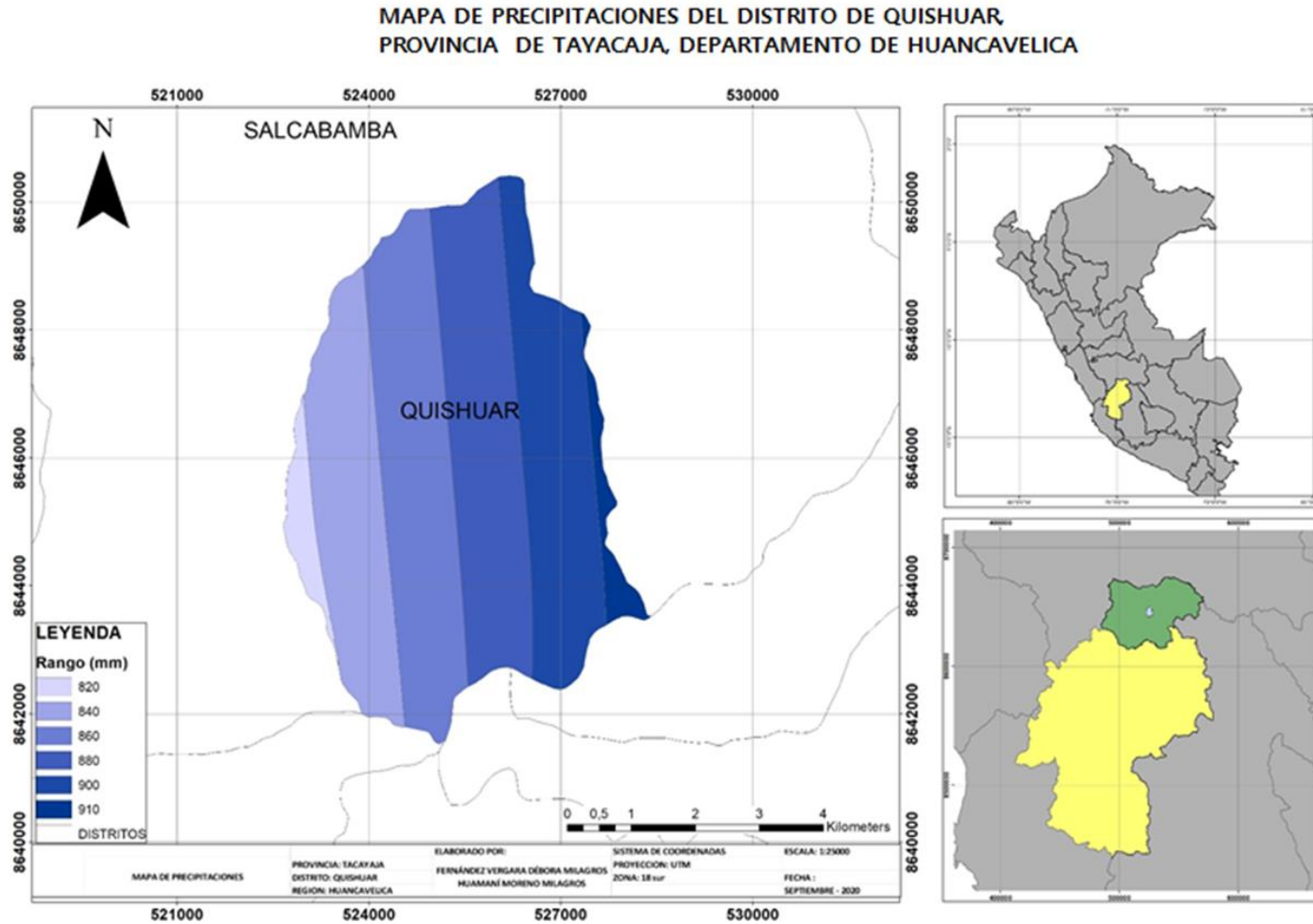


Figura 13: Mapa de Precipitaciones del Distrito de Quishuar

B. Temperatura:

El análisis de la temperatura se basó en base a la información de las 3 estaciones proporcionadas por SENAMHI en los últimos 10 años en base a la precipitación mensual y precipitación acumulada anual (SENAMHI, 2020).

La siguiente tabla, presenta los valores mensuales y anuales de las precipitaciones para las 3 estaciones aledañas al distrito de Quishuar.

Tabla 18

Temperatura media mensual total y anual (años)

cód.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
112012	12,42	12,30	12,19	11,54	10,65	9,42	9,51	10,25	11,70	12,50	13,34	12,66	11,5
100120	13,45	13,14	13,19	13,25	13,33	12,91	12,73	13,21	13,55	13,85	14,48	13,67	13,4
112163	13,42	13,33	13,37	13,44	13,46	13,09	12,44	13,35	13,90	14,34	14,75	13,76	13,6

Fuente: SENAMHI, 2020

El análisis de este parámetro se basó en las estaciones aledañas a la zona de Quishuar.

Las temperaturas son características de la zona de tundra, la temperatura permanece constante y es fría durante todo el año dependiendo de las zonas de la altitud en zonas de menor altitud la temperatura puede llegar a una temperatura media de 24°C. (MVSC, 2007)

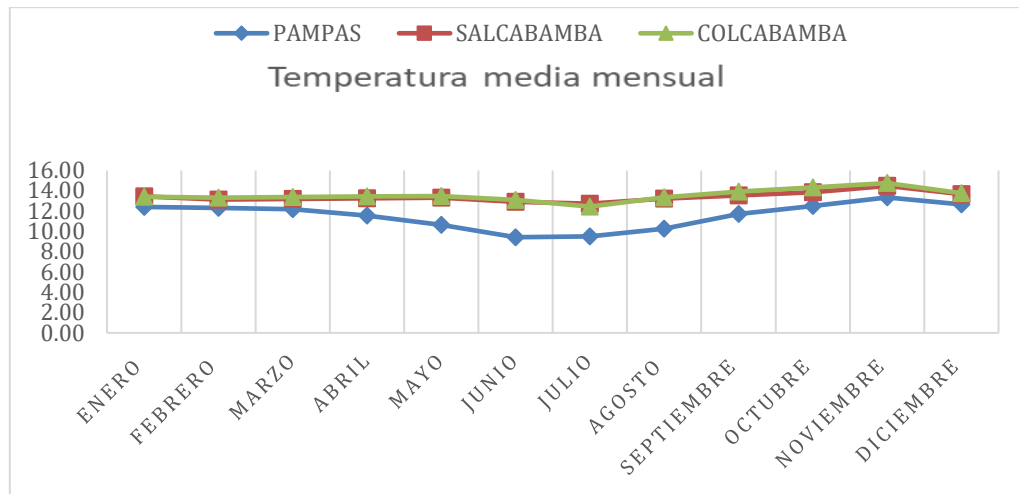


Figura 14. Variabilidad de la temperatura de las estaciones aledañas a Quishuar en un promedio de 10 años desde el 2009 al 2019

De acuerdo con los datos históricos proporcionados por el SENAMHI la temperatura media mensual acumulada anual alrededor del distrito de Quishuar en un rango de 10°C a 16°C representado en la figura 14 (SENAMHI, 2020).

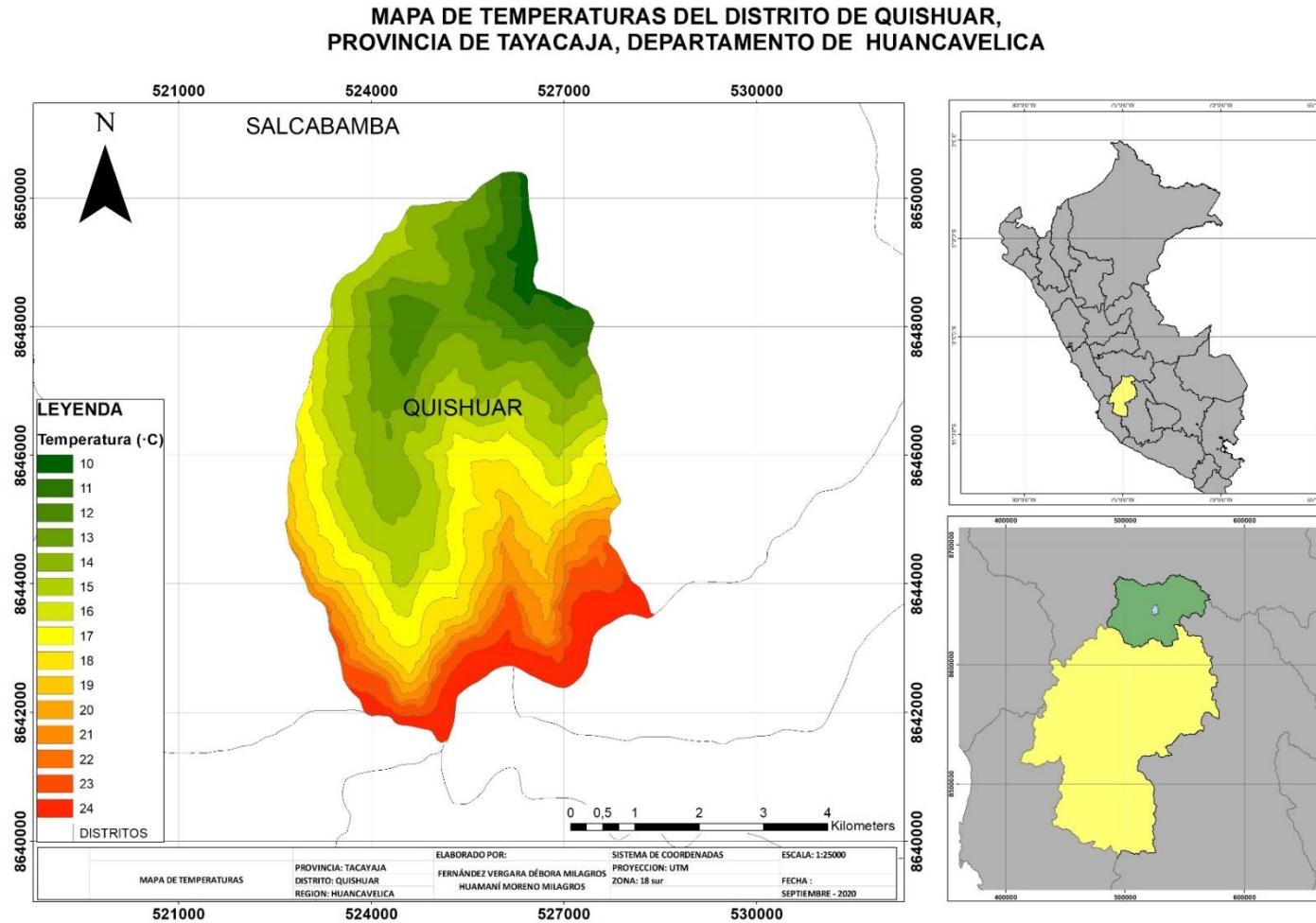


Figura 15: Mapa de temperaturas del distrito de Quishuar basadas en la altitud. Fuente: MVSC, 2007

3.2 Parámetros agroecológicos para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*)

Para los cultivos seleccionados los parámetros considerados como requerimientos agroecológicos, adoptados para la presente investigación son: temperatura media, precipitación anual, suelos (textura, profundidad, pH, drenaje, permeabilidad, materia orgánica) y geomorfología (nivel de pendientes) Se trabajó en base a referencias bibliográficas basada en el manual de Requerimientos agroecológicos de cultivos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFIAP) de México y del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) para la determinación de estos requerimientos (MINAGRI, 2011); (INIFIAP, 2013), las cuales ayudaron en las ponderaciones en base a las características encontradas en el punto anterior, siendo de:

- 4: Los parámetros cumplen en su totalidad, o uno puede adaptarse
- 3: Cumple con al menos 2 características importantes
- 2: Un solo dato que cumple y los demás parcialmente
- 1: Evidencia características importantes que no cumplen

Los resultados se describen a continuación:

3.2.1 Parámetros agroecológicos para la cebada

- ✓ Temperatura: El cultivo de cebada necesita menos unidades de calor para alcanzar su crecimiento, encontrándose por eso en zonas de altitudes altas (3500 m). Se adapta fácilmente a climas templados, regiones con invierno fluido, regiones húmedas, entre otros. La temperatura media adecuada oscila entre 15 a 25°C (INIFIAP, 2013)

- ✓ Precipitación: Durante el ciclo de cultivo, en los meses de más precipitación necesita de 380 a 660mm. Anualmente la precipitación optima está alrededor de los 700mm (INIFIAP, 2013)
- ✓ Suelo: La cebada se adapta a diversos tipos de suelos; sin embargo, su textura favorable es de tipo franco (medio) y migajón arenoso que favorecen la fertilidad (INIFAP, 2013).
- ✓ Profundidad del suelo. Se considera importante 30 cm de profundidad. Así mismo el pH óptimo se encuentra en los rangos de 6,5 a 8,0 requiriendo suelos bien drenados a moderadamente drenados (INIFAP, 2013).
- ✓ Pendiente: Se desarrolla en pendientes menores al 15 % (INIFAP, 2013).

La tabla 19 muestra los parámetros característicos encontrados en el distrito de Quishuar y su valor ponderativo en base al nivel de aptitud para el cultivo de cebada. El suelo Córdova presenta mayor puntaje por cumplir los parámetros requeridos para el adecuado desarrollo del cultivo de cebada. Seguidamente por el suelo Acobamba cumpliendo parcialmente sus características importantes para su adecuado desarrollo del cultivo (pedregosidad, pH, permeabilidad, profundidad, drenaje). Los suelos con menores valor, aunque donde podría adaptarse el cultivo son los suelos de Ancos, Castrovirreyna, Lucanas Ayarmarca, Pampas e Ichupata y con una menor valoración el suelo Chirumpiani. Por otro lado, la variable de pendiente se encontró los valores más altos para los niveles plana a ligeramente inclinada y moderadamente inclinada. Para las variables meteorológicas Las temperaturas más representativas se encuentran en el rango de 16°C a 22°C con la categoría de climas templados.

Tabla 19. Parámetros agroecológicos para el cultivo de cebada y peso por criterio

Variables	Características	Aptitud	Peso	
Clases de suelo	Acobamba	Textura franca arenosa, profundidad moderada (51 a 100 cm), pH neutro (6,6-7,3), pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de material orgánico alto (>4%)	3	25 %
	Ancos	Textura Presenta suelos moderadamente profundos (51 a 100 cm), PH ligeramente alcalinos (7,4 a 7,8) con una pedregosidad gravoso y drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de materia orgánica medía (2-4%) a alta	2	
	Castrovirreyna. T	Textura: franco arenoso a limoso, suelos con profundidad superficial (25 a 50 cm), pH neutro (6,6-7,3) pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderado, Materia orgánica media (2-4%).	2	
	Chirumpiari	Textura: franco a arcilloso, profundidad moderada (51 a 100 cm), PH fuertemente ácido (5,1 -5,5) pedregosidad gravosa, drenaje moderado y permeabilidad moderadamente lenta. Materia orgánica baja. (<2%).	1	

	Córdova	Textura: franco, profundidad moderada (51 a 100 cm) PH ligeramente ácido (6,0 a 6,5) pedregosidad libre a ligeramente gravoso, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media a alta.	4	
	Ichupata	Textura: franco arenoso, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH ligeramente ácido (7,4- 7,8) pedregosidad muy gravosa, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media (2-4%)	2	
	Lucanas A.	Textura: franco a franco arenosa, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH neutro (6,6 a 7,3), pedregosidad gravosa, drenaje algo excesivo, permeabilidad moderadamente rápido, materia orgánica media (2-4%)	2	
	Pampas	Textura: arcillosa Profundidad moderada (51 a 100 cm) PH neutro (6,6 a 7,3) drenaje imperfecto y permeabilidad lenta, materia orgánica media (2-4%).	2	
Pendiente	< 4%	Plana a ligeramente inclinada	4	40
	4 – 8 %	Moderadamente inclinada	4	%
	8 – 15 %	Fuertemente inclinada	3	

	15 - 25 %	Moderadamente empinada	2	
	25 - 50 %	Empinada	1	
	50 - 75 %	Muy empinada	1	
	>75 %	Extremadamente empinada	1	
Temperatura	10-12		1	20
	12-14		2	%
	14-16	Templada	3	
	16-18		4	
	18- 20		4	
	20 -22		4	
	22-24	Cálida	3	
	Precipitación	800- 910	-	3,2,1

3.2.2 Parámetros agroecológicos para el trigo

- ✓ Este cultivo se encuentra entre los 2000 a 4000 m.s.n.m (MINAGRI, 2013).
- ✓ Temperatura: La temperatura es variable de acuerdo con la germinación y crecimiento del trigo, necesitando de un periodo de frío durante sus primeras etapas de desarrollo. Su temperatura mínima diurna para un crecimiento apreciable es de 5°C Es necesario contar con una temperatura media de 12° C que vaya en aumento, sin sobrepasar los 30°C (MINAGRI, 2011).
- ✓ Precipitación: La precipitación óptima requerida por la planta es alrededor de 500 mm a 700 mm (MINAGRI, 2011). Pudiendo desarrollarse en precipitaciones hasta los 1000mm (INIFAP, 2013)
- ✓ Suelo: Necesita suelos profundos y bien drenados para el crecimiento de raíces, se desarrolla mejor en textura media (INIFIAP, 2013). Además de suelos bien drenados a moderadamente drenados con un rango de pH óptimo de 6,1 a 7,3
- ✓ Pendiente: la pendiente no debe ser mayor al 15% (MINAGRI, 2011)

La tabla 20 muestra los parámetros característicos encontrados en el distrito de Quishuar para el cultivo de trigo. El suelo Córdova presenta mayor puntaje. Seguidamente por el suelo Acobamba cumpliendo parcialmente sus características importantes para su adecuado desarrollo del cultivo (pedregosidad, pH, permeabilidad, profundidad, drenaje). Los suelos con valoración intermedia son, Castrovirreyna, Pampas, Chirumpiani e Ichupata y con una menor valoración el suelo Lucanas Ayermara. Por otro la variable de pendiente se encontró los valores más altos para los niveles plana a inclinada y moderadamente inclinada. Para las variables meteorológicas 16°C a 20°C con la categoría de climas templados.

Tabla 20. Parámetros agroecológicos para el cultivo de trigo y peso por criterio

Variables	Características	Aptitud	Peso	
Clases de suelo	Acobamba	Textura franca arenosa, profundidad moderada (51 a 100 cm), pH neutro (6,6-7,3), pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de material orgánico alto (>4%)	3	25 %
	Ancos	Textura Presenta suelos moderadamente profundos (51 a 100 cm), PH ligeramente alcalinos (7,4 a 7,8) con una pedregosidad gravoso y drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de materia orgánica medía (2-4%) a alta	2	
	Castrovirreyna. T	Textura: franco arenoso a limoso, suelos con profundidad superficial (25 a 50 cm), pH neutro (6,6-7,3) pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderado, Materia orgánica media (2-4%).	2	
	Chirumpiari	Textura: franco a arcilloso, profundidad moderada (51 a 100 cm), PH fuertemente ácido (5,1 - 5,5) pedregosidad gravosa, drenaje moderado y permeabilidad moderadamente lenta. Materia orgánica baja. (<2%).	2	

Zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica para los cultivos de cebada (*Hordeum Vulgare*), maíz (*Zea mays l.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar

Córdova	Textura: franco, profundidad moderada (51 a 100 cm) PH ligeramente ácido (6,0 a 6,5) pedregosidad libre a ligeramente gravoso, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media a alta.	4		
Ichupata	Textura: franco arenoso, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH ligeramente ácido (7,4- 7,8) pedregosidad muy gravosa, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media (2-4%)	1		
Lucanas A.	Textura: franco a franco arenosa, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH neutro (6,6 a 7,3), pedregosidad gravosa, drenaje algo excesivo, permeabilidad moderadamente rápido, materia orgánica media (2-4%)	2		
Pampas	Textura: arcillosa Profundidad moderada (51 a 100 cm) PH neutro (6,6 a 7,3) drenaje imperfecto y permeabilidad lenta.	2		
Pendiente	< 4%	Plana a ligeramente inclinada	4	40 %
	4 – 8 %	Moderadamente inclinada	4	
	8 – 15 %	Fuertemente inclinada	3	

	15 - 25 %	Moderadamente empinada	2	
	25 – 50 %	Empinada	1	
	50 – 75 %	Muy empinada	1	
	>75 %	Extremadamente empinada	1	
Temperatura	10-12		1	20 %
	12-14		2	
	14-16	Templada	3	
	16-18		4	
	18- 20		4	
	20 -22		3	
	22-24	Cálida	3	
Precipitación	800- 910		3,2,1	15 %

3.2.3 Parámetros agroecológicos para el maíz

- ✓ Temperatura: Es necesario contar con una temperatura media de 10° C que vaya en aumento, sin sobrepasar los 30°C (MINAGRI, 2011).
- ✓ Precipitación: La precipitación óptima requerida por la planta es alrededor de 500 mm a 700 mm (MINAGRI, 2011).
- ✓ Suelo: Se desarrolla mejor en textura media: franco, franco arcilloso arenoso, franco arcilloso (INIFIAP, 2013) Con respecto a la profundidad requiere suelos profundos y bien drenados para el crecimiento de raíces, en un rango óptimo de pH es de 6,1 a 7,8 (MINAGRI, 2019).
- ✓ Pendiente: la pendiente no debe ser mayor al 15% (MINAGRI, 2011)

La tabla 21 muestra los parámetros característicos encontrados en el distrito de Quishuar para el cultivo de maíz. El suelo Córdova presenta mayor puntaje. Seguidamente por el suelo Acobamba cumpliendo parcialmente sus características importantes para su adecuado desarrollo del cultivo (pedregosidad, pH, permeabilidad, profundidad, drenaje). Los suelos con valoración intermedia son, Castrovirreyna, Pampas, Lucanas Ayarmarca, Ancos y con una menor valoración los suelos de Chirumpiani e Ichupata. Por otro la variable de pendiente se encontró los valores más altos para los niveles plana a inclinada y moderadamente inclinada. Para las variables meteorológicas 18°C a 24°C con la categoría de climas cálidos.

Tabla 21. Parámetros agroecológicos para el cultivo de maíz y peso por criterio

Variables	Características	Aptitud	Peso	
Clases de suelo	Acobamba	Textura franca arenosa, profundidad moderada (51 a 100 cm), pH neutro (6,6-7,3), pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de material orgánico alto (>4%)	3	35 %
	Ancos	Textura Presenta suelos moderadamente profundos (51 a 100 cm), PH ligeramente alcalinos (7,4 a 7,8) con una pedregosidad gravoso y drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de materia orgánica medía (2-4%) a alta	2	
	Castrovirreyna. T	Textura: franco arenoso a limoso, suelos con profundidad superficial (25 a 50 cm), pH neutro (6,6-7,3) pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderado, Materia orgánica media (2-4%).	2	
	Chirumpiari	Textura: franco a arcilloso, profundidad moderada (51 a 100 cm), PH fuertemente ácido (5,1 -5,5) pedregosidad gravosa, drenaje moderado y permeabilidad moderadamente lenta. Materia orgánica baja. (<2%).	1	

Zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica para los cultivos de cebada (*Hordeum Vulgare*), maíz (*Zea mays l.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar

Córdova	Textura: franco, profundidad moderada (51 a 100 cm) PH ligeramente ácido (6,0 a 6,5) pedregosidad libre a ligeramente gravoso, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media a alta.	4		
Ichupata	Textura: franco arenoso, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH ligeramente ácido (7,4- 7,8) pedregosidad muy gravosa, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media (2-4%)	1		
Lucanas A.	Textura: franco a franco arenosa, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH neutro (6,6 a 7,3), pedregosidad gravosa, drenaje algo excesivo, permeabilidad moderadamente rápido, materia orgánica media (2-4%)	2		
Pampas	Textura: arcillosa Profundidad moderada (51 a 100 cm) PH neutro (6,6 a 7,3) drenaje imperfecto y permeabilidad lenta.	2		
Pendiente	< 4%	Plana a ligeramente inclinada	4	30 %
	4 – 8 %	Moderadamente inclinada	4	
	8 – 15 %	Fuertemente inclinada	3	

	15 - 25 %	Moderadamente empinada	2	
	25 – 50 %	Empinada	1	
	50 – 75 %	Muy empinada	1	
	>75 %	Extremadamente empinada	1	
Temperatura	10-12		1	25 %
	12-14		2	
	14-16	Templada	3	
	16-18		3	
	18- 20		4	
	20 -22		4	
	22-24	Cálida	4	
	Precipitación	800- 910	-	3,2,1

3.2.4 Parámetros agroecológicos para la papa

- ✓ Temperatura: Sus temperaturas óptimas oscilan entre 17 a 23 °C, Por ese motivo, la papa se siembra a principios de la primavera en zonas templadas y a finales de invierno en las regiones más calurosas (INTAGRI,2017).
- ✓ Precipitación: La precipitación óptima requerida por la planta es alrededor de 600 mm a 1000 mm (INTAGRI,2017).
- ✓ Suelo: Los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación, que además facilitan la cosecha. Sin embargo, se pueden alcanzar altas producciones en suelos con textura arcillosa al aplicar materia orgánica y regulando las frecuencias de riego. El cultivo tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5.0 a 7.0. profundidad efectiva mayor a 50cm para el desarrollo de los estolones y tubérculos de la planta (INTAGRI,2017).

La tabla 22 muestra los parámetros característicos encontrados en el distrito de Quishuar para el cultivo de papa. El suelo Córdova presenta mayor puntaje. Seguidamente por el suelo Acobamba cumpliendo parcialmente sus características importantes para su adecuado desarrollo del cultivo (pedregosidad, pH, permeabilidad, profundidad, drenaje). Los suelos con valoración intermedia son, Castrovirreyna, Lucanas Ayarmarca, Chirumpiani y con una menor valoración los suelos Ancos, Ichupata y Pampas. Por otro la variable de pendiente se encontró los valores más altos para los niveles plana a inclinada y moderadamente inclinada. Para las variables meteorológicas de 14°C a 20°C con la categoría de climas templados.

Tabla 22. Parámetros agroecológicos para el cultivo de papa y peso por criterio

Variables	Características	Aptitud	Peso	
Clases de suelo	Acobamba	Textura franca arenosa, profundidad moderada (51 a 100 cm), pH neutro (6,6-7,3), pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de material orgánico alto (>4%)	3	35 %
	Ancos	Textura Presenta suelos moderadamente profundos (51 a 100 cm), PH ligeramente alcalinos (7,4 a 7,8) con una pedregosidad gravoso y drenaje y permeabilidad moderados. Contenido de materia orgánica medía (2-4%) a alta	1	
	Castrovirreyna. T	Textura: franco arenoso a limoso, suelos con profundidad superficial (25 a 50 cm), pH neutro (6,6-7,3) pedregosidad gravosa, drenaje y permeabilidad moderado, Materia orgánica media (2-4%).	2	
	Chirumpiari	Textura: franco a arcilloso, profundidad moderada (51 a 100 cm), PH fuertemente ácido (5,1 -5,5) pedregosidad gravosa, drenaje moderado y permeabilidad moderadamente lenta. Materia orgánica baja. (<2%).	2	

	Córdova	Textura: franco, profundidad moderada (51 a 100 cm) PH ligeramente ácido (6,0 a 6,5) pedregosidad libre a ligeramente gravoso, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media a alta.	4	
	Ichupata	Textura: franco arenoso, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH ligeramente ácido (7,4- 7,8) pedregosidad muy gravosa, drenaje y permeabilidad moderado. Contenido de materia orgánica media (2-4%)	1	
	Lucanas A.	Textura: franco a franco arenosa, profundidad superficial (25 a 50 cm), PH neutro (6,6 a 7,3), pedregosidad gravosa, drenaje algo excesivo, permeabilidad moderadamente rápido, materia orgánica media (2-4%)	2	
	Pampas	Textura: arcillosa Profundidad moderada (51 a 100 cm) PH neutro (6,6 a 7,3) drenaje imperfecto y permeabilidad lenta.	1	
Pendiente	< 4%	Plana a ligeramente inclinada	4	30 %
	4 – 8 %	Moderadamente inclinada	4	
	8 – 15 %	Fuertemente inclinada	3	

	15 - 25 %	Moderadamente empinada	2	
	25 – 50 %	Empinada	1	
	50 – 75 %	Muy empinada	1	
	>75 %	Extremadamente empinada	1	
Temperatura	10-12		1	25 %
	12-14		2	
	14-16	Templada	3	
	16-18		4	
	18- 20		4	
	20 -22		3	
	22-24	Cálida	3	
Precipitación	800- 910	-	3,2,1	10 %

3.3 Modelo y mapas de zonificación agroecológica

En respuesta a la pregunta de investigación y con el objetivo de identificar las zonas agroecológicas para los principales cultivos de Quishuar. Se realizó la unión de los mapas temáticos en base a la temperatura media anual, precipitación, grupo de suelos (características de textura, drenaje, pedregosidad, pH, profundidad) y las pendientes encontrándose las zonas de aptitud desde mayor adaptabilidad hasta baja adaptabilidad, mediante los criterios de superposición ponderada colocando un factor según importancia siguiendo la siguiente fórmula polinómica (Zambrano, 2018); en la siguiente ecuación se representa el modelo de integración en base a variables:

Ecuación 2: Modelo de integración en base a variables

$$ZAE = A * COD 3 + B * COD 4 + C * COD 1 + D * COD 2$$

COD 3 = Pendiente

COD 4 = Suelo

COD 1 = Temperatura

COD 2 = Precipitación

3.3.1 Zonificación agroecológica para el cultivo de cebada

La zonificación agroecológica para el cultivo de cebada describe el modelo de integración para el cultivo de la cebada (Zambrano, 2018) se basó en la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Modelo de integración para el cultivo de cebada

$$ZAE = 0.4 * COD 3 + 0,25 * COD 4 + 0,2 * COD 1 + 0,15 * COD 2$$

Los resultados obtenidos con la ponderación de zonificación agroecológica “muy buenas” para el cultivo de Cebada en el distrito de Quishuar se encuentran en la zona sur (zonas de color verde oscuro) siendo pequeñas parcelas entre los rangos de temperatura de 16° a 22 ° entre las latitudes 1800 m.s.n.m a 3000 m.s.n.m. con parcelas entre las pendientes plana a moderadamente inclinada (ver figura 16).

ZONIFICACION AGROECOLOGICA PARA EL CULTIVO DE LA CEBADA

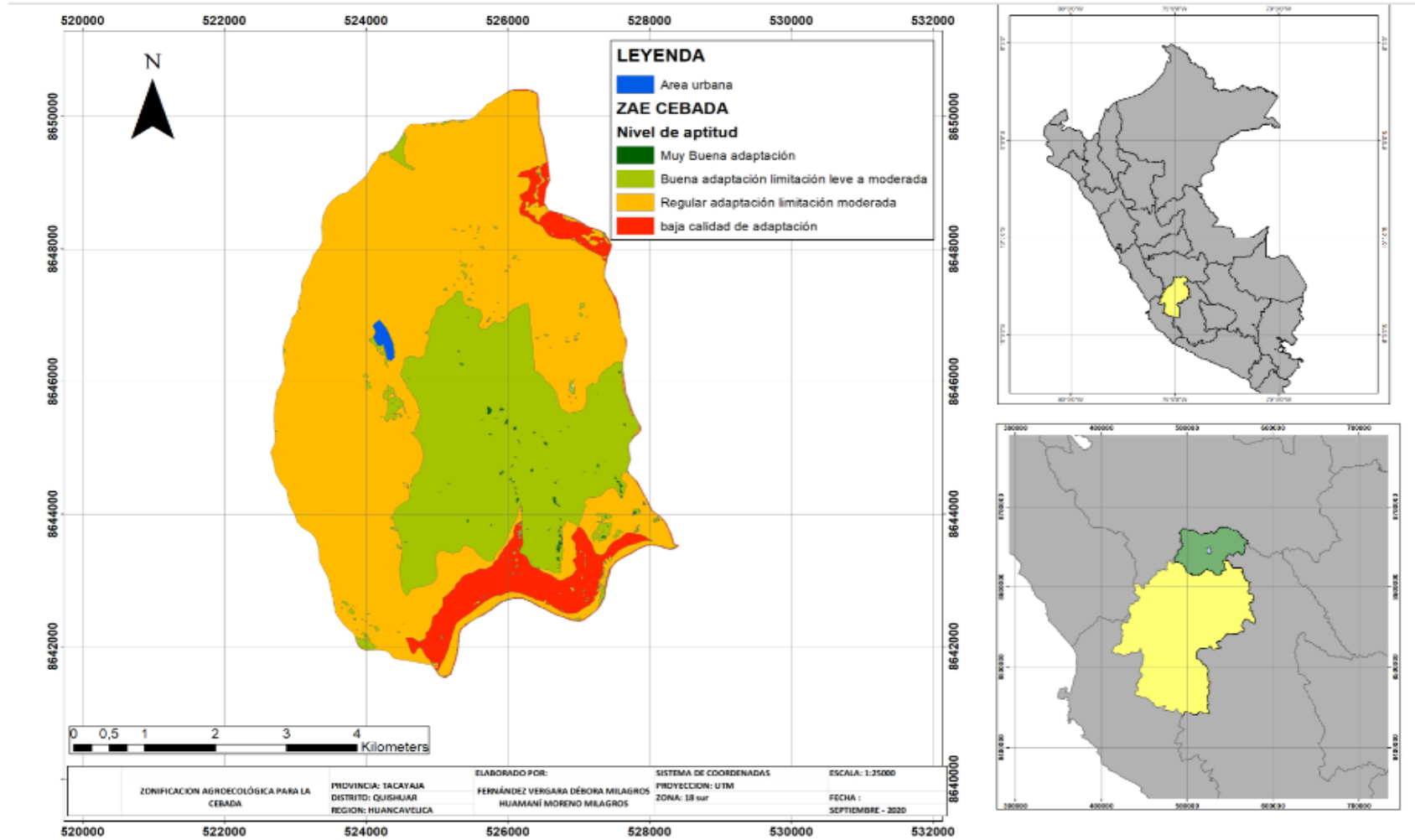


Figura 16. Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de Cebada

Las zonas agroecológicas óptimas con el criterio “muy bueno” identificando para el cultivo de cebada se encuentra en el suelo Córdova y representan una extensión de $0,06 \text{ km}^2$ (0,19%). Se encontraron zonas con buena adaptación con limitaciones leves a moderadas por el tema de pendiente, con una extensión $9,67 \text{ km}^2$ (29,47%) entre las temperaturas de 16°C a 20°C . Las zonas de regular adaptación con una limitación moderada por pendientes mayores al 15 % se encuentran distribuidas en mayor porcentaje en la zona con una extensión de $20,62 \text{ km}^2$ (62, 86%). Por último, se encontraron las zonas de baja adaptación encontradas en la zona sur y noreste del distrito entre los suelos de Chirumpiani y Castrovirreyna Ticapro con una extensión de $2,46 \text{ km}^2$ (7,49%) en relación con todo el distrito de Quishuar (ver tabla 23).

Tabla 23. Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de cebada en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Muy buena adaptación	0,06	0,19
Buena adaptación	9,67	29,47
Regular adaptación	20,62	62,86
Baja adaptación	2,46	7,49

3.3.2 Zonificación agroecológica para el cultivo de trigo

La zonificación agroecológica para el cultivo de trigo en el modelo de integración para el cultivo del trigo (Zambrano, 2018) se basó en la siguiente fórmula polinómica adaptada de los conceptos de análisis multicriterio y superposición ponderada:

Ecuación 4: Modelo de integración para el cultivo de trigo

$$ZAE = 0.4 * COD 3 + 0,25 * COD 4 + 0,2 * COD 1 + 0,15 * COD 2$$

Los resultados obtenidos con la ponderación de zonificación agroecológica “muy buenas” para el cultivo de trigo en el distrito de Quishuar se encuentran en la zona sur (zonas de color verde oscuro) entre las temperaturas de 16° a 23 ° entre las latitudes 1400 msnm a 3000 msnm (ver figura 17)

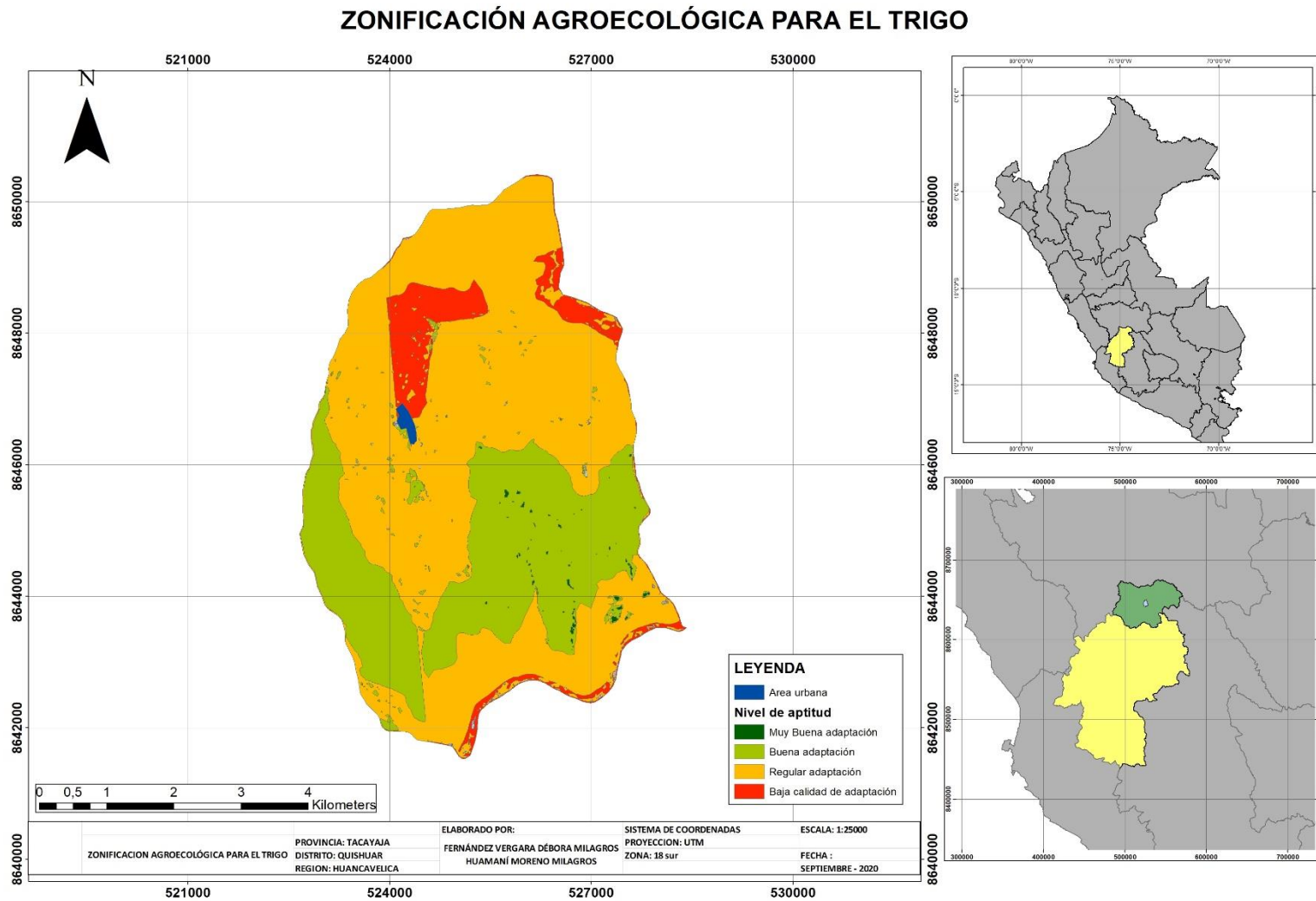


Figura 17. Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de Trigo

Las zonas agroecológicas óptimas con el criterio “muy bueno” identificando para el cultivo de trigo se encuentra en el suelo Córdova y representan una extensión de 0,07 km^2 (0,22 %). Se encontraron zonas con buena adaptación con limitaciones leves a moderadas por el tema de pendiente, con una extensión 10,24 km^2 (31,36%) entre los suelos de Acobamba y Córdova temperaturas de 17°C a 20 °C. Las zonas de regular adaptación con una limitación moderada por pendientes mayores al 15 % se encuentran distribuidas en mayor porcentaje en la zona con una extensión de 19,96 km^2 (61, 18%). Por último, se encontraron las zonas de baja adaptación encontrada en los suelos de Castrovirreyna Ticapro y Pampas con una extensión de 2,36 km^2 (7,24%) en relación con todo el distrito de Quishuar (ver tabla 24).

Tabla 24.

Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de trigo en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Muy buena adaptación	0,07	0,22
Buena adaptación	10,24	31,36
Regular adaptación	19,96	61,18
Baja adaptación	2,36	7,24
Total	32,64	100

3.3.3 Zonificación agroecológica para el cultivo de maíz

La zonificación agroecológica para el cultivo de maíz en el modelo de integración para el cultivo del maíz (Zambrano, 2018) se basó en la siguiente fórmula polinómica adaptada de los conceptos de análisis multicriterio y superposición ponderada:

Ecuación 5: Modelo de integración para el cultivo de maíz

$$ZAE = 0,35 * COD 4 + 0,30 * COD 3 + 0,25 * COD 1 + 0,10 * COD 2$$

Los resultados obtenidos con la ponderación de zonificación agroecológica “muy buenas” para el cultivo de maíz en el distrito de Quishuar se encuentran en la zona central y sur (zonas de color verde oscuro) entre las altitudes de 1800 a 3140 m.s.n.m. (ver figura 18).

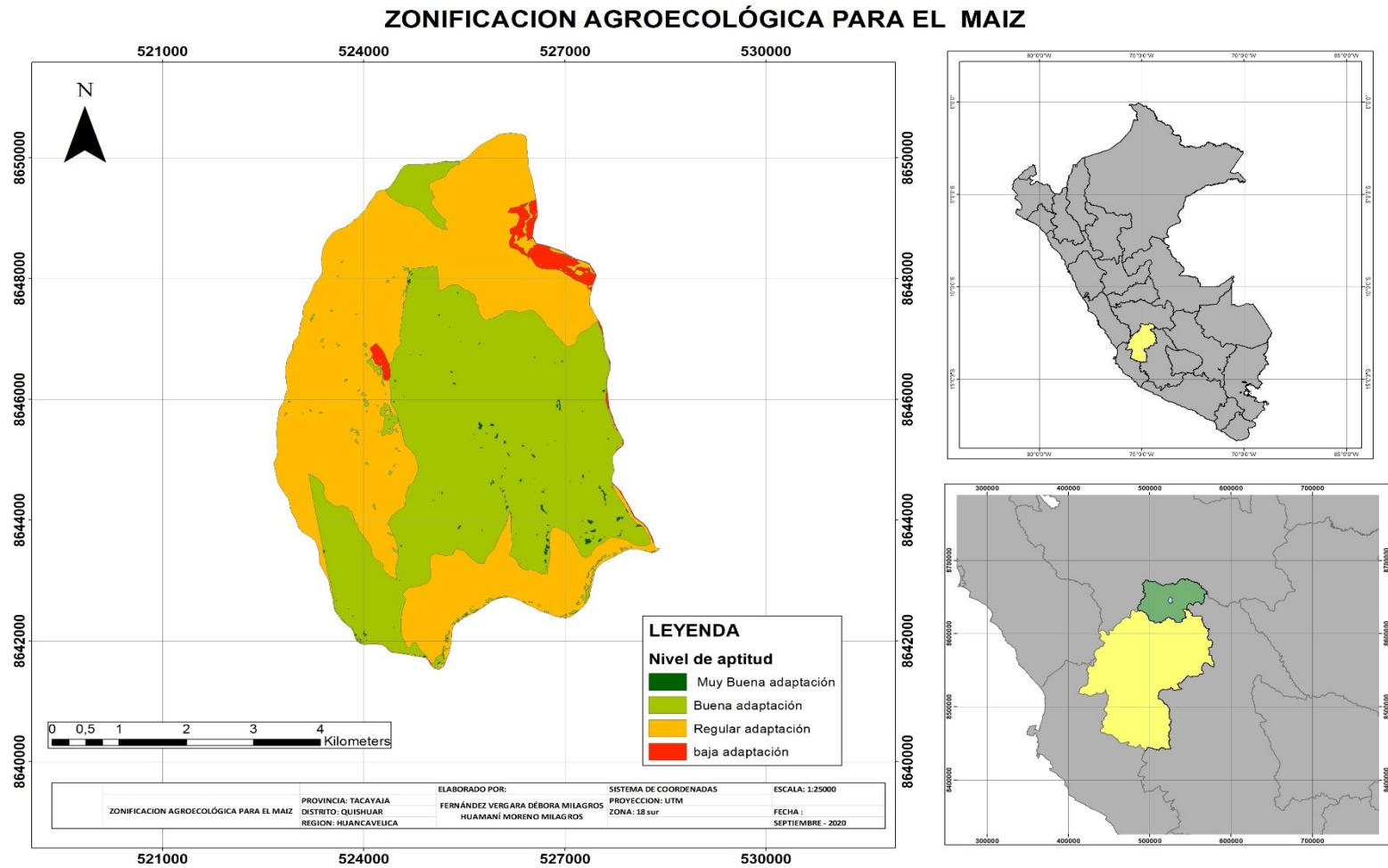


Figura 18. Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de Maíz

Las zonas agroecológicas óptimas con el criterio “muy bueno” identificando para el cultivo de maíz se encuentra en el suelo Córdova y representan una extensión de 0,11 km^2 (0,34 %), se caracterizan por ser zonas de pendiente plana a moderadamente inclinada (8%) y en un rango de temperaturas de 18 a 22 °C. Se encontraron zonas con buena adaptación con limitaciones leves a moderadas por el tema de pendiente, con una extensión 15,92 km^2 (48,60%) entre el rango de temperaturas de 15°C a 22 °C. Las zonas de regular adaptación con una limitación moderada por pendientes mayores al 15 % se encuentran distribuidas en mayor porcentaje en la zona con una extensión de 16,05 km^2 (49, 11%) entre las temperaturas de 12°C a 24 °C. Por último, se encontraron las zonas de baja adaptación encontrada en el suelo de Castrovirreyna Ticapro con una extensión de 0,61 km^2 (1,87%) en relación con todo el distrito de Quishuar (ver tabla 25)

Tabla 25.

Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de maíz en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Muy buena adaptación	0,11	0,34
Buena adaptación	15,92	48,69
Regular adaptación	16,05	49,11
Baja adaptación	0,61	1,87
Total	32,69	100

3.3.4 Zonificación agroecológica para el cultivo de papa

La zonificación agroecológica para el cultivo de papa para el modelo de integración para el cultivo de la papa se basó en la siguiente fórmula polinómica adaptada de los conceptos de análisis multicriterio y superposición ponderada (Zambrano, 2018):

Ecuación 6: Modelo de integración para el cultivo de papa

$$ZAE = 0.35 * COD 3 + 0,30 * COD 4 + 0,25 * COD 1 + 0,10 * COD 2$$

Se identificó zonas con extensión marginal para la aptitud “muy bueno” (ver figura 18).

ZONIFICACION AGROECOLÓGICA PARA LA PAPA

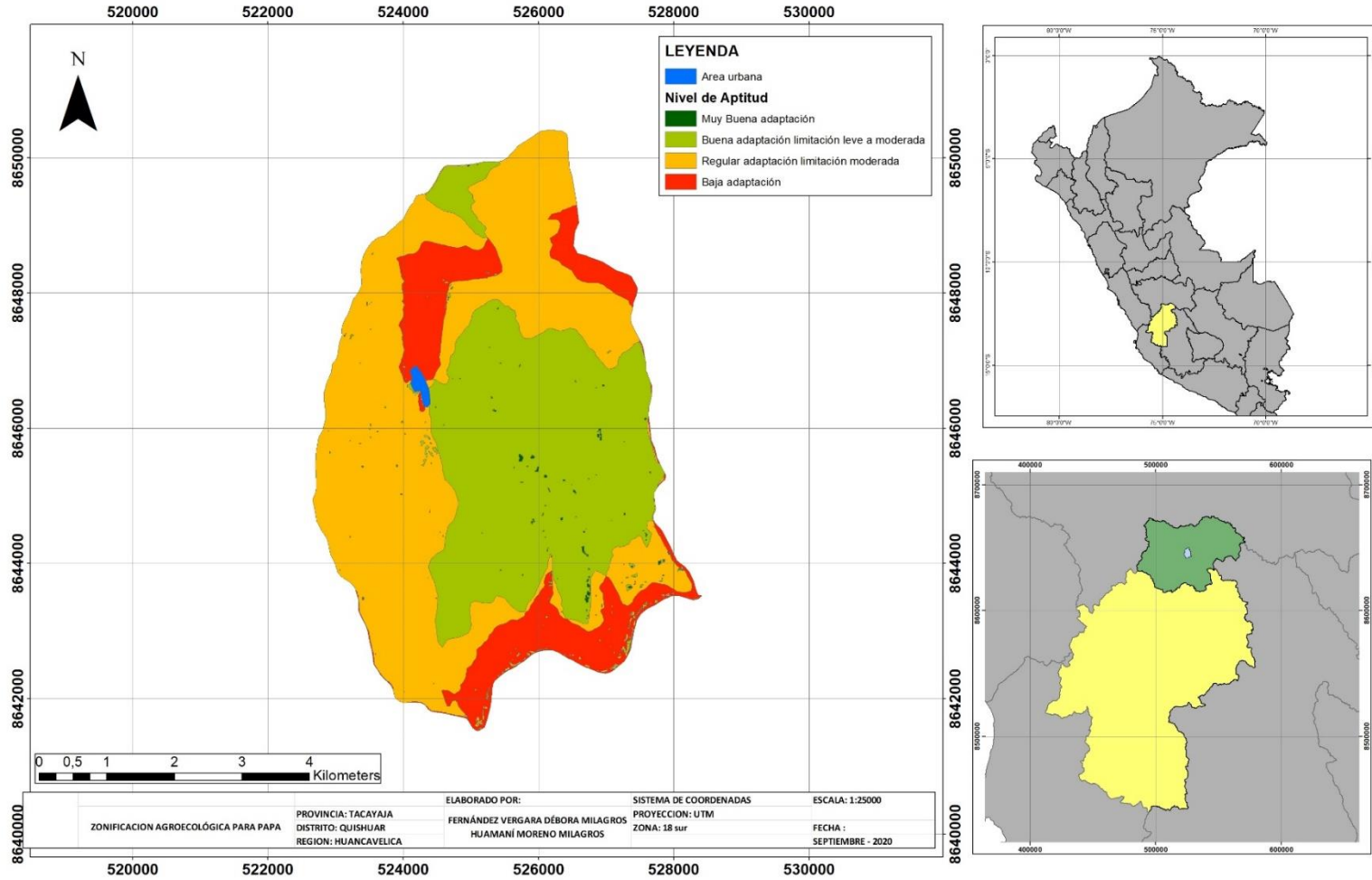


Figura 19: Mapa de zonificación agroecológica para el cultivo de papa

Tabla 26.

Extensión (km^2) de zonas agroecológicas para el cultivo de papa en el distrito de Quishuar

Categorías	Áreas (km^2)	Porcentaje (%)
Muy buena adaptación	0,06	0,19
Buena adaptación	12,50	38,29
Regular adaptación	15,45	47,33
Baja adaptación	4,63	14,18
Total	32,69	100

Las zonas agroecológicas óptimas con el criterio “muy bueno” identificando para el cultivo de papa se encuentra parcialmente en el suelo Córdova y representan una extensión de $0,06 km^2$ (0,19 %), se caracterizan por ser zonas de pendiente plana a moderadamente inclinada (8%) y en un rango de temperaturas de 17 a 21 °C. Se encontraron zonas con buena adaptación con limitaciones leves a moderadas por el tema de pendiente, con una extensión $12,50 km^2$ (38,29%) entre el rango de temperaturas de 14°C a 21 °C. Las zonas de regular adaptación con una limitación moderada por pendientes mayores al 15 % se encuentran distribuidas en mayor porcentaje en la zona con una extensión de $15,45 km^2$ (47,33%) entre las temperaturas de 10°C a 23 °C. Por último, se encontraron las zonas de baja adaptación encontrada en el suelo de Castrovirreyna Ticapro, Pampas y Chirumpiani con una extensión de $4,63 km^2$ (1,87%) en relación con todo el distrito de Quishuar (ver tabla 26).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Durante la realización del presente estudio, se encontraron una serie de limitaciones para la presentación y sustentación de resultados. Dentro de ellas se destacan:

- No poder asistir netamente a la zona de estudio y recopilar información actualizada o muestras de suelo por motivos de la cuarentena a nivel mundial debido a la pandemia del COVID-19;
- Así también al ser un distrito pequeño no se contaba con estudios actualizados ni estaciones meteorológicas netamente de la zona por lo cual fue importante revisar y sintetizar la información basada en estudios del departamento realizadas por las autoridades competentes del Gobierno Regional de Huancavelica y la recopilación de estudios climatológicos del mapa térmico de Senamhi, e información altitudinal relacionada a temperaturas proporcionada por el estudio del ministerio de vivienda y cultura.

En relación a nuestra pregunta central de investigación: ¿De qué manera influye la zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica para los cultivos de la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays L.*), el Trigo (*Triticum aestivum*) y la papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar – Huancavelica? La zonificación agroecológica determina áreas potenciales para los cultivos en base a sus consideraciones y necesidades climáticos y edafológicos, los cuales, influyen en el conocimiento de la potencialidad de los suelos en Quishuar para que los cultivos de papa, maíz, cebada y trigo puedan desarrollarse de una forma sustentable. De igual

manera, el estudio realizado por Guimarey (2018) determina cómo la zonificación agroecológica influye en encontrar zonas agroecológicas productivas que permiten especificar en qué zonas debe ir o no ciertos tipos de cultivo o producción a desarrollarse. Esto a su vez, según el autor tiene un impacto en identificar mejoras en la gestión y calidad del suelo.

Por otro lado, A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general, que establece una relación entre la zonificación agroecológica y la determinación de zonas aptas para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) las cuales permitirán dar un uso adecuado del recurso suelo en el distrito guardando relación con la metodología de la FAO (1996, 2001), CIREN (1989); quienes señalan que la zonificación agroecológica permite identificar parcelas con similitudes de condiciones edafológicas y climáticas que ejercerán una planificación óptima en el sector productivo tomando al ambiente como principal factor y en la disminución de riesgos presentes.

Respecto a nuestra primera hipótesis específica se confirma que la caracterización a ambiental en base a variables meteorológicos (precipitación - temperatura) y edafológicas (textura, pH, profundidad, permeabilidad, drenaje, pendiente) tienen un impacto en identificar las zonas más adecuadas de acuerdo a los cultivos seleccionados. Todo ello en concordancia al estudio de Caza (2018) , Barrios (2016) y González-Hernández (2016) en los cuales analizó la viabilidad de las características ambientales del lugar de estudio con los requerimientos característicos como su nivel de potencial de hidrógeno (identificando el nivel de acidez o alcalinidad para una producción óptima de los cultivos), permeabilidad, drenaje del suelo (eliminación de excesos de agua en el suelo), pedregosidad, materia orgánica (base para el desarrollo agrícola), profundidad

del suelo (absorción de agua y nutrientes) aportando conocimientos de gran potencial para conocer las etapas fenológicas y condiciones requeridas para el desarrollo óptimo del cultivo.

Así mismo, en relación al segundo punto de nuestras hipótesis específicas se acepta que los requerimientos agroecológicos propios de los cultivos seleccionados van a generar y tienen influencia directa en la identificación de zonas potenciales propuestos (maíz, papa, trigo y cebada en el distrito de Quishuar. Esto de acuerdo a sus principales características y sus limitantes colocándose valores del 1 al 4 siendo uno el menos importante dando una baja adaptación a 4 el valor más importante y por lo tanto de mayor adaptación que ejercieron un impacto en la generación de mapas temáticos. Así mismo, a cada variable se le otorgó un peso en porcentajes. La valoración en esos criterios por importancia fue similarmente utilizada en los estudios de Salas *et al.* (2017) y Zambrano (2018). Tales estudios especifican esta técnica metodológica y su aplicación mediante las herramientas SIG en la identificación final del zonas potenciales y óptimas para los cultivos estudiados.

Seguidamente en relación a la tercera hipótesis específica se sabe que la zonificación agroecológica va determinar zonas óptimas para un desarrollo sostenible pero también dependerá del grado de aceptación y utilidad por parte de las autoridades del distrito y de la población a utilizar la zonificación para conocer y difundir zonas para sus cultivos sin dañar el ecosistema del suelo. Esto va en relación al estudio de Montañez (2014) y LLuyac (2018) en el que describen la importancia del diagnóstico participativo, el enfoque de la población y su integración con la agricultura, las cuales identifican limitaciones y aportes importantes para que la herramienta de la zonificación agroecológica cobre sentido en la población y sus recursos. Los resultados permitieron

identificar el proceso en los cambios ecosistémicos en el desarrollo de cultivos y sus repercusiones. ligada en el uso agrícola y la relación con criterios climáticos, morfológicos, entre otros.

La metodología de la zonificación agroecológica mediante la herramienta SIG demostró que existe una asociación entre la información geoespacial y el análisis multicriterio por valores asignados según grados de importancia siendo concordante con el estudio de Zambrano (2018) en su estudio titulado: “Evaluación de zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) mediante análisis multicriterio, Manabí” y la metodología establecida por la FAO, en los cuales la metodología de análisis multicriterio mediante asignación de valores para la zonificación de cultivos tuvo la finalidad de determinar zonas aptas agroecológicamente y con características de sostenibilidad mediante rangos de adaptabilidad. Además, se relaciona al estudio realizado en el territorio nacional por Salas et al. (2017) en las cuales se utilizó el análisis y procesamiento geoespacial para la zonificación usando como herramienta de SIG el Molder Builder, permitiendo la obtención de mapas con sus niveles de adaptabilidad de acuerdo a la proporción del área, tomando también, cultivos como papa y maíz.

Analizando los resultados obtenidos se observa que el mapa de zonificación agroecológica para la cebada y trigo, granos similares se colocó mayor valoración a la pendiente pues según el estudio de Novoa y Villaseca (1987) MINAM y MINAGRI se toma en cuenta que este parámetro puede influir en las limitaciones del terreno que van desde moderadas a irreversibles y que pueden dañar al cultivo y causar erosión del suelo. Mediante la zonificación el tipo de suelo ideal para el cultivo de cebada se encuentra en el suelo Córdova ya que cumple con el rango de profundidad, siendo el óptimo de 30

cm a más. también se encuentra dentro el rango de pH, siendo el rango óptimo de 6 a 8,5 (INIFIAP, 2013). Se centra también dentro de lo permitido por el nivel de pedregosidad (10 a 25%) (INIAP, 2013) y con ligeras limitaciones por el drenaje y permeabilidad evidenciando la información del cuadro 23 encontrado en una representación de 29,47 %. Por otro lado, las zonas de regular adaptación representadas en mayor proporción (62,87%) corresponden a los suelos de Ancos, Acobamba, Lucanas Ayarmarca tomándose esta valoración ya que, aunque se adapta a diferentes tipos de suelo es preferible franco a ligeramente arcillosos (Collantes, 2006). Por otro se encuentra dentro del rango de pH y profundidad óptima a partir de los 30 cm (Aragón, 1995); Sin embargo, hay una variación ligera por presentar drenaje y permeabilidad moderados. El mapa muestra zonas rojas de baja adaptación para los suelos de Chirumpiani y la zona de Castrovirreyna Ticapro la zona de Chirumpiani presenta limitaciones en cuanto al pH (5,1 a 5,5) ya que los estudios como del MINAGRI (2017) y CIREN (1989) demuestran que el cultivo de cebada es más tolerante a la alcalinidad que a la acidez. Por otro lado, la zona de Castrovirreyna se encuentra en una zona de temperaturas medias entre 10 a 11 °C las cuales presentan ligeras limitaciones en el desarrollo de la cebada.

El cultivo de trigo es más tolerante a la acidez en comparación a los estudios de Gómez (2005) y los suelos que cumplen con esas características se encuentran entre Córdova y Acobamba por sus niveles de textura del suelo pudiendo tolerar entre moderadamente gruesas a moderadamente finas con limitaciones leves según el estudio de Novosa y Villaseca (1987) El mapa evidencia las zonas de Castrovirreyna Ticapro, Lucanas y parte del suelo de Pampas como zonas de baja adaptación siendo características de estos un drenaje imperfecto o suelos superficiales (25 cm) siendo necesario para el cultivo

suelos bien profundos para un desarrollo adecuado de las raíces. Por otro lado, las zonas de pampas y Castrovirreyna Ticapro se encuentran entre latitudes con temperatura entre 10 a 12°C las cuales causan estabilidad en el espigado según el estudio de MINAGRI (2019).

El cultivo de maíz evidenciado en el mapa 18 presenta mayor dispersión de adaptabilidad representado por un 48,69 %; presenta suelo moderadamente profundo (uso adecuado en profundidad para su desarrollo). Adicional presenta suelos con pedregosidad gravoso, drenaje. Dándose un grado de mayor importancia al suelo por exigencias en cuanto a fertilidad del suelo (capacidad de retención, aireación y temperatura) no soportando suelos con mal drenaje de acuerdo con los estudios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y el ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Este resultado concuerda también con el estudio de Olivares et al. en el cual los autores destacan la importancia de caracterizar el suelo, el clima, el relieve del suelo y otros lineamientos para lograr una zona apta agroecológicamente para el cultivo de maíz que permita su óptimo crecimiento.

El cultivo de papa mostrado en el mapa 19 presenta un porcentaje más de variación con relación a los cultivos anteriores debido a sus características y limitaciones térmicas. El resultado de sus zonas aptas guarda relación con el estudio de Salas *et al.* (2017). Destacando que el cultivo de papa necesita de climas fríos a templados suelos de franco a franco arenosos y está determinado por su nivel de PH. Los autores describen la importancia que ejerce en el cultivo los muestreos de suelo, los niveles de pH y textura para un adecuado desarrollo del cultivo, mostrando que la zonificación agroecológica es una herramienta de gestión ambiental para el recurso del suelo.

Como implicancias del estudio, la presente propuesta debido al grado de análisis desarrollado ofrece no solo la aplicación de los datos obtenidos para un adecuado desarrollo productivo de los cultivos seleccionados en el distrito; si no también la posibilidad que solvente el análisis obtenido a los distritos aledaños como Salcabamba, Salcahuasi, Huaribamaba, etc. Al encontrarse en la misma situación para el sector agrícola que es la principal solvencia económica; como el distrito de Quishuar dando paso a poder potenciar toda la región donde se normalice el poder gestionar una agricultura sostenible con valor agregado hacia los recursos naturales que ofrecen estas áreas. Así también, en caso se aplicara la propuesta para el distrito de Quishuar se obtendría no solo un desarrollo sostenible en la agricultura, en la utilidad de los recursos, en el manejo de selección por hectáreas por tipo de cultivo apto y en el ordenamiento territorial por cultivo para maximizar los ingresos gracias a la adecuación del tipo de cultivo correcto a desarrollar por tipo de suelo presente en Quishuar, la valorización de segmentos productivos con una gestión agrícola donde se reconozca el valor del recurso suelo hacia la no explotación del suelo que se viene desarrollando en la actualidad debido a la agricultura tradicional. El impacto que generaría la siguiente propuesta si fuera aplicada sería de un cambio en el sector agrario siendo el sector más afectado en proporciones de pobreza a pesar de contar con grandes hectáreas de suelo, los pobladores agricultores contarían con la opción de reconocer sus propios cultivos y valorar la importancia que mantiene poder sostener sus sectores por hectáreas con la aplicación del cultivo adecuada que responde a las características propias así como incrementar su producción agrícola ya que al contar con un cultivo que responde las características del suelo se contaría con suelos aptos que resumirían una mayor producción beneficiando a sus productores. Por otro lado es importante entender que el

sector sigue desarrollando su producción agrícola con la terminología agricultura tradicional donde no se evalúa el tipo de suelo y que valor tiene la correcta producción ofreciendo resultados como la explotación de suelos o la infertilidad de los mismos, es relevante conocer que en un corto periodo al seguir con este tipo de agricultura se podría obtener un distrito de Quishuar totalmente infértil generando que su ingreso económico vital como lo es la agricultura también se vea afectada con la ya no existencia de más producción de cultivos.

4.2 Conclusiones

En esta tesis se elaboró la zonificación agroecológica para los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar. La zonificación influyó en la identificación de zonas con potencialidad agroecológica desde identificar zonas de baja adaptación a zonas de alta adaptación. Con respecto a ello, se concluye que en la zona de Quishuar se encuentran en mayor porcentaje áreas de regular adaptación para los 4 cultivos, esto debido a sus condiciones de pendiente muy empinada, en las que se desarrollan los cultivos en mención. Sin embargo, el suelo presente cumple las condiciones de, pH, pedregosidad, drenaje, textura y materia orgánica que permite, la incrementación de los cultivos en la zona. Debido a ello, se considera importante realizar surcos y, andenes que faciliten el crecimiento óptimo.

La caracterización ambiental en sus variables meteorológicos (precipitación - temperatura) y edafológicas (textura, pH, profundidad, permeabilidad, drenaje, pendiente) realizada como base la delimitación geográfica del área en estudio a través de modelo SHAPEFILE permitió conocer las potencialidades y limitaciones del distrito

de Quishuar. El clima es semiseco con humedad abundante que puede tener épocas templadas a lo largo del año. La temperatura se mantiene uniforme de 12 °C a 24°C en temperaturas medias dependiendo de sus altitudes del distrito. Esta variabilidad de altitudes permite el desarrollo de diversos cultivos. Las precipitaciones promedio es de 700 mm. Por otro lado el suelo encontrado en mayor proporción con un 54, 87% se encuentra clasificado en el tipo Córdova. Esto indica que Quishuar presenta un buen material edafológico, con un PH considerable de neutro a ligeramente ácido y con drenaje moderado a bueno, con pedregosidad considerablemente aceptable. Sin embargo, como también se encontró que Quishuar presentan zonas abruptas de pendientes moderadas a extremadamente empinadas.

Seleccionar los parámetros agroecológicos para los cultivos de los cultivos de la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays L.*), el trigo (*Triticum aestivum*) y la papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Quishuar, permitió clasificar el valor más importante en el que se desarrolla cada cultivo. Por ejemplo, se encontró que para el cultivo de maíz es mucho más importante las características de suelo ya que no pueden desarrollarse eficientemente en suelos con baja fertilidad de suelo y de mal drenaje como los encontrados en la zona de Castrovirreyna Ticrapo. Pero que puede crecer en el área del suelo córdova ya que presentan moderada permeabilidad y media a alta materia orgánica además son zonas altitudinales más cálidas favoreciendo el desarrollo. Así mismo, los parámetros adecuados para el cultivo de cebada y para el trigo son similares con temperaturas medias de 17 °C a 21°C con drenaje moderado a bueno y pH ligeramente ácido a neutro, sin embargo, es más importante el nivel de pendiente, por la que sus zonas muy aptas se encontraron en pequeñas porciones. Sin embargo, el trigo es más tolerante a la acidez que el cultivo de cebada por lo que su extensión se encontró

en los suelos Córdova y Acobamba. Se considera importante también, el tipo de textura con buen drenaje y ventilación para el cultivo de papa y PH no mayor a 7.

La zonificación agroecológica logra establecer zonas de aptitud para el desarrollo de forma óptima y sustentable ya que los resultados indicaron que las condiciones de pendiente y tipo de suelo y las condiciones climáticas permitieron identificar zonas de baja aptitud a zonas de alta aptitud, contribuyendo a un avance territorial en el distrito donde se optimice y se dé el valor real de los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Agriculturers (2020). Agriculturers.com: El problema de la precipitación en la agricultura.
Recuperado de: <https://agriculturers.com/el-problema-de-la-precipitacion-en-la->
- Altieri, M., y Nicholls, C. (1 Ed). (2000). *Agroecología, Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México, D.F.: Red de formación ambiental para América y el Caribe
- Barrios, C. (2017). *Zonificación agroecológica para el cultivo de arroz de riego (Oryza Sativa L.) en Colombia*. (tesis de Pregrado) Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- Bosque Sendra, J (1992). “Sistemas de Información Geográfica”. España. Publicado por Rialp
- Barreira, E. (1974). Books google.com: “Fundamentos de la edafología para la agricultura”.
Recuperado de:
https://books.google.com.pe/books/about/Fundamentos_de_edafolog%C3%ADa_para_la_agric.html?id=TldhAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Carmona, A., y Monsalve, J. (2002). CEPAL: *Sistemas de Información Geográficas*.
Recuperado de [https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capituloIV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20\(1999\)%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf](https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capituloIV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20(1999)%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf)
- Castillo, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Revista tecnológica en Marcha*. 22(2), 23
- Caso, E. (2012). Geoservidor.peru.minam: *Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de tierras, Huancavelica*. Recuperado de:

http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Huancavelica/Memoria_Descriptiva_Suelos_CUM.pdf

Caza, P. (2018). *Zonificación Agroecológica para los cultivos de maracuyá (pasiflora edulis), café (teobroma cacao) en la parroquia rural de San Isidro, Provincia de Manabí* (tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Cedrón, A. (2014). Instalación de canal de riego Tincocc Pachas CConoc Ccahuin, distrito de Quishuar (perfil de pre-inversión) Municipalidad Distrital de Quishuar

CIREN. (1989) research.csiro: *Cereales, cultivos industriales y flores*. Recuperado de: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Requerimientos-de-clima-y-suelo.-Cereales-cultivos-industriales-y-flores-1989d.pdf>

Collantes, R. (2000). *Caracterización de Líneas dobles haploides de cebadas (Hordeum Vulgare) bajo condiciones de la Molina* (tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria de la Molina

Cortez, A. (2011) vivienda.gob.pe: *Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor*. Recuperado de: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/huancayo/CLASIFICACION%20TIERRAS%20CAPACIDAD%20DE%20USO%20MAYOR.pdf>

ESRI. (2016) desktop.arcgis: *Funciones de Spline*. Recuperado de: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-spline-works.htm>

FAO. (1996). *Adaptación de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO para aplicaciones a diferentes niveles de zonificación en países de América Latina y el*

Caribe. Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agroecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe, 44.

FAO. (1997). Zonificación Agroecológica: Guía General. *Boletín de Suelos de la Fao*, 73(1), s, n.

FAO, INRENA. (2001). Información sobre manejo forestal, recursos forestales y cambio en el uso de la tierra en América Latina. *Memorias de talleres*, 3(1), 19-57.

FAO. (2010). FAO.org: *Buenas prácticas, manejo integrado de cultivos*. Recuperado de: <http://www.fao.org/climatechange/25233-04bd095f1ea610a665f2d10f775006f52.pdf>

FAO. (2015). Agricultura Sostenible: *Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>

FAO. (2017). FAO.org: *El estado mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-I7658s.pdf>

FAO. (2018). FAO.org: *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenibles de los suelos en áreas rurales*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>

FECYT. (2004). cab.inta: *Meteorología y Climatología*. Recuperado de: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

Giraldo, D. (2010) Gramineas (Poaceae) ornamentales y usadas en artesanías en Colombia. *Polibotánica*, 1(30), s.n

Gobierno Regional de Huancavelica. (2007). Resolución Jefatural N° 003-2007-PCM/DNTDT: Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarca territorial de la provincia de Tayacaja. Recuperado de: <http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/tayacaja.pdf>

Gómez, C. (2013). UNESCO: *Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>

Gómez, R., y Flores, F. (2015). Agricultura y servicios ecosistémicos: el caso del espárrago en Ica. *Scielo Perú*, 42(1), 9-55.

Gonzales, H., & Hernández, J. (2016). Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas*, s.n (90), 105-118.

Guimarey, P. (2018). *Propuesta de zonificación Agroecológica para el manejo ambiental de la subcuenca del Bolsón Cuchara, región Huánuco*. (tesis de Posgrado) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

Hernández, C. y Bautista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Interamericana Editores.

Ibáñez, J. (2007) madrimasd.com: *Permeabilidad y pendiente: El movimiento de aire y de agua en el suelo*. Recuperado de: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/02/22/59780#:~:text=Fuente%3A%20aqu%C3%AD,Permeabilidad%20moderada,75%20cent%C3%ADmetros%20de%20su%20perfil>

Inifap. (2013) *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. México, Jalisco: Prometo Editores

- INTAGRI. 2017. Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. Serie Hortalizas. Núm. 10. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p
- Jaramillo, D. (2002) Repositorio.unal: *Introducción a la ciencia del suelo*. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Julca, A; Meneses, F; Blas; R.; Bello, S. (2006) La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura, *Idesia* 24(1), 49-61
- Lipa, G., y Goyzieta, Y. (2018). *Zonificación y modelamiento agroecológico para el cultivo de café (coffea arábica l.) utilizando la tecnología de SIG y teledetección en el CIP Tambopata – Sandia – Puno* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Lliuyacc, M. (2018). *Análisis de los factores limitantes en la producción agrícola de la comunidad campesina de Lirio Leoncio Prado del distrito de Congalla Angares-Huancavelica. Acobamba, Huancavelica* (tesis de Pregrado). Universidad de Huancavelica.
- MappigGIS (2016) mappinggis.com: Herramientas de geoprocésamiento. Recuperado de: <https://mappinggis.com/2014/10/herramientas-de-geoprocésamiento-en-gis/>
- MINAM. (2017) Minan gop.pe: *Zonificación Ecológica y Económica*. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/zonificacion-ecologica-y-economica/>
- MINAGRI. (2019) gop.pe: *Minagri avanza en la elaboración de mapas de zonas agroecológicas*. Recuperado de:

<https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/45377-minagri-avanza-en-elaboracion-de-mapas-de-zonas-agroecologicas>

MINAGRI. (2013) Agroaldia. Minagri: *Trigo: Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva*. Recuperado de:

http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia_trigo.pdf

MINAGRI. (2011) Agroalda. Minagri: *Manejo y fertilidad de suelos cereales y granos andinos, manual técnico*. Recuperado de:

<http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cereales-granos-andinos/manuallabranza.pdf>

MINAGRI. (2011) Minagri.org: *Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor*.

Recuperado de: <file:///C:/Users/sinch/Downloads/null.pdf>

Montes. (2020) pgconocimiento: *Métodos de Análisis Estadístico*. Recuperado de:

<https://www.pgconocimiento.com/metodos-de-analisis-estadistico/>

Muhammmad, K. (2016). Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al

cambio climático. *Sistematización del ciclo de foros virtuales*, 1, 5-28.

MVCS. (2007). *Observatorio Urbano: Plan de Desarrollo Urbano Quishuar, proyección 2016*. Recuperado de:

http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PAZYDESARROLLO/2006/HU ANCAVELICA_TAYACAJA/PDU_QUISHUAR.pdf

Novoa, R y Villaseca, S. (1987) Requerimientos de suelo y clima en trigos de primavera.

Investigación y Progreso Agropecuario La Platina, 1 (42), 38-40

Olivares, B., Hernández, R., Arias, A., Molina, J., & J, P. (2018). Zonificación agroclimática del cultivo de maíz para la sostenibilidad de la producción agrícola en Carabobo, Venezuela. *Universitaria de Geografía*, 27(2), 135-156.

Paz, M. (2015) inta.gob.ar: Drenaje de suelo para uso agrícola. Manual de capacitación.

Recuperado de:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_drenaje_de_suelos_para_uso_agricola.pdf

Rojas, W. (2014). *Diagnóstico participativo de los factores productivos limitantes en el desarrollo agrícola del anexo de Santa Rosa de Patahuasi del Distrito de Huancavelica- Angares. Huancavelica* (tesis de Pregrado) Universidad Nacional de Huancavelica.

Regional Planing Commision. (2020). Miami Valley: *Fundamentos del SIG*. Recuperado de <https://www.mvrpc.org/es/fundamentos-de-sig>

Salas, R., Rodríguez, N., Barboza, E., Mendoza, M., & Oliva, M. (2017). Microzonificación agroecológica de sistemas agrosilvopastoriles empleando un modelo de procesamiento basado en SIG en parcelas en la provincia de Bongará, Amazonas (Perú). *Investigación en Agro producción Sustentable*, 1(2), 40-50.

Salgado, R. (2013). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios Sociales*, 23(45), 115-139.

Sauer, O. (2006). La Morfología del paisaje. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 5(15), 1-21

- SENAMHI. (2020). senamhi.gob.pe: *Mapa climático del Perú*. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=huancavelica&p=mapa-climatico-del-peru>
- SENAMHI. (2020). senamhi.gob.pe: *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional*. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Suárez, G. (2014). Apuntes sobre la zonificación agroecológica de los cultivos. Particularidades en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 36-44.
- Zambrano, G. (2018). *Evaluación de zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (musa paradisiaca) mediante análisis multicriterio, Manabí*. (tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	Variable	Dimensiones	Indicadores
<p>¿De qué manera influye la zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica para los cultivos de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), el maíz (<i>Zea mays L.</i>), el Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en el distrito de Quishuar – Huancavelica?</p>	<p>1. Objetivo general Elaborar la Zonificación Agroecológica para los cultivos de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), el maíz (<i>Zea mays L.</i>), el trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en el distrito de Quishuar.</p> <p>2. Objetivos específicos</p> <p>Caracterizar el componente ambiental para el Distrito de Quishuar mediante sus parámetros edafológicos (textura del suelo, pH, pedregosidad, permeabilidad, drenaje, pendiente) y meteorológicos (precipitación y temperatura).</p> <p>Seleccionar los parámetros agroecológicos para los cultivos de los cultivos de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), el maíz (<i>Zea mays L.</i>), el trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en el distrito de Quishuar</p> <p>Establecer la zona de aptitud agroecológica óptima para los cultivos de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), maíz (<i>Zea mays L.</i>),</p>	<p>1. Hipótesis general</p> <p>Al realizar la zonificación agroecológica como un sistema de información geográfica se logró identificar zonas con una calidad de buena adaptación, regular adaptación o baja lo cual permitirá dar un adecuado uso del recurso suelo en los cultivos seleccionados cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), maíz (<i>Zea mays L.</i>), trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y papa (<i>Solanum tuberosum</i>) del distrito de Quishuar.</p> <p>2. Hipótesis específicas</p> <p>a) La caracterización ambiental en sus parámetros participes meteorológicos (precipitación - temperatura) y edafológicas (textura, pH, profundidad, permeabilidad, drenaje, pendiente) tuvieron un impacto en la identificación de zonas</p>	<p>1. Tipo de investigación</p> <p>El presente estudio tiene el enfoque de investigación cuantitativo pues utiliza la recopilación de datos y estudios previos para la comprobación de hipótesis y la construcción de estadísticas en base a los resultados.</p> <p>2. Diseño de investigación</p> <p>El diseño es no experimental – transversal (descriptivo y correlacional) ya que se observan y se describen las variables y su relación existente en un momento determinado mediante estudios previos en la zona de estudio</p> <p>3. Población y muestra</p> <p>La población correspondiente para la presente investigación es todo el distrito de Quishuar, la muestra abarcará todo el mismo espacio dado que enriquece la información dada. mediante la inclusión de mapas cartográficos y un modelo digital de elevación (DEM) a través de la zonificación como base del estudio con aspectos agroecológicos considerando las variables que influyan en el propósito.</p> <p>4. Técnicas</p> <p>La recolección de la información de los parámetros a evaluar se basó en estudios característicos de la zona de Quishuar tomados de la zonificación ecológica económica del departamento de Huancavelica. Se clasificaron los suelos según el manual de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, se generan mapas temáticos mediante la</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Zonificación Agroecológica</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Características meteorológicas y edafológicas</p>	<p>Edafológico</p> <p>Meteorológico</p> <p>Sostenibilidad</p>	<p>Zonas de aptitud de la zonificación agroecológica mediante clasificadas en baja adaptación, regular adaptación, buena y muy buena en km^2 con respecto a todo el distrito de Quishuar.</p>

	<p>trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y papa (<i>Solanum tuberosum</i>).</p>	<p>más adecuadas para los cultivos de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>), maíz (<i>Zea mays L.</i>), trigo (<i>Triticum aestivum</i>) y papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en el distrito Quishuar.</p> <p>b) Los requerimientos agroecológicos propios de los cultivos seleccionados generaron una influencia en el diagnóstico propuesto en el distrito de Quishuar.</p> <p>c) Las zonas agroecológicas óptimas influyeron en la determinación de zonas óptimas para el desarrollo sostenible del cultivo.</p>	<p>herramienta ArcGIS para la descripción y codificación de aptitud según los cultivos.</p> <p>5. Técnicas y recolección de datos</p> <p>La recolección de datos se basó en la revisión documentaria de estudios de clasificación del suelo y caracterización de la zona que aborda la zonificación ecológica económica (MINAM) con relación a mapas temáticos del departamento de Huancavelica, además de recopilación de información climática de estaciones aledañas a la zona de estudio, como el mapa climático establecido por el SENAMHI.</p> <p>5. Instrumentos</p> <p>Se utiliza como instrumentos los SIG (Sistemas de información Geográfica) y tablas de cotejo evaluando la ponderación de cada parámetro a tratar (suelo, pendiente, temperatura y precipitación) mediante cuatro valoraciones 4 como excelente, 3 como bueno, 2 como regular y 1 como malo.</p> <p>6. Análisis de datos</p> <p>Para la presente investigación se realiza un análisis espacial, la cual permite extraer la información mediante los Sistemas de Información Geográfica y generar mapas característicos de información existente para una mejor toma de decisiones en la resolución de problemas específicos (ESRI, 2020) Esto permitirá identificar zonas agroecológicas aptas en función de cada parámetro asociado a los cultivos seleccionados con la finalidad de encontrar una propuesta a un mejor ordenamiento en el presente distrito.</p>			
--	--	--	---	--	--	--

			<p>7. Materiales</p> <p>Se encuentran los materiales cartográficos como: cartas nacionales y mapas de los principales servidores recopilados de la ZEE de Huancavelica y software para la generación de mapas.</p>			
--	--	--	---	--	--	--