

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



DIMENSIONAMIENTO DEL PARQUE DE MAQUINARIA
AGRÍCOLA PARA LA LABRANZA CONVENCIONAL, TOMANDO
COMO REFERENCIA LOS COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN,
EN LA PROVINCIA DE HUAYLAS, AÑO 2021

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado Por:

JARA PALMADERA, CHANEL QUINTILIANO

ASESOR:

DR. NARVÁEZ SOTO, JOSÉ ALEJANDRO

Huaraz, Perú

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYAN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada "DIMENSIONAMIENTO DEL PARQUE DE MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA LABRANZA CONVENCIONAL, TOMANDO COMO REFERENCIA LOS COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN, EN LA PROVINCIA DE HUAYLAS, AÑO 2021", presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola CHANEL QUINTILIANO JARA PALMADERA, y sustentada el día 23 de MAYO del 2023, con Resolución Decanatural N° 222-2023 - UNASAM - FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 23 de mayo de 2023.

Ph.D. LORENZO MOISES AYORA GARAGATE

PRESIDENTE

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA

SECRETARIO

Dr. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA

VOCAL

Dr. JOSÉ ALEJANDRO NARVÁEZ SOTO

ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSITARIA DE SHANCAYAN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERU



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por la Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agrícola **CHANEL QUINTILIANO JARA PALMADERA**, denominada: **"DIMENSIONAMIENTO DEL PARQUE DE MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA LABRANZA CONVENCIONAL, TOMANDO COMO REFERENCIA LOS COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN, EN LA PROVINCIA DE HUAYLAS, AÑO 2021"**, Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

Quince (15)

En consecuencia, queda en condición de ser calificada APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de INGENIERO AGRÍCOLA, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 23 de mayo de 2023.

Ph.D. LORENZO MOISES AYORA GARAGATE

PRESIDENTE

Dr. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA

VOCAL

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA

SECRETARIO

Dr. JOSÉ ALEJANDRO NÁRVÁEZ SOTO

ASESOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

Presentado por:

con DNI N°:

para optar el Título Profesional de:

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input checked="" type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz,



FIRMA

Apellidos y Nombres: _____

DNI N°: _____

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Informe Final de Tesis Jara Palmadera.docx

AUTOR

Chanel Quintiliano Jara Palmadera

RECUENTO DE PALABRAS

33320 Words

RECUENTO DE CARACTERES

175472 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

116 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

316.0KB

FECHA DE ENTREGA

Aug 3, 2023 4:46 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 3, 2023 4:48 PM GMT-5**● 20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

I. ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	ÍNDICE DE CONTENIDO.....	1
II.	ÍNDICE DE TABLAS.....	4
III.	RESUMEN.....	5
IV.	INTRODUCCIÓN.....	7
V.	MARCO TEÓRICO.....	11
5.1.	Antecedentes del tema en investigación.....	11
5.1.1.	Antecedentes internacionales.....	11
5.1.2.	Antecedentes nacionales.....	14
5.1.3.	Antecedentes regionales.....	17
5.2.	Planteamiento del problema de investigación.....	18
5.2.1.	Justificación de la investigación.....	18
5.2.2.	Importancia del problema de investigación.....	22
5.2.3.	Viabilidad técnica y económica de la investigación.....	23
5.2.4.	Limitaciones de la investigación.....	24
5.3.	Definición del problema de investigación.....	25
5.3.1.	Problema general.....	25
5.3.2.	Problemas específicos.....	25
5.4.	Definición de los objetivos de la investigación.....	26
5.4.1.	Objetivo general.....	26
5.4.2.	Objetivos específicos.....	26
5.5.	Marco conceptual.....	26
5.5.1.	Dimensionar un parque de maquinaria agrícola.....	26
5.5.2.	Tractores agrícolas.....	27
5.5.3.	Labranza convencional.....	29
5.5.4.	Capacidad de trabajo.....	31
5.5.5.	Costos de operación.....	33
5.5.6.	La agricultura en la provincia de Huaylas.....	48
5.5.7.	Fundamentación teórica de la metodología.....	58
5.6.	Definición de términos.....	61
5.6.1.	Dimensionar un parque de maquinaria agrícola.....	61
5.6.2.	Ancho óptimo.....	61
5.6.3.	Potencia óptima.....	61
5.6.4.	Índice de mecanización.....	62
5.6.5.	Labranza.....	62
5.6.6.	Potencia disponible.....	62



5.6.7.	Labranza primaria	62
5.6.8.	Labranza secundaria.....	62
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
6.1.	Materiales.....	63
6.1.1.	Fuente de información secundaria.....	63
6.1.1.1.	Censo Nacional Agropecuario del año 2012.....	63
6.1.1.2.	El Plan de cultivos de la Dirección Regional de Agricultura.....	63
6.1.1.3.	Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas del año 2004	63
6.1.2.	Información primaria	64
6.1.2.1.	Límites distritales, provinciales y Departamentales.....	64
6.1.2.2.	Redes Viales	64
6.1.2.3.	Infraestructura Hidráulica	64
6.1.2.4.	Clasificación Climática	64
6.1.2.5.	Zonas de Vida	64
6.1.2.6.	Ecosistemas	64
6.1.2.7.	Cobertura Vegetal	65
6.1.2.8.	Hidrografía (Ríos y Lagunas).....	65
6.1.2.9.	Pendientes.....	65
6.1.2.10.	Geología.....	65
6.1.2.11.	Geomorfología.....	65
6.1.2.12.	Imágenes satelitales RapidEye (2012).....	65
6.1.2.13.	Imágenes satelitales Sentinel (2018).....	66
6.2.	Metodología	67
6.2.1.	Determinación de los costos de operación	67
6.2.2.	Determinación del tiempo de uso anual, de máquinas e implementos agrícolas	69
6.2.2.1.	Determinación del tiempo de uso de los implementos agrícolas (Ti).....	69
6.2.2.2.	Determinación del tiempo de uso de los tractores (Tt)	70
6.2.3.	Costo de oportunidad.....	73
6.2.4.	Optimización del ancho de trabajo y de la potencia	75
6.2.4.1.	Optimización del ancho de trabajo de implementos agrícolas.....	75
6.2.4.2.	Optimización de la potencia de máquinas agrícolas.	78
	h = Jornada laboral de trabajo en horas.	83
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	84
7.1.	Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola.	84
7.2.	Determinación del tiempo disponible.....	84
7.3.	Determinación de las velocidades de trabajo.....	85
7.4.	Determinación de la eficiencia de campo	86
7.5.	Determinación del ancho de trabajo del arado y la rastra.	88
7.6.	Determinación de la capacidad real de trabajo de del arado y la rastra.....	88

7.7.	Ancho óptimo de trabajo	88
7.8.	Potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva	93
7.9.	Índice de mecanización agrícola	98
7.10.	Discusión	99
7.10.1.	Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola	99
7.10.2.	Costos de operación de máquinas e implementos agrícolas	99
7.10.2.1.	Costos anuales fijos para implementos agrícolas	100
7.10.2.2.	Costos anuales fijos para tractores	101
7.10.2.3.	Costo de oportunidad	103
7.10.3.	Determinación del ancho óptimo de trabajo	104
7.10.3.1.	Para la primera aradura: ancho óptimo de arado de discos	105
7.10.3.2.	Para la segunda aradura: ancho óptimo de rastra de discos	105
7.10.3.3.	Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro	105
7.10.3.4.	Potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura	105
7.10.3.5.	Potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura	106
7.10.3.6.	Determinación del Índice de Mecanización Agrícola (IMA)	106
VIII.	CONCLUSIONES	108
IX.	RECOMENDACIONES	110
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
XI	ANEXOS	115



II. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huaylas	49
Tabla 2: Superficie agropecuaria, agrícola y pecuaria en Has, por distritos de la provincia de Huaylas	50
Tabla 3: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, según fuentes de información primaria y secundaria, por distritos de la provincia de Huaylas	51
Tabla 4: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huaylas.....	52
Tabla 5: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%	52
Tabla 6: Cultivos por superficie, en hectáreas por distritos de la provincia de Huaylas	53
Tabla 7: Cultivos que cubren el 89% de la superficie agrícola en la provincia de Huaylas.	55
Tabla 8: Superficie agrícola con cobertura al 97.91% y corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huaylas.....	56
Tabla 9: Superficie agrícola con cobertura corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huaylas	57
Tabla 10: Superficie agrícola por cultivos que, potencialmente podrían utilizar máquinas agrícolas para la ejecución de labores agrícolas, en la provincia de Huaylas	57
Tabla 11: Vida máxima de las máquinas agrícolas en horas.....	59
Tabla 12: Coeficientes de valor residual de las máquinas agrícolas, conocida la vida en años y horas	60
Tabla 13: Factor de pérdidas por oportunidad	74
Tabla 14: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual	74
Tabla 15: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%	84
Tabla 16: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual	85
Tabla 19: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la primera labranza, por distritos y la provincia de Huaylas	91
Tabla 22: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza secundaria, por distritos y la provincia de Huaylas	97
Tabla 23: Determinación del índice de mecanización agrícola para la provincia de Huaylas.....	98

III. RESUMEN

La provincia de Huaylas, forma parte del ámbito geográfico conocido como el Callejón de Huaylas, se localiza en el departamento de Ancash y forma parte de la cuenca media del río Santa, que vierte sus aguas al Océano Pacífico, la investigación denominada “Dimensionamiento del parque de maquinaria agrícola para la labranza convencional, tomando como referencia los costos anuales de operación, en la provincia de Huaylas, año 2021”, se desarrolló el año 2022, con tal propósito se utilizó fuentes de información primaria y fuentes de información secundaria. Sobre la base de información cartográfica que existente para la provincia de Huaylas, se determinó 33,058.97 Has para la superficie agrícola, de ellas 7,635.54 Has (23.10%) corresponde a áreas agrícolas con pendiente igual o menor al 20%, áreas agrícolas que potencialmente pueden ser trabajadas haciendo uso de máquinas e implementos agrícolas. Se estimó que el tiempo disponible para la ejecución de labores agrícolas mecanizadas, en promedio durante el año es 74.23%. El ancho de trabajo óptimo total para la primera aradura, ancho de trabajo para el arado de discos, fue de 120.68 metros, con un ancho de trabajo comercial de 1.50 m para arados de discos, se determinó la necesidad de 80 arados, el ancho de trabajo óptimo total para la segunda aradura, ancho de trabajo para la rastra de discos, fue de 174.12 metros, con un ancho de trabajo comercial de 2.75 m para rastras de discos, se determinó la necesidad de 63 rastras. La potencia óptima total para la primera aradura fue de 2925.30 Kw, con una potencia comercial de 100 Kw, se determinó la necesidad de 29 tractores, la potencia óptima total para la segunda aradura fue de 2337.13 Kw, con una potencia comercial de 100 Kw, se determinó la necesidad de 23 tractores. El índice de mecanización agrícola estimado para la provincia de Huaylas fue de 0.69 Kw/Ha.

ABSTRACT

The province of Huaylas, is part of the geographical area known as the Callejón de Huaylas, is located in the department of Ancash and is part of the middle basin of the Santa River, which pours its waters into the Pacific Ocean, the research called "Sizing of the park of agricultural machinery for conventional tillage, taking as a reference the annual operating costs, in the province of Huaylas, year 2021", was developed in 2022, for this purpose primary information sources and secondary information sources were used. Based on existing cartographic information for the province of Huaylas, 33,058.97 hectares were determined for the agricultural area, of which 7,635.54 hectares (23.10%) correspond to agricultural areas with a slope equal to or less than 20%, agricultural areas that can potentially be worked making use of agricultural machines and implements. It was estimated that the time available for the execution of mechanized agricultural work, on average during the year is 74.23%. The total optimal working width for the first plowing, working width for the disc plow, was 120.68 meters, with a commercial working width of 1.50 m for disc plows, the need for 80 plows was determined, the width of total optimum work for the second arguing, working width for disc harrows, was 174.12 meters, with a commercial working width of 2.75 m for disc harrows, the need for 63 harrows was determined. The total optimal power for the first drive was 2925.30 Kw, with a commercial power of 100 Kw, the need for 29 tractors was determined, the total optimal power for the second drive was 2337.13 Kw, with a commercial power of 100 Kw, the need for 23 tractors was determined. The estimated agricultural mechanization index for the province of Huaylas was 0.69 Kw/Ha.

IV. INTRODUCCIÓN

El complejo proceso de producción agrícola, se desarrolla en torno a una diversidad de factores climáticos, físicos, sociales, económicos y ambientales que se utilizan para la producción agrícola, algunos factores como el clima son incontrolables y prácticamente definen cualitativa y cuantitativamente la productividad y producción de la agricultura. La producción agrícola, como ninguna actividad productiva es dinámica y compleja, dinámica por la variabilidad espacial y temporal de los requerimientos edafológicos, ecológicos y climáticos de los cultivos y compleja por la gran diversidad de tecnologías desarrolladas para la producción agrícola.

Los costos del uso de máquinas e implementos agrícolas para la producción agropecuaria y agroindustrial, representa la tercera parte de los costos de producción; es decir, de cada tres soles que se invierte en agricultura, un sol corresponde al uso de energía mecánica, esta estructura de costos define costos altos del uso de energía mecánica en la agricultura; por lo tanto, una buena política de gestión de la producción agrícola es la optimización y la eficiencia del uso de la energía mecánica, conceptualmente significa lograr optimizar los rendimientos de la mano obra de operación de máquinas agrícolas, optimizar el tamaño de los implementos agrícolas y optimizar la potencia de los tractores agrícolas; en resumen, se debe lograr un adecuado dimensionamiento de un parque de máquinas e implementos agrícolas; en este contexto, la investigación propone la determinación del número de tractores, arados y rastras para la ejecución de la labranza convencional en la provincia de Huaylas. Al respecto, es necesario tener en cuenta, la necesidad de disponer mano de obra calificada para la operación de maquinaria agrícola, la selección del tamaño, referida a los implementos agrícolas y la selección de la potencia referida a la potencia requerida a la barra de tiro del tractor y la potencia efectiva. Además, manifiesta que es completamente factible relacionar los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas, con el tamaño de los implementos agrícolas y con la potencia requerida a la barra de tiro de los tractores Hunt (1988).

Los costos de operación anual pueden ser expresados como una función del ancho de trabajo de los implementos agrícolas y de la potencia a la barra de tiro del tractor, estas funciones de los costos de operación, así definidas, deben ser derivadas con respecto al ancho de trabajo de los implementos agrícolas y la potencia a la barra de tiro de los tractores agrícolas, las derivadas obtenidas igualadas a CERO, para determinar el ancho de trabajo óptimo de los implementos agrícolas y la potencia óptima a la barra de tiro de los tractores agrícolas.

Las fuentes de información primaria y secundaria utilizadas en la investigación, básicamente se sustentan en la información cartográfica de la provincia de Huaylas, el Estudio de Suelos del Callejón de Huaylas del año 1974, esta información referencial ha sido actualizada y fortalecida con nuevas tecnologías de la información y la comunicación y los reportes del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, se entiende que la caracterización de la producción agrícola y pecuaria con esta fuente de información reportada a nivel distrital, provincial, departamental y nacional, en muchas variables como la cantidad de unidades productoras, la cantidad de agricultores, la superficie agrícola, los cultivos y otras de interés para la investigación, son cifras oficiales, que deben ser utilizadas en la investigación; aun así, de ser posible y pertinente estas cifras deben ser contrastadas con otras fuentes de información registradas con metodologías y tecnologías actualizadas.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), a través del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) del año 2012, reporta que: el Perú tiene una superficie agrícola de 7,125,007.51 has, desagregadas en 4,882,319.03 has (6.85%) de tierras de labranza, el departamento de Ancash tiene una superficie agrícola de 439,459.81 has, de ellas corresponde 363,571.36 has (8.27%) de tierras de labranza y la provincia de Huaylas tiene una superficie agropecuaria de 88,616.28 has, de ellas corresponde 34,137.33 has de tierras de labranza, cifra que representa el 9.39% de la superficie de labranza del departamento de Ancash.

Un diagnóstico empírico de la mecanización agrícola en la provincia de Huaylas, permite proponer para la investigación problemas, objetivos e hipótesis de investigación, los que se definen a continuación:

Problema general

¿Qué relaciones se establecen entre el dimensionamiento de un parque de maquinaria agrícola para la labranza convencional, la potencia de los tractores y el tamaño de los implementos agrícolas y los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash - 2021?

Problemas específicos

- 1) ¿Cómo relacionar los costos anuales de operación y la potencia del tractor para cuantificar el número de tractores para la provincia de Huaylas?

- 2) ¿Cómo relacionar los costos anuales de operación y el ancho de trabajo de los implementos agrícolas para cuantificar el número de implementos agrícolas para la provincia de Huaylas?
- 3) ¿Qué fuentes de información analizar y que tecnologías utilizar para estimar las áreas agrícolas que tengan una pendiente menor al 20% en la provincia de Huaylas?

Objetivo general

Dimensionar un parque de maquinaria agrícola para labranza convencional en función a la potencia de los tractores y número de implementos agrícolas, a partir de los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash 2021

Objetivos específicos

- 1) Determinar la potencia total necesaria y el número de tractores agrícolas para labranza convencional, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash, 2021.
- 2) Determinar el ancho total de trabajo necesario y el número de implementos agrícolas para labranza convencional: arados y rastras, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash, 2021.
- 3) Determinar el índice de mecanización agrícola en función a la potencia a la barra de trió y efectiva y áreas agrícolas mecanizables, en la provincia de Huaylas, departamento de Ancash, 2021.

Hipótesis general.

Mediante una adecuada relación entre los costos de operación de máquinas e implementos agrícola para labranza convencional, con la potencia del tractor y el ancho de trabajo de los implementos, es factible dimensionar un parque de maquinaria agrícola en la provincia de Huaylas, departamento de Ancash – 2021.

Hipótesis específicas

- 1) Mediante una relación adecuada entre los costos de operación de tractores e implementos agrícolas para labranza convencional y la potencia del tractor, permite cuantificar el número de tractores para la provincia de Huaylas.
- 2) Mediante una relación adecuada entre los costos de operación de tractores e implementos agrícolas para labranza convencional y el ancho de trabajo de los implementos agrícolas, permite cuantificar el número de implementos agrícolas para la provincia de Huaylas.

3) El análisis de adecuadas fuentes de información disponible y la adopción de una tecnología apropiada, permite cuantificar las áreas agrícolas que tengan una pendiente menor al 20%, en la provincia de Huaylas.

El informe final de la investigación, contiene lo siguiente:

En el capítulo I, que trata sobre la introducción, se presenta una caracterización descriptiva del contenido del informe de investigación.

En el Capítulo II, referido al Marco Teórico se presenta una síntesis de los antecedentes de la investigación, se reporta el estado de arte de la investigación en torno al contexto internacional, nacional y regional. Se desarrolla el problema de investigación analizando la justificación, importancia, limitaciones y alcance de la investigación, se hace un análisis del problema de investigación, se define el problema general y los problemas específicos de la investigación y se proponen los objetivos de la investigación, el capítulo se cierra con el desarrollo del marco conceptual de los temas relacionados a la investigación y se hace una propuesta de definición de términos.

El Capítulo III, contiene el procedimiento metodológico de la investigación, se define el diseño de la investigación y hace la propuesta metodológica, sustentada en el fundamento teórico de la investigación, se especifican los problemas de la investigación, los objetivos, las hipótesis de la investigación propuesta.

El Capítulo IV, referido a los resultados y discusión, se hace una propuesta de los resultados de la investigación como respuesta a los problemas de investigación y evidenciar el logro de los objetivos propuestos, información que es contrastada con conceptos cualitativos y cuantitativos desarrollados en el marco teórico de la investigación, con el propósito de reafirmar o contradecir los conceptos analizados en la investigación.

En los capítulos V y VI, se presenta la información relacionada a las conclusiones y recomendaciones que se proponen en la investigación.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Antecedentes del tema en investigación

5.1.1. Antecedentes internacionales

En la II Jornada del Foro Académico Empresarial Hispano Chino, realizado en Madrid – España, el año 2010, Ortiz-Cañavate Puig-Mauri, presentó la ponencia titulada “El Sector de la Maquinaria y Mecanización Agraria en España”, en el resumen de la ponencia, el autor propuso lo siguiente:

En este trabajo se hace una exposición de la mecanización agraria en España en los últimos 65 años para ver cómo ha evolucionado este sector, que tanta importancia tiene en el nivel tecnológico de la agricultura de cualquier país. A continuación, se presentan las estadísticas de la evolución del parque de tractores y máquinas agrícolas en España desde el año 1970 y los datos de las ventas en el sector en los últimos 10 años. También se exponen los datos del sector agrario en cuanto a población activa, la incidencia de la producción agraria en el PIB y el consumo energético.

Se consideran los requisitos que deben cumplir los tractores y las máquinas que se vendan en España (que son idénticos al resto de los países de la UE) y las ayudas que se conceden para la adquisición de tractores y máquinas, incluyendo un estudio realizado en España para clasificar los tractores desde el punto de vista de su eficiencia energética con objeto de incentivar la adquisición de los tractores más eficientes.

Por último, se da un listado de centros tecnológicos y de investigación españoles en el ámbito de la Ingeniería Rural (Ortiz-Cañavate, 2010)

En la investigación titulada “Análisis de la mecanización agrícola de la región de Atlacomulco, Estado de México”, cuyos resultados se publicaron en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, el año 2012, los autores Bertha Sofía Larqué, Lorena Cortés Espinoza, Miguel Ángel Sánchez Hernández, Alma Velia Ayala Garay y Dora Ma. Sangerman-Jarquín, presentan las siguientes conclusiones:

La caracterización de los productores de acuerdo al nivel de mecanización se hizo considerando únicamente, los tractores y sus características. La intención fue identificar si existían datos que sugirieran una relación entre el tamaño de superficie y tipo de tractor. Partiendo de considerar que las labores principales que realizan los productores que conformaron la muestra de este estudio, durante el proceso de producción fueron: barbecho (79%) y rastra (84%) y en menor medida subsuelo (sólo 5%) y nivelación (en este caso un

productores del total). Bajo este panorama, el aspecto central fue, identificar el tipo de tractor con el que cuentan los productores.

Lo que se pudo observar, es que la mayor parte de los productores se ubican en los niveles II, IV y V. No hubo casos del nivel III. Esto implica que la potencia de la mayoría de los tractores que se registraron en los cuestionarios, está por debajo de los 100 HP y fueron adquiridos en los años 2004 a 2010. La marca más frecuente fue New Holland .A excepción de uno que registró potencia de 105, todos los demás son de potencia entre 95 y 75, los modelos más citados fueron 6610 y 6810. La marca John Deere ocupó el segundo lugar, con las potencias de 75 a 98. Para este caso, hubo varios modelos como, 5715, 5700, 5415, 6403. Las marcas citadas con menor frecuencia fueron FORD, McCormick y Challenger.

De acuerdo con la SAGARPA (2010) para el centro del país, el índice de mecanización es de 45 ha tractor⁻¹ y 80.5 hp. De acuerdo con los datos ofrecidos en las encuestas, se calculó un índice promedio de mecanización para la Región de Atacomulco, de 10.96 ha tractor⁻¹, y de 12.07/81.52 considerando hectáreas/potencia. Esto permite observar que existe una subutilización de los tractores, siendo mayor, para el grupo de productores que manejan de >0 hasta 10 ha (30 productores del total). Este grupo en promedio maneja un índice de 4.7 ha tractor⁻¹ y 5.23/85.14 ha/potencia, muy por debajo del promedio de la región (Larqué, Cortés, Sánchez , Ayala y Sangerman-Jarquín, 2012)

En la Escuela de Ingeniería Agrícola, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el año 2018, los docentes del instituto Natalia Gómez Calderón, Karolina Villagra Mendoza y Milton Solorzano Quintana, desarrollaron la investigación titulada “ La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo”, cuyos resultados fueron publicados en la Revista Tecnología en Marcha, los autores llegaron a las siguientes conclusiones:

La labranza mecanizada juega un papel importante en la degradación del suelo. La agricultura de precisión en conjunto con los sistemas de Tráfico Agrícola Controlado (CTF) y la labranza reducida, benefician la agricultura mecanizada, ya que contribuyen a la reducción de la compactación del suelo, reducen las pérdidas del suelo y aumentan los rendimientos del cultivo. Además, el uso alternativo del rodaje, recomendaciones acerca del lastrado de las ruedas, recomendaciones de uso de neumáticos de baja presión de inflado y pesos adecuados por eje de la maquinaria, constituyen una opción de bajo costo para reducir la compactación del suelo y aumentar la eficiencia de los tractores agrícolas.

Es necesario, generar experiencias y conocimientos sobre el impacto de la labranza, índices de patinaje de llantas y distribución de pesos de maquinaria en la estabilidad del recurso suelo en Costa Rica que sirvan para seleccionar implementos de labranza adecuados para

cada labor y tipo de suelo. Adicionalmente, se debe generar conocimiento acerca de selección y operación correcta de los equipos de acuerdo a la tecnología disponible en el país, que genere beneficios económicos y ambientales a las producciones agrícolas, independientemente de las extensiones de terreno en las que se desenvuelvan.

La legislación costarricense debe ampliar las consideraciones en cuanto a requerimientos de maquinaria agrícola para la conservación del suelo y considerar la apertura a técnicas y tecnologías que reduzcan la compactación de suelos, tales como agricultura de precisión, CTF y labranza reducida. Esta ley debe ser fiscalizada de manera enérgica y se debe regular la fabricación, importación y uso de los implementos no recomendados para la conservación del suelo (Gómes, Villagra, & Solorzano, 2018).

El año 2020, Claramonte Manrique Carlos, desarrolla la tesis titulada: Planteamiento y cálculo del parque de maquinaria necesario para una empresa de gestión de tierras cítricas y estudio de viabilidad económica; en las comarcas de la Plana Alta y Baja, en la provincia de Castellón, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, de la Universidad Politécnica de Valencia, documento en el que el autor presentó el siguiente objetivo general para la investigación:

Es calcular y plantear la maquinaria necesaria para una empresa de gestión de tierras y estudiar su viabilidad. Para ello se tendrá en cuenta la zona, la comarca de la Plana Alta y Baja de la provincia de Castellón, y el cultivo, en este caso monocultivo cítrico, teniendo en cuenta las diferentes especies y cultivares de la zona, buscando siempre la máxima mecanización posible, con el objetivo de reducir costes y aumentar rendimientos, siguiendo al mismo tiempo planes de cultivo técnicos y adecuados para estas especies. Se estimará la superficie media que puede abarcar la empresa teniendo en cuenta la superficie con posibilidad de arrendamiento de las comarcas (Claramonte, 2020).

En el año 2022, los autores Hernández Ávila Jesús, Gutiérrez Rodríguez Francisco, Díaz Viquez Antonio, González Huerta Andrés y Serrato Cuevas Rodolfo, en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, volumen 13, número 3. publicaron el artículo titulado: Evaluación del nivel de mecanización tecno-agrícola en seis municipios del valle de Toluca, documento en el propusieron:

Se planteó como hipótesis, que algunos índices de mecanización eran parecidos o superiores a los mostrados por la FAO.

De acuerdo con el análisis y evaluación de dichos resultados, ningún tractor sobrepasa las 450 moto-horas de trabajo al año, además la relación superficie tractor en el municipio de Almoloya de Juárez es de 12.81 ha tractor - 1, siendo la más alta y la menor de 4.44 ha

tractor-1 en Toluca-Metepec y lo planteado por la FAO es de 50 ha tractor - 1 , lo cual muestra el grado de subutilización. La relación implemento por tractor se considera óptima, ya que la más baja para implementos de preparación primaria de suelos es de 0.98 en Toluca-Metepec y los demás municipios su relación es mayor de 1. En lo referente a la edad de uso de los tractores, 46% de estos se compraron en el lapso de 2007 al 2017 y 11.2% son tractores de la marca Ford, los cuales tienen un promedio de 20 años de uso, considerándose un parque de máquinas agrícolas obsoleto (Hernández, Gutiérrez, Díaz, González y Serrato, 2022).

5.1.2. Antecedentes nacionales

El año 2016, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Ortiz Zelada José Deciderio, desarrolla la tesis titulada “Comparación técnico-económico del trasplante tradicional VS el trasplante en hileras del arroz (Oryzasativa l.) en Bellavista – San Martín”, estudio en el que obtuvo los siguientes resultados:

La capacidad teórica de trabajo de la máquina de preparación de suelos del sistema de trasplante en hileras fue 0.47 ha/h y la capacidad real fue de 0.33 ha/H y, del sistema tradicional fue de 0.44 ha/h y la capacidad real fue de 0.22 ha/h. La eficiencia de campo fue de 71.68% para el sistema de trasplante en hileras y 50.51% para el sistema tradicional. La productividad del sistema de trasplante fue de 8,799 Kg/ha y del sistema tradicional fue de 7,255 Kg. /ha. El desarrollo del cultivo y el análisis financiero Beneficio/Costo respondieron positivamente en la producción del cultivo de arroz bajo el sistema de trasplante en hileras a diferencia del sistema tradicional (Ortiz 2016).

El año 2016, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano, Delgado Mendoza Fernando Álvaro, para obtener el título profesional de Ingeniero Agrícola, desarrolla la tesis titulada “Selección y programación de la maquinaria agrícola para el empacado de rastrojo de arroz en el valle de Majes – Arequipa”, investigación en la que, se propuso como objetivos y se obtuvo como conclusiones lo siguiente:

Los objetivos del proyecto fueron: verificar el índice de mecanización, determinar los costos operativos en las labores agrícolas mecanizadas que sincronicen con el empacado, calcular la biomasa recuperada y no recuperada a través del empacado, determinar el tamaño óptimo del tractor para las labores agrícolas. Las conclusiones fueron: con respecto al índice de mecanización resulto relativamente alto donde se obtuvo 2.097 CV/ha, en implementos solo se encontró 05 empacadoras rectangulares. El costo operativo de cada una de las labores fue de 1.68 soles/paca a 2.18 soles/paca. La cantidad de biomasa

recuperada es de 14,310,000 kilogramos/año y no recuperada 15,040,000 kilogramos/año.

El tamaño óptimo calculado es 74.28 CV (Delgado 2016).

El año 2017, Chucchu Ramírez Edinssón Edilberto, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, desarrolla la tesis titulada: Estimación del rendimiento real, construcción de gráficas y ecuaciones, de un tractor agrícola de mediana potencia, en barbecho, sector Caral – Supe (Barranca), en el informe final de tesis, el autor propone los objetivos, la metodología y obtiene los resultados siguientes:

La investigación tuvo como objetivos: calcular el rendimiento real de un tractor agrícola de mediana potencia, construir las gráficas y ecuaciones matemáticas en labores de preparación de suelos (barbecho), bajo diversas condiciones de trabajo, con el propósito de estimar la superficie trabajada por unidad de tiempo, en condiciones reales de humedad del suelo, profundidad de aradura, y patinamiento. La metodología utilizada fue el registro de información en campo del tiempo de ciclo y, la superficie trabajada por ciclo, en diferentes condiciones de humedad y profundidades de labranza. A continuación, se hicieron los análisis estadísticos, para luego ajustar los datos obtenidos a una expresión matemática, construir las gráficas con la ayuda del software Data Fit V 9.0 Se obtuvo el máximo rendimiento real de 0.4412 ha/h, cuando la humedad del suelo es 16.23%, a una profundidad de labranza de 22 cm, con un patinamiento de 10.29%; la ecuación que mejor explica este comportamiento es:

Las ecuaciones matemáticas obtenidas, calculan el comportamiento del rendimiento real del tractor ensayado, para un intervalo de humedad del suelo entre 10.89% y 23.78%; un rango de resbamiento de 10.29% a 20.89% y, a diferentes profundidades de labranza, como: Superficial (25 cm), media (30 cm) y profunda (35cm) (Chucchu, 2017).

El año 2017, Machaca Huayta Goyo, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, desarrolló la tesis titulada “Comparativo de dos tipos de tractores en el laboreo del suelo en el C. I. P. Illpa”, investigación en la que, el autor presentó los siguientes objetivos:

- a) Determinar el consumo específico de combustible de dos potencias de tractor 75 y 98 HP en dos tipos de suelo.
- b) Calcular el rendimiento de laboreo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP en dos tipos de suelo.
- c) Determinar el costo operativo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP con sus respectivos implementos en laboreo por tipo de suelo y,

d) Evaluar el efecto sobre la densidad aparente y resistencia a la penetración del suelo por tamaños y pesos distintos de tractores.

Los resultados obtenidos:

a) EL mayor consumo de combustible se encontró para el tractor 98 HP con 6.45 l/h en suelo franco arcilloso, y de menor consumo corresponde al tractor de 75 HP de potencia con 3,58l/h en suelo franco arcillo arenoso.

b) El mayor tiempo enlaboreo se encontró para el tractor 75 HP con 4.47 h/ha en suelo franco arcillo arenoso y el mejor rendimiento corresponde al tractor 98 HP con 3.02 h/ha en suelo franco arcillo arenoso.

c) El mayor costo de laboreo se encontró para el tractor 98 HP con 56.64 soles/hen suelo franco arcillo arenoso y el de menor costo corresponde al tractor 75 HP con 45.06 soles/h en suelo franco arcillo arenoso. Por unidad de producción el tractor 75 HP demanda 198.52 soles/ha mientras el tractor 98 HP con 170.16 soles/ha.

d) El mayor incremento en la densidad aparente, se causó con el tractor de 98 HP que tuvo 1.49 g/cm³ en suelo franco arcilloso, mientras que el tractor de 75 HP con 1.46 g/cm³ en suelo franco arcillo arenoso. En resistencia a la penetración del suelo, el tractor de 75 HP obtuvo 1383.56 kilo pascales en suelo franco arcillo arenoso, el cual es menor al tractor de 98 HP con 1417.94 kilo pascales en suelo franco arcilloso (Machaca 2017).

El año 2017, en la Universidad Nacional de Trujillo, Lujan Cárdenas Eiler Raúl, desarrolla la tesis titulada “Determinación del índice de mecanización y demanda de maquinaria agrícola en los sectores: El Moro, Vichanzo, Mochica Alta y Comache – Región La Libertad”, documento en el que se propuso:

Determinar el índice de mecanización y demanda de maquinaria agrícola en los sectores: El Moro, Vichanzao, Conache y Mochica Alta, del Valle Moche Este trabajo ha sido preparado para incentivar el desarrollo e implementación de máquinas para disposición de los agricultores. Permitiendo asegurar la producción de los cultivos instalados y servir como fuente de información técnica para tomar mejores decisiones sobre la inversión económica en el desarrollo del Valle Moche y la producción (Lujan 2017).

El año 2017, la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, otorga el título de Ingeniero Agrícola al Señor Navarro Garay Fermín Hugo, quien desarrolló la investigación titulada “Comparación de costos de producción empleando dos sembradoras de precisión en agricultura de conservación VS agricultura convencional”, estudio en el que se obtuvo los siguientes resultados:

La sembradora de origen americano, fue la que arrojó las mayores producciones, tanto en

Agricultura Convencional como en Agricultura de Conservación. Bajo el primer sistema se obtuvo un valor bruto de 53.15 Tn/ha, generando un ingreso neto de S/. 98.20, mientras que en Agricultura de Conservación se obtuvo 43.82 Tn/ha, generando un ingreso neto de S/. 395.31 en el terreno experimental. Es necesario mencionar, que el mayor índice de rentabilidad se obtuvo bajo el sistema de Agricultura de Conservación con 11.29 % (Navarro 2017).

El año 2018, Rodríguez Delgado Segundo Clemente y Orbegoso Navarro Luis Alberto, publican el artículo titulado “Diagnóstico de los sistemas de producción y mecanización en Perú”, estudio en el que presenta la siguiente información:

Los fundamentos para plantear el estudio fueron, el cual se orienta a caracterizar los centros de producción y diagnosticar el estatus de la mecanización agrícola en el Perú; una macro región compuesta por Lambayeque, Cajamarca y Amazonas fue seleccionada como área representativa para alcanzar tal cometido. Se identificaron los principales sistemas de producción para la zona costera de Perú, así como sus circunstancias, prácticas y rendimientos de los principales cultivos, los mismos que fueron evaluados en términos de sus características técnicas, financieras y sociales. Finalmente, se identificó la tecnología de mecanización dominante para dichos sistemas de producción (Rodríguez y Orbegoso 2018).

5.1.3. Antecedentes regionales

El año 2002, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huansha Aquino Eulogio Valerio, desarrolla la tesis titulada: Dimensionar un parque de maquinaria agrícola para el Callejón de Huaylas, el autor propone una metodología sustentada en los costos de operación del uso de maquinaria agrícola, bajo las consideraciones siguientes:

La metodología se basa en establecer una ecuación que nos permita calcular los costos anuales de operación del uso de energía mecánica en la agricultura, luego de hacer adecuaciones en la referida ecuación con parámetros que nos permitan calcular el ancho de trabajo y determinar la potencia requerida y la potencia a la barra de tiro del tractor para cada una de las labores culturales de los cultivos más representativos del Callejón de Huaylas. La información se presenta a nivel de Callejón de Huaylas, es necesario señalar que los cálculos se basan en el análisis de la información a nivel distrital y provincial.

La información que hemos logrado tiene una consistencia tal que aún varíen considerablemente los hábitos de desarrollo de la agricultura del Callejón de Huaylas, los

resultados tendrán vigencia a través del tiempo, aclaramos que las innovaciones tecnológicas pueden variar con relativa facilidad los tamaños de los equipos o la potencia de los tractores, esta es una de las razones por la que planteamos en términos de tamaño de tractores cuatro rangos de potencia, se ha definido tractores de potencia nominal de 45 HP, tractores de 60 HP, tractores de 100 HP y tractores de 110 HP (Huansha, 2002).

El año 2020, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Erik Osmar Valdez Dextre, desarrolla la tesis titulada: Evaluación de las fuentes de energía utilizadas en la producción agrícola, distrito de Mancos, provincia de Yungay, Ancash – 2019, en el informe final de tesis, el autor propone el siguiente resumen: El trabajo de investigación “evaluación de las fuentes de energía utilizadas en la producción agrícola, distrito de mancos, provincia de yungay, ancash -2019” tuvo por objetivo, evaluar el aporte de las fuentes de energía utilizada en la producción agrícola, esto se logró mediante la visita e inspección en campo, así como los datos obtenidos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, que mediante su evaluación, procesamiento y determinación de datos se pudo obtener información actualizada y confiable de la estimación de la energía disponible en la agricultura del distrito de mancos, como resultado de la evaluación de la energía disponible, se obtuvo como fuente de potencia humana 149.44 kw (2 915 personas), potencia animal de 299.98 kw (1 224 animales) y una potencia motorizada de 100 kw (3 tractores agrícolas operativos) que representan el 27.20%, 54.59% y 18.20% respectivamente, siendo el total de potencia utilizada en el distrito de 549.32 kw, así mismo con el procesamiento del mapa de suelos del ONERN del año 1973, se pudo determinar 410.43 ha de superficie de suelo mecanizable, existentes en el ámbito de estudio, obteniéndose un índice de mecanización de 0.24 kw/ha que está por debajo del promedio que la FAO establece de 0.75 kw/ha para países en vías de desarrollados, por lo que se recomendó elevar este valor con la incorporación de maquinaria agrícola (Valdez, 2019).

5.2. Planteamiento del problema de investigación

5.2.1. Justificación de la investigación.

El Gobierno Regional de Ancash, a través de la Dirección Regional de Agricultura: Dirección de Estadística e Informática Agraria – DEIA, el año 2016, publican el Perfil Agropecuario del Departamento de Ancash, a nivel provincial, documento del que se extrae la información que se presenta y comenta a continuación:

Características del territorio

Ubicación: Región Central y Occidental del Territorio Peruano.

Límites: Por el Norte con el departamento de la Libertad; por el Este con el Dpto. de la Libertad y Huánuco; por el Sur con el Dpto. de Lima y por el Oeste con el Océano Pacífico o Mar de Grau. Superficie: (Km²) 35,914.8

Densidad:(Habitantes/Km²) 29,6

Demarcación Política: 20 provincias y 166 distritos.

Ríos Principales: Vertientes del Amazonas: Marañón, Paccha, Pomabamba, Grande o Rupac. Vertientes del Pacífico: Santa, Chuquicara, Nepeña, El Huarmey, Fortaleza y Pativilca.

El Censo de Población y Vivienda del año 2017, a nivel de la provincia de Huaylas, reporta la siguiente información:

La provincia de Huaylas tenía una población de 51,334 habitantes, 25,184 varones (49.06%) y 26,150 mujeres (50.94%), espacialmente esta distribuía en 19,640 habitantes (38.26%) en la zona urbana y 31,694 en zona rural (61.74%).

La interpretación de la información disponible, permite establecer que seis de cada diez habitantes de la provincia de Huaylas se encuentra asentada en la zona rural, aun así hay deficiencias en la disponibilidad de mano de obra para la agricultura, situación generada por la migración de los jóvenes a otras ciudades en busca de oportunidades laborales o estudios; en consecuencia, la población rural dedicada a la actividad agropecuaria está en manos de los adultos mayores, esta migración genera problemas sociales en las zonas urbanas, dando origen a un crecimiento desordenado y una alta presión por los servicios básicos de agua, luz, educación y salud y alimentación, configurando una migración del campo a la ciudad y una abandono paulatino de las actividades agropecuarias y el campo tiene que seguir produciendo para el abastecimiento de alimentos de las zonas urbanas.

Al respecto el CENAGRO 2012, reporta que la provincia de Huaylas, tiene una población de 12,102 agricultores, de ellos 5,426 agricultores (44.84%), tiene menos de 50 años y 6 676 agricultores (55.167%), tiene una edad superior a los 50 años; por lo tanto, la población agrícola está conformada por más del 50% de adultos mayores.

Además, en la provincia de Huaylas, de los 12,102 agricultores, 7,915 agricultores (65.40%), son varones y 4,187 agricultores (34.60%), son mujeres; por lo tanto, la población agrícola está significativamente conformada por mujeres, tres de cada diez agricultores son mujeres.

Un análisis de la información reportada por el Censo Nacional Agropecuario del año 2012, en torno a la superficie agropecuaria, permite establecer que, el departamento de Ancash al año 2012, tenía una superficie agropecuaria de 1,301,933.76 has, de ellas 439,459.78 has (33.75%) es superficie agrícola y 862,463.98 (66.25%) es superficie no agrícola.

De las 439,459.78 has de superficie agrícola, 244,142.78 has (55.56%), es superficie agrícola cultivada bajo riego y 195,317.00 has (44.44%), es superficie agrícola cultivada en secano.

La provincia de Huaylas al año 2012 tenía una superficie agropecuaria de 68,490.97 has, de ellas 49,025.02 has (71.58%) es superficie agrícola y 19,465.95 has (28.42%) es superficie no agrícola.

De las 49,025.02 has de superficie agrícola, 38,103.14 has (77.72%), es superficie agrícola cultivada bajo riego y 10,921.88 has (22.28%), es superficie agrícola cultivada en secano.

Las cifras del CENAGRO 2012, deben ser tomadas con bastante optimismo considerando que, cuatro quintas parte de la superficie agrícola se cultiva bajo riego, con nivel bajo y medio de tecnología, baja eficiencia de uso del agua, bajos niveles de capacitación y por lo general se hace uso de tecnología poco eficiente en el uso de recursos y bajos niveles de productividad, este panorama desolador que se presenta en el área agrícola bajo riego, es mucho más crítica en el área agrícola en secano, donde la actividad agrícola es eminentemente de subsistencia, con bajos rendimientos económicos, bajos niveles de producción y bajos ingresos, es esta otra razón que explica la migración del campo a la ciudad.

La información muestra que cuatro de cada cinco has agrícolas, se cultiva bajo riego, correspondiéndole a cada habitante 4.05 has de superficie agrícola y 3.15 has de superficie agrícola bajo riego.

El CENAGRO 2012, además en torno al uso de fuentes de energía en la agricultura reporta que, de las 168,253 unidades agropecuarias del departamento de Ancash, 126,766 unidades agropecuarias (75.34%), utilizan tracción animal y 41,487 unidades agropecuarias (24.66%), no utilizan tracción animal.

A nivel provincial, de las 12,214 unidades agropecuarias de la provincia de Huaylas, 10,230 unidades agropecuarias (83.76%), utilizan tracción animal y 1,984 unidades agropecuarias (16.24%), no utilizan tracción animal.

En cuanto a la energía mecánica o uso de tractores reporta que, de las 168,253 unidades agropecuarias del departamento de Ancash, 12,445 unidades agropecuarias (7.40%), utilizan tracción mecánica y 155,808 unidades agropecuarias (92.60%), no utilizan tracción mecánica.

A nivel provincial, de las 12,214 unidades agropecuarias de la provincia de Huaylas, 689 unidades agropecuarias (5.64%), utilizan tracción mecánica y 11,525 unidades agropecuarias (94.36%), no utilizan tracción mecánica.

El análisis de la información, permite apreciar que a nivel provincial el 95% de los agricultores hacen uso de la tracción animal; es decir, diecinueve de cada veinte agricultores utilizan tracción animal, esta fuente de energía no es mala, pero para el desarrollo de la agricultura es insuficiente, mucho más si tenemos en cuenta que los implementos de tracción animal no han merecido cambios tecnológicos, los animales como fuentes de energía son de bajo peso y tamaño, con deficiencias de manejo, alimentación y sanidad que afectan enormemente la capacidad de trabajo, el uso de estas fuentes de energía configuran un panorama desolador, que merece un tratamiento excepcional, para impulsar el desarrollo agrícola de la provincia de Huaylas.

Es necesario hacer un balance del uso de las fuentes de energía que se utilizan en la provincia de Huaylas y proponer alternativas que mejoren el uso de energía para la agricultura y propiciar una agricultura sostenible.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2018), a través de la Oficina de Comunicación e Imagen Institucional, emite una nota de prensa relacionada a la instalación de un centro de mecanización agrícola, al respecto la nota de prensa refiere que:

Según reveló el Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri), una delegación del sector liderada por el viceministro de Desarrollo e Infraestructura Agraria y Riego, Pablo Aranibar, cumple una visita de trabajo en ese país, donde mantuvo reuniones con representantes de la Federación de Fabricantes Italianos de Maquinaria Agrícola (FEDERUNACOMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y

Alimentación (FAO) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), entre otros.

La propuesta de constituir un Centro Mecanización representaría una plataforma para difundir el conocimiento de la tecnología italiana para la mecanización agrícola en regiones priorizadas con mayor potencial de crecimiento de producción agrícola, y que cubra el mayor número de pequeños y medianos productores, con miras a mejorar el nivel actual de mecanización agrícola.

Apurímac y Puno, han sido seleccionadas como las regiones más adecuadas para la instalación del Centro de Mecanización Agrícola. El cultivo considerado como una prioridad para la introducción de la mecanización agrícola en términos del área agrícola utilizada es la papa.

Cabe recordar que el Minagri ha lanzado recientemente la campaña nacional de siembra de pastos cultivados en 22 regiones, y que forma parte del “Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017 – 2027”, orientado al manejo y recuperación de praderas naturales, conservación de forraje, plan nacional de mejoramiento genético, fortalecimiento de capacidades, incremento de valor agregado y la articulación al mercado.

Un programa de mecanización agrícola de esta naturaleza, indudablemente que traerá muchos beneficios a la agricultura que se desarrolla en los andes peruanos, este programa complementado con el programa de mejoramiento de pastos y el mejoramiento genético en plantas y animales, generará mayores posibilidades de desarrollar la producción de vacunos y el uso intenso de la yunta como fuente de energía de tracción animal, que es en definitiva un fuente de energía renovable y sostenible para la agricultura.

Dentro del contexto analizado se propone desarrollar la investigación, con el propósito de analizar la oferta y la demanda de energía que utiliza la agricultura, estimar la brecha y en función a ello proponer el dimensionamiento de un parque de máquinas e implementos agrícolas, para satisfacer las necesidades de energía que requieren las labores agrícolas, en especial la preparación de suelos.

5.2.2. Importancia del problema de investigación

Una política de gobierno se orienta a procurar la soberanía y seguridad alimentaria del país, la actividad de la producción agrícola, juega un papel muy importante en torno a estos temas,

el sector rural se encarga de la provisión de alimentos a las zonas urbanas, los rendimientos de producción y la productividad dependen de los niveles tecnológicos en el que se desarrollan las actividades agrícolas; en este sentido, debe establecerse una relación adecuada entre los recursos que intervienen en la producción de alimentos, el suelo, el agua, el clima y la energía, factores que deben ser adecuadamente utilizados para generar agricultura sostenible, que haga uso de los recursos naturales, que genere beneficios y que preserve los recursos naturales.

La baja rentabilidad de la agricultura, aunada a otros fenómenos sociales como la migración del campo a la ciudad ha generado una reducción significativa en la oferta de mano de obra del sector agricultura, trayendo como consecuencia un descuido de la actividad agrícola, abandono de grandes extensiones de terreno, pérdida de la autonomía alimentaria del poblador rural y baja comercialización de productos, frente a estas dificultades, es pertinente propiciar mejorar la oferta del uso de fuentes de energía mecánica que respondan a las necesidades de los agricultores, implementar programas de mecanización agrícola, con el propósito de rentabilizar la actividad agrícola; es decir, lograr incrementar la productividad y producción de alimentos y reducir los costos de producción.

Las labores agrícolas para su ejecución requieren consumir energía, proveniente del ser humano, de los animales o de la energía mecánica, ya se comentó que la escasez de mano de obra en el sector rural está muy acentuada, no es posible que la actividad agrícola compita en términos equitativos con las otras actividades económicas para satisfacer la demanda de mano de obra; por otro lado, la degradación de los suelos y la pérdida de la fertilidad natural ha generado baja calidad y cantidad de pasturas; en consecuencia bajos índices pecuarios, el ganado vacuno por lo general logra alcanzar peso muy bajo que, no posibilita ser utilizada como fuente de tracción animal, la presencia del kikuyo, hace muy difícil la tarea de preparación de suelos; por estas razones, la investigación se orienta a determinar la brecha entre la oferta y demanda de energía para la producción agrícola, cuantificada esta brecha es pertinente dimensionar un parque de maquinaria agrícola que contemple necesidades de potencia y necesidades de ancho de trabajo de implementos.

5.2.3. Viabilidad técnica y económica de la investigación.

La provincia de Huaylas se localiza en el extremo norte del Callejón de Huaylas, la provincia en general, por las bondades de clima, disponibilidad de recursos hídricos, calidad de suelos y la vocación agrícola del ámbito de estudio, ofrece condiciones inmejorables para el

desarrollo intenso de la agricultura, como ya se comentó, esta actividad tiene limitaciones referidas a la disponibilidad de la mano de obra, que limita la capacidad productiva de la agricultura.

Sin lugar a dudas la provincia de Huaylas se caracteriza por presentar un mejor nivel tecnológico en lo que respecta a la agricultura, se ha desarrollado acciones concretas de desarrollo tecnológico y se propicia la reconversión de la cédula de cultivos, propiciando el desarrollo tecnológico, social, económico y ambiental, aspectos que son favorables para el desarrollo de la investigación que se propone, en el ámbito del proyecto hay empresas agroindustriales establecidas que han inducido al desarrollo tecnológico, urge hacer un análisis de las necesidades energéticas para desarrollar la agricultura, especialmente la pan llevar, que requiere el apoyo tecnológico.

La ejecución de la investigación no demanda el uso de cuantiosos recursos económicos, se requiere levantar un informe sobre la disponibilidad de tractores e implementos agrícolas que se utilizan para la preparación de suelos y haciendo uso de tecnología digital estimar las áreas agrícolas bajo riego con pendientes menores al 25%, áreas agrícolas consideradas potencialmente para hacer uso de energía de tracción mecánica.

5.2.4. Limitaciones de la investigación.

Un análisis preliminar de los resultados del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, para la provincia de Huaylas, pone en evidencia lo siguiente:

A nivel provincial, de las 12,214 unidades agropecuarias de la provincia de Huaylas, 689 unidades agropecuarias (5.64%), utilizan tracción mecánica y 11,525 unidades agropecuarias (94.36%), no utilizan tracción mecánica.

La información muestra un alto índice de uso de la tracción animal para las labores agrícolas, diecinueve de cada 20 unidades agropecuarias hacen uso de esta fuente de energía; siendo si, el uso de la tracción mecánica, con todas sus limitaciones juega un papel importante en el desarrollo de la agricultura en la provincia de Huaylas.

De las 49,025.02 has de superficie agrícola, 38,103.14 has (77.72%), es superficie agrícola cultivada bajo riego y 10,921.88 has (22.28%), es superficie agrícola cultivada en secano.

Por otra parte, se tiene la información de que cuatro de cada cinco hectáreas son utilizadas con agricultura bajo riego, es en estas áreas donde se concentra en uso de la tracción mecánica, especialmente en los cultivos agroindustriales y de agro exportación.

Las áreas agrícolas que se cultivan en secano, se localizan en las partes altas de los valles interandinos del ámbito del proyecto, estas áreas son eminentemente aprovechadas para la agricultura de autoconsumo, es posible que en este rubro se localicen áreas agrícolas con pendientes menores al 25%, que tendrán que ser incorporadas como parte del alcance de la investigación, en este contexto es pertinente proponer un programa de reconversión de la actividad agropecuaria, decisión que escapa al alcance de la investigación.

En la provincia de Huaylas, se ha desarrollado la agricultura sobre la base de la innovación y calificación de los recursos humanos, la presencia y desarrollo de agricultura agroindustrial y agro exportación y la fuerte vocación por el desarrollo de la fruticultura, la provincia de Huaylas, pone de manifiesto su vocación por el desarrollo tecnológico, motivo por el cual, el desarrollo de la investigación que se propone no debe encontrar dificultades que obstaculicen su realización.

5.3. Definición del problema de investigación

5.3.1. Problema general

El problema de la investigación queda definido de la siguiente manera:

- 1) ¿Qué relaciones se establecen entre el dimensionamiento de un parque de maquinaria agrícola para la labranza convencional, potencia de los tractores y tamaño de los implementos agrícolas y los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash - 2021?

5.3.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cómo relacionar los costos anuales de operación y la potencia del tractor para cuantificar el número de tractores para la provincia de Huaylas?
- 2) ¿Cómo relacionar los costos anuales de operación y el ancho de trabajo de los implementos agrícolas para cuantificar el número de implementos agrícolas para la provincia de Huaylas?
- 3) ¿Qué fuentes de información analizar y que tecnologías utilizar para estimar las áreas agrícolas que tengan una pendiente menor al 20% en la provincia de Huaylas?

5.4. Definición de los objetivos de la investigación

5.4.1. Objetivo general

Dimensionar un parque de maquinaria agrícola para labranza convencional en función a la potencia de los tractores y número de implementos agrícolas, a partir de los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash 2021

5.4.2. Objetivos específicos

- 1) Determinar la potencia total necesaria y el número de tractores agrícolas para labranza convencional, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash, 2,021.
- 2) Determinar el ancho total de trabajo necesario y el número de implementos agrícolas para labranza convencional: arados y rastras, en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash, 2,021.
- 3) Determinar el índice de mecanización agrícola en función a la potencia a la barra de trió y efectiva y áreas agrícolas mecanizables, en la provincia de Huaylas, departamento de Ancash, 2,021.

5.5. Marco conceptual

5.5.1. Dimensionar un parque de maquinaria agrícola.

El uso de maquinaria agrícola para el desarrollo de la agricultura reviste una gran diversidad de actividades que requieren de su fuerza y potencia, no siempre el trabajo lo realiza directamente en el campo, lo cual dificulta el registro de información que nos permita estimar la cantidad de hectáreas trabajadas por un tractor y la cantidad de horas dedicadas a labores específicas de campo como preparación de suelos, siembra, mantenimiento de cultivos o cosecha; por lo tanto, el índice de mecanización agrícola no refleja lo que realmente ocurre en el uso de maquinaria agrícola con fines de producción agrícola, al respecto, los autores (Colombo y Perujo-Villanueva, 2017), manifiestan que: Las estadísticas oficiales no registran información para estimar el ratio número de tractores y horas trabajadas, no existe información registrada al detalle, los propietarios de maquinaria agrícola, no registran las hectáreas trabajadas cuando las máquinas son alquiladas, información que es insuficiente para estimar el índice de mecanización agrícola.

Al respecto, lo primero que se dimensiona es el tractor. El tractor es el elemento más importante del parque de maquinaria agrícola, su adquisición representa el 70% de la

inversión de cualquier tipo de parque, de acuerdo a la potencia disponible del tractor y la potencia requerida por los implementos agrícolas se dimensiona el parque de maquinaria agrícola (Catalán, 2012)

En la misma orden de ideas, Cuauhtemoc, (2006), manifiesta que:

La mecanización, el mejoramiento genético, la aplicación de agroquímicos y modificaciones de la técnica de cultivo han sido factores decisivos en el aumento de la productividad del trabajo agrícola. Esto se manifiesta en el largo plazo a través de una reducción en el insumo de trabajo por hectárea (horas-hombre/ha) y correlativamente en un aumento de la productividad del trabajo (cantidad de producto/hora-hombre. empíricamente, esto es un hecho bien conocido (p.33)

Definitivamente la falta de información registrada no permite estimar, con bastante aproximación, los indicadores de uso de los tractores e implementos agrícolas, esta limitación ha sido reportada por autores de diferente nacionalidad, entendiéndose que en este aspecto existe un cierto nivel de informalidad, deficiencia que debe ser superada, por quienes ostentan la propiedad de las máquinas e implementos agrícolas.

5.5.2. Tractores agrícolas

Debido a los altos niveles de degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, por el uso inadecuado y desmesurado de máquinas e implementos agrícolas urge la necesidad de desarrollar estudios orientados a la conservación y preservación de las características edafológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva, al respecto en Costa Rica, en el año 2023, se publica los resultados de una investigación, relacionada a la eficiencia de la labranza, según la distribución de cargas en los ejes de los tractores, en función a las propiedades físicas y mecánicas de un suelo vertisol, el reporte de la investigación llega a las siguientes conclusiones:

En general, ninguna de las combinaciones de balanceo de cargas a los ejes del tractor se complementó favorablemente con las propiedades físicas, hidráulicas, mecánicas y de eficiencia de la operación. Por lo tanto, todos los tratamientos afectaron en cierta magnitud tanto las funciones del suelo como la operación de la labranza. Es así como, la distribución de cargas del eje en el tratamiento 50% - 50% no es recomendable para un suelo de orden vertisol, ya que el peso del tractor fue insuficiente para lograr una profundidad de labranza adecuada, por lo tanto, no logró alterar las propiedades del suelo a 15 cm. A pesar de que el

balanceo de cargas en el tratamiento 40% y 60% es considerado ideal, en la literatura, para el mantenimiento adecuado del diseño mecánico del tractor, no favorece las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo. Además, después de 2 meses de labranza, mostró un aumento significativo de la resistencia al corte, lo que ocasiona un mayor requerimiento de potencia del tractor para labranzas mecanizadas posteriores, pues aumentó el patinaje y el consumo de combustible. El tratamiento 30% y 70%, contribuyó, con el tiempo, a aumentar la profundidad del piso de arado, beneficiando el crecimiento radicular del pasto, pero tuvo un comportamiento muy similar en la restricción radicular a profundidades mayores a los 60 cm. A pesar de esto, presentó el menor consumo teórico anual de agua para el cultivo de pasto por hectárea mecanizada, ya que el agua útil disponible para las plantas fue mayor. Además, registró el menor porcentaje de patinaje, coeficiente de fricción, consumo de combustible y potencia de labranza requerida del tractor. En cuanto a eficiencia de los equipos en la labranza, el tratamiento 30% y 70% mostró menor patinaje de los ejes del tractor con una profundidad de labranza promedio intermedia ejerció un efecto más favorable sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo, las mejores condiciones de eficiencia de operación y requerimientos hídricos, en comparación con los tratamientos 50% y 50% y 40% y 60%. A partir de los resultados obtenidos con el balanceo de cargas con el tratamiento 30% y 70% se recomienda continuar con estudios similares con diferentes tipos de órdenes de suelos e implementos con el fin de llegar a comprender mejor el efecto de la labranza sobre las funciones del suelo y la maximización de la eficiencia de operación (Villagra, Brenes y Gómez, 2023).

5.5.2.1. Determinación de la potencia disponible

Al tratar el tema de la potencia de los tractores agrícolas, es necesario tener en cuenta la diversa tipología en relación a la potencia, se hace referencia a diversas denominaciones como: potencia al motor, la potencia neta, la potencia al eje toma de fuerza y la potencia a la barra de tiro, se hace referencia también a la potencia nominal, la potencia teórica, la potencia disponible, para la investigación adoptamos la terminología de potencia al motor y la potencia al eje toma de fuerza, esta potencia es la denominada potencia disponible; en torno a este tema, que ha sido analizado y estudiado por muchos autores, acogemos lo que Vargas, y otros (2013), refieren que:

La potencia a la toma de fuerza es aproximadamente el 86 % de la potencia del motor; y la potencia a la barra de tiro para un tractor probado en una pista de concreto, es también el 86 % de la potencia medida en la toma de fuerza (ASAE, 2005); por

ejemplo, para un tractor con un motor de 100 hp de potencia máxima, la potencia máxima disponible para las labores agrícolas (rastreo o barbecho, por ejemplo) sería cercana a tan sólo 74 hp ($100 \times 0.86 \times 0.86$); sin embargo, esta regla del 86 % es una generalización obtenida a partir del estudio de un gran número de resultados de pruebas, en donde hubo equipos con comportamientos diferentes al promedio mencionado, por lo que esta regla sirve para tener una idea aproximada, no así para tener datos certeros de un equipo en particular, mucho menos aún para servir como referencia de certificación (p.20).

Efectivamente esta aproximación de estimar la potencia disponible es adecuada teniendo en consideración que efectivamente, desde el motor hasta el eje toma de fuerza, hay pérdidas que se registran en el motor y el sistema de transmisión, de modo que la potencia disponible es mucho menor de la potencia que se genera en el motor.

Al respecto, Huasupe (2019), al desarrollar la investigación titulada: Potencia óptima en tractores agrícolas en el CIP Illpa, presenta las siguientes conclusiones:

El menor consumo de combustible fue con la potencia de tractor de 65 HP bajo el tipo de labranza Primaria con 2.98 l/h y de 3.21 l/h en la labranza secundaria, seguido de la potencia de tractor de 75 HP bajo el tipo de labranza Primaria con 3.61 l/h y de 3.77 l/h en la labranza secundaria.

El mayor rendimiento en labranza fue con potencia de tractor de 75 HP y de 65 HP en la labranza secundaria con 0.78 ha/h y de 0.73 ha/h respectivamente; seguido de la potencia de tractor de 118 HP y de 98 HP en la labranza primaria con 0.63 ha/h y de 0.58 ha/h.

La menor compactación de suelo, fue con la potencia de tractor de 65 HP con 1408.08 KPa, seguido de la potencia de tractor de 75 HP con 1516.90 KPa. El tipo de suelo con menor compactación fue el suelo Franco Arcillo Arenoso con 1622.81 KPa, seguido del tipo de suelo Franco Arcilloso con 1766.67 KPa (p.54)

5.5.3. Labranza convencional

Para Mendoza (2021), citando a Romero (2012), Bomden (2010), Romero (202), Chavez el al (2017) y Camacho (2020), considera que en la labranza convencional se realizan dos pases de maquinaria con objetivos distintos. La labranza primaria tiene como objetivo cortar y volear el suelo, así poder darle una mejor aireación y agregarle toda la materia orgánica que

se encontraba en la capa superficial, también puede incorporar simultáneamente algunos correctivos y fertilizantes que necesitan el suelo para la nutrición de los cultivos esta acción ronda de los 20-30 cm de profundidad. Generalmente, es realizada con arados de reja, vertedera y discos, se caracteriza como la más agresiva de las labores agrícolas. La labranza secundaria cortar, romper y desmenuza, en varias pasadas del implemento, los terrones o bloques del suelo. Tiene como objetivo poder dar al suelo la estructura deseada, lista para la siembra. Esta labranza utiliza implementos como una rastra de discos, un cultivador, un vibro cultor, una rastra de púas o un implemento combinado. Una de las ventajas que ofrece la labranza convencional es el control de malezas, al invertir el suelo, las semillas de malezas situadas en la superficie quedan bajo suelo y se les impide germinar. De la misma forma, facilita las labores posteriores, por esto el suelo queda sin terrones grandes y sin residuos en la superficie, contribuye a la aireación del perfil del suelo.

Citando a Boada y Espinoza (2016), Gómez et al (2017), Baez y Aguirre (2011) y Toapanta (2016), en un informe de graduación Palma (2021), considera que la labranza convencional se realiza con el arado y la rastra como implementos acoplados a un tractor, o por medio de la yunta o fuerza humana a nivel de agricultura de pequeña escala. Como labranza primaria se utiliza un arado de vertedera o de discos y una rastra de púas o discos en operaciones secundarias. La labranza convencional invierte el suelo con el objetivo de interrumpir mecánicamente el ciclo de vida de las malezas, seguido por varias operaciones para la preparación de la cama de siembra. El arado ayuda a remover la capa superior del suelo, habitualmente hasta una profundidad de 30 cm. Luego se hacen varias pasadas con rastra, cuyo número dependerá de la textura y contenido de humedad del suelo, hasta formar agregados de un tamaño pequeño que se considera apropiados para la cama de siembra.

En un estudio desarrollado en torno a los efectos del sistema de labranza sobre la actividad y la estructura microbiana a nivel de los microagregados, (Ferrer, 2018), refiere que: la acción mecánica de los diferentes sistemas de labranza o siembra directa, genera cambios en las propiedades bioquímicas, que inciden en los perfiles enzimáticos y fisiológicos, modifican también las propiedades de los micro agregados.

El Instituto de Investigación Agropecuarias, de Ururi de Chile, en el informativo INIA – URURI, se publica un informe sobre Preparación de Suelos, los autores Maqui, Allende y Villablanca (2012), refieren que:

Estas prácticas buscan brindar una cama para las semillas con un suelo mullido, aireado y enriquecido con la incorporación de la materia orgánica disponible, de tal forma que favorezca la germinación de la semilla, el arraigamiento de la planta, la retención de agua, la actividad microbiológica y los cambios químicos que se produzcan en la temporada. Por otra parte, se busca disminuir o destruir la población de malezas y plagas perjudiciales para el cultivo (p.1).

En torno al tema de la labranza y la calidad física de suelo, los autores López, González, Cadena y González (2012) , sostienen que:

Aunque los pequeños cambios en la densidad aparente (*Da*) no clarificaron el efecto de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo, es evidente que las distintas tasas de infiltración tanto para flujo dinámico como para flujo estable demostraron que el manejo del suelo mediante los implementos de labranza primaria utilizados en esta investigación producen cambios importantes en el funcionamiento del sistema poroso en la capa de suelo a 8 cm de profundidad, zona de almacenamiento del agua donde el agricultor pone mayor énfasis en la preparación de la cama de raíces para sus cultivos (s.p).

Una agricultura sostenible, sustenta su actividad en la conservación de los recursos naturales, de modo que su utilización no genere impactos negativos, al respecto en el tema de la preparación de suelos, se ha estudiado muchos aspectos y hay quienes están de acuerdo con las actividades propias de la preparación de suelo y otros estudiosos que no aceptan esta tecnología por considerarla no conservacionista, existe mucha información al respecto; se dice que: las labores agrícolas adecuadamente planificadas de acuerdo a los recursos disponibles, se puede lograr con una mecanización que haga uso de tractores e implementos agrícolas de tecnología apropiada, los efectos de degradación del recursos suelo y agua, pueden ser adecuadamente controlados con una adecuada selección de máquinas y equipos y lograr incrementar la productividad y producción de los cultivos agrícolas y logra un balance energético adecuado .

5.5.4. Capacidad de trabajo

La capacidad de trabajo de máquinas e implementos agrícolas, nos permite tener un indicador de importancia, que nos permite establecer la cantidad de trabajo realizado por cada unidad de tiempo, al respecto (Álvarez 2004), refiere lo siguiente:

La capacidad se define como la cantidad de trabajo realizado por una máquina y el tiempo

empleado en dicho trabajo. De acuerdo con las unidades utilizadas para medir el trabajo, variarán las unidades en que se exprese la capacidad.

La fórmula general para calcularla es:

$$C = \frac{(S) \text{ Superficie trabajada}}{(T) \text{ Tiempo total utilizado}} \quad (1)$$

Donde:

C = capacidad en general de una máquina, en unidades de superficie por unidades de tiempo (las unidades dependen de las usadas para la superficie (A) y el tiempo de trabajo (T)).

S = superficie trabajada, en unidades de superficie

T = tiempo de trabajo, en unidades de tiempo.

Superficie trabajada, cantidad de trabajo realizado por la máquina, medido en unidades de superficie (ha o m²), cuando son máquinas de trabajo sobre superficies tales como un tractor con arado, rastrillo, cortador de malezas, arados rotativos, entre otras.

Capacidad teórica

Se define como la relación entre la superficie trabajada que, una máquina puede desarrollar según las características del diseño, es decir trabajando a un 100% de sus posibilidades de diseño y en el tiempo realmente trabajado por la máquina, sin registrar pérdidas de tiempo durante la ejecución de la operación.

$$T = T_o + T_p \quad (2)$$

Dónde:

T = Tiempo total de trabajo, en horas

T_o = Tiempo operativo utilizado para ejecutar el trabajado, en horas

T_p = Tiempo perdido durante la ejecución de la operación, en horas

En la operación de campo de una máquina existen pérdidas tanto en la cantidad de trabajo esperado, desde el punto de vista del trabajo teórico, como en el tiempo teórico.

Estas pérdidas pueden ser debidas a:

Pérdida en la cantidad de trabajo teórico.

Esto sucede cuando hay pérdida de la cantidad de trabajo, a pesar de que la máquina trabaja normalmente, debido a necesidades del mismo trabajo, tales como traslapes entre dos franjas sucesivas: en la rastrillada, en la aspersion, en la siembra en hileras y en otras. En otros casos esta pérdida en la cantidad de trabajo se debe a condiciones diversas: cambios en la calidad del material a procesar, deficiencias en el suministro del material a procesar.

Por lo anterior, en la operación de una máquina existirá una capacidad real de trabajo (Cr), menor que la capacidad teórica de trabajo (Ct) y desde el punto de vista administrativo es importante conocer la relación entre la capacidad real y la capacidad teórica (Cr/Ct), definida como la eficiencia de trabajo (efc), para adoptar medidas que aumenten la (efc) hasta su máximo posible.

Pérdidas de tiempo (Tp): el tiempo teórico (T), asignado a una máquina para la realización de un trabajo, se ve disminuido en la gran mayoría de las máquinas debido a factores tales como:

Paralizaciones del trabajo por paradas leves para realizar calibraciones, reparaciones o mantenimiento sencillas, tiempos utilizados en las vueltas de cabecera, donde la máquina está funcionando, pero no ejecuta trabajo alguno.

Por lo anterior:

$$Cr = (Ct) *efc \quad (3)$$

Donde:

Cr = Capacidad real de trabajo, en Ha/h

Ct = Capacidad teórica de trabajo, en Ha/h

efc = Eficiencia de campo, en porcentaje.

5.5.5. Costos de operación

La determinación de costos de operación de maquinaria, por lo general, no reviste mayores dificultades, para su cuantificación es necesario tomar en cuenta, aspectos que podrían variar significativamente su estimación (Garbers y Chen 2013), consideran:

El Costo de Operación (CO) de la maquinaria agrícola está compuesto por el Costo Fijo de operación (CFO) y el Costo Variable de operación (CVO), que ocurren durante la ejecución espacial y temporal de las labores agrícolas.

$$CO = CFO + CVO \quad (4)$$

Dónde:

CO = Costo de operación total, en Soles por año

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año

CVO = Costo variable de operación, en Soles por año

El costo variable de operación es la parte del costo operación que varía al cambiar la variable independiente de la cual depende, en este caso el tiempo de uso anual. Por lo que

el Costo Variable de operación (CVO) puede ser estimado a través de la relación matemática siguiente:

$$CVO = CVM \times T \quad (5)$$

Dónde:

CVO = Costo de operación, en Soles por año.

VCM = Costo variable medio, en Soles por hora

T = Tiempo de operación del implemento, en horas por año

Reemplazando la igualdad de la ecuación (5), en la igualdad de la ecuación (4), se obtiene la siguiente igualdad.

$$CO = CFO + CVM \times T \quad (6)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por año

T = Tiempo de trabajo, en horas por año

5.5.5.1. Costo fijo de tractores e implementos agrícolas

Es el costo que no varía en función de la variable independiente (hectáreas u horas) y se mantiene constante y se incurre en forma permanente trabaje o no trabaje el tractor con el implemento agrícola o haya trabajo o no. El Costo Fijo está definido por los siguientes componentes:

$$CFO = D + IM + I + S + A \quad (7)$$

Dónde:

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año

D = Depreciación, en Soles por año

IM = Impuestos, en Soles por año

I = Interés sobre la inversión media, en Soles por año

S = Seguros, en Soles por año

A = Resguardo (taller y galpón), en Soles por año

Depreciación

Se entiende por depreciación la pérdida de valor de un bien por el paso del tiempo, al respecto Ortiz-Cañavate, y otros (2012), considera que “La depreciación depende de varias causas, como el desgaste, la degradación debida a accidentes o mal uso, la obsolescencia y la evolución del mercado” (p. 483)

Si al inicio del año se adquiere un tractor, tendrá un avalor de adquisición (V_a), si despues de doce meses, al final del año se decide vender el tractor, tendrá un valor de reventa o valor residual (V_r); ed decir, el tractor se habra depreciado en un monto equivalente a la diferencia entre el $V_a - V_r$, que cuantifica la depreciacion anual.

Si esta cuantificación se realizara despues del segundo año de posesión del tractor, la depreciación total sería la diferencia entre el valor de adquisición y el valor residual o valor de reventa despues del segundo año ($V_a - V_r$), si se quisiera estimar la depreciación anual, sería igual a $(V_a - V_r)/2$.

La depreciación anual depende del número de años de posesión de la máquina, se computa este periodo mientras la máquina genera beneficios; es decir, mientras los ingresos sean mayores que los costos, en estas circuntancias este periodo recibe la denominación de vida útil.

Existen varios métodos para estimar la depreciación entre ellos: depreciación lineal, suma de dígitos de los años, por unidades de producción, por reducción de saldos y otros, cada uno de ellos responde a objetivos específicos fijados por la empresa, para la depreciación de máquinas e implementos agrícolas, se hará uso del método de la línea recta.

La aplicación de esta metodología requiere disponer de la siguiente información: valor de adquisición (V_a) en soles, valor de reventa o valor residual (V_r) en soles y la vida útil (VU) expresada en años u horas.

Se estima la depreciación mediante la siguiente función.

$$D = \frac{V_a - V_r}{VU} \quad (8)$$

Dónde:

D = Depreciación anual en soles por año

V_a = Valor de adquisición en soles.

V_r = Valor residual o valor de reventa en soles

VU = Vida útil en años

También la depreciación, puede expresarse en Soles Por hora; en este caso, la depreciación en Soles por año, se divide entre el tiempo de trabajo del implemento en horas por año.

$$Dh = \frac{Va - Vr}{VU} \quad (9)$$

Dónde:

Dh = Depreciación horaria en soles/hora

Va = Valor de adquisición en soles.

Vr = Valor residual o valor de reventa en soles

VU = Vida útil en horas por año.

Si la vida útil (VU) esta expresada en años, la depreciación es anual.

Si la vida útil (VU) esta expresada en horas, la depreciación es horaria

Para el caso de máquinas e implementos agrícolas, se acepta las siguientes consideraciones:

El valor residual (Vr) se estima como un porcentaje del valor de adquisición (Va); por lo general, se considera el 10%

$$Va = 10\%Vr = 0.1Va \quad (10)$$

Para tractores agrícolas

La vida útil de un tractor agrícola se estima en 10 años o 10,000 horas de trabajo en toda la vida útil o 1000 horas de trabajo al año.

Reemplazando la igualdad de la ecuación (10), en la igualdad de la ecuación (8), se obtiene:

$$D = \frac{Va - Vr}{VU} = \frac{Va - 0.1Va}{10} = \frac{0.9Va}{10} = 0.09Va = 9\%Va$$

El análisis anterior permite definir la depreciación anual en función del valor de adquisición.

$$D = 9\%Va \quad (11)$$

Dónde:

D = Depreciación, en Soles por año

(9%) = Porcentaje del costo fijo, en porcentaje anual

Va = Valor de adquisición, en Soles

Tener en cuenta que la relación establecida solo es válida si el valor residual (V_r) es el 10% del valor de adquisición (V_a) y la vida útil es de 10 años.

Para implementos agrícolas

La vida útil de un implemento agrícola se estima en 20 años o 5,000 horas de trabajo en toda la vida útil o 250 horas de trabajo al año.

Reemplazando la igualdad de la ecuación (10), en la igualdad de la ecuación (8), se obtiene:

$$D = \frac{V_a - V_r}{VU} = \frac{V_a - 0.1V_a}{20} = \frac{0.9V_a}{20} = 0.045V_a = 4.5\%V_a$$

El análisis anterior permite definir la depreciación anual en función del valor de adquisición.

$$D = 4.5\%V_a \quad (12)$$

Dónde:

D = Depreciación, en Soles por año

(4.5%) = Porcentaje del costo fijo, en porcentaje anual

V_a = Valor de adquisición, en Soles

Tener en cuenta que la relación establecida solo es válida si el valor residual (V_r) es el 10% del valor de adquisición (V_a) y la vida útil es de 20 años.

Impuestos.

El rubro de maquinaria agrícola esta exonerada del pago de impuestos (IM); por esta razón, este rubro no se considera para estimar los costos de operación del tractor agrícola.

Interés sobre la inversión media.

Este rubro comprende los cargos por interés sobre la inversión realizada con la compra del tractor agrícola.

El acápito se refiere a inversión media y esta esta definida por la media entre el valor de adquisición (V_a) y el valor residual (V_r) del tractor, estos valores han sido definidos para el cálculo de la depreciación.

Se requiere además tener en cuenta la tasa de interés anual, del sistema financiero, con fines metodológicos, considerar una tasa de interés del 10% anual.

Se estima el interés sobre la inversión media utilizando la siguiente función.

$$I = \left(\frac{Va + Vr}{2} \right) i$$

Dónde:

I = Interés sobre la inversión media, en Soles por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Vr = valor residual, en Soles,

i = tasa de interés anual, en porcentaje.

Si el valor residual es el 10% del valor de adquisición y la tasa de interés es 10% anual, la ecuación permite establecer lo siguiente:

$$I = \left(\frac{Va + Vr}{2} \right) i = \left(\frac{Va + 0.1Va}{2} \right) i = \left(\frac{1.1Va}{2} \right) 0.1 = 0.055Va = 5.5\%Va$$

El análisis anterior permite definir el interés sobre la inversión media en función del valor de adquisición.

$$Ia = 5.5\%Va \quad (13)$$

Dónde:

I = Interés sobre la inversión media, en Soles por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Tener en cuenta que la relación establecida solo es válida si el valor residual (Vr) es el 10% del valor de adquisición (Va) y la tasa de interés anual es 10%.

Seguro

La maquinaria agrícola por la naturaleza del trabajo que realiza está muy expuesta a accidentes; por lo tanto, es recomendable que se asegure la inversión.

El análisis de este componente requiere que se tenga información sobre la tasa de imposición de seguros, información que es muy variable, para fines de estimar costos de operación de maquinaria agrícola, se considera que este rubro representa anualmente el 1.25% del valor de adquisición (va); por lo tanto, se tiene:

$$S = 0.0125Va = 1.25\%Va$$

El análisis anterior permite definir el costo del seguro anual en función del valor de adquisición.

$$S = 1.25\%Va \quad (14)$$

Dónde:

S = Seguro, en Soles por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Alojamiento.

El tractor agrícola por el monto de inversión para su adquisición, para una mejor conservación y seguridad, requiere protección para su cuidado se construye un cobertizo que lo proteja de las inclemencias del clima, lo recomendable sería estimar el costo del cobertizo, información que es muy variable, para fines de estimar costos de operación de maquinaria agrícola, se considera que este rubro representa anualmente el 0.75% del valor de adquisición (Va); por lo tanto, se tiene:

$$A = 0.0075Va = 0.75\%Va$$

El análisis anterior permite definir el costo del seguro anual en función del valor de adquisición.

$$A = 0.75\%Va \quad (15)$$

Dónde:

A = Alojamiento, en Soles por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Costo fijo de operación para el tractor agrícola.

Haciendo uso de las igualdades de las ecuaciones (11), (13), (14) y (15) y reemplazando las igualdades en la ecuación (7), los costos fijos de operación anual de un tractor se pueden expresar como una función porcentual del valor de adquisición (Va)

$$CFO = 9\%Va + 5.5\%Va + 0.0125\%Va + 0.0075\%Va$$

$$CFO = (16.50\%CF) * Va \quad (16)$$

Dónde:

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, porcentaje anual.

Va = Valor de adquisición del tractor, en Soles

Como ya se manifestó anteriormente, esta función es válida para:

$V_r = 10\% Va$

Vida útil de 10 años.

Tasa de interés 10% anual

Seguro 1.25% Va anual

Alojamiento 0.75% Va anual

Si el valor de adquisición del tractor es de 120,000 Soles, la ecuación (16), se cuantifica como:

$$CFO = (0.165) * 120,000 = 19,800 \frac{\text{Soles}}{\text{año}}$$

$$CFO = (0.165) * \frac{120,000}{1000} = 19.80 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

Costo fijo de operación para el implemento agrícola.

Haciendo uso de las igualdades de las ecuaciones (12), (13), (14) y (15) y reemplazando las igualdades en la ecuación (7), los costos fijos de operación anual de un implemento se pueden expresar como una función porcentual del valor de adquisición (Va)

$$CFO = 4.5\%Va + 5.5\%Va + 0.0125\%Va + 0.0075\%Va$$

$$CFO = (12.00\%CF) * Va \quad (17)$$

Dónde:

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, porcentaje anual.

Va = Valor de adquisición del implemento, en Soles

Como ya se manifestó anteriormente, esta función es válida para:

$$V_r = 10\% V_a$$

Vida útil de 20 años.

Tasa de interés 10% anual

Seguro 1.25% V_a anual

Alojamiento 0.75% V_a anual

Si el valor de adquisición del tractor es de 30,000 Soles, la ecuación (17), se cuantifica como:

$$CFO = (0.12) * 30,000 = 3,600 \frac{\text{Soles}}{\text{año}}$$

$$CFO = (0.12) * \frac{30,000}{250} = 14.40 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

5.5.5.2. Costo variable

Los costos variables de la operación de máquinas agrícolas, está conformado por el consumo de combustible, lubricantes, la mano de obra del operador y la reparación y mantenimiento, estos costos son cuantificados en soles por hora.

Por la naturaleza de los costos variables, se espera que se encuentren registrados en los libros contables de la empresa, de modo que estos sean la fuente de información para su análisis y cuantificación, siempre que sea información confiable; de no ser así, los costos variables merecen un tratamiento específico.

Combustibles

De acuerdo al modelo y la marca, todo tractor tiene un catálogo de información y en la sección de especificaciones técnicas, desde la óptica del fabricante, consignan la información correspondiente al consumo específico de combustible que establece una relación entre el consumo de combustible, el tiempo y la potencia del motor

Por ejemplo: un tractor Jhon Deere, modelo 6125D, de 110.7 HP de potencia a la toma de fuerza, tiene un consumo de combustible de 23.36 (l/h), un consumo específico de combustible de 238 (g/Kw-h) y una energía específica de 3.535 (Kw-h/l).

La información presentada, permite calcular el consumo de combustible, refiere que el consumo de combustible es de 23.36 (l/h), equivalente a 6.23 (gl/h), considerando que un galón, es equivalente a 3.75 litros.

Se puede estimar el consumo de combustible a partir del consumo específico de combustible 238 (g/Kw-h), para esto es necesario tener la información de la densidad del petróleo y la equivalencia entre HP y Kw y hacer las transformaciones pertinentes.

Se determina el consumo de combustible por horas en (gl/h) y con el costo del combustible en soles/galón, se estima el costo por del consumo de combustible por hora.

Cálculo del consumo de combustible (Cc) en soles por hora, sabiendo que:

Consumo de combustible 6.23 gl/h y precio del combustible 18.00 Soles/h

$$Cc = 6.23 \left(\frac{gl}{h} \right) * 18.00 \left(\frac{soles}{gl} \right) = 112.14 \left(\frac{Soles}{h} \right) \quad (18)$$

Dónde:

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Lubricantes.

De no estar registrado los gastos por lubricantes, para fines del presente documento, se considera que el consumo de lubricante (Cl) es el 4% del consumo de combustible (Cc).

Para el ejemplo, se tiene consumo de combustible 6.23 (gl/h).

Consumo de lubricante = 4% (Cc) = 0.04*6.23 (gl/h) = 0.25 (gl/h)

Consumo de lubricante 0.25 (gl/h) y precio del lubricante 48 soles/gl.

$$Cl = 4\%(Cc) * 48 \left(\frac{soles}{gl} \right) = 0.04 * 6.23 \left(\frac{gl}{h} \right) * 48 \left(\frac{Soles}{gl} \right) = 12.00 \left(\frac{Soles}{h} \right)$$

$$Cl = 12.00 \left(\frac{Soles}{h} \right) \quad (19)$$

Dónde:

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

Mano de obra.

El costo de la mano de obra (MO) se estima a partir de la remuneración que se le asigna al tractorista, se expresa en soles por hora.

Si el sueldo del tractorista es de 3600 Soles mensuales, es equivalente a 120 soles por día y equivalente a 15 Soles por hora, considerando meses de 30 días y jornadas laborales de 8 horas.

$$MO = 15 \left(\frac{\text{Soles}}{h} \right) \quad (20)$$

Dónde:

MO = Costo de la mano de obra del operador, en Soles por hora

Reparación y mantenimiento

Para el tractor agrícola

Estos gastos deben estar registrados, de no ser así, se estima de la siguiente manera:

La reparación y mantenimiento (RM), se considera que durante la vida útil de un tractor, los gastos en reparación y mantenimiento es el 120% del valor de adquisición.

Si la vida útil (VU) del tractor es de 10 años, o durante su vida útil ha trabajado 10,000 horas, se entiende que anualmente el tractor ha trabajado 1,000 horas.

Se tiene:

RMvu = 120%*(Va) para toda la vida útil (para 10 años) o para 10,000 horas

RMa = 12%*(Va) para un año o para 1,000 horas.

RMh = 1.2*(Va)/10000 en soles por hora.

RMh = 0.12*(Va)/1000 en soles por hora.

Dónde:

RMvu = Reparación y mantenimiento por toda la vida útil, en soles

RMa = Reparación y mantenimiento por un año, en soles por año

RMh = Reparación y mantenimiento por hora, en soles por hora

$$RM = \frac{12\%*Va}{1000} = \frac{0.12*Va}{1000} \quad (21)$$

Dónde:

RM = Costo de la reparación y mantenimiento, en Soles por hora

Va = Valor de adquisición, en Soles

Para el implemento agrícola

Estos gastos deben estar registrados, de no ser así, se estima de la siguiente manera:

La reparación y mantenimiento (RM), se considera que durante la vida útil de un implemento, los gastos en reparación y mantenimiento es el 120% del valor de adquisición.

Si la vida útil (VU) del implemento es de 20 años, o durante su vida útil ha trabajado 5,000 horas, se entiende que anualmente el tractor ha trabajado 250 horas.

Se tiene:

RMvu = 120%*(Va) para toda la vida útil (para 20 años) o para 5,000 horas

$RMa = 6\%*(Va)$ para un año o para 250 horas.

$RMh = 0.06*(Va)/250$ en soles por hora.

Dónde:

$RMvu$ = Reparación y mantenimiento por toda la vida útil, en soles

RMa = Reparación y mantenimiento por un año, en soles por año

RMh = Reparación y mantenimiento por hora, en soles por hora

$$RM = \frac{6\%*Va}{250} = \frac{0.06*Va}{250} \quad (22)$$

Dónde:

RM = Costo de la reparación y mantenimiento, en Soles por hora

Va = Valor de adquisición, en Soles

Costos variables de operación para el tractor agrícola.

Haciendo uso de las igualdades de las ecuaciones (18), (19), (20) y (21), los costos variables de operación del tractor, se estiman de acuerdo a la siguiente expresión matemática.

$$CVO = Cc + Cl + MO + RM$$

$$CVO = 112.14 \frac{\text{Soles}}{h} + 12 \frac{\text{Soles}}{h} + 15 \frac{\text{Soles}}{h} + (\%RM) * Va \frac{\text{soles}}{h}$$

Si el valor de adquisición es de 120,000 Soles, la vida útil es 10 años y el tiempo de trabajo anual es 1000 horas, la ecuación (21), se cuantifica en 14.4 Soles/h

Por lo tanto:

$$CVoh = 112.14 \frac{\text{Soles}}{h} + 12 \frac{\text{Soles}}{h} + 15 \frac{\text{Soles}}{h} + 14.4 \frac{\text{soles}}{h}$$

$$CVO = 153.54 \frac{\text{Soles}}{h}$$

Los valores que toma cada uno de los componentes de los costos variables de operación del tractor, depende de varias consideraciones como: el valor de adquisición del tractor, el consumo de combustible, el consumo de lubricante, el costo de la mano de obra y los costos de reparación y mantenimiento que, indudablemente son muy variables, los costos variables se cuantifican en Soles por hora.

Costos variables de operación para el implemento agrícola.

Haciendo uso de las igualdades de las ecuaciones (18), (19), (20) y (22), los costos variables de operación del implemento, se estiman de acuerdo a la siguiente expresión matemática.

Para los implementos agrícolas, los costos de combustible, lubricante y la mano de obra del operador, son nulos y toman el valor de CERO

$$CVO = Cc + Cl + MO + RM$$

$$CVO = 0 \frac{\text{Soles}}{h} + 0 \frac{\text{Soles}}{h} + 0 \frac{\text{Soles}}{h} + (\%RM) * Va \frac{\text{soles}}{h}$$

Si el valor de adquisición es de 30,000 Soles, la vida útil es 20 años y el tiempo de trabajo anual es 250 horas, la ecuación (22), se cuantifica en 7.20 Soles/hora

Por lo tanto:

$$CVoh = 0 \frac{\text{Soles}}{h} + 0 \frac{\text{Soles}}{h} + 0 \frac{\text{Soles}}{h} + 7.20 \frac{\text{soles}}{h}$$

$$CVO = 7.20 \frac{\text{Soles}}{h}$$

Los valores que toma cada uno de los componentes de los costos variables de operación del implemento, depende de varias consideraciones como: el valor de adquisición del implemento, el consumo de combustible, el consumo de lubricante, el costo de la mano de obra y los costos de reparación y mantenimiento que, indudablemente son muy variables, los costos variables se cuantifican en Soles por hora.

5.5.5.3. Costos de operación total

El costo de operación es la suma de los costos de operación del tractor más los costos de operación del implemento, los costos de operación se expresan en soles por hora.

En general, el costo de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la sumatoria de los costos fijos y costos variables del tractor y del implemento y matemáticamente se define con la siguiente función.

$$CO = CFO + CVO \quad (23)$$

Dónde:

CO = Costos de operación en Soles/año

CFO = Costos fijo de operación, en Soles/año

CVO = Costos variable de operación, en Soles/año

Para el tractor:

Costo fijo de operación del tractor = 19.80 Soles/hora

Costo variable de operación del tractor = 153.54 Soles/hora

Costo de operación del tractor = 173.34 Soles/hora

Para el implemento (arado o rastra)

Costo fijo de operación del implemento = 14.40 Soles/hora

Costo variable de operación del implemento = 7.20 Soles/hora

Costo de operación = 21.60 Soles/hora

Costo de operación

Costo de operación del tractor = 173.34 Soles/hora

Costo de operación del implemento = 21.60 Soles/hora

Costo de operación de la labor agrícola = 194.94 Soles/hora

En síntesis, para los costos de operación de la labranza convencional, en las siguientes tablas se presenta un resumen, considera los costos fijos y los costos variables del tractor y los implementos agrícolas y consigna la información para la labranza primaria o primera aradura y la labranza secundaria o segunda aradura y los costos de operación de la labranza convencional. Todos los costos están en Soles por hora.

Costo de operación de la primera aradura o labranza primaria			
Descripción del costo	Costo del tractor en Soles por hora	Costo de arado en Soles por hora	Costo de la primera aradura en Soles por hora
Costo Fijo	19.80	14.40	34.20
Costo variable	153.54	7.20	160.74
Costo de operación	173.34	21.60	194.94

Costo de operación de la segunda aradura o labranza secundaria			
Descripción del costo	Costo de la rastra en Soles por hora	Costo de la rastra en Soles por hora	Costo de la primera aradura en Soles por hora
Costo Fijo	19.80	14.40	34.20
Costo variable	153.54	7.20	160.74
Costo de operación	173.34	21.60	194.94

Costo de operación de la labranza convencional			
Descripción del costo	Costo de la primera aradura en Soles por hora	Costo de la segunda aradura en Soles por hora	Costo de la labranza convencional en Soles por hora
Costo Fijo	34.20	34.20	68.40
Costo variable	160.74	160.74	321.48
Costo de operación	194.94	194.94	389.88

En el caso de los costos variables de operación (CVO), se entiende que siempre será posible cuantificar un costo variable de operación medio o costo variable medio, en Soles por hora (CVM) que, multiplicado por el tiempo de uso anual de máquinas e implementos agrícolas, permita cuantificar el costo variable de operación (CVO), de modo que:

$$CVO = CVM * T$$

Dónde:

CVO = Costo variable de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora

T = Tiempo de uso, en horas por año

El costo variable, en Soles por hora, es el costo medio variable, en Soles por hora; por lo tanto:

$$CVO = CMV$$

De modo que la ecuación (23), se transforma en

$$CO = CFO + CVM * T \quad (24)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora

T = Tiempo de uso anual, en Horas por año

5.5.6. La agricultura en la provincia de Huaylas

La provincia de Huaylas, forma parte del ámbito geográfico, conocido como el Callejón de Huaylas, que forma parte de la cuenca media y alta del Río Santa que vierte sus aguas al Océano Pacífico. La provincia de Huaylas, limita al norte con la provincia de Corongo, al este con las provincias de Sihuas y Pomabamba, al sur con la provincia de Yungay y al oeste con la provincia del Santa. Políticamente está integrada por diez distritos, todos ellos, con vocación agrícola, a continuación, se presenta y analiza la información de dos fuentes secundarias y una fuente primaria, con el propósito de hacer una evaluación sobre la calidad de la información y adoptar una de ellas para la investigación.

La primera fuente de información secundaria, corresponde a los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas del año 2004 (ENAPROVE), fue ejecutada y procesada por la Dirección General de Información Agraria (DGIA), del Ministerio de Agricultura y Riego (MINGRI), elaborada sobre la base de imágenes captadas por satélites artificiales para la investigación de recursos naturales, el sistema seleccionado fue el LANDSAT con el sensor remoto ENHANCED, THEMATIC, MAPPER, PLUS ETM+ con ocho bandas que capta el espectro electromagnético desde la parte visible al infrarrojo termal. (Ministerio de Agricultura, 2004)

La segunda fuente de información secundaria, corresponde a los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (CENAGRO), ejecutada y procesada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, elaborada sobre la base de encuestas presenciales face to face y analizadas con Software Especializado, los resultados son oficiales que pueden ser utilizados con fines de planificación y/o investigación, sobre la precisión de la información;

es necesario señalar, que su utilización sea contrastada con otras fuentes de información, con el propósito de emitir juicios de valor sobre la precisión de las cifras.

La Información primaria, corresponde a la generada por el autor de la tesis, se sustenta en información cartográfica existente, el uso de herramientas tecnológicas de última generación y el análisis de información cartográfica existente a nivel distrital, la información ha sido analizada a fines del año 2022 e inicios del año 2023, lo cual le da significación a la información por su actualidad y comparada con la información generada por el ENAPROVE, muestra valores muy similares con pequeñas diferencias, por el nivel tecnológico utilizado para generar información primaria, para fines de la investigación, se utiliza la información primaria generada por la investigación.

En la tabla 1, se presenta la información de la superficie total, desagregada en superficie agrícola y no agrícola, la superficie esta expresada en hectáreas (Has), a nivel distrital y provincial.

Tabla 1: Superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huaylas

Distrito	Superficie en Has		
	Agrícola	No agrícola	Total
Caraz	6438.62	18068.13	24506.75
Huallanca	1210.61	18283.68	19494.29
Huata	2219.04	4756.74	6975.78
Huaylas	1826.76	3614.51	5441.27
Mato	2931.41	7711.49	10642.9
Pamparomas	7759.82	42306.97	50066.79
Pueblo Libre	4648.71	8122.66	12771.37
Santa Cruz	3456.37	32355.84	35812.21
Santo Toribio	2267.54	6190.92	8458.46
Yuracmarca	1378.45	53284.33	54662.78
Total, provincial	34137.33	194695.27	228832.60

Fuente secundaria: Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas - ENAPROVE 2004

Se observa en la tabla, que la superficie total de la provincia de Huaylas es de 228,832.60 Has, de ellas 34,137.33 Has (14.92) es superficie agrícola y 194,695.27 Has (85.08%) es superficie no agrícola.

La misma fuente de información reporta, que la superficie total del departamento de Ancash es de 2,598.215.66 Has, de ellas 386,745.90 Has (14.88%) es superficie agrícola y 2,211,469.76 Has (85.12%) es superficie no agrícola.

En la tabla 2, se presenta la información de la superficie agropecuaria total, desagregada en superficie agrícola y pecuaria, la superficie esta expresada en hectáreas (Has), a nivel distrital y provincial.

Tabla 2: Superficie agropecuaria, agrícola y pecuaria en Has, por distritos de la provincia de Huaylas

Distrito	Superficie agropecuaria en Has		
	Agrícola	Pecuaria	Total
Caraz	6438.62	3810.43	10249.05
Huallanca	1210.61	7671.54	8882.15
Huata	2219.04	1407.61	3626.65
Huaylas	1826.76	1776.60	3603.36
Mato	2931.41	2562.55	5493.96
Pamparomas	7759.82	21393.51	29153.33
Pueblo Libre	4648.71	5613.73	10262.44
Santa Cruz	3456.37	1565.89	5022.26
Santo Toribio	2267.54	2039.03	4306.57
Yuracmarca	1378.45	6638.06	8016.51
Total provincial	34137.33	54478.95	88616.28

Fuente secundaria: Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas - ENAPROVE 2004

Se observa en la tabla, que la superficie agropecuaria total de la provincia de Huaylas es de 88,616.28 Has, de ellas 34,137.33 Has (38.53%) es superficie agrícola y 54,478.95 Has (61.48%) es superficie pecuaria.

En la tabla 3, se presenta la información de la superficie total, desagregada en superficie agrícola y no agrícola, información generada por dos fuentes secundarias ENAPROVE 2004 y CENAGRO 2012 y por la fuente de información primaria generada por el investigador.

Entre las fuentes de información secundaria, se observa que hay información muy diferenciada, por ejemplo, para la superficie total, ENAPROVE reporta 228,832.60 Has y el CENAGRO 2012 reporta 107,611.49 Has, información que muestra una diferencia de 121,221.11 Has, poniendo en evidencia una fuerte inconsistencia.

La información generada por ENAPROVE 2004, para la superficie total reporta 228,832.60 Has y la fuente de información primaria generada por el investigador reporta 229,027.79 Has, información que muestra una diferencia de 195.19 Has, cifra que representa el 0.0853% de la superficie declarada por ENAPROVE, poniendo en evidencia consistencia en la información.

Tabla 3: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, según fuentes de información primaria y secundaria, por distritos de la provincia de Huaylas

Distrito	Superficie en Has, según fuentes de información								
	Información secundaria						Información primaria		
	ENAPROVE 2004			CENAGRO 2012			TESISTA 2022		
	Agrícola	No agrícola	Total	Agrícola	No agrícola	Total	Agrícola	No agrícola	Total
Caraz	6438.62	18068.13	24506.75	2751.91	3303.41	6055.32	7237.62	17177.32	24414.94
Huallanca	1210.61	18283.68	19494.29	852.64	12819.62	13672.26	1213.46	18325.29	19538.75
Huata	2219.04	4756.74	6975.78	1631.83	1002.02	2633.85	1759.66	5196.05	6955.71
Huaylas	1826.76	3614.51	5441.27	897.71	3018.99	3916.70	1829.06	3580.42	5409.48
Mato	2931.41	7711.49	10642.90	899.70	4924.46	5824.16	2574.17	8026.79	10600.96
Pampa romas	7759.82	42306.97	50066.79	3037.08	22925.19	25962.27	7474.44	42626.50	50100.94
Pueblo Libre	4648.71	8122.66	12771.37	2543.83	6566.11	9109.94	4310.28	8431.78	12742.06
Santa Cruz	3456.37	32355.84	35812.21	2935.17	3038.11	5973.28	3961.71	32030.42	35992.13
Santo Toribio	2267.54	6190.92	8458.46	1431.53	3740.61	5172.14	1788.68	6665.72	8454.40
Yuracmarca	1378.45	53284.33	54662.78	950.42	28341.15	29291.57	909.90	53908.52	54818.42
Total, provincial	34137.33	194695.27	228832.60	17931.82	89679.67	107611.49	33058.98	195968.81	229027.79

Fuente secundaria: Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas - ENAPROVE 2004

Fuente secundaria: Censo Nacional Agropecuario - CENAGTO 2012

Fuente primaria: Generada por el tesista

Considerando que la fuente de información generada por el investigador es parte de la investigación y que es información actualizada y trabajada distrito por distrito con tecnología mucho más avanzadas que la de ENAPROVE, para la investigación, se toma la determinación de utilizar la información primaria generada por el investigador.

Tabla 4: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huaylas

Distrito	Superficie en Has		
	Agrícola	No agrícola	Total
Caraz	7237.62	17177.32	24414.94
Huallanca	1213.46	18325.29	19538.75
Huata	1759.66	5196.05	6955.71
Huaylas	1829.06	3580.42	5409.48
Mato	2574.17	8026.79	10600.96
Pamparomas	7474.44	42626.5	50100.94
Pueblo Libre	4310.28	8431.78	12742.06
Santa Ceuz	3961.71	32030.42	35992.13
Santo Toribio	1788.68	6665.72	8454.4
Yuracmarca	909.9	53908.52	54818.42
Total, provincial	33058.98	195968.81	229027.79

Fuente primaria: Generada por el tesista

En el cuadro se muestra que, la provincia de Huaylas tiene una superficie total de 229,027.79 Has, de ellas corresponde 33,058.98 Has (14.43%) de superficie agrícola y 195,968.81 Has (85.57%) de superficie no agrícola.

Con el propósito de cuantificar la superficie agrícola que potencialmente puede utilizar maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas en el procesos de producción agrícola, la superficie agrícola de la provincia de Huaylas ha sido desagregada en áreas agrícolas con pendientes menores al 20% y áreas agrícolas con pendientes mayores al 20%, las áreas agrícolas con pendientes menores al 20% son consideradas como áreas potenciales donde es posible el uso de maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas y las áreas agrícolas con pendientes mayores al 20% no son consideradas como áreas agrícolas en las que se puede hacer uso de maquinaria agrícola, la información se presenta en la tabla 5.

Tabla 5: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%

Distrito	Superficie Agrícola en Has		
	Agrícola	Pendiente = o < a 20%	Pendiente > a 20%
Caraz	7237.62	2705.28	4532.34
Huallanca	1213.46	127.49	1085.97
Huata	1759.66	424.49	1335.17
Huaylas	1829.07	480.14	1348.93
Mato	2574.17	551.89	2022.28

Pamparomas	7474.44	313.05	7161.39
Pueblo Libre	4310.27	1188.27	3122
Santa Cruz	3961.7	1243.07	2718.63
Santo Toribio	1788.68	434.72	1353.96
Yuramarca	909.9	167.14	742.76
Total, provincial	33058.97	7635.54	25423.43

Fuente primaria: Generada por el tesista

De las 33,058.97 Has de superficie agrícola que tiene la provincia de Huaylas, 7,635.54 Has que representa el 23.10%, son áreas agrícolas que tienen pendientes menores a 20%; por lo tanto, son áreas agrícolas en las que es posible el uso de maquinaria agrícola para la ejecución de labores agrícolas mecanizadas y 25,423.43 Has que representa el 76.90%, son áreas agrícolas que tienen pendientes mayores a 20%; por lo tanto, son áreas agrícolas en las que no es posible el uso de maquinaria agrícola para la ejecución de labores agrícolas mecanizadas.

En la misma tabla, se presenta los resultados para cada uno de los distritos, esta información es fundamental para determinar el ancho óptimo de trabajo y los requerimientos de potencia óptima para la labranza convencional que, comprende la primera aradura para lo que se propone el uso de arado de discos y para la segunda aradura se propone la rastra de discos.

La información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012), del IV Censo Nacional Agropecuario, reporta la información correspondiente a los cultivos de la provincia de Huaylas, reporta la información 83 cultivos transitorios, de ellos sólo ocho cultivos ocupan más del 95% de las áreas agrícolas de la provincia, estos cultivos son de interés para fines del presente estudio. En las tablas 6 y 7, se presenta la información referida.

Tabla 6: Cultivos por superficie, en hectáreas por distritos de la provincia de Huaylas

Item	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas, en Has	Cifras relativas, en %	
			Simple	Acumuladas
1	Maíz	5723.08	33.32%	33.32%
2	Papa	3602.96	20.98%	54.30%
3	Arveja	2538.08	14.78%	69.08%
4	Maíz amarillo duro	2313.14	13.47%	82.54%
5	Trigo	1664.87	9.69%	92.24%
6	Frijol	260.06	1.51%	93.75%
7	Cebada forrajera	171.65	1.00%	94.75%

8	Olluco	134.91	0.79%	95.54%
9	Oca	115.37	0.67%	96.21%
10	Tarhui	85.15	0.50%	96.70%
11	Clavel	76.33	0.44%	97.15%
12	Haba	64.79	0.38%	97.53%
13	Kiwicha	44.72	0.26%	97.79%
14	Monte casino	34.4	0.20%	97.99%
15	Pepino fruta	34.09	0.20%	98.19%
16	Ho lan tao	31.21	0.18%	98.37%
17	Camote	29.53	0.17%	98.54%
18	Vainita	26.37	0.15%	98.69%
19	Zapallo	23.79	0.14%	98.83%
20	Gypsophila	20.46	0.12%	98.95%
21	Hipérico	18.49	0.11%	99.06%
22	Vergel hortícola	18.1	0.11%	99.16%
23	Yuca	16.39	0.10%	99.26%
24	Flores varias	15.91	0.09%	99.35%
25	Linaza	12.25	0.07%	99.42%
26	Tomate	12.09	0.07%	99.49%
27	Liares	10.75	0.06%	99.56%
28	Ajo	8.15	0.05%	99.60%
29	Cebolla	7.34	0.04%	99.65%
30	Zanahoria	6.48	0.04%	99.68%
31	Achilea	5.44	0.03%	99.72%
32	Delfinio	5.05	0.03%	99.74%
33	Avena	4.56	0.03%	99.77%
34	Maní para fruta	4.46	0.03%	99.80%
35	Quinua	4.46	0.03%	99.82%
36	Áster	3.28	0.02%	99.84%
37	Col	3.17	0.02%	99.86%
38	Crisantemo	2.69	0.02%	99.88%
39	Alcachofa	2.3	0.01%	99.89%
40	Alstroemeria	2.07	0.01%	99.90%
41	Statice	1.76	0.01%	99.91%
42	Gladiolo	1.75	0.01%	99.92%
43	Cebolla china	1.7	0.01%	99.93%
44	Lechuga	1.48	0.01%	99.94%
45	Hortensia	1.4	0.01%	99.95%
46	Girasol de flor	1.13	0.01%	99.96%
47	Lenteja	1	0.01%	99.96%
48	Calabaza	0.7	0.00%	99.97%
49	Cártamo	0.65	0.00%	99.97%
50	Ruda	0.65	0.00%	99.97%
51	Godethia	0.49	0.00%	99.98%
52	Clavelina	0.45	0.00%	99.98%

53	Margarita vara	0.42	0.00%	99.98%
54	Margarita days	0.32	0.00%	99.98%
55	Maní para aceite	0.3	0.00%	99.98%
56	Nuña	0.3	0.00%	99.99%
57	Centeno grano	0.25	0.00%	99.99%
58	Granadilla	0.25	0.00%	99.99%
59	Iperium	0.2	0.00%	99.99%
60	Rocoto	0.2	0.00%	99.99%
61	Ají	0.15	0.00%	99.99%
62	Mashua	0.13	0.00%	99.99%
63	Fresa	0.11	0.00%	99.99%
64	Lirio	0.11	0.00%	99.99%
65	Yacos	0.11	0.00%	100.00%
66	Arracacha	0.1	0.00%	100.00%
67	Begonia	0.1	0.00%	100.00%
68	Girasol forrajero	0.08	0.00%	100.00%
69	Petunia	0.08	0.00%	100.00%
70	Ammymajus	0.06	0.00%	100.00%
71	Betarraga	0.06	0.00%	100.00%
72	Coliflor	0.06	0.00%	100.00%
73	Papelillo	0.06	0.00%	100.00%
74	Amiviscanya	0.05	0.00%	100.00%
75	Dalia	0.05	0.00%	100.00%
76	Sorgo forrajero	0.05	0.00%	100.00%
77	Azucena	0.02	0.00%	100.00%
78	Espinaca	0.02	0.00%	100.00%
79	Piña	0.02	0.00%	100.00%
80	Acelga	0	0.00%	100.00%
81	Apio	0	0.00%	100.00%
82	Rábano	0	0.00%	100.00%
83	TOTAL	17175.21	100.00%	

FUENTE: INEI - IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2012.

Según el Censo Nacional Agropecuario del año 2012, la provincia de Huaylas tiene 83 cultivos transitorios que, ocupan 17,175.21 Has.

Tabla 7: Cultivos que cubren el 89% de la superficie agrícola en la provincia de Huaylas.

Item	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas, en Has	Cifras relativas, en %	
			Simples	Acumuladas
1	Maíz	5723.08	33.32%	33.32%
2	Papa	3602.96	20.98%	54.30%
3	Arveja	2538.08	14.78%	69.08%
4	Maíz amarillo duro	2313.14	13.47%	82.54%
5	Trigo	1664.87	9.69%	92.24%

6	Frijol	260.06	1.51%	93.75%
7	Cebada forrajera	171.65	1.00%	94.75%
8	Olluco	134.91	0.79%	95.54%
Superficie cultivada		16408.75	95.54%	

La tabla 7, muestra que los primeros ocho cultivos ocupan 16,408.75 Has, que representa el 95.54% y los 75 cultivos restantes ocupan 766.46 Has, que representa el 4.46% de la superficie agrícola de la provincia de Huaylas.

Con el propósito de que el 100% de la superficie agrícola de pendientes igual o menor al 20%, sea integrado al análisis pertinente de la investigación, la diferencia de 766.46 Has, será distribuido proporcionalmente entre los primeros ocho cultivos y se obtendrá los resultados que se presenta en la tabla 8.

Tabla 8: Superficie agrícola con cobertura al 97.91% y corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huaylas

Item	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas, al 95.54%	Reparto proporcional de 766.46 Ha	Cifras absolutas, al 100%
1	Maíz	5723.08	267.32	5990.40
2	Papa	3602.96	168.30	3771.26
3	Arveja	2538.08	118.55	2656.63
4	Maíz amarillo duro	2313.14	108.05	2421.19
5	Trigo	1664.87	77.77	1742.64
6	Frijol	260.06	12.15	272.21
7	Cebada forrajera	171.65	8.02	179.67
8	Olluco	134.91	6.30	141.21
TOTAL		16408.75	766.46	17175.21

FUENTE: INEI - IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2012.

En la tabla 9, se presenta la información de los ocho cultivos de mayor cobertura en la provincia de Huaylas, con estas cifras ya corregidas se ha cuantificado la cobertura de cultivos en la provincia de Huaylas, las cifras relativas de esta tabla, será utilizada para la distribución de las áreas agrícolas que potencialmente podrían hacer uso de máquinas agrícolas para las operaciones agrícolas mecanizadas.

Tabla 9: Superficie agrícola con cobertura corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huaylas

Item	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas	Cifras relativas	
			Simple	Acumuladas
1	Maiz	5990.4	34.88%	34.88%
2	Papa	3771.26	21.96%	56.84%
3	Arveja	2656.63	15.47%	72.30%
4	Maiz amarillo duro	2421.19	14.10%	86.40%
5	Trigo	1742.64	10.15%	96.55%
6	Frijol	272.21	1.58%	98.13%
7	Cebada forrajera	179.67	1.05%	99.18%
8	Olluco	141.21	0.82%	100.00%
TOTAL		17175.21	100.00%	

FUENTE: INEI - IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2012.

En la tabla 10, se presenta la información relacionada a la superficie agrícola que, potencialmente podrían hacer uso de máquinas agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, la información ha sido desagregada por cultivos, estas áreas serán utilizadas para estimar el ancho óptimo de trabajo para la selección de implementos agrícolas y estimar la potencia óptima para la selección de tractores agrícolas o unidades mecánicas autopropulsadas.

Tabla 10: Superficie agrícola por cultivos que, potencialmente podrían utilizar máquinas agrícolas para la ejecución de labores agrícolas, en la provincia de Huaylas

Item	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas	Cifras relativas	
			Simple	Acumuladas
1	Maíz	3357.35	43.97%	43.97%
2	Papa	2478.50	32.46%	76.43%
3	Arveja	510.82	6.69%	83.12%
4	Maíz amarillo duro	348.94	4.57%	87.69%
5	Trigo	266.48	3.49%	91.18%
6	Frijol	253.50	3.32%	94.51%
7	Cebada forrajera	155.00	2.03%	96.54%
8	Olluco	133.62	1.75%	98.29%
Superficie cultivada		7635.54	100.00%	

Fuente: INEI - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

La información de superficie por cultivos, ha sido generada con las cifras relativas determinadas en la tabla 9; por lo tanto, las 7,635.54 Has que potencialmente pueden hacer

uso de máquinas e implementos agrícolas en la provincia de Huaylas, ha sido distribuidas por cultivos de acuerdo a las cifras relativas de la tabla 9.

5.5.7. Fundamentación teórica de la metodología

En la actualidad, los agricultores de los países en desarrollo invierten más en insumos de energía agrícola que en fertilizantes, semillas o sustancias agroquímicas. González et al. (2009b), refieren que la producción agrícola depende en gran medida del consumo de energía, específicamente en las labores agrícolas como es el caso de la preparación de suelo. Rodríguez et al. (2007), consideran que el índice que más ampliamente refleja el grado de perfección técnica, las condiciones de trabajo y el nivel de utilización del conjunto son los gastos directos de explotación por unidad de tiempo, de trabajo o de producción. Varias investigaciones han establecido que el costo energético por concepto de combustible y máquina representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (FAO, 19901; Fluck, 1992; Hetz y Barrios, 1997) (Pereira, Pérez, Marín y González , 2015).

Efectivamente, uno de los componentes de los costos de producción agrícola, en general es el uso de energía mecánica para la producción agrícola, se estima que este componente referente al uso de máquinas e implementos agrícolas, para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, alcanza valores del 30% de la estructura de costos totales de producción agrícola, de ahí la importancia de darle un tratamiento especial a los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas.

La investigación desarrollada se sustenta en el marco teórico metodológico que sustenta estimar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, al respecto muchos autores han desarrollado la metodología para el cálculo de costos, con fines de investigación, tomamos los conceptos y la metodología desarrollada por Hunt, Ortiz Cañavate, Claramonte, entre otros, que se presenta a continuación:

En esta orden de ideas, (Claramonte, 2020), al desarrollar el tema de los costos de operación de maquinaria agrícola, considera que: Es posible estimar costos de operación de máquinas agrícolas, antes de ser utilizadas, los costos verdaderos se conocerán al ser utilizadas las máquinas y recomienda que los costos se sustenten en entrevistas a técnicos operadores de maquinaria agrícola, lo cierto es que los costos de maquinaria agrícola no están pertinentemente definidas, deficiencias originadas por la cantidad de reparaciones que tiene las máquinas, la obsolescencia o la diversidad de actividades que se ejecutan en la

agricultura; por lo tanto, solo es posible estimar costos aproximados, sustentados en métodos y cálculos bibliográficos.

El método que se propone para el cálculo de los costes de maquinaria agrícola, es el de la amortización lineal propuesto por la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) y que se detalla en las publicaciones ASAE (2014, 2015), debido a su sencillez y suficiente precisión.

Los datos técnicos sobre la maquinaria agrícola; tales como potencia (kW), horas de uso anual (h), vida máxima en años (N), vida máxima en horas (H) y valor de adquisición (Va), se obtienen de la información que proporcionan las casas comerciales, datos propios y, en caso de no disponer de ninguno de ellos, estimaciones a partir de los valores orientativos proporcionados por ASAE.

La estimación de las horas de uso, se sustenta en la capacidad real de trabajo de las máquinas en determinadas labores, en la que se consideran la velocidad de trabajo expresada en km/hr, el ancho de trabajo del implemento expresada en m, la eficiencia de trabajo o eficiencia de campo, expresada en porcentaje, resultado de la relación que se establece entre el tiempo realmente utilizado en ejecutar una determinada labor y el tiempos total asignado para su ejecución; es decir, considera los tiempos perdidos, en la tabla 11, se presenta algunos tiempos de uso de maquinaria agrícola utilizada en España.

Tabla 11: Vida máxima de las máquinas agrícolas en horas

Máquina	Vida máxima (H)
Tractor 4 RM y motores estacionarios	16000
Fresadora	1500
Pulverizador hidroneumático	2000
Remolque	3000
Rastrillo - hileradora	3000
Abonadora	1200
Segadora rotativa	2000

Fuente: ASAE D497.7

La amortización puede considerarse un costo fijo anual si la máquina se usa en menor medida y un coste variable si el desgaste es mayor que la obsolescencia (Rodríguez, 2004). Se ha procedido a desglosar este apartado de los costes fijos y variables que se presentan en los apartados siguientes.

Para el cálculo de la amortización se utiliza el método lineal, lo que implica que el valor de la máquina disminuye con el paso del tiempo por obsolescencia o por uso. La máquina se cambiará por obsolescencia o por uso cuando se amortice por una de las dos razones. El

valor residual (Vr) se calcula en función del valor de adquisición (Va), el número de horas de uso anual (h) de la máquina y la vida en años (n), mediante la Ecuación 1 y los coeficientes que aparecen en la Tabla 12.

$$V_r = V_a * (c_1 - c_2 * (n)^{1/2} - c_3 * (h)^{1/2})$$

Tabla 12: Coeficientes de valor residual de las máquinas agrícolas, conocida la vida en años y horas

Máquina	c1	c2	c3
Tractor de 60 a 112 Kw	0.942	0.1	0.0008
Elevadores en equipos de recolección	0.791	0.091	
Abonadoras	0.943	0.111	
Segadoras	0.756	0.067	

Fuente: ASAE D 497.7

Con estos coeficientes, se podrá estimar el valor residual del tractor, el elevador, al considerarlo un equipo de recolección, del micro granulador, al asemejarse a un estercolador o un abonador y de la pre podadora y despuntadora al asemejarse a la segadora. En el resto de aperos, se asume un valor residual equivalente al 10-20% del valor de adquisición (Rodríguez, 2004). Al ser el objetivo una mecanización muy elevada, el uso y desgaste de los aperos será elevado, por lo que se decide establecer el valor residual como el 10% del valor de adquisición.

Bajo las mismas consideraciones (Hunt, 1987), en torno a la selección de equipos, desarrolla una metodología teórica, sustentada en los costos de operación de maquinaria agrícola, al respecto el autor considera que: entre la demanda y la oferta de máquinas e implementos agrícolas, se establece una relación cíclica, desde las necesidades de los agricultores y la producción de máquinas y equipos por parte de los fabricantes; es decir, que los fabricantes solo producirán máquinas e implementos agrícolas, requeridas por los agricultores, un equilibrio entre la demanda de los agricultores y la oferta de máquinas y equipos agrícolas por parte de los fabricantes, generará bienestar para los involucrados en el proceso de producción agrícola.

La selección de equipos agrícolas es una tarea compleja que debe responder a características propias de cada una de las unidades productivas, la diversidad de tamaños de las unidades productivas, las características propias de cada una de las unidades productivas, la disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada, imponen condiciones especiales que deben ser atendidas para una selección adecuada de equipos agrícolas. La agricultura es una actividad estacional; por lo tanto, existirá periodos cortos donde la demanda de máquinas

e implementos agrícolas es muy alta y habrá periodos en la que la demanda será nula. La mayor cantidad de implementos agrícolas son accionadas por la misma unidad operativa que genera fuerza y potencia, que es el tractor y finalmente debemos señalar también las limitaciones de tiempo disponible que caracterizan a las actividades agrícolas; por lo tanto, se debe tener en cuenta la oportunidad en las que se ejecutaran las actividades propias de la producción agrícola.

Por lo tanto, una adecuada selección de máquinas e implementos agrícolas debe responder a un ajuste adecuado entre el rendimiento de operación del implemento, la disponibilidad de potencia, la mano de obra calificada y no calificada, la oportunidad para la ejecución de actividades agrícolas y los costos que permitan obtener rendimientos económicos para los agricultores.

Tanto la selección de máquinas que, atiende la demanda del tamaño de implementos agrícolas como la selección de la potencia que, atiende la demanda de potencia de los tractores agrícolas, se sustenta en la metodología del cálculo de costos de operación de maquinaria agrícola, sustentada con metodologías desarrolladas para determinar los costos fijos y los costos variables, temas que han sido desarrolladas al detalle en el marco teórico de la investigación; sin embargo, a continuación se presente las funciones matemáticas utilizadas, para estimar la selección de máquinas y la selección de la potencia.

5.6. Definición de términos

5.6.1. Dimensionar un parque de maquinaria agrícola.

Cuantificar el número de implementos agrícolas y el número de tractores agrícolas, necesarios para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, maximizando la producción y minimizando los costos mínimos.

5.6.2. Ancho óptimo.

El ancho óptimo de trabajo de un implemento se define, como el ancho que permite lograr máximos rendimientos de producción a costos mínimos, se obtiene a partir de la ecuación genérica de los costos de operación de máquinas agrícolas.

5.6.3. Potencia óptima

La potencia óptima a la barra de tiro de los tractores agrícolas, como la potencia que permite lograr máximos rendimientos de producción a costos mínimos, se obtiene a partir de la ecuación genérica de los costos de operación de máquinas agrícolas.

5.6.4. Índice de mecanización

Es la intensidad del uso de energía mecánica en la agricultura, es un indicador de la cantidad de energía mecánica, expresada en unidades de potencia, por cada unidad de superficie, expresada en hectáreas, utiliza las unidades de Kw/Ha.

5.6.5. Labranza

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan sobre la capa arable del suelo, con el propósito de generar condiciones favorables en el suelo para la instalación, germinación, enraizamiento, crecimiento y desarrollo de las plantas.

5.6.6. Potencia disponible

Es la potencia que se miden en el eje toma de fuerza del tractor; por lo tanto, considera las pérdidas de potencia en el motor y el sistema de transmisión, se estima que esta potencia, representa el 80% de la potencia del motor.

5.6.7. Labranza primaria

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan sobre la capa arable del suelo, con el propósito de roturar y voltear el prisma de suelo cortado por el implemento, se utiliza arados de discos o vertederas, es la labor cultural que demanda mayor potencia para su ejecución.

5.6.8. Labranza secundaria

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan sobre la capa arable del suelo, después de la primera aradura, tiene el propósito de desmenuzar los terrones generados por la primera aradura y la nivelación de la superficie del suelo, se realiza con rastras de discos o de dientes.

En forma complementaria de ser necesario se hace uso de otros implementos como surcadoras o niveladoras.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materiales

La investigación por su naturaleza, se sustentó en el análisis de fuentes de información secundaria y primaria; entre ellos señalamos:

6.1.1. Fuente de información secundaria.

6.1.1.1. Censo Nacional Agropecuario del año 2012.

XII Censo Nacional de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Esta información permitió hacer un análisis y caracterización socio económica de la provincia de Huaylas, con énfasis, en el sector agrícola; en consecuencia, también fue necesario analizar:

6.1.1.2. El Plan de cultivos de la Dirección Regional de Agricultura.

El calendario Agrícola y los tiempos disponibles para la ejecución de las labores culturales.

Estudio de suelos semidetallado del Callejón de Huaylas.

El Estudio de Suelos del Callejón de Huaylas, desarrollado por la ONERN el año 1994, esta fuente de información permite determinar las áreas agrícolas en las que es posible el uso de máquinas agrícolas; con tal propósito, se estima que las áreas agrícolas con pendientes menores al 20% son adecuadas para ser trabajadas con maquinaria agrícola, esta información ha sido analizada a nivel distrital y permitió estimar el Índice de Mecanización.

Se ha utilizado un formato de registro de información, con el propósito de levantar un inventario de tractores e implementos agrícolas en la provincia de Huaylas y estimar la potencia disponible y determinar el número de implementos agrícolas que se utiliza en la labranza convencional: arados y rastras.

6.1.1.3. Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas del año 2004

La Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas del año 2004, fue ejecutada y analizada por la Dirección General de Información Agraria, del Ministerio de Agricultura y el año 2004, se publicó los resultados de la Construcción del Marco de Área para la región natural sierra, para el Departamento de Ancash, en ella se reporta entre otros aspectos, la superficie agropecuaria y la superficie agrícola, a nivel distrital, provincial y departamental,

es de interés de la investigación tomar como referencia los resultados consignados para la provincia de Huaylas y sus distritos.

6.1.2. Información primaria

La superficie agrícola que potencialmente puede hacer uso de maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, fue uno de los objetivos de la investigación, con este propósito se ha utilizado información cartográfica existente y técnicas de análisis e interpretación de datos cartográficos, a continuación, se muestra a detalle la ayuda memoria de la generación de información primaria para una correcta interpretación y entendimiento:

Fuentes de información Utilizada

Para la elaboración de los mapas temáticos y la determinación de las áreas agrícolas y no agrícolas; así como las áreas agrícolas con pendientes menores a 20% y mayores a esta, de la provincia de Huaylas, se hizo uso de la siguiente información:

6.1.2.1. Límites distritales, provinciales y Departamentales

Descargado en formato Shapefile a partir del geoportal del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

6.1.2.2. Redes Viales

Información actualizada en el año 2018 en formato Shapefile, descargada a partir de la página del Ministerio de Transportes (MTC)

6.1.2.3. Infraestructura Hidráulica

Información obtenida de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

6.1.2.4. Clasificación Climática

Información obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

6.1.2.5. Zonas de Vida

Información elaborada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y Ministerio del Ambiente (MINAM)

6.1.2.6. Ecosistemas

Información obtenida a partir del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) el cual pertenece al Ministerio del Ambiente (MINAM).

6.1.2.7. Cobertura Vegetal

Información obtenida del Ministerio del Ambiente (MINAM)

6.1.2.8. Hidrografía (Ríos y Lagunas)

Información obtenida de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

6.1.2.9. Pendientes

Fue elaborado en base al modelo digital de elevación (DEM) del satélite Alos Palsar con resolución espacial de 12.5, el cual fue descargado de la página oficial de Alaska Satellite Facility.

6.1.2.10. Geología

Información obtenida del INGEMMET que publica la nueva versión del Mapa Geológico del Perú a la escala 1:1'000,000, corrigiendo y actualizando la primera versión editada en el año 1999 que fue elaborada en base a los 501 cuadrángulos de la Carta Geológica Nacional realizados entre los años 1960 y 1999. En esta nueva versión 2016 se integra además el cartografiado geológico de los cuadrángulos revisados y actualizados entre los años 2000 y 2003 que pertenecen a la segunda edición de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100,000 y 1: 50,000.

6.1.2.11. Geomorfología

El Mapa Geomorfológico del Perú, se elaboró en el marco de los proyectos: GA24A - Mapas geomorfológicos por regiones. Etapa I: Regiones del norte del Perú del 2012; GA24A – Mapas Geomorfológicos y cambio climático del 2013; GA24B - Desarrollar mapas geomorfológicos de las regiones Moquegua, Tacna, Cusco, Madre de Dios y Puno del 2014, 2015 y 2016. Cuyos objetivos fueron de empalmar, estandarizar y actualizar las unidades geomorfológicas cartografiadas en los estudios de riesgos geológicos entre los años 2005 al 2015.

6.1.2.12. Imágenes satelitales RapidEye (2012)

Las imágenes RapidEye son procedentes de los sensores con el mismo nombre, los cuales operan comercialmente desde el año 2009. Con cinco satélites en órbita ubicados a 630 km de altitud y un ancho de barrido de 77 km, se capturan imágenes de color con cinco metros de resolución espacial y cinco bandas en el espectro electromagnético.

6.1.2.13. Imágenes satelitales Sentinel (2018)

Se trata de una misión constituida por una constelación de 2 satélites multiespectrales de órbita polar, para la monitorización de la Tierra. Proporciona imágenes, entre otras aplicaciones, para vegetación, suelo y agua, vías de navegación interior y zonas costeras. Sentinel-2 también puede proporcionar información para servicios de emergencia

Aplicación tecnológica y metodológica.

Los diversos mapas temáticos fueron elaborados en base a la información validada por las diferentes entidades tales como el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio de Transportes (MTC), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA),

La superficie agrícola está constituida por el conjunto de tierras que son dedicadas a la producción agrícola, incluyen las que poseen cultivos transitorios y permanentes, tierras en barbecho, y en descanso. Es así que, para la provincia de Huaylas, la superficie agrícola fue determinada con procesamiento de imágenes satelitales RapidEye (2012) y actualizada mediante interpretación de imágenes satelitales Sentinel (2018) obteniendo un total de 48864.33 hectáreas en toda la provincia. Esta información fue elaborada y publicada mediante Resolución Ministerial N.º 0230-2019-MINAGRI.

Para la determinación de las áreas agrícolas con pendientes menores a 20% y mayores a esta se realizó una superposición de información, entre la superficie agrícola y el mapa de pendientes, el cual dio como resultado un total de 7099.84 Ha de áreas agrícolas con pendientes menores a 20% y 41764.49 Ha de áreas agrícolas con pendientes iguales o mayores a 20%.

Herramientas tecnológicas utilizadas

- Software ArcGIS 10.8
- Software Excel
- Software Word

6.2. Metodología

6.2.1. Determinación de los costos de operación

La metodología utilizada, se sustenta en el análisis de los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas; en este contexto, los costos anuales de operación están integrado por los costos de posesión o costos fijos y los costos de uso o costos variables, la estimación de estos costos ha sido ampliamente analizada y responde a las operaciones financieras propias, las normas de tributación, los precios de los insumos y las leyes en materia laboral, que caracterizan el comportamiento de los costos de operación de maquinaria e implemento agrícola en cada país.

En general se tiene que:

$$CO = CFO + CVO \quad (25)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año.

CFO = Costo fijo de operación, en Soles por año.

CVO = Costo variable de operación, en Soles por año

Para la aplicación de la ecuación (25), como es de esperar, el Costo de Operación (CO) debe estar expresado en costos anuales; es decir en Soles por año. Los costos fijos de operación (CFO) están expresados en Soles por año; por lo tanto, los costos variables de operación (CVO) fueron expresados también en Soles por año; con este propósito, los costos variables de operación (CVO), fueron definidos como una función del costo variable medio (CVM) y el tiempo de uso (T) de las máquinas o implementos agrícolas en la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, expresadas en horas por año.

$$CVO = CVM * T$$

Dónde:

CVO = Costo variable de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora.

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año.

Es de entender que el costo variable medio (CVM), es el costo variable de operación, expresado en Soles por hora, de modo que:

$$CVM = ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va) \quad (26)$$

Dónde:

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora.

CVO = Costo variable de operación, en Soles por hora.

Cc = Costo por el consumo de combustible, en Soles por hora.

Cl = Costo por el consumo de lubricante, en Soles por hora.

CMO = Costo de la mano de obra del operador, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de Reparación y Mantenimiento, en porcentaje por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles.

La ecuación general para los costos de operación, quedó definida como:

Ecuación (25)

$$CO = CFO + CVO$$

Ecuación (16)

$$CFO = (\%CF) * Va$$

Ecuación (25)

$$CVO = CVM * T$$

Ecuación (26)

$$CVM = ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va)$$

Reemplazando las igualdades de las ecuaciones (16), (25) y (26), en la ecuación (25), se obtuvo:

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va) * T \quad (27)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles po hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

6.2.2. Determinación del tiempo de uso anual, de máquinas e implementos agrícolas

6.2.2.1. Determinación del tiempo de uso de los implementos agrícolas (Ti).

El tiempo de uso, en horas por año, de los implementos agrícolas fue definido a partir de la capacidad real de trabajo (Cr) de los implementos agrícolas, expresadas en Ha/h, esta capacidad real depende de ancho de trabajo del implemento, de la velocidad de trabajo y de la eficiencia de campo, bajo estas consideraciones la capacidad real de trabajo (CR), se cuantificó mediante la siguiente ecuación:

$$Cr = \frac{w * v * efc}{10} \quad (28)$$

Dónde:

Cr = Capacidad real de trabajo, en Ha por hora

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

v = Velocidad de trabajo, en Km por hora

Efc = Eficiencia de campo, en porcentaje

10 = Constante para el cambio de unidades

La superficie (A), en hectáreas, trabajada por cada implemento durante el año, es información conocida; por lo tanto, el cociente entre la superficie trabajada durante el año y la capacidad real de trabajo, permitió cuantificar el tiempo de uso del implemento.

$$Ti = \frac{A}{Cr} = \frac{A}{\frac{w * v * efc}{10}}$$

$$Ti = \frac{A}{Cr} = \frac{10 \cdot A}{w \cdot v \cdot efc} \quad (29)$$

Dónde:

Ti = Tiempo de uso del implemento, en horas por año

A = Superficie trabajada por el implemento, en Has por año

Cr = Capacidad real de trabajo del implemento, en Has por hora

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

efc = Eficiencia de campo, en porcentaje

v = Velocidad de trabajo, en Km por hora

10 = Constante para el cambio de unidades.

6.2.2.2. Determinación del tiempo de uso de los tractores (Tt)

En condiciones de campo, un tractor no solo trabaja con un implemento, puede desarrollar labores agrícolas mecanizadas con una diversidad de implementos agrícolas ejecutando trabajos de campo, puede dedicarse al transporte en general, accionar maquinas estacionarias utilizando el eje toma de fuerza, cada una de estas actividades tiene un procedimiento establecido para estimar el tiempo de uso por actividad que realiza el tractor en el campo.

Tiempo de actividades de campo (Tac)

Este tiempo está relacionado con la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, su evaluación depende de la superficie trabajada (A), expresadas en Ha por año, la energía utilizada (Ec), expresada en Kw por hora por Ha, la potencia (pw) en Kw y la constante r1, que relaciona la potencia de salida con la potencia al eje toma de fuerza.

$$Tac = A * \frac{Ha}{año} * Ec * \frac{Kw \cdot h}{Ha} * \frac{1}{r1 \cdot pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{A \cdot Ec}{r1 \cdot pw} \quad (30)$$

Dónde:

Tac = Tiempo de uso en actividades de campo, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

Ec = Energía utilizada, en Kw por hora por Ha

pw = Potencia unitaria, en Kw

r_1 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional

Tiempo de actividades de transporte (Tat)

El tiempo de uso en horas por año de esta actividad está relacionada con las actividades de transporte que realiza el tractor, por lo general, realiza el trabajo de remolcar carretas para la carga y descarga de semillas, agroquímicos y productos de la cosecha, depende de una constante del uso de energía, expresada en Kw por hora por Tn por Km, de la cantidad de producto transportado, expresado en Tn por año, una constante adimensional r_2 , que relaciona la potencia de salida, la potencia a la barra de tiro y la potencia unitaria (pw), expresada en Kw.

$$Tat = Qt * \frac{Tn}{año} * Et * \frac{Kw*h}{Tn*Km} * \frac{1}{r_2*pw} * \frac{1}{Kw} * D (Km) = \frac{Qt*Et*D}{r_2*pw} \quad (31)$$

Dónde:

Tat = Tiempo de uso en actividades de transporte, en horas por año

Qt = Cantidad de material transportado, en Tn por año

Et = Energía utilizada para el transporte, en Kw por hora por Tn por Km

D = Distancia de transporte, en Km

pw = Potencia unitaria, en Kw

r_2 = relación entre la potencia de salida y la potencia a la barra de tiro adimensional

Tiempo de actividades de procesamiento (Tap)

El tiempo de uso en horas por año de esta actividad está relacionada con las actividades de procesamiento que realiza el tractor, por lo general, realiza el trabajo de molienda de productos, con tal propósito hace uso de energía (G), expresada en Kw por hora por Tn, de la cantidad de producto Procesado, expresado en Tn por año, una constante adimensional r_3 , que relaciona la potencia de salida, la potencia al eje toma de fuerza, esta constante toma el valor de 1, y la potencia unitaria (pw), expresada en Kw.

$$Tap = Qp * \frac{Tn}{año} * Ep * \frac{Kw*h}{Tn} * \frac{1}{r_3*pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{Qp*Ep}{r_3*pw} \quad (32)$$

Dónde:

T_{ap} = Tiempo de uso en actividades de procesamiento, en horas por año

Q_p = Cantidad de producto procesado, en Tn por año

E_p = Energía utilizada para el procesamiento, en Kw por hora por Tn

p_w = Potencia unitaria, en Kw

r_3 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional y se estima que tiene el valor de 1

Finalmente, el tiempo de uso de los tractores (T_t), se estimó con:

$$T_t = T_{ac} + T_{at} + T_{ap}$$

$$T_t = \frac{A \cdot E_c}{r_1 \cdot p_w} + \frac{Q_t \cdot E_t \cdot D}{r_2 \cdot p_w} + \frac{Q_p \cdot E_p}{r_3 \cdot p_w} \quad (33)$$

Dónde:

T_t = Tiempo de uso del tractor, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

E_c = Energía utilizada en labores agrícolas de campo, en Kw por hora por Ha

p_w = Potencia unitaria, en Kw

Q_t = Cantidad de material transportado, en Tn por año

E_t = Energía utilizada para el transporte, en Kw por hora por Tn por Km

D = Distancia de transporte, en Km

Q_p = Cantidad de producto procesado, en Tn por año

E_p = Energía utilizada en el procesamiento, en Kw por hora por Tn

r_1 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional

r_2 = relación entre la potencia de salida y la potencia a la barra de tiro adimensional

r_3 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional y se estima que tiene el valor de 1

6.2.3. Costo de oportunidad

La ejecución inoportuna de las labores agrícolas, definitivamente ocasionan pérdidas en la rentabilidad de los cultivos, una cosecha demorada genera pérdidas de calidad y pérdidas en el precio de los productos; por lo tanto, se deben realizar las labores agrícolas en forma oportuna de acuerdo al calendario agrícola. (Hunt, 1988)

$$COP = \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \quad (34)$$

Dónde:

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

Para la investigación se tomará el valor máximo de K y se hará uso del valor de 0.002

Tabla 13: Factor de pérdidas por oportunidad

Operaciones agrícolas mecanizadas	Valores de K (Pérdidas por oportunidad)
Labranza	0.0001 - 0.002
Siembra	0.002
Mantenimiento de cultivo	0.01
Cosecha	
Maíz	0.003
Forraje verde	0.001
Alfalfa	0.01
Cereales	0.004
Frijol, soya	0.005

Fuente: Hunt Donnell: Manual de Maquinaria Agrícola.

Tabla 14: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Domingos	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	53
Feriados	0	0	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	10
Un cuarto de jornada por lluvias	8	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	31
Tiempo disponible	18	17	19	23	26	25	24	26	26	26	25	16	271
% tiempo disponible	58.06%	60.71%	61.29%	76.67%	83.87%	83.33%	77.42%	83.87%	86.67%	83.87%	83.33%	51.61%	74.25%
Promedio anual	74.23%												

Fuente: Calendario del año 2022 - Elaborado por el tesista.

Para fines de la investigación se hará uso de 0.7423

h = jornada laboral de trabajo, se toma el valor de 8

Los costos de oportunidad (COP), deben ser incluidos como parte de los costos variables medios; por lo tanto, la ecuación (23), se transforma en:

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T \quad (35)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

C_c = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

C_l = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

La ecuación (35) para estimar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la ecuación genérica básica que fue utilizada para la determinación del ancho óptimo de trabajo de los implementos agrícolas y la potencia óptima de las máquinas agrícolas, tal como se detalla a continuación.

6.2.4. Optimización del ancho de trabajo y de la potencia

Como ya se manifestó la ecuación (35), definida para estimar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la ecuación básica para cuantificar el ancho de trabajo óptimo para los implementos agrícolas y la potencia óptima de máquinas agrícolas: unidades autopropulsadas o tractores agrícolas; con tal propósito, algunas variables de la ecuación (35), las que sean pertinentes, serán puestas en función del ancho de trabajo o la potencia a la barra de tiro y adecuarlas correctamente para su aplicación, los detalles se desarrollan en los numerales siguientes.

6.2.4.1. Optimización del ancho de trabajo de implementos agrícolas.

En la ecuación (35)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

El valor de adquisición (V_a), debe ser desarrollada como una función del valor de adquisición unitario (valor de adquisición por metro de ancho de trabajo); de modo que:

$$V_a = V_u * w$$

Dónde:

V_a = Valor de adquisición del implemento, en Soles

V_u = Valor de adquisición unitario, en Soles por metro

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

El costo del consumo de combustible (Cc), debe ser expresada como una función de costo de combustible unitario (costo de combustible por metro de ancho de trabajo); de modo que:

$$Cc = Cu * w$$

Dónde:

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles

Cu = Costo de combustible unitario, en Soles por metro

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

El costo del consumo de lubricante (Cl), debe ser expresada como una función de costo de lubricante unitario (costo de lubricante por metro de ancho de trabajo); de modo que:

$$Cl = Lu * w$$

Dónde:

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles

Lu = Costo de lubricante unitario, en Soles por metro

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

El costo de la mano de obra del operador y el costo por oportunidad, son independientes del ancho de trabajo del implemento, bajo estas consideraciones, la ecuación (35), se desarrolla como:

$$CO = (\%CF)Vu * w + (Cu * w * T + Lu * w * T + CMO * T + (\%RM) * Vu * w * T + COP * T)$$

Haciendo uso de la ecuación (29), dónde T es el tiempo de uso del implemento, definido como Ti

$$Ti = \frac{A}{Cr} = \frac{10 * A}{w * v * efc}$$

La ecuación del costo de operación, se transforma en:

$$CO = (\%CF)Vu * w + \left(Cu * w * \frac{10*A}{w*v*efc} + Lu * w * \frac{10*A}{w*v*efc} + CMO * \frac{10*A}{w*v*efc} + \right. \\ \left. (\%RM) * Vu * w * \frac{10*A}{w*v*efc} + COP * \frac{10*A}{w*v*efc} \right)$$

$$CO = (\%CF)Vu * w + \left(\frac{Cu*10*A}{v*efc} + \frac{Lu*10*A}{v*efc} + \frac{CMO*10*A}{w*v*efc} + \frac{(\%RM)*Vu*10*A}{v*efc} + \frac{COP*10*A}{w*v*efc} \right)$$

La ecuación anterior del costo de operación (CO), debe ser derivada con respecto al ancho de trabajo (a), se obtiene el siguiente resultado.

$$\frac{d(CO)}{w} = (\%CF) * Vu - \frac{10 * CMO * A}{w^2 * v * efc} - \frac{10 * COP * A}{w^2 * v * efc}$$

Si la ecuación anterior se iguala a cero, se obtiene el ancho óptimo

$$(\%CF) * Vu - \frac{10 * CMO * A}{w^2 * v * efc} - \frac{10 * COP * A}{w^2 * v * efc} = 0$$

$$(\%CF) * Vu = \frac{10 * CMO * A}{w^2 * v * efc} + \frac{10 * COP * A}{w^2 * v * efc}$$

$$w^2 = \frac{10 * CMO * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} + \frac{10 * COP * A}{(\%CF) * Vu * v * efc}$$

$$w^2 = \frac{10 * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} * (CMO + COP)$$

En la ecuación (30), el costo de oportunidad (COP), se definió como:

$$COP = \frac{K*Y*R*A^2}{(sc)*(nt)*U*h}$$

Por lo tanto, el ancho óptimo al cuadrado se expresa como:

$$w^2 = \frac{10 * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A^2}{(sc) * (nt) * U * h} \right)$$

$$w = \sqrt{\frac{10 * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)}$$

$$w = \sqrt{\frac{10*100*A}{(CF)*Vu*v*efc} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad (36)$$

Dónde:

w = ancho óptimo de trabajo, en metros

10 = Constante para el cambio de unidades, adimensional

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

V_u = Valor de adquisición unitario, en Soles por metro de ancho de trabajo

v = Velocidad de trabajo, en km por hora

efc = eficiencia de campo, en porcentaje, adimensional

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

6.2.4.2. Optimización de la potencia de máquinas agrícolas.

El procedimiento para optimizar la potencia de máquinas agrícolas, sigue la misma metodología aplicada a la optimización del ancho de trabajo de implementos agrícolas, teniendo en consideración las siguientes diferencias:

El Tiempo de uso de la máquina agrícola; en este caso del tractor (T_t), tiene tres componentes, que dependen de las actividades que realiza el tractor: tiempo para la ejecución de labores agrícolas en el campo (T_{ac}), tiempo para la ejecución de actividades de transporte de productos (T_{at}) y el tiempo para la ejecución de actividades de procesamiento de productos (actividades estacionarias) (T_{ap}); de modo que:

$$Tt = Tac + Tat + Tap$$

Con la ecuación (27), se cuantifica las actividades de campo:

$$Tac = A * \frac{Ha}{año} * Ec * \frac{Kw * h}{Ha} * \frac{1}{r1 * pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{A * Ec}{r1 * pw}$$

Con la ecuación (28), se cuantifica las actividades de transporte:

$$Tat = Qt * \frac{Tn}{año} * Et * \frac{Kw * h}{Tn * Km} * \frac{1}{r2 * pw} * \frac{1}{Kw} * D (Km) = \frac{Qt * Et * D}{r2 * pw}$$

Con la ecuación (29), se cuantifica las actividades de procesamiento:

$$Tap = Qp * \frac{Tn}{año} * Ep * \frac{Kw * h}{Tn} * \frac{1}{r2 * pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{Qp * Ep}{r3 * pw}$$

Reemplazando las igualdades de las ecuaciones (27), (28) y (29), en la ecuación del tiempo del tracto (Tt), se obtiene:

$$Tt = \frac{A * Ec}{r1 * pw} + \frac{Qt * Et * D}{r2 * pw} + \frac{Qp * Ep}{r3 * pw} \quad (37)$$

Dónde:

Tt = Tiempo de uso del tractor, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

Ec = Energía utilizada en labores agrícolas de campo, en Kw por hora por Ha

pw = Potencia unitaria, en Kw

Qt = Cantidad de material transportado, en Tn por año

Et = Energía utilizada para el transporte, en Kw por hora por Tn por Km

D = Distancia de transporte, en Km

Qp = Cantidad de producto procesado, en Tn por año

Ep = Energía utilizada en el procesamiento, en Kw por hora por Tn

r1= relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional

r2= relación entre la potencia de salida y la potencia a la barra de tiro adimensional

r_3 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional y se estima que tiene el valor de 1

El costo de oportunidad forma parte del análisis de las actividades de campo y no se aplica a actividades de transporte y procesamiento.

En las actividades que desarrolla un tractor, las de transporte y las de procesamiento, por lo general son esporádicas, pero deben ser tomadas en cuenta para obtener resultados mucho más precisos; sin embargo, para fines de la presente investigación, se considera que el tractor no ejecuta actividades de transporte y procesamiento; por lo tanto, la ecuación (37), se transforma en:

$$Tt = \frac{A * Ec}{r_1 * pw} \quad (38)$$

Dónde:

Tt = Tiempo de uso del tractor, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

Ec = Energía utilizada en labores agrícolas de campo, en Kw por hora por Ha

pw = Potencia unitaria, en Kw

r_1 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional.

En la ecuación (32)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

El valor de adquisición (Va), debe ser desarrollada como una función del valor de adquisición unitario (valor de adquisición por potencia a la barra de tiro); de modo que:

$$Va = Vu * pw$$

Dónde:

Va = Valor de adquisición del tractor, en Soles

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

pw = Potencia a la barra de tiro, en Kw

El costo del consumo de combustible (C_c), debe ser expresada como una función de costo de combustible unitario (costo unitario de combustible, en Soles por Kw de potencia a la barra de tiro); de modo que:

$$C_c = C_u * p_w$$

Dónde:

C_c = Costo del consumo de combustible, en Soles

C_u = Costo de combustible unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

p_w = Potencia a la barra de tiro, en Kw

El costo del consumo de lubricante (C_l), debe ser expresada como una función de costo de lubricante unitario (costo de lubricante por Kw de potencia a la barra de tiro); de modo que:

$$C_l = L_u * p_w$$

Dónde:

C_l = Costo del consumo de lubricante, en Soles

L_u = Costo de lubricante unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

p_w = Potencia a la barra de tiro, en Kw

El costo de la mano de obra del operador y el costo por oportunidad, son independientes de la potencia del tractor, bajo estas consideraciones, la ecuación (32), se desarrolla como:

$$CO = (\%CF)V_u * p_w + (C_u * p_w * T + L_u * p_w * T + CMO * T + (\%RM) * V_u * p_w * T + COP * T)$$

Haciendo uso de la ecuación (35), dónde T es el tiempo de uso del tractor, definido como T_t

$$T_t = \frac{A * E_c}{r_1 * p_w} \quad (39)$$

Dónde:

A = Superficie trabajada, en Has

EC = Energía consumida en trabajos de campo, en Kw por Ha

r_1 = Relación de transmisión, en porcentaje

p_w = Potencia óptima a la barra de tiro, en Kw

La ecuación del costo de operación, se transforma en:

$$CO = (\%CF)Vu * pw + \left(Cu * pw * \frac{A*Ec}{r1*pw} + Lu * pw * \frac{A*Ec}{r1*pw} + CMO * \frac{A*Ec}{r1*pw} + (\%RM) * \right. \\ \left. Vu * pw * \frac{A*Ec}{r1*pw} + COP * \frac{A*Ec}{r1*pw} \right)$$

$$CO = (\%CF)Vu * pw + \left(\frac{Cu*A*Ec}{r1} + \frac{Lu*A*Ec}{r1} + \frac{CMO*A*Ec}{r1*(pw)^2} + \frac{(\%RM)*Vu*A*Ec}{r1} + \frac{COP*A*Ec}{r1*(pw)^2} \right)$$

La ecuación anterior del costo de operación (CO), debe ser derivada con respecto a la potencia unitaria (pw), se obtiene el siguiente resultado.

$$\frac{d(CO)}{pw} = (\%CF) * Vu - \frac{CMO * A * Ec}{r1 * (pw)^2} - \frac{COP * A * Ec}{r1 * (pw)^2}$$

Si la ecuación anterior se iguala a cero, se obtiene la potencia óptimo

$$(\%CF) * Vu - \frac{CMO * A * Ec}{r1 * (pw)^2} - \frac{COP * A * Ec}{r1 * (pw)^2} = 0$$

$$(\%CF) * Vu = \frac{CMO * A * Ec}{r1 * (pw)^2} + \frac{COP * A * Ec}{r1 * (pw)^2}$$

$$(pw)^2 = \frac{CMO * A * Ec}{(\%CF) * Vu * v * efc} + \frac{COP * A * Ec}{(\%CF) * Vu * v * efc}$$

$$(pw)^2 = \frac{A * Ec}{(\%CF) * Vu * r1} * (CMO + COP)$$

En la ecuación (30), el costo de oportunidad (COP), se definió como:

$$COP = \frac{K*Y*R*A^2}{(sc)*(nt)*U*h}$$

Por lo tanto, la potencia óptimo al cuadrado se expresa como:

$$(pw)^2 = \frac{A * Ec}{r1 * (\%CF) * Vu} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A^2}{(sc) * (nt) * U * h} \right)$$

$$(pw) = \sqrt{\frac{A * Ec}{r1 * (\%CF) * Vu} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)}$$

$$(pw) = \sqrt{\frac{100*A*Ec}{r1*(CF)*Vu} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad (40)$$

Dónde:

(pw) = Potencia óptima a la barra de tiro, en Kw

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

Ec = Energía utilizada en labores de campo, en Kw por Ha

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola.

La información primaria generada por el tesista, se sustentó en información cartográfica de la provincia de Huaylas, en ella se identificó las áreas agrícolas, las que fueron clasificadas en áreas agrícolas con pendiente igual o menor al 20% y áreas agrícolas con pendientes mayores al 20%, se establece que las áreas agrícolas con pendientes iguales o menores al 20% son áreas que potencialmente pueden utilizar maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas; con fines de la investigación, son áreas agrícolas donde se puede hacer uso de máquinas agrícolas para la labranza convencional: primera aradura con arados de discos y labranza secundaria con rastras de discos, la información se presenta en la tabla 15.

Tabla 15: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%

Distrito	Superficie Agrícola en Has		
	Agrícola	Pendiente = o < a 20%	Pendiente > a 20%
Caraz	7237.62	2705.28	4532.34
Huallanca	1213.46	127.49	1085.97
Huata	1759.66	424.49	1335.17
Huaylas	1829.07	480.14	1348.93
Mato	2574.17	551.89	2022.28
Pamparomas	7474.44	313.05	7161.39
Pueblo Libre	4310.27	1188.27	3122
Santa Cruz	3961.7	1243.07	2718.63
Santo Toribio	1788.68	434.72	1353.96
Yuramarca	909.9	167.14	742.76
Total, provincial	33058.97	7635.54	25423.43

Fuente primaria: Generada por el tesista

La tabla muestra que, de 33,058.97 has de superficie agrícola que tiene la provincia de Huaylas, 7,635.54 has (23.10%) de superficie agrícola tienen pendiente igual o menor al 20%, que son áreas que potencialmente pueden hacer uso de maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas.

7.2. Determinación del tiempo disponible.

El tiempo disponible para la ejecución de las operaciones agrícolas mecanizadas, depende del calendario agrícola y las precipitaciones estacionales, en el departamento de Ancash y

en forma específica en la provincia de Huaylas, las precipitaciones con intensidad se presentan entre los meses de diciembre a marzo; por lo general, las precipitaciones ocurren en horas de la tarde y se pierde media jornada de trabajo, el tiempo disponible ha sido estimado siguiendo la metodología propuesta por Hunt Donnell, los resultados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Domingos	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	53
Feridos	0	0	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	10
Un cuarto de jornada por lluvias	8	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	31
Tiempo disponible	18	17	19	23	26	25	24	26	26	26	25	16	271
% tiempo disponible	58.06%	60.71%	61.29%	76.67%	83.87%	83.33%	77.42%	83.87%	86.67%	83.87%	83.33%	51.61%	74.25%
Promedio anual	74.23%												

Fuente: Calendario del año 2022 - Elaborado por el tesista.

La tabla muestra que, los meses que ofertan mayor tiempo disponible son los meses de: mayo con 23 días, junio con 26 días, julio 24 días, agosto con 26 días, setiembre con 26 días, octubre 26 días y noviembre con 25 días y los meses que ofertan menor tiempo disponible son los meses de diciembre con 16 días, enero con 18 días, febrero con 17 días y marzo con 19 días, el promedio anual del tiempo disponible en porcentaje es 74.23%, esta cifra fue utilizada para cuantificar el ancho óptimo de trabajo y la potencia óptima.

7.3. Determinación de las velocidades de trabajo

Las velocidades de trabajo se determinaron con pruebas de campo que se ejecutaron en el Centro Experimental de Cañasbamba, en noviembre de 2022, con tal propósito se siguió el siguiente procedimiento.

Se tomó dos puntos en el campo, separados por una distancia de 80 metros.

Se registró el tiempo de trabajo del tractor trabajando con el arado y con la rastra y, se registró el tiempo de ida y retorno utilizado en recorrer los 80 metros, se ejecutó diez vueltas de trabajo y se registraron diez tiempos de ida y diez tiempos de retorno, se tomaron los tiempos promedios de ida y retorno y finalmente se estimó el tiempo promedio total, expresado en segundos para recorrer los 80 metros y se estimó la velocidad de trabajo en m/seg y en Km/Hr, la información se presenta en la tabla 17.

Tabla 17. Prueba de campo, determinación de la velocidad de trabajo del arado y la rastra, en km/Hr

Número de vueltas	Distancia de prueba 80 metros	Registro de tiempos, en segundos	
		Arado	Rastra
Vuelta 1	Ida	43	42
	Retorno	49	46
Vuelta 2	Ida	54	49
	Retorno	55	52
Vuelta 3	Ida	42	38
	Retorno	41	39
Vuelta 4	Ida	54	54
	Retorno	48	44
Vuelta 5	Ida	48	46
	Retorno	54	50
Vuelta 6	Ida	56	52
	Retorno	48	44
Vuelta 7	Ida	54	52
	Retorno	56	55
Vuelta 8	Ida	48	44
	Retorno	54	46
Vuelta 9	Ida	46	40
	Retorno	48	44
Vuelta 10	Ida	49	45
	Retorno	55	47
Total	Ida	494	462
	Retorno	508	467
PROMEDIO PARCIAL	Ida	49.4	46.2
	Retorno	50.8	46.7
PROMEDIO TOTAL		50.1	46.45
VELOCIDAD, en m/seg		1.60	1.72
VELOCIDAD, en Km/Hr		5.75	6.20

Fuente: Trabajo de campo - Cañasbamba 26/11/2022

7.4. Determinación de la eficiencia de campo

La eficiencia de campo se estimó a partir de las pérdidas de tiempo ocurridas en las cabeceras de las parcelas, espacio dónde el tractor transita sin realizar trabajo, motivo por el cual se considera como tiempo perdido, se determinaron con pruebas de campo que se ejecutaron en el Centro Experimental de Cañasbamba, en noviembre de 2022, con tal propósito se siguió el siguiente procedimiento.

Se registró el tiempo utilizado en las cabeceras de campo, desde que el operador, al final del campo, levanta el implemento para dar la vuelta, hasta que el operador baja el implemento,

después de dar la vuelta e inicia el trabajo de retorno, se ejecutó diez vueltas de trabajo y se registraron diez tiempos en una cabecera y diez tiempos en la otra cabecera, se tomaron los tiempos promedios en cada cabecera y finalmente se estimó el tiempo promedio total, expresado en segundos y se estimó el tiempo perdido en dar vueltas en cabecera en minutos, la información se presenta en la tabla 18.

Tabla 18. Prueba de campo, determinación de la eficiencia de campo, en porcentaje

Número de vueltas	Distancia de prueba 80 m	Registro de tiempos en segundos	
		Arado	Rastra
Tiempo 1	Cabecera 1	45	35
	Cabecera 2	42	36
Tiempo 2	Cabecera 1	45	34
	Cabecera 2	46	33
Tiempo 3	Cabecera 1	44	33
	Cabecera 2	45	36
Tiempo 4	Cabecera 1	44	38
	Cabecera 2	45	38
Tiempo 5	Cabecera 1	45	36
	Cabecera 2	46	35
Tiempo 6	Cabecera 1	43	34
	Cabecera 2	46	36
Tiempo 7	Cabecera 1	44	36
	Cabecera 2	46	39
Tiempo 8	Cabecera 1	45	37
	Cabecera 2	43	36
Tiempo 9	Cabecera 1	46	36
	Cabecera 2	43	39
Tiempo 10	Cabecera 1	45	37
	Cabecera 2	43	34
Total	Cabecera 1	446	356
	Cabecera 2	445	362
PROMEDIO PARCIAL	Cabecera 1	7.43	5.93
	Cabecera 2	7.42	6.03
PROMEDIO TOTAL		7.43	5.98
TIEMPO DE PRUEBA, en minutos		30.00	30.00
TIEMPO PERDIDO, en minutos		7.43	5.98
TIEMPO DE TRABAJO, en minutos		22.58	24.02
EFICIENCIA DE TRABAJO, en porcentaje		0.7525	0.80

Fuente: Trabajo de campo - Cañasbamba 26/11/2022

7.5. Determinación del ancho de trabajo del arado y la rastra.

En la prueba de campo para determinar la velocidad de trabajo del tractor, se hicieron veinte pases del implemento, diez de ida y diez de retorno, luego se midió el ancho de trabajo total y se registró 21.00 m de ancho de trabajo y se obtuvo un promedio de 1.10 metros de ancho de trabajo del arado.

Para la rastra se siguió el mismo procedimiento y en veinte pases de registro 48.20 metros de ancho de trabajo y se obtuvo un promedio de 2.41 metros de ancho de trabajo para la rastra.

7.6. Determinación de la capacidad real de trabajo de del arado y la rastra

Con los datos de campo registrados en la prueba de campo, se determina la capacidad real de trabajo del arado y la capacidad real de trabajo de la rastra, para lo cual se hizo uso de la ecuación:

$$Cr = \frac{w * V * efc}{10}$$

Para el arado.

$$Cr = \frac{1.10 * 5.75 * 0.7525}{10} = 0.48 \text{ Ha/Hr}$$

Para la rastra

$$Cr = \frac{2.41 * 6.20 * 0.80}{10} = 1.20 \text{ Ha/Hr}$$

7.7. Ancho óptimo de trabajo

La cuantificación del ancho de trabajo óptimo de la labranza primaria y la labranza secundaria de las labores de campo para la labranza convencional, sustenta su fundamento teórico en los rendimientos económicos de máquinas e implementos agrícolas, cuyo propósito se logra con los costos mínimos de operación y la máxima producción de los servicios que oferta las máquinas e implementos agrícolas al proceso de producción agrícola. La determinación de los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas se fundamenta en la ecuación (35), función del costo de operación, expresada en Soles por año y definida mediante la ecuación (35)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

La ecuación (32), que permite cuantificar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, las variables pertinentes han sido puestas en función del ancho de trabajo del implemento (w) y el tiempo de uso de los implementos agrícolas han sido estimados con la capacidad real de trabajo de los implementos y se obtuvo la siguiente ecuación:

$$CO = (\%CF)Vu * w + \left(\frac{Cu*10*A}{v*efc} + \frac{Lu*10*A}{v*efc} + \frac{CMO*10*A}{w*v*efc} + \frac{(\%RM)*Vu*10*A}{v*efc} + \frac{COP*10*A}{w*v*efc} \right)$$

La ecuación anterior, fue derivada con respecto al ancho de trabajo (w), el resultado de la derivada ha sido igualado a CERO, para optimizar el ancho de trabajo y se obtuvo la siguiente igualdad.

$$w = \sqrt{\frac{10*100*A}{(CF)*Vu*v*efc} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad (41)$$

Dónde:

w = ancho óptimo de trabajo, en metros

10 = Constante para el cambio de unidades, adimensional

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por metro de ancho de trabajo

v = Velocidad de trabajo, en km por hora

efc = eficiencia de campo, en porcentaje, adimensional

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

La estimación de (w), cuantifica el ancho de trabajo óptimo total, para la labranza primaria y la labranza secundaria, los resultados se presentan en las tablas 19 y 20.

En la tabla 19, se presenta los resultados para el ancho de trabajo óptimo total del arado de discos, se selecciona un ancho de trabajo comercial para el arado y se estima el número de arados de discos.

En la tabla 20, se presenta los resultados para el ancho de trabajo óptimo total de la rastra de discos, se selecciona un ancho de trabajo comercial para la rastra y se estima el número de rastra de discos.

Tabla 179: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la primera labranza, por distritos y la provincia de Huaylas

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Constante cambio de unidades (10)	Valor numérico del costo fijo (%CF)	Precio del implemento por metro de ancho de trabajo (w) Soles/m	Velocidad de trabajo (S) Km/Hr	Eficiencia de campo (e) en decimales	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Costo de alquiler del implemento (AM) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Area del cultivo (A) Has	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una capaña (nt) adimensional	Fraccción del tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	Ancho óptimo de trabajo al cuadrado (w ²) metros cuadrados	Ancho óptimo de trabajo (w) en metros	Ancho de trabajo del implemento (wi) en metros	Número de implementos
Maiz	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1.25	10000	3357.35	4	1	0.7423	8	6367.81	79.80	1.5	53
Papa	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1.5	1800	2478.50	4	1	0.7423	8	749.60	27.38	1.5	18
Arveja	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1	1000	510.82	4	1	0.7423	8	11.79	3.43	1.5	2
Maiz amarillo duro	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1.2	1200	348.94	4	1	0.7423	8	7.92	2.82	1.5	2
Trigo	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1	2400	266.48	4	1	0.7423	8	7.70	2.78	1.5	2
Frijol	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1	1000	253.50	4	1	0.7423	8	2.90	1.70	1.5	1
Cebada forrajera	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1	2400	155.00	4	1	0.7423	8	2.61	1.61	1.5	1
Olluco	100	10	12.0	36000	5.75	0.75	0	0	0.002	1.4	1200	133.62	4	1	0.7423	8	1.36	1.16	1.5	1
Primera aradura												7635.54					7151.69	120.68	1.5	80
Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola																				
Tabla elaborada por la tesista																				

Tabla 20: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la segunda labranza, por distritos y la provincia de Huaylas

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Constante cambio de unidades (10)	Valor numérico del costo fijo (%CF)	Precio del implemento por metro de ancho de trabajo (w) Soles/m	Velocidad de trabajo (S) Km/Hr	Eficiencia de campo (e) en decimales	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Costo de alquiler del implemento (AM) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Area del cultivo (A) Has	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una campaña (nt) adimensional	Fracción del tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	Ancho óptimo de trabajo al cuadrado (w ²) metros cuadrados	Ancho óptimo de trabajo (w) en metros	Ancho de trabajo del implemento (wi) en metros	Número de implementos
Maiz	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1.25	10000	3357.35	4	1	0.7423	8	11857.14	108.89	2.75	40
Papa	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1.5	1800	2478.50	4	1	0.7423	8	1478.14	38.45	2.75	14
Arveja	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1	1000	510.82	4	1	0.7423	8	41.91	6.47	2.75	2
Maiz amarillo duro	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1.2	1200	348.94	4	1	0.7423	8	28.38	5.33	2.75	2
Trigo	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1	2400	266.48	4	1	0.7423	8	24.72	4.97	2.75	2
Frijol	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1	1000	253.50	4	1	0.7423	8	15.37	3.92	2.75	1
Cebada forrajera	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1	2400	155.00	4	1	0.7423	8	10.93	3.31	2.75	1
Olluco	100	10	12.0	17000	6.2	0.8	0	40	0.002	1.4	1200	133.62	4	1	0.7423	8	7.78	2.79	2.75	1
Segunda aradura								Superficie total mecanizable, en Has				7635.54	Sumatoria del ancho óptimo de trabajo al cuadrado				13464.36	174.12	2.75	63
Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola																				
Tabla elaborada por la tesista																				

7.8. Potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva

La cuantificación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva para la labranza primaria y la labranza secundaria de las labores de campo para la labranza convencional, sustenta su fundamento teórico en los rendimientos económicos de máquinas e implementos agrícolas, cuyo propósito se logra con los costos mínimos de operación y la máxima producción de los servicios que oferta las máquinas e implementos agrícolas al proceso de producción agrícola. La determinación de los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas se fundamenta en la ecuación (35), función del costo de operación, expresada en Soles por año y definida mediante la ecuación (35)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

La ecuación (35), que permite cuantificar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, las variables pertinentes han sido puestas en función de la potencia a la barra de tiro del tractor (P_w) y el tiempo de uso del tractor agrícola en: actividades agrícolas, actividades de transporte y actividades de procesamiento, para lograr los objetivos de la investigación, solo se considera el tiempo de uso del tractor en la ejecución de labores agrícolas; en este caso, para ejecutar labranza primaria y labranza secundaria y se obtiene la siguiente ecuación;

$$CO = (\%CF)Vu * pw + \left(\frac{Cu*A*Ec}{r1} + \frac{Lu*A*Ec}{r1} + \frac{CMO*A*Ec}{r1*(pw)^2} + \frac{(\%RM)*Vu*A*Ec}{r1} + \frac{COP*A*Ec}{r1*(pw)^2} \right)$$

La ecuación anterior, fue derivada con respecto al ancho de trabajo (pw), el resultado de la derivada ha sido igualado a CERO, para optimizar la potencia a la barra de tiro y se obtuvo la siguiente igualdad.

$$(pw) = \sqrt{\frac{100*A*Ec}{r1*(CF)*Vu} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad (42)$$

Dónde:

(pw) = Potencia óptima a la barra de tiro, en Kw

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

Ec = Energía utilizada en labores de campo, en Kw por Ha

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

La estimación de (pw), cuantifica pa potencia óptima total, para la labranza primaria y la labranza secundaria, los resultados se presentan en las tablas 21 y 22.

En la tabla 21, se presenta los resultados para la potencia óptima total del tractor para ejecutar la labranza primaria, se selecciona una potencia a la barra de tiro comercial para el tractor y se estima el número de tractores.

En la tabla 22, se presenta los resultados para la potencia óptima total del tractor para ejecutar la labranza secundaria, se selecciona una potencia a la barra de tiro comercial para el tractor y se estima el número de tractores.

Tabla 21: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza primaria, por distritos y la provincia de Huaylas

Cultivos	Constante de porcentaje (D0)	Area del cultivo (A) Has	Energía a la barra de tiro (Ebt) en Kw	Porcentajes del costo fijo (%CF)	Relación de la Pbt y la Pm del tractor (r) en decimales	Precio del tractor en relación a la Pbt (t) Soles /Kwa la barra de tiro	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una campaña (nt) adimensional	Fracción del tiempo disponible (U) en decimales	Jomada laboral (h) horas	$100 \frac{A \cdot E}{(r \cdot Y \cdot \%CF)}$	$(L + \frac{K \cdot Y \cdot V \cdot A}{t \cdot U \cdot \%h})$	(pwr) ²	Potencia a la barra de tiro (pwr) en Kw	Potencia al motor (Pm) en Kw	Potencia al motor de los tractores, en Kw	Número de tractores	
Maíz	100	3357.35	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	125	10000	4	1	0.7423	8	653.9	3543.51	231719.27	1522.21	1902.76	100	9	
Papa	100	2478.5	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	15	1800	4	1	0.7423	8	482.73	573.45	276821.06	526.14	657.67	100	7	
Arveja	100	510.82	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.7423	8	99.49	53.01	5273.99	72.62	90.78	100	1	
Maíz amarillo duro	100	348.94	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	12	1200	4	1	0.7423	8	67.96	52.31	3555	59.62	74.53	100	1	
Trigo	100	266.48	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.7423	8	51.9	63.85	3313.88	57.57	71.96	100	1	
Frijol	100	253.5	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.7423	8	49.37	31.34	1547.58	39.34	49.17	100	0	
Cebada forrajera	100	165	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.7423	8	30.19	41.32	1247.48	35.32	44.15	100	0	
Olluco	100	133.62	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	14	1200	4	1	0.7423	8	26.03	28.9	752.16	27.43	34.28	100	0	
Primera aradura		7635.54															Sumatoria de la potencia a la barra de tiro al cuadrado	2609630.42	2340.24	2925.3	100	29
Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola																						
Tabla elaborada por la tesis																						

Tabla 22: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza secundaria, por distritos y la provincia de Huaylas

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Area del cultivo (A) Has	Energía a la barra de tiro (Ebt) en Kw	Porcentales del costo fijo (%CF)	Relación de la Pbt y la Pm del tractor (r) en decimales	Precio del tractor en relación a la Pbt (t) Soles/Kw a la barra de tiro	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una campaña (nt) adimensional	Fracción del tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	$100 * A * E / ((r * (c) * (nt) * (U) * (h))$	$(L + (K * Y * V * A) / ((s) * (nt) * (U) * (h)))$	(pwr) ²	Potencia a la barra de tiro (pwr) en Kw	Potencia al motor (Pm) en Kw	Potencia al motor de los tractores, en Kw	Número de tractores	
Maiz	100	3357.35	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.25	10000	4	1	0.7423	8	417.39	3543.51	1479012.3	1216.15	1520.18	100	15	
Papa	100	2478.5	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.5	1800	4	1	0.7423	8	308.13	573.45	176694.29	420.35	525.44	100	5	
Arveja	100	510.82	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.7423	8	63.5	53.01	3366.38	58.02	72.53	100	1	
Maiz amarillo d	100	348.94	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.2	1200	4	1	0.7423	8	43.38	52.31	2269.15	47.64	59.54	100	1	
Trigo	100	266.48	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.7423	8	33.13	63.85	2115.24	45.99	57.49	100	1	
Frijol	100	253.5	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.7423	8	31.52	31.34	987.81	31.43	39.29	100	0	
Cebada forrajera	100	155	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.7423	8	19.27	41.32	796.26	28.22	35.27	100	0	
Olluco	100	133.62	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.4	1200	4	1	0.7423	8	16.61	28.9	480.1	21.91	27.39	100	0	
Segunda aradura		7635.54																				
Sumatoria de la potencia a la barra de tiro al cuadrado																	1665721.54	1869.7	2337.13	100	23	

Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola

Tabla elaborada por la testista

7.9. Índice de mecanización agrícola

El índice de mecanización agrícola, es la relación que se establece entre la potencia disponible y la superficie agrícola que potencialmente podría hacer uso de máquinas e implementos agrícolas; en este caso, superficies agrícolas con pendientes iguales o menores al 20%.

En la tabla 23, se presenta los resultados de la evaluación del índice de mecanización agrícola para la provincia de Huaylas.

Tabla 23: Determinación del índice de mecanización agrícola para la provincia de Huaylas

Cultivos	Superficie en Has	Potencia efectiva (Kw)			Índice de mecanización agrícola
		Primera aradura	Segunda aradura	Labranza convencional	
Maíz	3357.35	2925.30	2337.13	5262.43	0.69
Papa	2478.50				
Arveja	510.82				
Maíz amarillo duro	348.94				
Trigo	266.48				
Frijol	253.50				
Cebada forrajera	155.00				
Olluco	133.62				
Total	7635.54				
Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola					
Tabla elaborada por la tesista					

En la tabla se muestra que la primera aradura o labranza primaria, requiere de 2925.30 Kw de potencia efectiva. La segunda aradura o labranza secundaria, requiere 2337.13 Kw de potencia efectiva. En total la labranza convencional requiere de 5262.43 Kw de potencia efectiva. La superficie total trabajada con labranza primaria y labranza secundaria es de 7635.54 Ha. El Índice de Mecanización es la relación que se establece entre la potencia requerida por hectáreas trabajadas; por lo tanto, el Índice de Mecanización para la labranza convencional para la provincia de Huaylas es de 0.69 Kw/Ha.

7.10. Discusión

7.10.1. Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola

Según el estudio Semidetallado de suelos del Callejón de Huaylas, realizado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN, el año 1974, el Callejón de Huaylas cuenta con 58,141 Has de tierras aptas para el desarrollo de las actividades agropecuarias, de ellas 12,382 Has, son suelos aptos para el desarrollo de la agricultura, cifra que representa el 21.30%, considera todos los suelos con pendientes menores a 25%, el estudio se realizó con tecnología no muy desarrollada para estos fines.

La Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas – ENAPROVE, cuya ejecución y análisis de resultados estuvo a cargo de la Dirección General de Información Agraria – DGIA del Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, en año 2004 publica los resultados de la Construcción del Marco de área, Región Natural Sierra, departamento de Ancash, en el que consigna 136,666.42 Has de tierras destinadas a la producción agropecuaria, de ellas corresponde 43,593.06 Has para el desarrollo de la agricultura, que representa el (31.21%) de la superficie agropecuaria.

Para la tesis, se ha hecho uso de tecnología avanzada, se hizo uso del ArcGIS 10.8, para la determinación de áreas agrícolas con pendientes menores al 20%, los resultados, permiten establecer que la provincia de Huaylas, cuenta con 33,058.97 Has de tierras aptas para el desarrollo de la agricultura, de ellas 7,635.54 Has, cifra que representa el 23.10%, son suelos agrícolas con pendientes menores al 20%, la información reportada para la tesis muestra consistencia con los resultados reportados por ONER, en el Estudio Semidetallado de Suelos del Callejón de Huaylas, que considera en el reporte 12,382.00 Has, de tierras aptas para el desarrollo de la agricultura de cultivos intensivos, con pendientes menores al 25% y aptas para la mecanización agrícola, representa el 8.10% de la superficie total 152,880.00 Has, que abarca el Estudio Semidetallado de Suelos del Callejón de Huaylas.

7.10.2. Costos de operación de máquinas e implementos agrícolas

Los costos anuales de operación de maquinaria agrícola e implementos agrícolas expresas en Soles, tiene como componentes: costos fijos anuales y los costos variables anuales, los costos fijos o costos de posesión están conformados por la depreciación, el interés sobre la inversión media, el seguro y el alojamiento y los costos variables o costos de uso están

conformados por el costo por el consumo de combustible, el costo por el consumo de lubricante, el costo de la mano de obra del operador y los costos por reparación y mantenimiento.

Los costos fijos, pueden ser expresados como una función del valor de adquisición del tractor o del implemento, al respecto Donnell Hunt, en el Manual de Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos, al tratar el tema de Selección de Equipos, para estimar el ancho de trabajo óptimo de implementos agrícolas, hace uso de un porcentaje de 14%, como porcentaje del Valor de adquisición del implemento $(\%CF) * Va$, en Soles por año.

Al tratar el tema de la Selección de la Potencia óptima a la barra de tiro del tractor, el mismo autor, para estimar la potencia óptima a la barra de tiro del tractor, hace uso de un porcentaje de 16%, como porcentaje del Valor de adquisición del tractor $(\%CF) * Va$, en Soles por año. Para fines de la investigación, se ha desarrollado en proceso metodológico para estimar los porcentajes del valor de adquisición y cuantificar los costos fijos del implemento agrícola y del tractor.

7.10.2.1. Costos anuales fijos para implementos agrícolas

El porcentaje del valor de adquisición del implemento para estimar los costos fijos o costos de posesión del implemento, en Soles por año, es válido para los siguientes valores asignados a las variables del costo fijo, cualquier cambio en la asignación de valores a cualquier variable, modificará los valores del porcentaje del valor de adquisición para estimar los costos fijos o de posesión para los implementos.

Valor de adquisición Va .

Valor residual $Vr = 10\% Va$.

Vida útil = 20 años.

Tasa de interés 10%

Seguro = $0.75\% Va$.

Alojamiento = $1.25\% Va$.

Depreciación.

$$Da = \frac{Va - Vr}{20} = \frac{Va - 0.1Va}{20} = \frac{0.9Va}{20} = 0.045Va = 4.5\%Va$$

Interés sobre la inversión media.

$$Ia = \frac{Va + Vr}{2} * i = \frac{Va + 0.1Va}{2} * 0.1 = 0.55Va * 0.10 = 0.055Va = 5.5\%Va$$

Seguro = Sa = 0.75% Va.

Alojamiento = Aa = 1.25% Va.

$$CF = Da + Ia + Sa + Aa$$

$$CF = 4.5\%Va + 5.5\%Va + 0.25\%Va + 1.25\%Va$$

$$CF = 12.00\%Va.$$

La investigación se ha desarrollado con un valor de (%CF) = 12.00, cifra que no difiere significativamente con la utilizada por Donnell Hunt, quien utiliza 14%, lo que pone en evidencia la coherencia y consistencia de la propuesta de la investigación.

7.10.2.2. Costos anuales fijos para tractores.

El porcentaje del valor de adquisición de los tractores para estimar los costos fijos o costos de posesión del tractor, en Soles por año, es válido para los siguientes valores asignados a las variables del costo fijo, cualquier cambio en la asignación de valores a cualquier variable, modificará los valores del porcentaje del valor de adquisición para estimar los costos fijos o de posesión para los tractores.

Valor de adquisición Va.

Valor residual Vr = 10% Va.

Vida útil = 10 años.

Tasa de interés 10%

Seguro = 0.75% Va.

Alojamiento = 1.25% Va.

Depreciación.

$$Da = \frac{Va - Vr}{10} = \frac{Va - 0.1Va}{10} = \frac{0.9Va}{10} = 0.09Va = 9.0\%Va$$

Interés sobre la inversión media.

$$Ia = \frac{Va + Vr}{2} * i = \frac{Va + 0.1Vr}{2} * 0.10 = 0.55Va * 0.10 = 0.055Va = 5.50\%Va$$

Seguro = Sa = 0.75% Va.

Alojamiento = Aa = 1.25% Va.

$$CF = Da + Ia + Sa + Aa$$

$$CF = 9.0\%Va + 5.50\%Va + 0.75\%Va + 1.25\%Va$$

$$CF = 16.50\%Va.$$

La investigación se ha desarrollado con un valor de (%CF) = 16.50, cifra que no difiere significativamente con la utilizada por Donnell Hunt, quien utiliza 16%, lo que pone en evidencia la coherencia y consistencia de la propuesta de la investigación.

El costo de operación es la suma de los costos de operación del tractor más los costos de operación del implemento, los costos de operación se expresan en soles por hora.

En general, el costo de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la sumatoria de los costos fijos y costos variables del tractor y del implemento y matemáticamente se define con la siguiente función.

$$CO = CFO + CVO$$

Dónde:

CO = Costos de operación en Soles/año

CFO = Costos fijo de operación, en Soles/año

CVO = Costos variable de operación, en Soles/año

Para el tractor:

Costo fijo de operación del tractor = 19.80 Soles/hora

Costo variable de operación del tractor = 153.54 Soles/hora

Costo de operación del tractor = 173.34 Soles/hora

Para el implemento (arado o rastra)

Costo fijo de operación del implemento = 14.40 Soles/hora

Costo variable de operación del implemento = 7.20 Soles/hora

Costo de operación = 21.60 Soles/hora

Costo de operación

Costo de operación del tractor = 173.34 Soles/hora

Costo de operación del implemento = 21.60 Soles/hora

Costo de operación de la labor agrícola = 194.94 Soles/hora

En síntesis, para los costos de operación de la labranza convencional, en las siguientes tablas se presenta un resumen, considera los costos fijos y los costos variables del tractor y los implementos agrícolas y consigna la información para la labranza primaria o primera aradura y la labranza secundaria o segunda aradura y los costos de operación de la labranza convencional. Todos los costos están en Soles por hora.

Costo de operación de la primera aradura o labranza primaria			
Descripción del costo	Costo del tractor en Soles por hora	Costo de arado en Soles por hora	Costo de la primera aradura en Soles por hora
Costo Fijo	19.80	14.40	34.20
Costo variable	153.54	7.20	160.74
Costo de operación	173.34	21.60	194.94

Costo de operación de la segunda aradura o labranza secundaria			
Descripción del costo	Costo de la rastra en Soles por hora	Costo de la rastra en Soles por hora	Costo de la primera aradura en Soles por hora
Costo Fijo	19.80	14.40	34.20
Costo variable	153.54	7.20	160.74
Costo de operación	173.34	21.60	194.94

Costo de operación de la labranza convencional			
Descripción del costo	Costo de la primera aradura en Soles por hora	Costo de la segunda aradura en Soles por hora	Costo de la labranza convencional en Soles por hora
Costo Fijo	34.20	34.20	68.40
Costo variable	160.74	160.74	321.48
Costo de operación	194.94	194.94	389.88

7.10.2.3. Costo de oportunidad

Los costos de oportunidad, solo serán aplicados a las labores agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas de los tractores e implementos agrícolas; es necesario aclarar que, en el caso de los tractores solo se aplicará los costos de oportunidad a las operaciones de campo, los costos de oportunidad no serán aplicables a las actividades de transporte y procesamiento que ejecutar los tractores.

Para estimar la pérdida de costos por oportunidad (OP), se adopta la propuesta de Donnell Hunt, con las adecuaciones pertinentes del costo de la mano de obra del operador, la jornada laboral, el coeficiente de los tiempos disponibles, los precios de los productos en chacra y los rendimientos de producción.

$$OP = \frac{(K * Y * R * A) * A}{sc * nt * U * h} = \frac{K * Y * R * A}{sc * nt * U * h}$$

K = Factor de pérdidas por oportunidad

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas

h = jornada laboral de trabajo, se toma el valor de 8

Los costos de oportunidad, ponen en evidencia posibles pérdidas de calidad y precio por la ejecución inoportuna de las actividades agrícolas, al respecto Donnell Hunt, en el Manual de Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos, al tratar el tema de Selección de Equipos, en el Capítulo V, y la selección de la potencia, en el Capítulo VI, para estimar el ancho óptimo de implementos agrícolas y los requerimientos de la potencia a la barra de tiro, hace uso de 0.7

Para los fines de la investigación, se ha determinado el valor de U, para la investigación.

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de enero, febrero, marzo y diciembre.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Domingos	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	53
Feridos	0	0	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	10
Un cuarto de jornada por lluvias	8	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	31
Tiempo disponible	18	17	19	23	26	25	24	26	26	26	25	16	271
% tiempo disponible	58.06%	60.71%	61.29%	76.67%	83.87%	83.33%	77.42%	83.87%	86.67%	83.87%	83.33%	51.61%	74.25%
Promedio anual	74.23%												

Fuente: Calendario del año 2022 - Elaborado por el tesista.

Fuente: Calendario del año 2022 – Elaborado por la tesista.

Para fines de la investigación se hará uso de 0.7423

h = jornada laboral de trabajo, se toma el valor de 8 horas que es la jornada legal de trabajo en el Perú.

7.10.3. Determinación del ancho óptimo de trabajo

Determinada la función de los costos de operación de los implementos agrícolas, en Soles por año, las variables pertinentes de la ecuación deben ser puestas en función del ancho de

trabajo del implemento, expresados en Soles por metro de ancho de trabajo, derivar la función con respecto al ancho de trabajo, el resultado de la función derivada debe ser igualada a CERO, para cuantificar el valor del ancho de trabajo, el resultado es el anchó óptimo de trabajo del implemento, se obtiene a partir de la asignación de valores a la ecuación (41).

7.10.3.1. Para la primera aradura: ancho óptimo de arado de discos

La cuantificación de la ecuación (41), asignándole valores a las variables correspondientes al arado de discos, permite determinar el ancho de trabajo óptimo para el arado de discos, se obtiene un valor de 120.68 metros, si se selecciona 1.50 metros de ancho de trabajo comercial para el arado, la provincia de Huaylas requiere de 80 arados de discos.

7.10.3.2. Para la segunda aradura: ancho óptimo de rastra de discos

La cuantificación de la ecuación (41), asignándole valores a las variables correspondientes a la rastra de discos, permite determinar el ancho de trabajo óptimo para la rastra de discos, se obtiene un valor de 174.12 metros, si se selecciona 2.75 metros de ancho de trabajo comercial para la rastra de discos, la provincia de Huaylas requiere de 63 rastras de discos.

7.10.3.3. Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro

Determinada la función de los costos de operación de los tractores agrícolas, en Soles por año, las variables pertinentes de la ecuación deben ser puestas en función de la potencia requerida a la barra de tiro del tractor, expresados en Soles por Kw de potencia a la barra de tiro, derivar la función con respecto a la potencia requerida a la barra de tiro, el resultado de la función derivada debe ser igualada a CERO, para cuantificar el valor de la potencia requerida a la barra de tiro, el resultado es la potencia óptima requerida a la barra de tiro, se obtiene a partir de la asignación de valores a la ecuación (42).

7.10.3.4. Potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura

La cuantificación de la ecuación (42), asignándole valores a las variables correspondientes al tractor utilizado en la primera aradura, haciendo uso del arado de discos, permite determinar la potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura, se obtiene un valor de 2340.24 Kw a la barra de tiro, con una eficiencia de transmisión de potencia de 65%, entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro se obtiene 2,925.30 Kw de potencia

efectiva, si se selecciona 100 Kw de potencia comercial para los tractores agrícolas, la provincia de Huaylas requiere de 29 tractores agrícolas para la primera aradura.

7.10.3.5. Potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura

La cuantificación de la ecuación (42), asignándole valores a las variables correspondientes al tractor utilizado en la segunda aradura, haciendo uso de la rastra de discos, permite determinar la potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura, se obtiene un valor de 1,869.70 Kw a la barra de tiro, con una eficiencia de transmisión de potencia de 65%, entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro se obtiene 2,337.13 Kw de potencia efectiva, si se selecciona 100 Kw de potencia comercial para los tractores agrícolas, la provincia de Huaylas requiere de 23 tractores agrícolas, para la segunda aradura.

7.10.3.6. Determinación del Índice de Mecanización Agrícola (IMA)

La investigación ha generado información primaria para analizar las áreas agrícolas de la provincia de Huaylas, a partir de la cartografía existente para la provincia de Huaylas, se ha desagregado la superficie agrícola total en áreas agrícolas con pendiente igual o menor al 20%, áreas que potencialmente pueden hacer uso de máquinas e implementos agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, esta superficie es de 7,635.54 Ha.

Se ha determinado el requerimiento de la potencia efectiva a la barra de tiro para ejecutar la labranza convencional y tiene un valor de 2,925.30 Kw; para primera aradura y 2,337.13 Kw, para la segunda aradura, en total la potencia total efectiva requerida es 5,262.43 Kw; por lo tanto, el índice de mecanización agrícola de la provincia de Huaylas es de:

$$IM = \frac{\text{Potencia requerida}}{\text{Superficie agrícola mecanizable}} = \frac{5,262.43 \text{ Kw}}{7,635.54 \text{ Ha}} = 0.69 \frac{\text{Kw}}{\text{Ha}}$$

La FAO, para América Latina recomienda 0.37 Kw/Ha de índice de mecanización y para países en vías de desarrollo recomienda 0.75 Kw/Ha de índice de mecanización.

La investigación permite establecer un índice de mecanización de 0.69 KW/ha, para la provincia de Huaylas, indicador que tiene un valor bastante cercano a lo recomendado por la FAO, poniendo evidencia la significación del resultado de la investigación, respecto de la recomendación por la FAO y la consistencia de la metodología establecida, la validez de las adecuaciones realizadas en variables de la función de los costos operativos, en Soles por año,

y la consistencia de la justificación teórica de la investigación, adecuadamente contextualizada para la provincia de Huaylas.



VIII. CONCLUSIONES

Conclusión general.

Los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas se cuantifican como costos fijos y costos variables. Los costos fijos o costos de posesión pueden ser expresados como un porcentaje del valor de adquisición de la máquina o del implemento; en el desarrollo de la tesis, se obtuvo 16.5% del valor de adquisición para los tractores y 12.0% del valor de adquisición para los implementos agrícolas. Los costos variables dependen del tiempo de uso de las máquinas e implementos agrícolas. Para optimizar la potencia de los tractores y el tamaño de los implementos es necesario que en la ecuación general de los costos de operación las variables pertinentes deben ser puestas en función al ancho de trabajo de los implementos y la potencia a la barra de tiro del tractor. El valor de adquisición de un implemento puede ser expresado como una función del ancho de trabajo y el valor de adquisición del tractor puede ser expresado como una función de la potencia a la barra de tiro, el costo de combustible y lubricante puede ser expresado como una función del ancho de trabajo del implemento y de la potencia a la barra de tiro del tractor.

Conclusión específica 1

La potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura o labranza primaria para la provincia de Huaylas es de 2,340.24 Kw. Se estima una pérdida de potencia del 35% entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro; por lo tanto, se requiere una potencia efectiva de 2,925.30 Kw. Si se propone la adquisición de tractores de mediana potencia de 100 KW, se requiere 29 tractores.

La potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura o labranza secundaria, para la provincia de Huaylas es de 1,869.70 Kw. Se estima una pérdida de potencia del 35% entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro; por lo tanto, se requiere una potencia efectiva de 2,337.13 Kw. Si se propone la adquisición de tractores de mediana potencia de 100 KW, se requiere 23 tractores.

Conclusión específica 2

El ancho óptimo de trabajo para la primera aradura o labranza primaria es de 120.68 metros. Si se propone la adquisición de arados de discos de 1.50 metros de ancho de trabajo, se requiere 80 arados de discos.

El ancho óptimo de trabajo para la segunda aradura o labranza secundaria es de 174.12 metros. Si se propone la adquisición de rastras de discos de 2.75 metros de ancho de trabajo, se requiere 63 rastras de discos.

Conclusión específica 3

La superficie agrícola con pendientes menores o iguales al 20%, se consideran áreas agrícolas que potencialmente podrían hacer uso de máquinas agrícola, abarca una extensión de 7,635.54 Has en la provincia de Huaylas. Si la potencia efectiva para la labranza convencional es de 5262.43 Kw, el índice de mecanización para la provincia de Huaylas es 0.69 Kw/Ha.

IX. RECOMENDACIONES

Recomendación 1.

- a) La investigación y la metodología desarrollada se debe aplicar a las otras provincias del Callejos de Huaylas y del departamento de Ancash, de modo que se disponga de información relevante, generada por la investigación, para adoptar decisiones y mejorar la productividad y producción agraria.
- b) Se debe proponer la implementación de centros de agricultura de precisión, que permita analizar información y generar conocimientos de calidad que, permitan tomar decisiones en forma oportuna y en tiempo real y mejorar el uso de los recursos sociales, económicos, físicos y ambientales, para optimizar la producción agrícola y mitigar los impactos ambientales.
- c) La implementación de programas de mecanización agrícola debe incrementar la capacidad de trabajo de máquinas e implementos agrícolas, adoptar el uso de componentes electrónicos para el registro de datos, mejorar las competencias de los recursos humanos, para incorporar el uso de las tecnologías de la información y la comunicación a la producción agropecuaria y proponer la implementación de la agricultura de precisión, que permita registrar y analizar información en tiempo real y generar nueva información y conocimientos de calidad que, permitan tomar decisiones en forma oportuna y en tiempo real y mejorar el uso de los recursos sociales, económicos, físicos y ambientales, para optimizar la producción agrícola y mitigar los impactos ambientales.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

- Abarca, V. I. (2017). *CENTRO DE APOYO MECANIZADO A CULTIVOS AGRÍCOLAS*. Recuperado el 12 de Mayo de 2020, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X3IrDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=tractores+agr%C3%ADcolas&ots=ZOslfqWwyZ&sig=KLY_akYHGEX3bj1BDCuzQm9DcAs#v=onepage&q=tractores%20agr%C3%ADcolas&f=false
- Alonso, P., & Gadea, A. (2015). *Cálculo de costos de maquinaria agrícola. Estudio de caso: agropecuaria La Lucía S. A., localidad de Vedía (provincia de Buenos Aires)*. Informe final de tesis, Buenos Aires.
- Alvarez, C. A. (2004). *Administración de maquinaria agrícola*. Bogotá, Colombia: Universidad nacional de Colombia, Unibiblos. Recuperado el 25 de Mayo de 2019
- Ayala, G. A., Cervantes, O., Audelo, B., Velázquez, L., & Vargas, S. (2013). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México. *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(Supl. 1). Recuperado el 19 de Agosto de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500016
- Catalán, H. (Enero de 2012). DISEÑO DE UN PARUQUE DE MAQUINARIA AGRÍCOLA ¿CUÁNTAS MÁQUINAS NECESITO? *Agricultura*, 46-51. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://oa.upm.es/22255/1/parque_maquinaria_enero_2012.pdf
- Chucchu, R. E. (2017). *Estimación del rendimiento real, construcción de gráficas y ecuaciones, de un tractor agrícola de mediana potencia, en barbecho, sector Caral - Supe (barranca)*. Informe final de tesis, Ancash, Huaraz. Recuperado el 16 de Agosto de 2022
- Claramonte, M. C. (2020). *Planteamiento y cálculo del parque de maquinaria agrícola necesario para una empresa de gestión de tierras cítricas y estudio de su viabilidad económica: en las comarcas de la Planta Alta y Baja, en la provincia de Castellón*. Informe final de tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Recuperado el 23 de julio de 2022, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/156041/Claramonte%20-%20Planteamiento%20y%20c%C3%A1lculo%20del%20parque%20de%20maquinaria%20necesario%20para%20una%20empresa%20de%20gesti....pdf?sequence=3&>
- Cuauhtémoc, N. J., Tavares, M., & Tavares, M. (2012). Diseño de tractores agrícolas en México. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 21(1). Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000100001
- Cuauhtemoc, R. N. (2006). *MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN MEXICO*. Mexico. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN20R333.pdf>
- Delgado, M. F. (2016). *SELECCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA EL EMPACADO DE RASTROJO DE ARROZ EN EL VALLE DE MAJES - AREQUIPA*. Informe de tesis, Puno. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4622/Delgado_Mendoza_Fernando_Alvaro.p

- df?sequence=1&isAllowed=y
- Ferrer, P. (2018). Efectos del sistema de labranza sobre la actividad y la estructura microbiana a nivel de microagregados. *Dialnet*, 36(2), 50 - 61. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6978778>
- Garbers, R. E., & Chen, Y. (2013). *Costos operativos de maquinaria agrícola (Síntesis básica para su calculo)*. Recuperado el 26 de Marzo de 2020
- Ghelfi, D. G. (2019). *EStudio sobre el Dimensionamiento Tecnológico-Mecánico del Parque de Maquinaria Agrícola, según la superficie a trabajar: Un caso en el Partido Suipach*. Informe final de tesis.
- Gómez, C. N., Villagra, M., & Solorzano, Q. M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1). Recuperado el 7 de Febrero de 2023, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000100167
- Hernández, Á. J., Gutiérrez, R., Diaz, V., González, H., & Serrato, C. (2022). Evaluación del nivel de mecanización tecno-agrícola en seis municipios del valle de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3). Recuperado el 16 de Agosto de 2022
- Huansha, A. E. (2002). *Dimensionar un parque de maquinaria agrícola para el Callejón de Huaylas*. Informe final de tesis, Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Huaraz. Recuperado el 20 de Junio de 2022
- Huascupe, H. J. (2019). *POTENCIA ÓPTIMA EN TRACTORES AGRÍCOLAS EN EL CIP ILLIPA*. Informe de tesis, Puno. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Huascupe_Huanca_Justo%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Huascupe_Huanca_Justo%20(2).pdf)
- Hunt, D. (1988). *Manual de maquinaria agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos*. México: Ciencia y Técnica. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <https://www.worldcat.org/title/manual-de-maquinaria-agricola-rendimiento-economico-costos-operaciones-potencia-y-seleccion-de-equipo-manual-de-laboratorio-y-cuaderno-de-trabajo/oclc/20141707?referer=di&ht=edition>
- Hunt, D. L. (1987). *Manual de Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos* (Primera reimpresión ed.). México: Editorial imusa s. A. de c. V.
- Larqué, S. B., Cortés, E., Sánchez, H., Ayala, G., & Sangerman-Jarquín, D. (2012). Análisis de la mecanización agrícola de la región Atlacomulco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrarias*, 3(4). Recuperado el 7 de Febrero de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342012000900027&script=sci_arttext
- López, S. A., González, C., Cadena, Z., & González, B. (2012). Efecto de la labranza primaria en la calidad física del suelo, evaluada mediante permeámetro de disco. *Tecnología y Ciencia del agua*, 3(4). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000400008
- Lujan, C. E. (2017). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA Y DEMANDA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LOS SECTORES: EL MORO, VICHANZO, MOCHICA ALTA Y COMACHE, DEL VALLE MOCHE - REGIÓN LA LIBERTAD*. Informe de tesis, Trujillo. Recuperado el 7 de Mayo de 2020
- Machaca, H. G. (2017). *COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN EL LABOREO*

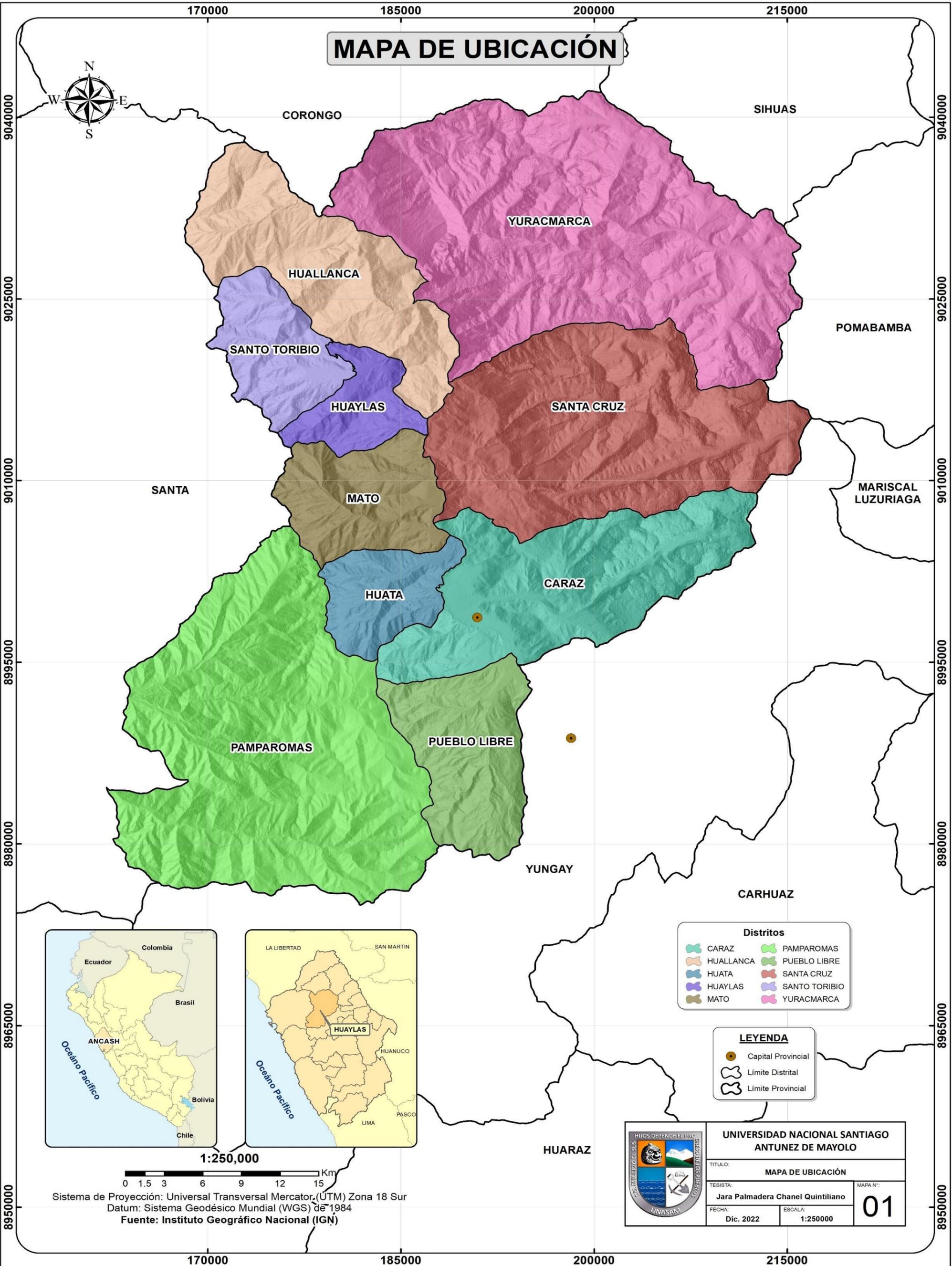
- DEL SUELO EN EL C. I. P. ILLPA*. Informe de tesis, Puno. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4817/Machaca_Huayta_Goyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mendoza, M. M. (2021). *Efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en la producción agrícola: Revisión de literatura*. Informe final de graduación. Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a8681a48-2637-44e2-9867-5b12a8ee8a51/content>
- Ministerio de Agricultura. (2004). *Resultados de la construcción del marco de área - región natural sierra departamento de Ancash*. Ancash, Lima.
- Navarro, G. F. (2017). *COMPARACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EMPLEANDO DOS SEMBRADORAS DE PRECISIÓN EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN VS. AGRICULTURA CONVENCIONAL*. Informe de tesis, Lima. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2719/E16-N38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz, Z. J. (2016). *COMPARACIÓN TECNICO-ECONÓMICO DEL TRASPLANTE TRADICIONAL VS EL TRASPLANTE EN HILERAS DEL ARROZ (Oryza sativa L.) EN BELLAVISTA - SAN MARTÍN*. Informe de tesis, Tarapoto. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de La presente investigación se fundamenta en la comparación de los métodos de trasplante
- Ortiz-Cañavate, J., Barreiros, E. P., Diezma, I., García, R., Gil, S., Moya, G., . . . Valerio, U. (2012). *Las máquinas agrícolas y su aplicación (7º Edición ed.)*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Ortiz-Cañavate, P.-M. J. (2010). El Sector de la Maquinaria y Mecanización Agraria en España. *II Jornada del Foro Académico Empresarial Hispano Chino*. Madrid. Recuperado el 7 de Febrero de 2023, de <https://oa.upm.es/cgi/export/8936/>
- Pereira, M. C., Pérez, M., Marín, D., & González, C. (Marzo de 2015). ExploMaq, software para la evaluación energética y económica de la maquinaria agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1). Recuperado el 12 de Marzo de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542015000100010&script=sci_arttext&tlng=en
- Reina, C. J. (2004). *Análisis del parque de Tractores Agrícolas en el Ecuador*. Informe final de tesis, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Energía y Mecanización, Chillán. Recuperado el 16 de Agosto de 2022, de <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/8309/1/An%C3%A1lisis%20del%20parque%20de%20tractores%20agr%C3%ADcolas%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Rodríguez, D. S., & Orbegoso, N. (25 de Septiembre de 2018). DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y MECANIZACIÓN EN PERÚ. *Revista Tzhoecoen*, 10(3), 483-494. Recuperado el 6 de Mayo de 2020, de ISSN: 1997-8731
- Toapanta, L. O. (2016). *Efecto de labranza convencional y siembra directa en las propiedades Físicas, Químicas y Biológicas del suelo y en la producción de tres cultivos de la sierra*. Informe final de graduación, Quito. Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10130/1/T-UCE-0004-90.pdf>
- Valdez, D. E. (2019). *Evaluación de las fuentes de energía utilizadas en la producción agrícola, distrito de*

- Mancos, Provincia de Yungay, Ancash - 2019*. Informe final de tesis, Universidad Nacionalo Santiago Antúnes de Mayolo, Ancash, Huaraz. Recuperado el 20 de Junio de 2022, de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4417/T033_47010756_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas, S. J., Audelo, B., Jiménez, R., Ayala, G., & Cervantes , O. (Diciembre de 2013). POTENCIA Y FUERZA DE TRACCIÓN EN LA BARRA DE TIRO DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS. Coatlinchán - Mexico. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3950/CIRCE_010208300100052501ok.pdf;sequence=1
- Villagra, M. K., Brenes, C., & Gómez, C. (2023). Efecto del balanceo de cargas en los ejes de tractores agrícolas sobre la eficiencia de labranza y propiedades Físico - Mecánicas de un suelo Vertisol. *Agronomía Costarricense*, 47(1), 101-121. Recuperado el 12 de Marzo de 2023, de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/53968/54790>
- Wong, B. M., Rios, H., & Pin, G. (2015). Procedimiento metodológico para el diseño de un sistema de información de la maquinaria agrícola. *Revista de Ingeniería Agrícola*, 5(1), 14-20.

XI ANEXOS

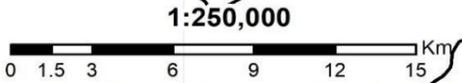


MAPA DE UBICACIÓN



- Districtos**
- CARAZ
 - HUALLANCA
 - HUATA
 - HUAYLAS
 - MATO
 - PAMPAROMAS
 - PUEBLO LIBRE
 - SANTA CRUZ
 - SANTO TORIBIO
 - YURACMARCA

- LEYENDA**
- Capital Provincial
 - Limite Distrital
 - Limite Provincial

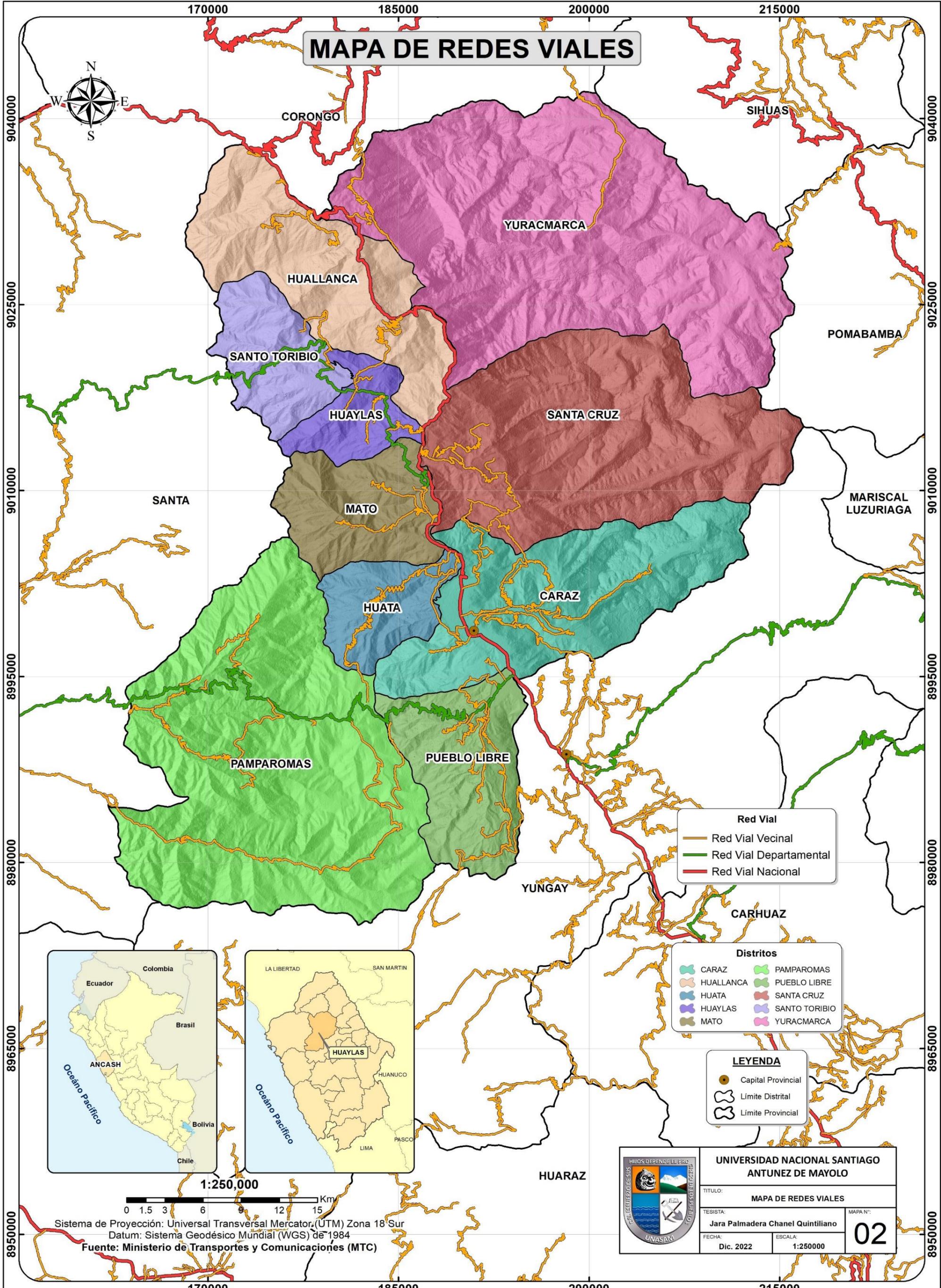


Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator.(UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO		
TITULO: MAPA DE UBICACIÓN		
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 01	
FECHA: Dic. 2022	ESCALA: 1:250000	

MAPA DE REDES VIALES



Red Vial

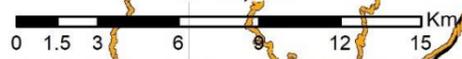
- Red Vial Vecinal
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional

Distritos

- CARAZ
- HUALLANCA
- HUATA
- HUAYLAS
- MATO
- PAMPAROMAS
- PUEBLO LIBRE
- SANTA CRUZ
- SANTO TORIBIO
- YURACMARCA

LEYENDA

- Capital Provincial
- Límite Distrital
- Límite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

TITULO: MAPA DE REDES VIALES

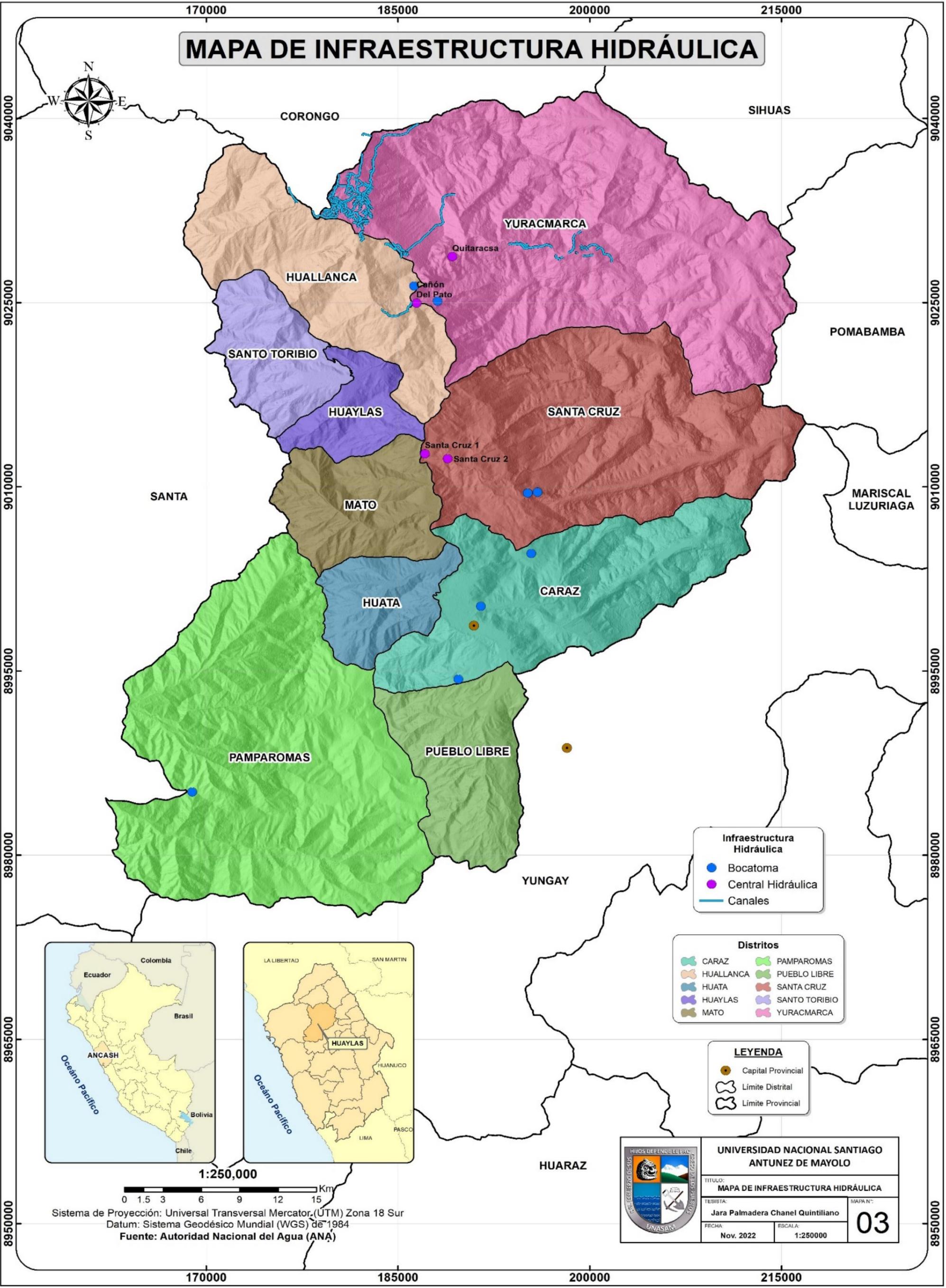
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano

FECHA: Dic. 2022

ESCALA: 1:250000

MAPA N°: 02

MAPA DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA



Infraestructura Hidráulica

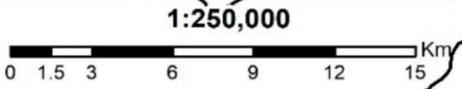
- Bocatoma
- Central Hidráulica
- Canales

Distritos

- CARAZ
- HUALLANCA
- HUATA
- HUAYLAS
- MATO
- PAMPAROMAS
- PUEBLO LIBRE
- SANTA CRUZ
- SANTO TORIBIO
- YURACMARCA

LEYENDA

- Capital Provincial
- Límite Distrital
- Límite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator.(UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

TÍTULO: MAPA DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

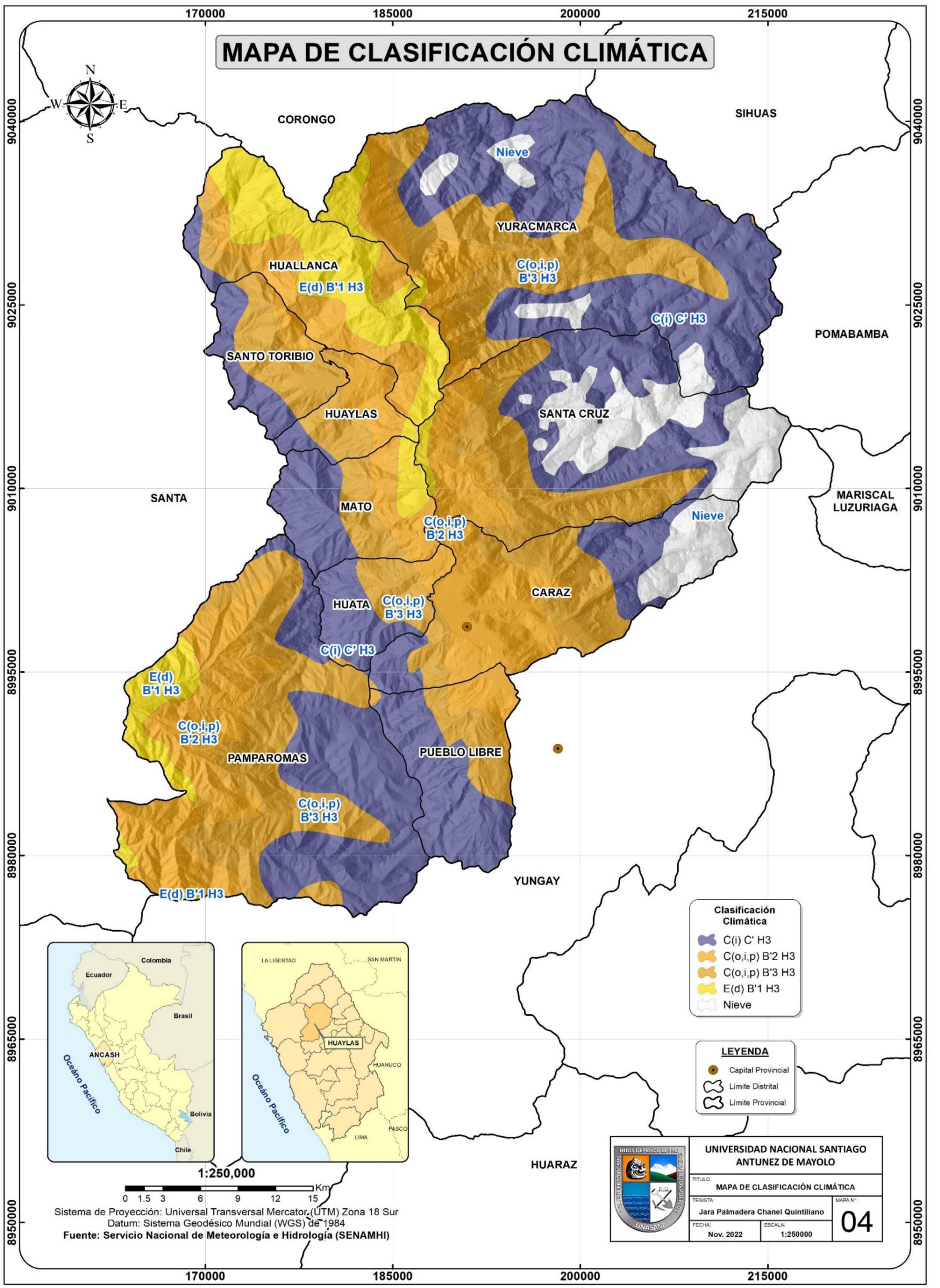
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano

FECHA: Nov. 2022

ESCALA: 1:250000

MAPA N°: 03

MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

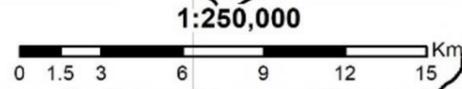


Clasificación Climática

- C(i) C' H3
- C(o,i,p) B'2 H3
- C(o,i,p) B'3 H3
- E(d) B'1 H3
- Nieve

LEYENDA

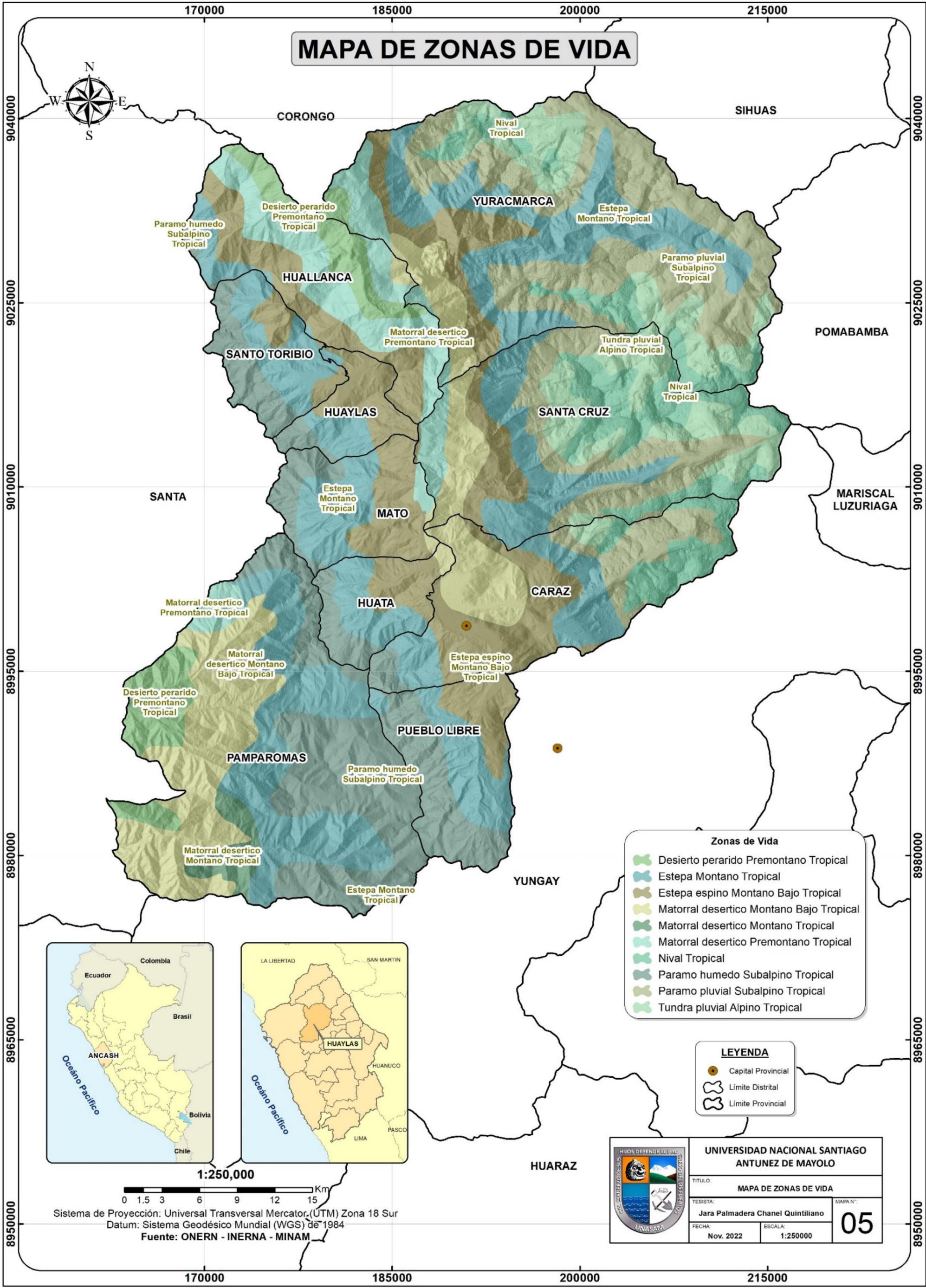
- Capital Provincial
- Límite Distrital
- Límite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

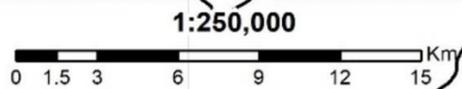
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
	TÍTULO: MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	
	TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 04
	FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA DE ZONAS DE VIDA



- Zonas de Vida**
- Desierto perarido Premontano Tropical
 - Estepa Montano Tropical
 - Estepa espino Montano Bajo Tropical
 - Matorral desertico Montano Bajo Tropical
 - Matorral desertico Montano Tropical
 - Matorral desertico Premontano Tropical
 - Nival Tropical
 - Paramo humedo Subalpino Tropical
 - Paramo pluvial Subalpino Tropical
 - Tundra pluvial Alpino Tropical

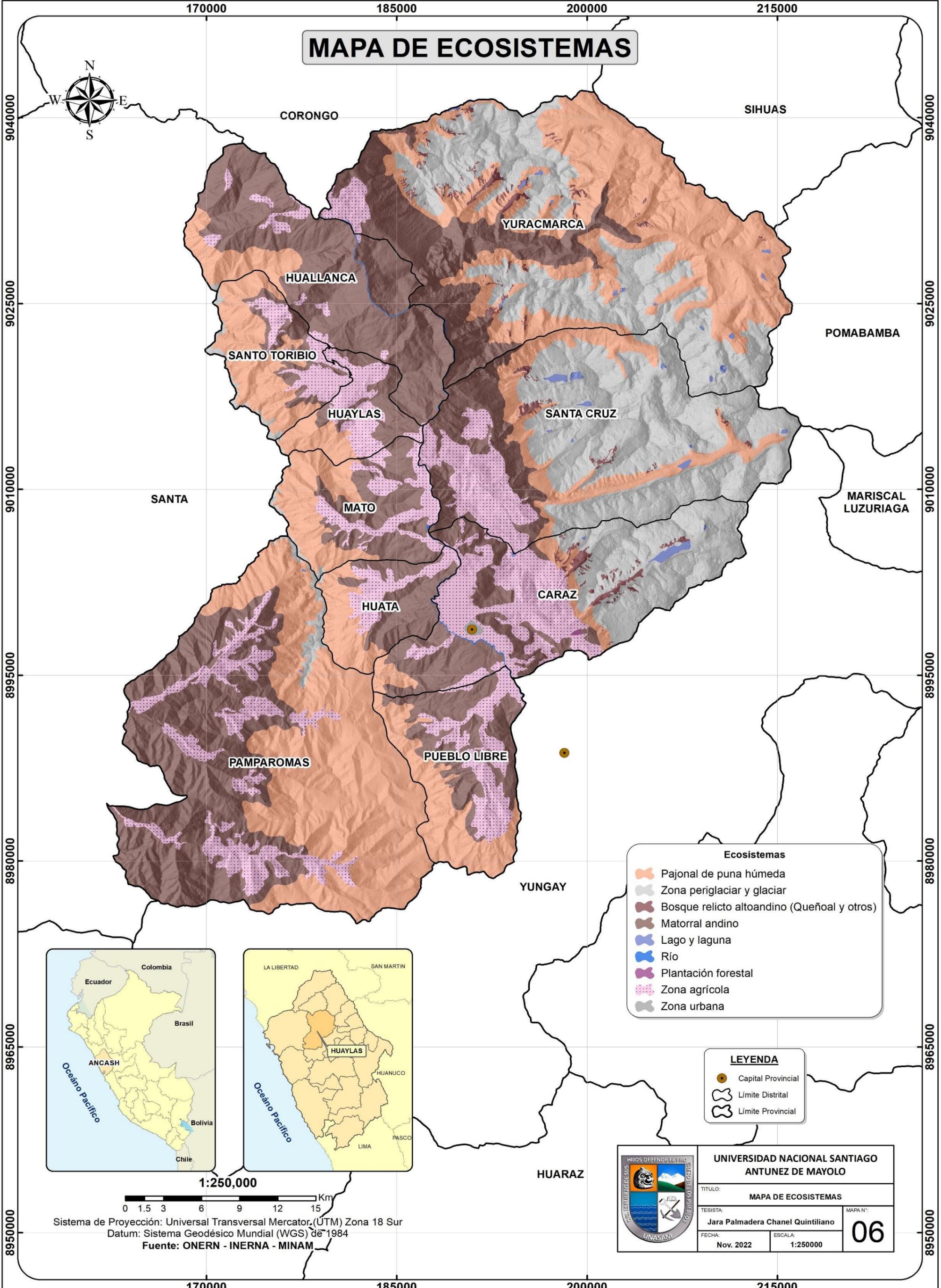
- LEYENDA**
- Capital Provincial
 - Limite Distrital
 - Limite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: ONERN - INERNA - MINAM

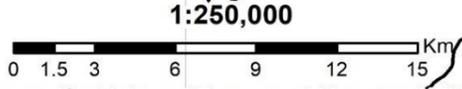
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
	TITULO: MAPA DE ZONAS DE VIDA	
	TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 05
	FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA DE ECOSISTEMAS



- Ecosistemas**
- Pajonal de puna húmeda
 - Zona periglacial y glaciar
 - Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)
 - Matorral andino
 - Lago y laguna
 - Río
 - Plantación forestal
 - Zona agrícola
 - Zona urbana

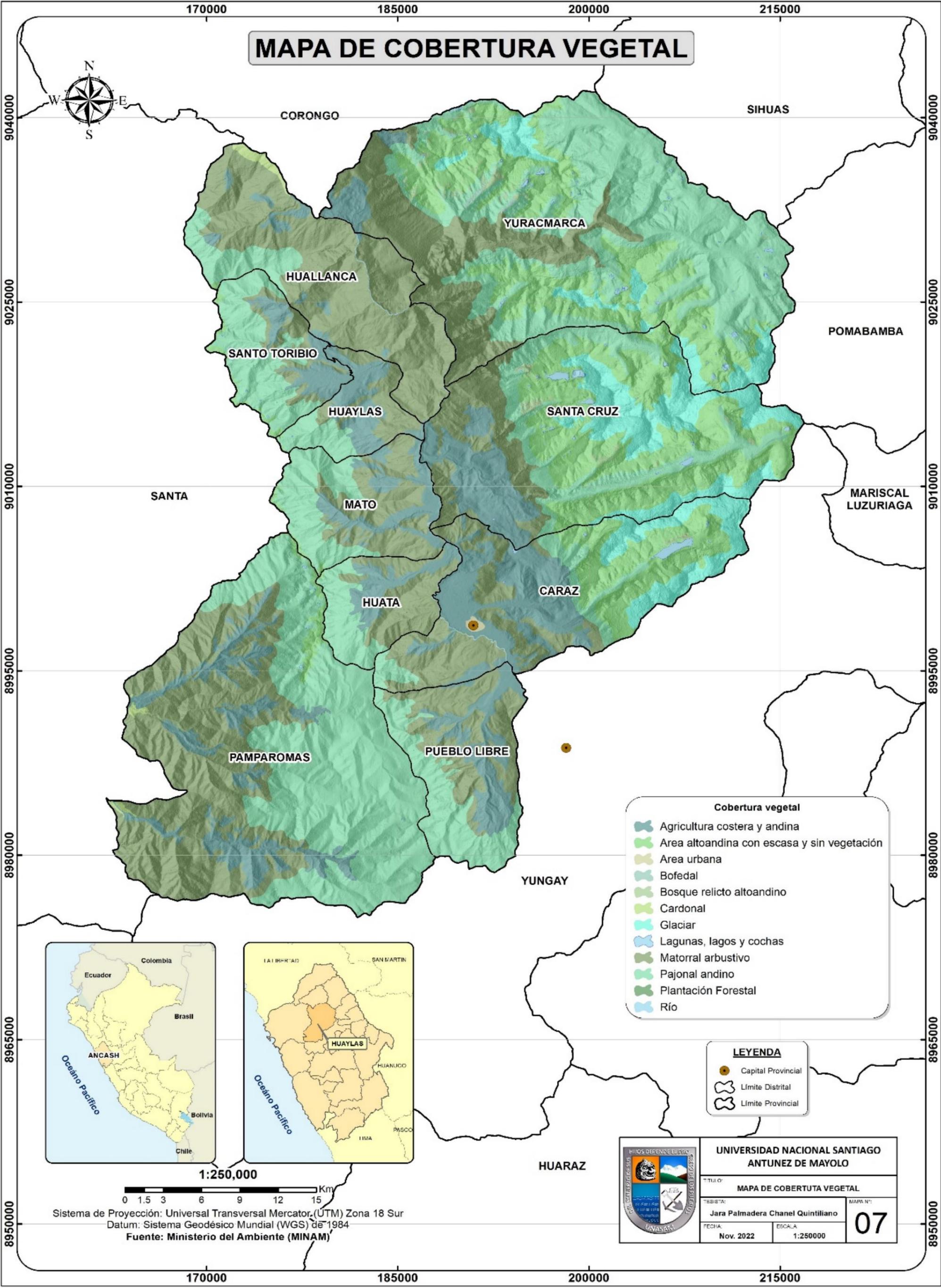
- LEYENDA**
- Capital Provincial
 - Límite Distrital
 - Límite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: ONERN - INERNA - MINAM

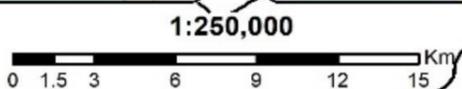
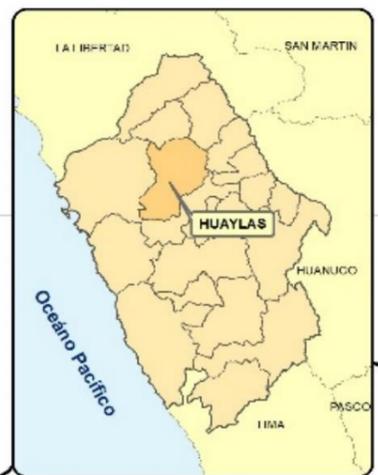
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
	TÍTULO: MAPA DE ECOSISTEMAS	
	TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 06
	FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA DE COBERTURA VEGETAL



- Cobertura vegetal**
- Agricultura costera y andina
 - Area altoandina con escasa y sin vegetación
 - Area urbana
 - Bofedal
 - Bosque relicto altoandino
 - Cardonal
 - Glaciar
 - Lagunas, lagos y cochas
 - Matorral arbustivo
 - Pajonal andino
 - Plantación Forestal
 - Río

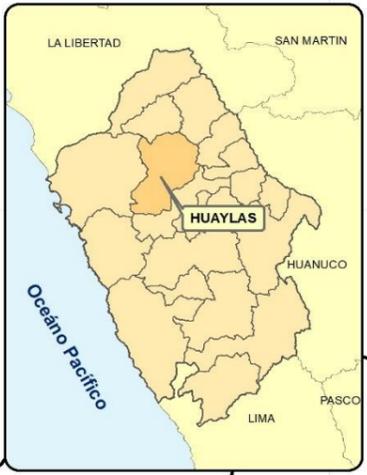
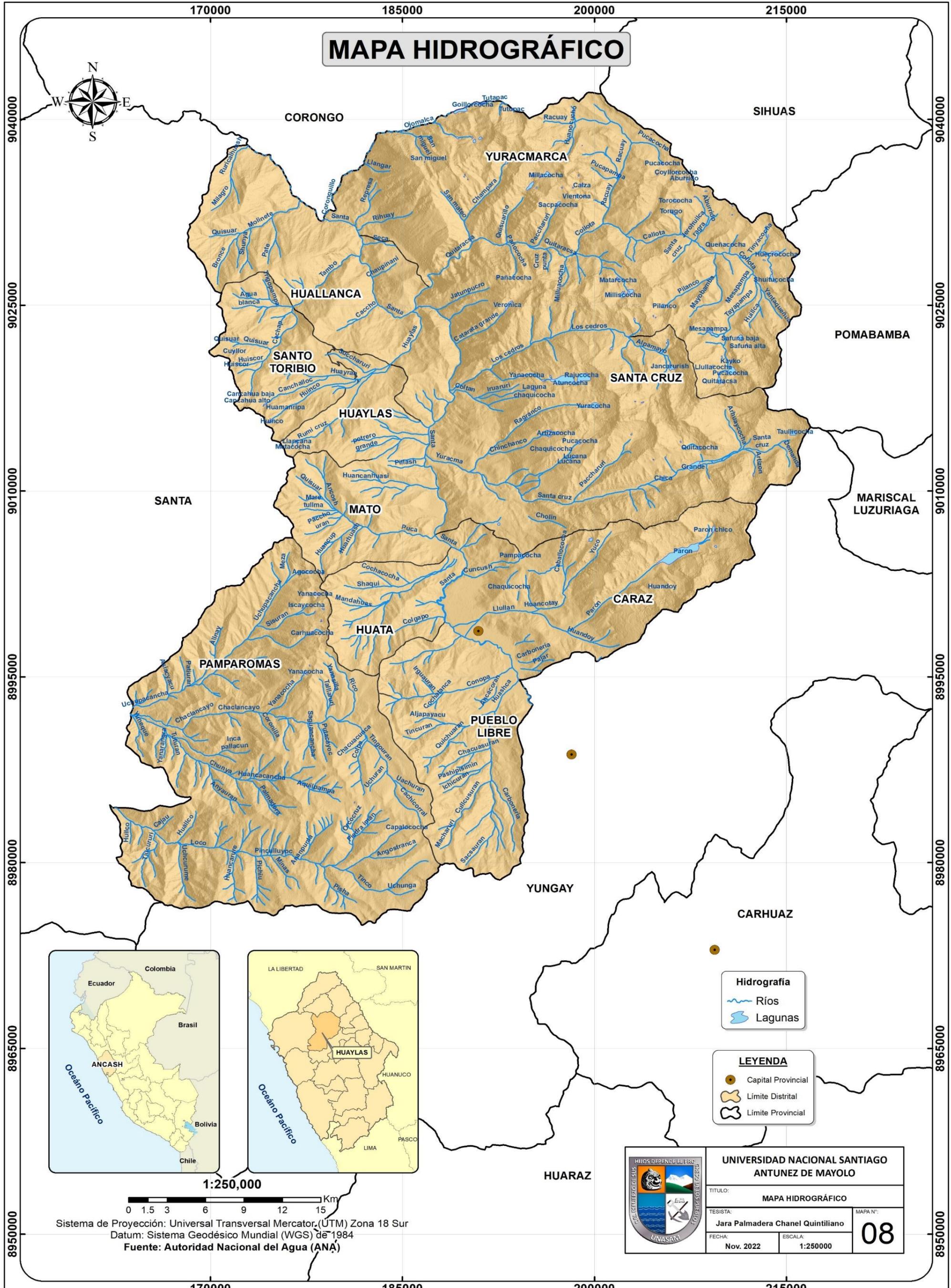
- LEYENDA**
- Capital Provincial
 - Limite Distrital
 - Limite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM)

	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
	TÍTULO: MAPA DE COBERTURA VEGETAL	
	AUTOR: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 07
	FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA HIDROGRÁFICO

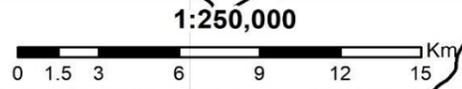


Hidrografía

- Ríos
- Lagunas

LEYENDA

- Capital Provincial
- Límite Distrital
- Límite Provincial

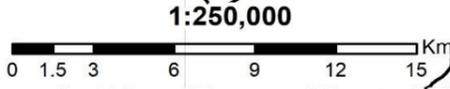
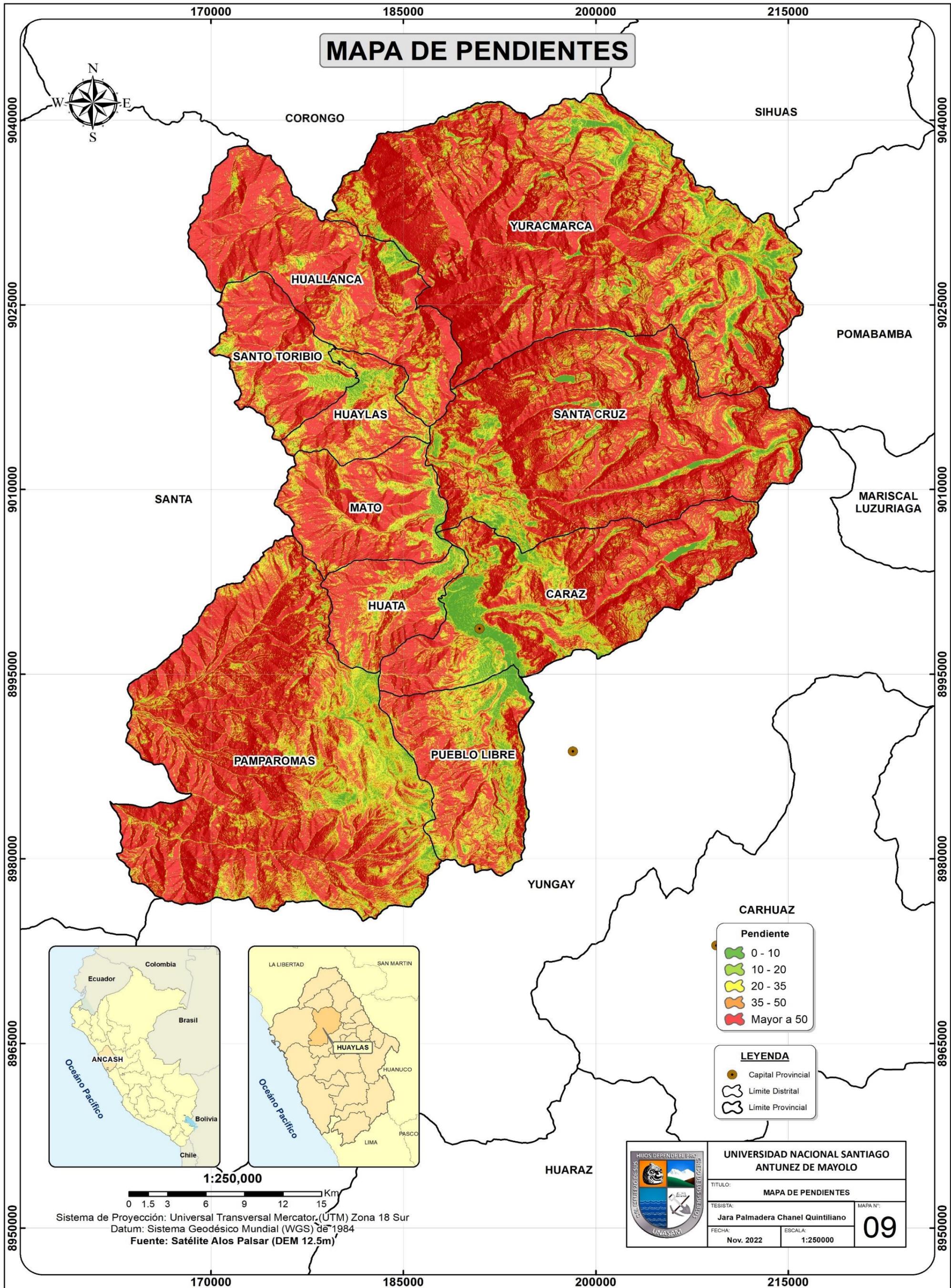


Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO		
TÍTULO: MAPA HIDROGRÁFICO		
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 08	
FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000	

MAPA DE PENDIENTES

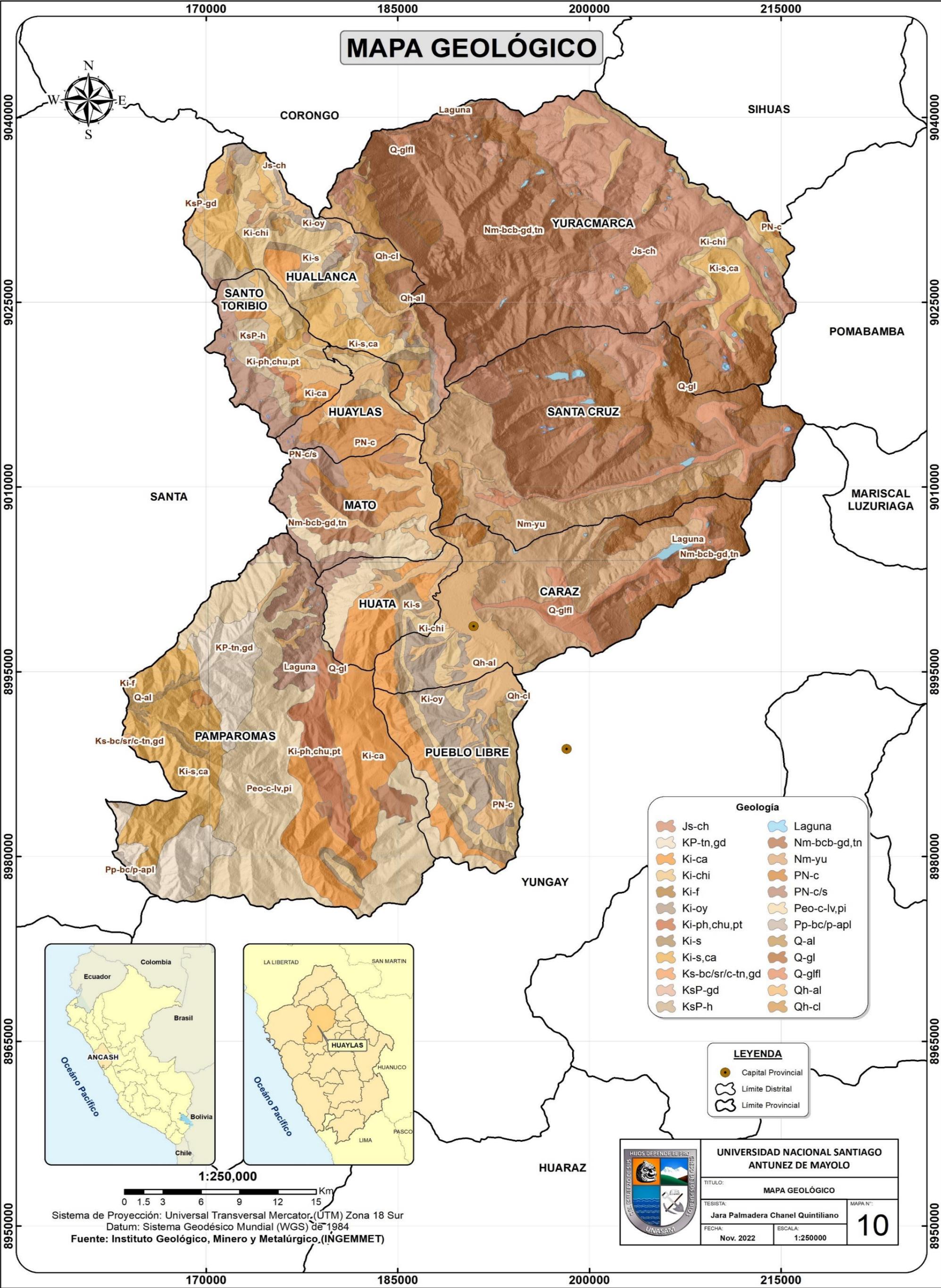


Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Satélite Alos Palsar (DEM 12.5m)



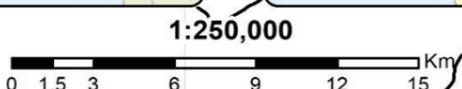
UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
TITULO: MAPA DE PENDIENTES	
TESISISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 09
FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA GEOLÓGICO



Geología	
Js-ch	Laguna
KP-tn,gd	Nm-bcb-gd,tn
Ki-ca	Nm-yu
Ki-chi	PN-c
Ki-f	PN-c/s
Ki-oy	Peo-c-lv,pi
Ki-ph,chu,pt	Pp-bc/p-apl
Ki-s	Q-al
Ki-s,ca	Q-gl
Ks-bc/sr/c-tn,gd	Q-glfl
KsP-gd	Qh-al
KsP-h	Qh-cl

LEYENDA	
	Capital Provincial
	Límite Distrital
	Límite Provincial

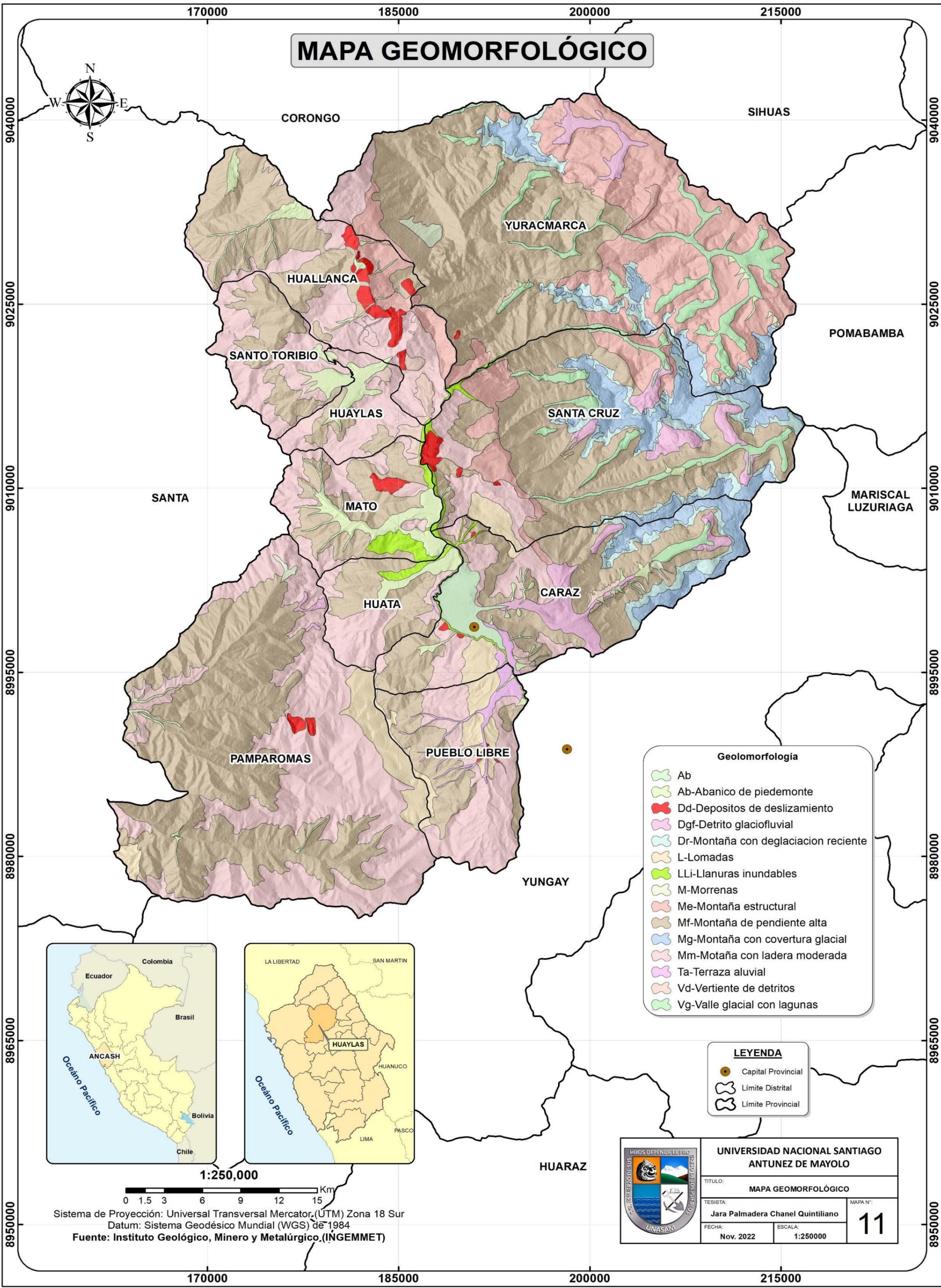


Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator.(UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.(INGEMMET)



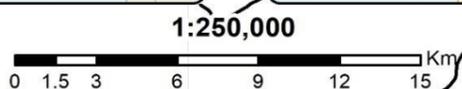
UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
TÍTULO: MAPA GEOLÓGICO	
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 10
FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA GEOMORFOLÓGICO



- Geomorfología**
- Ab
 - Ab-Abanico de piedemonte
 - Dd-Depositos de deslizamiento
 - Dgf-Detrito glaciofluvial
 - Dr-Montaña con deglaciacion reciente
 - L-Lomadas
 - LLi-Llanuras inundables
 - M-Morrenas
 - Me-Montaña estructural
 - Mf-Montaña de pendiente alta
 - Mg-Montaña con cobertura glacial
 - Mm-Motaña con ladera moderada
 - Ta-Terraza aluvial
 - Vd-Vertiente de detritos
 - Vg-Valle glacial con lagunas

- LEYENDA**
- Capital Provincial
 - Límite Distrital
 - Límite Provincial

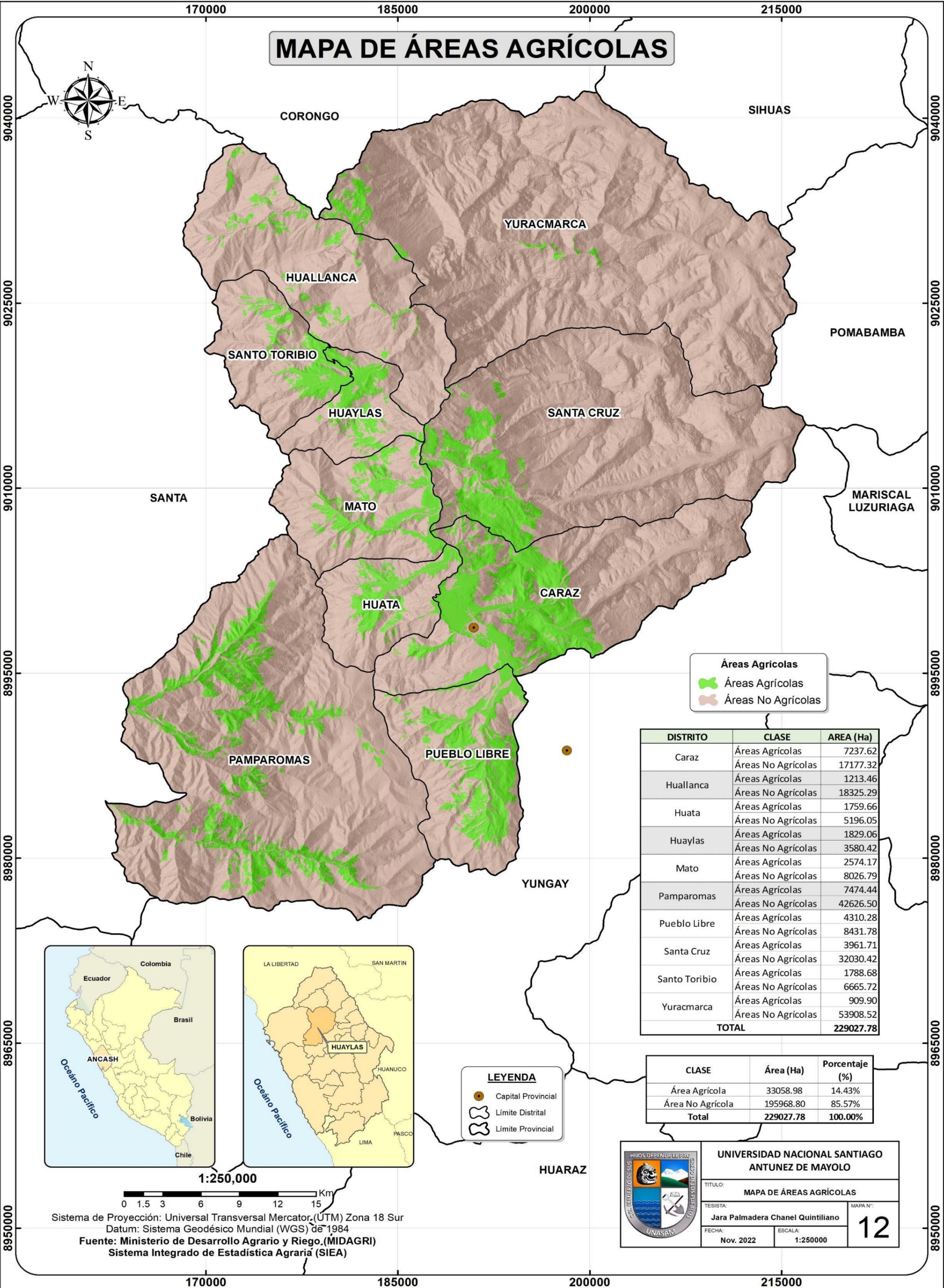


Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, (INGEMMET)



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	
TITULO: MAPA GEOMORFOLÓGICO	
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano	MAPA N°: 11
FECHA: Nov. 2022	ESCALA: 1:250000

MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS



Áreas Agrícolas

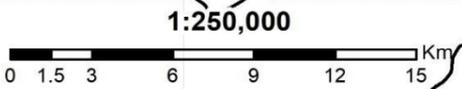
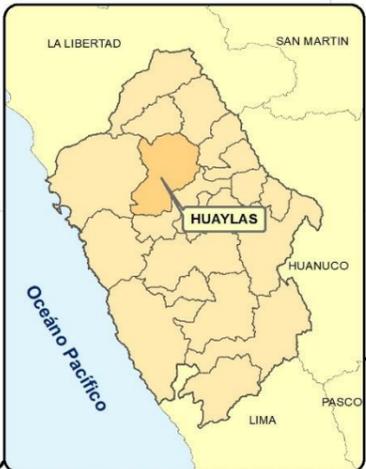
- Áreas Agrícolas
- Áreas No Agrícolas

DISTRITO	CLASE	AREA (Ha)
Caraz	Áreas Agrícolas	7237.62
	Áreas No Agrícolas	17177.32
Huallanca	Áreas Agrícolas	1213.46
	Áreas No Agrícolas	18325.29
Huata	Áreas Agrícolas	1759.66
	Áreas No Agrícolas	5196.05
Huaylas	Áreas Agrícolas	1829.06
	Áreas No Agrícolas	3580.42
Mato	Áreas Agrícolas	2574.17
	Áreas No Agrícolas	8026.79
Pamparomas	Áreas Agrícolas	7474.44
	Áreas No Agrícolas	42626.50
Pueblo Libre	Áreas Agrícolas	4310.28
	Áreas No Agrícolas	8431.78
Santa Cruz	Áreas Agrícolas	3961.71
	Áreas No Agrícolas	32030.42
Santo Toribio	Áreas Agrícolas	1788.68
	Áreas No Agrícolas	6665.72
Yuracmarca	Áreas Agrícolas	909.90
	Áreas No Agrícolas	53908.52
TOTAL		229027.78

CLASE	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Área Agrícola	33058.98	14.43%
Área No Agrícola	195968.80	85.57%
Total	229027.78	100.00%

LEYENDA

- Capital Provincial
- Límite Distrital
- Límite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, (MIDAGRI)
 Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA)

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

TÍTULO: MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS

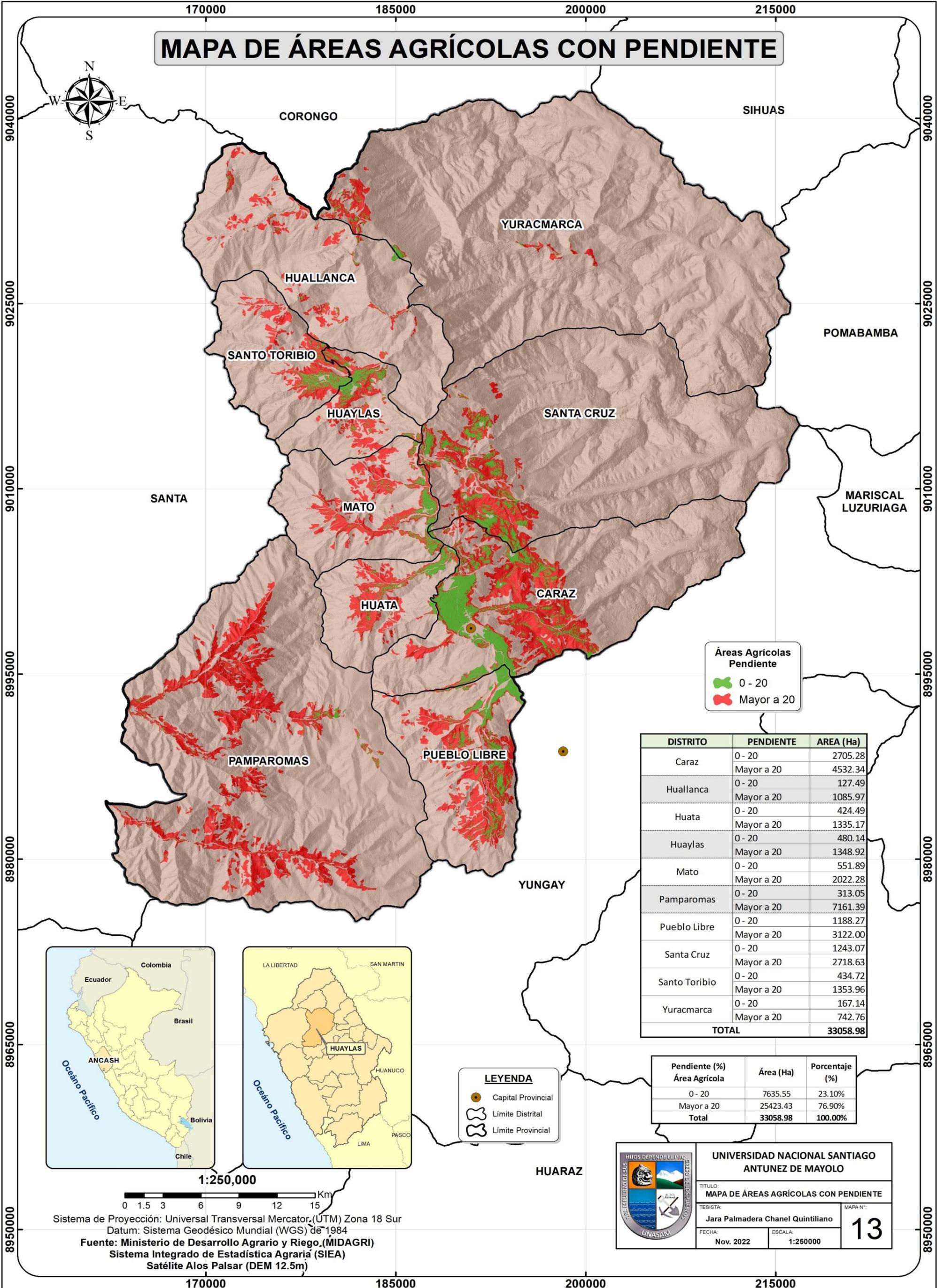
TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano

FECHA: Nov. 2022

ESCALA: 1:250000

MAPA N°: 12

MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS CON PENDIENTE



Áreas Agrícolas Pendiente

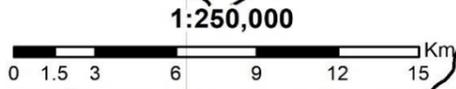
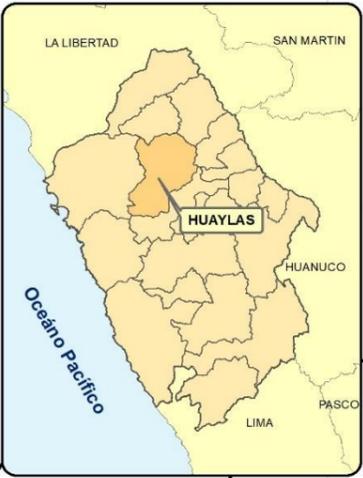
- 0 - 20
- Mayor a 20

DISTRITO	PENDIENTE	AREA (Ha)
Caraz	0 - 20	2705.28
	Mayor a 20	4532.34
Huallanca	0 - 20	127.49
	Mayor a 20	1085.97
Huata	0 - 20	424.49
	Mayor a 20	1335.17
Huaylas	0 - 20	480.14
	Mayor a 20	1348.92
Mato	0 - 20	551.89
	Mayor a 20	2022.28
Pamparomas	0 - 20	313.05
	Mayor a 20	7161.39
Pueblo Libre	0 - 20	1188.27
	Mayor a 20	3122.00
Santa Cruz	0 - 20	1243.07
	Mayor a 20	2718.63
Santo Toribio	0 - 20	434.72
	Mayor a 20	1353.96
Yuracmarca	0 - 20	167.14
	Mayor a 20	742.76
TOTAL		33058.98

Pendiente (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
0 - 20	7635.55	23.10%
Mayor a 20	25423.43	76.90%
Total	33058.98	100.00%

LEYENDA

- Capital Provincial
- Límite Distrital
- Límite Provincial



Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator, (UTM) Zona 18 Sur
 Datum: Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984
 Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, (MIDAGRI)
 Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA)
 Satélite Alos Palsar (DEM 12.5m)

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

TÍTULO: MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS CON PENDIENTE

TESISTA: Jara Palmadera Chanel Quintiliano

FECHA: Nov. 2022

ESCALA: 1:250000

MAPA N°: **13**