

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



“IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE CHOTA, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - SIG”

T E S I S

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentada por el Bachiller:

DUBERLÍ BUSTAMANTE DELGADO

Asesor:

Dr. WILFREDO POMA ROJAS

Cajamarca – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los tres días del mes de noviembre del año dos mil veintidós, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 220-2022-FCA-UNC, de fecha 19 de julio del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE CHOTA, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - SIG"**, realizada por el Bachiller **DUBERLI BUSTAMANTE DELGADO** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y dos minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de catorce (14); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y veinticinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez
SECRETARIO

Ing. M. Sc. José Ramiro Díaz Cumpén
VOCAL

Dr. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

Mis más sinceras palabras de

Agradecimiento A:

Dios porque todo lo puedo en el que me fortalece, porque sin su sabiduría y fortaleza no hubiera logrado ser un profesional de la Agronomía y concluir el presente trabajo.

Mi madre, Doraliza Delgado Herrera a mis hermanas: Luz Mery, Flor Ismenia, Yuvit Bustamante Delgado; quienes fueron los pilares fundamentales en mi educación, a mis amigos y familiares quienes siempre confiaron en mí para llegar a ser profesional.

A mi querido abuelo German Bustamante Idrogo; que desde el cielo me guía para seguir adelante y cumplir cada una de mis metas trazadas.

A mis compañeros de estudio, maestros y amigos, quienes sin su ayuda no hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis: Dr. Wilfredo Poma Rojas, por brindarme el apoyo necesario y los conocimientos para poder lograr este cometido. Y también de manera muy especial al Ing. Denis Alvarino Cieza Tarrillo y al Ing. Luis Miguel Tarrillo Vásquez por brindarme su apoyo incondicional para poder terminar con éxito este trabajo de investigación

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II.....	11
REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación (sea a nivel internacional, nacional, regional y local).	11
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1 Disposición final de residuos sólidos.	14
2.2.2. Relleno sanitario.....	14
2.2.3. Residuos sólidos	14
2.2.4. Consecuencias de la disposición final de residuos sólidos en lugares no adecuados	15
2.2.5. Criterios para el estudio de selección de área de la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos	15
2.2.7. Sistemas de Información Geográfica	20
2.3. Definición de términos Básicos	23
CAPÍTULO III.....	26
MARCO METODOLÓGICO	26
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	26
3.2. Materiales	28
3.2.1. Materiales y equipos de campo.	28
3.3. Metodología.....	28
3.3.1. Fase de gabinete.....	29
3.3.2. Fase de campo	31
3.3.3. Fase final de gabinete.....	31

CAPITULO IV	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Resultados	32
4.1.2. Identificación de áreas propicias donde se puede instalar el relleno sanitario.	32
4.1.3. Análisis multicriterio	56
4.1.3. Elaboración del mapa final con las zonas óptimas para la instalación de relleno sanitario.	76
4.1.4. Evaluación de áreas identificadas en campo.....	76
CAPITULO V	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
CAPITULO VI.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hidrografía del distrito de Chota.....	32
Tabla 2. Establecimientos de salud del distrito de Chota.....	36
Tabla 3. Instituciones educativas del distrito de Chota.....	38
Tabla 4. Listado de caserios del distrito de Chota.....	42
Tabla 5. Análisis de pendiente de la superficie terrestre.....	47
Tabla 6. Análisis de Capacidad de Uso de Suelo	50
Tabla 7. Clasificación geológica de la superficie terrestre del distrito de Chota.	52
Tabla 8. Distribución de la cobertura vegetal.....	54
Tabla 9. Criterio de evaluación hidrográfico.....	56
Tabla 10. Criterio de distancia a carreteras	58
Tabla 11. Análisis de zonas arqueológicas.....	60
Tabla 12. Análisis del criterio de distancia a centros poblados.....	62
Tabla 13. Análisis del criterio de distancia a centros educativos	62
Tabla 14. Análisis del criterio de distancia a centros de salud	62
Tabla 15. Análisis de fallas geológicas	66
Tabla 16. Criterio de evaluación de la pendiente.....	68
Tabla 17. Análisis del criterio de uso mayor del suelo.	70
Tabla 18. Criterio geológico.....	72
Tabla 19. Análisis de criterio de cobertura.....	74
Tabla 20. Áreas óptimas identificadas	76
Tabla 21. Distancia de la ciudad a la zona óptima.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Chota	27
Figura 2. Reclasificación de criterios	30
Figura 3. Multiplicación de ráster con la herramienta Ráster Calculator.	30
Figura 4. Mapa vial del distrito de Chota.....	34
Figura 5. Mapa de arqueología.....	35
Figura 6. Mapa de Centros Educativos del distrito de Chota.....	44
Figura 7 . Mapa de Centros Poblados del distrito de Chota.....	45
Figura 8. Centros de salud del distrito de Chota	46
Figura 9. Mapa de Fallas geológicas	48
Figura 10. Mapa de Pendiente del distrito de Chota.....	49
Figura 11. Mapa de uso mayor distrito de Chota	51
Figura 12. Mapa de la geología del distrito de Chota.....	53
Figura 13. Mapa de cobertura vegetal distrito de Chota.....	55
Figura 14. Mapa criterio hidrografía.....	57
Figura 15. Mapa de criterio distancia de carreteras	59
Figura 16.. Mapa de criterio arqueológico	61
Figura 17. Mapa de criterio de centros educativos	63
Figura 18. Mapa de criterio centros poblados	64
Figura 19. Mapa de criterio centros de salud	65
Figura 20. Mapa criterio fallas geologicas	67
Figura 21. Mapa criterio pendientes	69
Figura 22. Mapa de criterio de uso mayor del suelo.....	71
Figura 23 Mapa de Criterio geología	73
Figura 24. Mapa criterio cobertura vegetal	75
Figura 25. Zonas optimas para la istalación de relleno sanitario	78
Figura 26. Zona optima y no óptima para la instalación de un relleno sanitario	79
Figura 27. Àrea optima Centro Poblado La Palma.....	84
Figura 28. Àrea optima Centro poblado La Libertad la Palma	84
Figura 29. Àrea Optima Centro Poblano Condorpullana Zona Baja.....	85
Figura 30. Àrea Óptima Centro Poblado Condorpullana Zona Alta	85
Figura 31. Area Óptima Centro Poblado Progresopampa.....	86
Figura 32. Area Óptima Centro Poblado Silleropata Bajo.....	86
Figura 33. Area optima centro poblado Lingan Grande	87
Figura 34. Area optima caserio Lanchebamba	87
Figura 35. Area òptima caserio Pampa la Laguna.....	88
Figura 36. Validación en campo de area óptima	88

RESUMEN

La presente investigación surge como una alternativa al problema del aumento demográfico del distrito de Chota provincia de Chota, región Cajamarca, específicamente los impactos sobre el suelo, aire, agua que trae la disposición de residuos sólidos. Para su análisis el presente trabajo se basó en el estudio multicriterio de selección de sitio para la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Chota. El objetivo fue identificar mediante herramientas SIG, áreas potenciales donde se pueda construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de Chota, integrado a los criterios de selección de sitio como pendiente, geología, distancia a carreteras, hidrología, distancia a la población urbana – rural, arqueológico, centros poblados ,centros de salud, fallas geológicas, cobertura vegetal, uso mayor; estos criterios se evaluaron mediante la evaluación multicriterio y los pesos para cada criterio fueron de 0 para lugares no óptimos y 1 para lugares óptimos, empleando los SIG se obtuvieron cinco zonas óptimas dentro del área de estudio, cada uno de ellas con sus áreas correspondientes: Área 1 =9.79 ha., Área 2 = 80.64 ha., Área 3 = 51.21 ha., Área 4 = 161.95 ha. , Área 5 = 6.04 ha., Área 6 = 34.22 ha., Área 7 = 172.32 ha., Área 8= 20.69 ha.

La metodología utilizada tuvo una fase de campo, en la cual la recopilación de información y la toma de puntos de control con GPS fue in situ, y en la fase de gabinete se determinaron la caracterización de la gestión de los residuos sólidos, los criterios de selección de sitio, la elaboración de los mapas temáticos, la superposición de mapas y posteriormente el análisis e interpretación. El distrito de Chota cuenta con una población de 15 640 habitantes según el censo 2017. Mientras que para el año 2025 se estima que la población sea de 18 700 habitantes, a medida que la población y la urbanización aumenta, el consumo aumenta y con ello los residuos sólidos es un gran problema para la gestión municipal, por lo tanto, elegir el sitio óptimo para un relleno sanitario es muy crucial.

Palabras claves: Relleno sanitario, residuos sólidos, población urbana – rural.

ABSTRACT

The present investigation emerges as an alternative to the problem of population increase in the Chota district of Chota province, Cajamarca region, specifically the impacts on soil, air, water that solid waste deposition brings. For this analysis the present work was based on the multicriteria site selection study for the optimal location of a landfill in the Chota district. The objective was to identify through GIS tools, potential areas where a solid waste treatment and final disposal plant can be built in the district of Chota - Cajamarca Department, integrated to the site selection criteria such as slope, geology, road distance, hydrology, distance to the urban - rural population, Archeological, population centers, Health scepters, Geological faults, Plant cover, major use; These criteria were evaluated by the multicriteria evaluation and the weights for each criterion were 0 for non-optimal places and 1 for optimal places, using the GIS, five optimal areas were obtained within the study area, each with its corresponding areas: Area 1 = 9.79 ha., Area 2 = 80.64 ha., Area 3 = 51.21 ha., Area 4 = 161.95 ha., Area 5 = 6.04 ha., Area 6 = 34.22 ha., Area 7 = 172.32 ha., Area 8 = 20.69 ha.

The methodology used had a field phase, in which the collection of information and the taking of control points with GPS was in situ, and in the cabinet phase the characterization of solid waste management was determined, the criteria for site selection, elaboration of thematic maps, map overlays and later analysis and interpretation. The district of Chota has a population of 15 640 inhabitants according to the population growth rate. While it is estimated that in the year 2025 the population is 18 700 inhabitants, as the population and urbanization increases, consumption increases and with it solid waste is a major problem for municipal management, therefore, choose The optimal site for a landfill is very crucial.

Keywords: Landfill, solid waste, urban - rural population.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos, especialmente relacionado con la disposición final, es una tarea compleja que se ha convertido en un problema común en los países en vías de desarrollo. Este problema adopta características particulares en localidades, debido a la falta de recursos, la ausencia de información sobre las consecuencias negativas de los botaderos, la falta de conocimiento de la tecnología apropiada que permita disponer los residuos sin que ello signifique incurrir en costos mayores de inversión y operación; en general, a la ausencia de conocimiento acerca de las alternativas para enfrentar el problema de la disposición final inadecuada de los residuos sólidos municipales, se han originado la formación de botaderos de residuos sólidos en las ciudades, donde se disponen los residuos sin las mínimas medidas sanitarias y de seguridad, propiciando la proliferación de vectores, prácticas insalubres de segregación y alimentación de animales con dichos residuos. Relacionado a este aspecto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en herramientas esenciales en el ámbito de la gestión y el ordenamiento del territorio, por su ayuda en el análisis, modelización y predicción de fenómenos con carácter espacial. Su presencia en los procesos de toma de decisiones va unida a la utilización de procedimientos dirigidos a evaluar un número de alternativas condicionadas por diferentes criterios para la obtención de uno o varios objetivos, para lo que se está utilizando técnicas de Evaluación Multicriterio como una herramienta orientada principalmente al manejo de la planificación, debido a que permite describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar alternativas en base a una evaluación de múltiples criterios.

Objetivo general

Identificar mediante herramientas SIG, áreas potenciales donde se pueda construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de Chota de la Región de Cajamarca.

Objetivos específicos

Definir la evaluación técnica para la selección de las áreas adecuadas donde se pueda instalar un relleno sanitario, a través de los criterios establecidos por el MINAM.

Modelar los criterios establecidos para el relleno sanitario, Empleando la Evaluación Multicriterio, mediante la aplicación de un SIG.

Elaborar el mapa de las áreas potenciales para la instalación de una planta de tratamiento y disposición de los residuos sólidos del distrito de Chota.

CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación (sea a nivel internacional, nacional, regional y local).

A nivel internacional

De acuerdo a la evaluación presentado por Tapia (2016) en su estudio Identificación de sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario a partir de un SIG en el municipio de Pupiales - Nariño; concluye: La implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, sin lugar a dudas provoca en el medio ambiente un impacto importante sobre el territorio y la comunidad de acuerdo a la instalación y el medio donde se localice. Razón por la cual es indispensable que se definan aquellos factores ambientales más importantes, y se valore la idoneidad del terreno en función del impacto que puede provocar la construcción. Después de la elaboración del modelo que permite identificar sitios potenciales donde se puede implementar un relleno sanitario para el municipio de Pupiales, se logró identificar que existen 177 hectáreas disponibles para dicha obra. Estas hectáreas están distribuidas en ocho veredas (zonas) del municipio.

Ya en el año 1995, se efectuó un estudio en el municipio de Salinas – Puerto Rico, para identificar la ubicación más apropiada para un relleno sanitario a nivel regional. El estudio fue efectuado también usando un Sistema de Información Geográfico (SIG). El análisis consideró los siguientes criterios: fallas geológicas, distancia de los aeropuertos, áreas susceptibles a inundación y/o fenómenos de remoción en masa, la localización de humedales. Otros factores utilizados en el análisis incluyeron pozos de abasto de agua, comunidades, reservas naturales, bosques estatales, especies amenazadas y en peligro de extinción, pendientes del terreno, infraestructuras de derechos de pasos, y cuerpos superficiales de agua.

Localización de Sitios Adecuados para Establecer un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio del Distrito Central de Honduras.

Santos Audato Paz Paz

En la ciudad capital de Honduras, conformada por las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela que constituyen el casco urbano del municipio del Distrito Centra, existe un viejo relleno sanitario, construido en 1977 con un extensión de aproximadamente 31 hectáreas y que recibe a diario entre 700 a 1,200 toneladas de desechos, su vida útil está por terminar lo que nos indica que el establecimiento de un nuevo sitio que acoja la gran cantidad de residuos que se generan en ambas ciudades es de suma importancia.

Hoy en día la determinación de zonas o sitios ideales para instalar un relleno sanitario se ve apoyada por diversas técnicas y herramientas informáticas, como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicando Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) entre otras. Basado en una metodología en donde se aborda básicamente la eficiencia espacial tanto económica como social, los elementos sensibles y la normativa legal existente en el país para el manejo de residuos sólidos, se han aplicado dos metodologías, la suma lineal ponderada y la booleana o binaria para determinar en la zona de estudio los sitios óptimos para ubicar el nuevo relleno sanitario en el Distrito Central.

Los resultados muestran diferencias sustanciales entre ambas metodologías, encontrándose seis (6) sitios óptimos en la metodología de suma lineal ponderada y únicamente tres (3) en la metodología booleana. Cada metodología tiene sus características propias que las hacen restrictivas o más abiertas al momento de aplicar este tipo de tecnología, pero si son de gran utilidad y aplicabilidad para resolver este tipo de problemas de ordenamiento territorial.

A Nivel Nacional

Javier (2015) en su estudio: Sistemas de información geográfica y la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos: propuesta para la provincia de Huánuco. Planteándose el siguiente objetivo “Elaborar una propuesta basado en los Sistemas de Información Geográfica para localización óptima de instalaciones para residuos sólidos en la Provincia de Huánuco” concluye: Se elaboró un modelo cartográfico cuyos resultados fueron tres áreas óptimas, considerándose conveniente la aplicación de criterios excluyentes para mejor ajuste del resultado, Se confeccionaron tres submodelos que permitieron el análisis del territorio determinando la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos Los estudios de caracterización del suelo, indicaron como lugares adecuados por la presencia del material de

cobertura, por tanto, se seleccionaron tres áreas óptimas, que reúnen las características para la instalación de un Relleno Sanitario.

Flores (2017) en su estudio “Gestión de residuos sólidos a través de Sistemas De Información Geográfica en el distrito de Huancavelica, 2017” Tuvo como objetivo, Gestionar los residuos sólidos a través de sistemas de información geográfica en el distrito de Huancavelica 2017 en metodología se empleó el método de la observación y levantamiento georreferencial, tipo aplicada, nivel descriptivo correlacional, de diseño no experimental; con una población de 3,1 km² y una muestra de 3,1 km²; posteriormente se realizó la obtención de datos a través del instrumento de observación y trabajo de gabinete en el sistema de información geográfica ArcGis.10.2. Obteniendo los resultados siguientes; el barrio de Santa Ana genera la mayor cantidad de residuos sólidos 10.163 kg/día, el cercado genera la menor cantidad de residuos sólidos 3.417,46 kg/día y el punto de acopio ubicado en la salida de Lircay recolecta la mayor cantidad de residuos sólidos 22.272 kg/mes; existen 12 puntos de acopio, de los cuales 9 punto se encuentra a cielo abierto y 3 puntos de acopio se ubican en contenedores; la mayor cantidad de residuos sólidos segregados en orgánicos e inorgánicos se encuentra en el Barrio de Santa Ana con 38.689,85 kg/mes y 23.846,65 kg/mes. La ruta de mayor kilometraje para la recolección se ubica en el barrio de Santa Ana con 8,703 km/día, y la de menor recorrido en Yananaco 6,747 km/día. El punto de disposición temporal de residuos sólidos se ubica en el Ex Camal y el de disposición final en el km 8,5 de la ruta Huancavelica-Palca. Conclusión: la gestión los residuos sólidos a través de sistemas de información geográfica en el distrito de Huancavelica 2017 es viable de acuerdo a análisis contextual analítico.

A Nivel Regional

Loyaga (2019) en su estudio “Identificación de áreas óptimas para instalar Un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica, distrito Las Pirias - provincia de Jaén, tiene como objetivo identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, la cual se desarrolló utilizando sistemas de información geográfica mediante la evaluación multicriterio, para ello, se integró los criterios establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente, de cuales se evaluaron ocho criterios de selección de sitio, a los que se les asignó valores de

“0” para áreas no aptas, “1” para áreas óptimas y “2” para áreas aceptables, obteniendo como resultado 2 áreas óptimas y 13 aceptables con una superficie mayor a 2 hectáreas donde se puede construir un relleno sanitario.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Disposición final de residuos sólidos.

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA 2010), la disposición final consiste en los procesos u operaciones que se realizan para tratar o disponer en un determinado lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. La disposición final se debe realizar en infraestructuras habilitadas, es decir en instalaciones debidamente equipadas y operadas. Nunca en botaderos clandestinos a cielo abierto.

2.2.2. Relleno sanitario

Según SINIA 2010, el relleno sanitario: Es la instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra. Se basa en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. Es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos sobre el ambiente y el riesgo para la salud de la población.

Consiste en preparar un terreno, colocar los residuos, extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo, con una capa de tierra de espesor adecuado.

Ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio, gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario, tales como áreas verdes y de recreación.

2.2.3. Residuos sólidos

Los residuos sólidos según la Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos, son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador

dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente.

2.2.4. Consecuencias de la disposición final de residuos sólidos en lugares no adecuados

La disposición final de los residuos sólidos en lugares no apropiados y en condiciones inadecuadas, ponen en riesgo a la población principalmente por el desarrollo y proliferación de animales e insectos vectores (moscas, mosquitos, ratas y cucarachas) portadores de microorganismos, capaces de transmitir enfermedades y deteriorar la salud, desde simples diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad. La alimentación de animales domésticos (cerdos, vacas, cabras y aves) en los botaderos, constituye otro factor que ponen en riesgo a la salud pública, ya que el residuo suele estar mezclados con restos de residuos infecciosos provenientes de los establecimientos de atención de salud, entre otro (Eguizabal 2013).

2.2.5. Criterios para el estudio de selección de área de la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos

El Ministerio del Ambiente (MINAM), propone la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual (Eguizabal 2013), con la finalidad de facilitar a las municipalidades y empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos (EPS-RS), una herramienta ágil para la implementación de infraestructuras de disposición final de los residuos sólidos municipales en el país, considerando los criterios para el estudio de selección de área.

A continuación, se describen algunos de los aspectos técnicos más importantes para el estudio de selección de área (Eguizabal 2013):

- ✓ **Ubicación del área para futuro relleno sanitario**

Ubicar el sitio alejado de centros poblados, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se puede usar como área verde.

Recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano al centro urbano al cual va servir por razón del menor costo en la operación del transporte de residuos, sin embargo 1 Km es la menor distancia límite que debe existir entre la población del centro poblado más cercano, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

Por excepción y de acuerdo a lo que establezca el respectivo EIA, la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA podrá autorizar distancias menores o exigir distancias mayores, sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población, que pueda generar el relleno sanitario.

✓ **Material para cobertura**

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en material de cobertura (tierra) para su construcción como sea posible. Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse bancos de material para cobertura en lugares próximos y accesibles tomando en cuenta el costo de transporte.

✓ **Vida útil**

La capacidad del área debe ser suficientemente grande para permitir su utilización durante un periodo igual o mayor de cinco (05) años, a fin de que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación, instalación y las obras de infraestructura.

✓ **Vías de acceso**

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia del área urbana a servir y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

✓ **Topografía**

El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea.

✓ **Compatibilización con el uso de suelo y planes de expansión Urbana**

De igual manera la ubicación de una infraestructura de disposición final debe estar acorde a la proyección de expansión de la población, así como también debe compatibilizar con el uso de suelos, esto contemplado en el plan de desarrollo urbano distrital del plan de acondicionamiento territorial de los Gobiernos Provinciales.

✓ **Compatibilización con el plan de gestión integral de residuos en la provincia**

Es necesario tomar en cuenta si el proyecto de relleno sanitario fue considerado como una alternativa para la disposición final de residuos sólidos dentro del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia.

✓ **Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos**

Para la evaluación de este aspecto técnico considerar las siguientes variables: tamaño del terreno, la capacidad útil del terreno, la situación sanitaria actual respecto a la presencia de pasivos ambientales como existencia de botaderos pasados o actuales, proximidad a las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales, como a fuentes de aguas sub-superficial, y antecedentes de conflictos sociales o quejas sociales por residuos sólidos en la zona.

✓ **Condiciones climáticas**

La ubicación del área deberá seleccionarse de tal manera que la condición climática sea favorable para la ubicación del proyecto. La dirección del viento predominante es importante, debido a las molestias que puede causar tanto en la operación, por el polvo y papeles que se levantan, como por el posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Así mismo será importante conocer las condiciones meteorológicas de precipitación, temperatura y humedad relativa serán favorables a la biodegradación de los residuos.

✓ **Geología**

Un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto, es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) el sitio para el relleno sanitario. Los materiales sedimentarios con características areno – arcillosas son los más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual la infiltración de líquido contaminante se reduce sustancialmente.

Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta. Los terrenos identificados no deberán estar ubicados sobre o cerca de fallas geológicas ni en zonas con riesgos de estabilidad ni deben tener la posibilidad de ocurrencia de inundación por acumulación de aguas pluviales o avenidas.

✓ **Hidrogeología**

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

✓ **Hidrología superficial**

Es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

✓ **Preservación del patrimonio arqueológico.**

La preservación del patrimonio arqueológico es un criterio importante, el terreno no debe estar ubicado en un área perteneciente a una zona arqueológica de ser así es un criterio de restricción de ubicación.

✓ **Preservación de áreas naturales protegidas.**

Para la evaluación del siguiente criterio es importante que el lugar posible no afecte un área natural protegida por el estado.

✓ **Vulnerabilidad del área a desastres**

Es importante definir si el terreno es vulnerable a desastres naturales, de ser así los rellenos sanitarios no deberán ubicarse en estas áreas.

2.2.6. Aspectos legales para el estudio de selección de área de la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos

✓ Saneamiento físico legal del terreno

Es recomendable que un proyecto de relleno sanitario inicie solamente cuando la entidad responsable del relleno (Municipio), tenga en sus manos el documento legal que lo autorice a construir las obras complementarias, estipulando también el periodo y la utilización futura u opciones.

Restricciones de ubicación

Seguridad aeroportuaria

El relleno sanitario no deberá estar ubicado a una distancia menor de 3 000 m de los límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje

Fallas geológicas, áreas inestables

No se podrán escoger zonas que presenten fallas geológicas, lugares inestables, zonas con posibilidad de deslizamientos ni propensas a ser inundadas.

Zonas sísmicas

En zonas sísmicas el relleno sanitario no deberá ubicarse en lugares propensos a sufrir agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masas que pongan en riesgo la seguridad del personal y/o la operación del relleno.

Infraestructura existente

No se podrán seleccionar zonas que se encuentren dentro de las áreas de influencia de obras de infraestructura tales como embalses, represas, refinerías, obras hidroeléctricas, entre otros.

Plan urbano y proyectos de desarrollo regional o nacional

No se permitirá la ubicación de un relleno sanitario en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad. Tampoco se podrán utilizar áreas previstas para proyectos de desarrollo regional o nacional (centrales hidroeléctricas, aeropuertos, represas, etc.).

2.2.7. Sistemas de Información Geográfica

Según Gómez y Barredo (2005), es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelación y traficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre.

2.2.8. Evaluación Multicriterio.

Según Gómez y Barredo (2005), la Evaluación Multicriterio (EMC) puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de EMC es “investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflictos”. Según eso es posible “generar soluciones, compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción”.

Las técnicas de EMC constituyen un variado conjunto de métodos matemáticos que permiten medir de manera lo más precisa posible la validez relativa de cada una de un conjunto de soluciones respecto a un problema concreto. La evaluación se realiza de tal manera que se tiene en cuenta un alto número de criterios, cada uno de los cuales valora de modo independiente las soluciones. Por otra parte, estas técnicas permiten considerar diversos planteamientos u opiniones ante el mismo problema de modo que las evaluaciones se pueden realizar considerando los enfoques contrapuestos que puedan existir ante una misma cuestión.

El uso más habitual de la EMC dentro de un SIG corresponde con la selección de lugar o lugares más adecuados para situar alguna de las actividades humanas. Utilizando para ello gran número de criterios que se pueden considerar incidentes en la validez y adecuación de la decisión.

2.2.9. Componentes de la EMC en el entorno de los SIG

A) Objetivo y alternativas

Según Gómez y Barredo (2005), en el mundo de la EMC un objetivo se puede entender como una función a desarrollar, aquí el objetivo indica la estructuración de la regla de decisión o el tipo de regla a utilizar. Los objetivos son un aspecto básico para el desarrollo de un

proyecto de EMC, estos pueden ser múltiples en determinados problemas de planificación, decisión o localización/asignación de actividades, con lo cual se puede plantear una decisión multiobjetivo.

B) Los criterios: factores y limitantes

Según Gómez y Barredo (2005), son uno de los aspectos fundamentales de la Evaluación Multicriterio; se pueden definir como “una cierta base para la toma de una decisión, esta base puede ser medida y evaluada. Es la evidencia sobre la cual se basa una decisión”. Los criterios pueden ser de dos tipos: factores y limitantes. “Un factor es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala continua”. Por ejemplo, en una evaluación de la capacidad agrícola, se podría establecer el criterio de que las zonas con menor pendiente tengan un valor más alto que las zonas más inclinadas. Por lo tanto, las mejores áreas de acuerdo con el criterio de la pendiente, para la actividad agrícola, son las de menor pendiente.

El criterio de tipo limitante restringe la disponibilidad de algunas alternativas en función de la actividad evaluada, con este tipo de criterio se excluyen varias categorías de la capa analizada para la evaluación, es decir, se genera una capa binaria, en la cual un código representa las alternativas susceptibles de ser elegidas para la actividad, y otro la no disponibilidad para la actividad. Por ejemplo, en una capa de vegetación natural, ciertas categorías, como los bosques, podrían ser descartadas para la instalación de zonas industriales, mientras que las demás categorías estarían disponibles para dicha actividad.

C) La regla de decisión

Según Gómez y Barredo (2005), se trata de la selección entre alternativas (o posibilidades de elección), las cuales pueden representar diferentes cursos de acción, hipótesis, localizaciones u otros conjuntos de elementos. La regla de decisión es el procedimiento a través del cual se obtiene una evaluación particular, pudiendo también comparar a través de ella, distintas evaluaciones con el fin de variar alguno de sus aspectos en caso de que sea necesario. Esto es posible ya que una regla de decisión sigue a una serie de procedimientos (aritmético-estadísticos) que permiten integrar los criterios establecidos en un índice de simple composición, así mismo puede proveer la manera de comparar las alternativas utilizando dicho índice.

D) La evaluación

Según Gómez y Barredo (2005), una vez que la regla de decisión ha sido estructurada, el proceso de aplicarla sobre las capas – criterio se llama evaluación, y será el que producirá finalmente el modelo de decisión. Por ejemplo, para lograr un modelo de decisión de asentamiento de áreas urbanas, se debe tomar en cuenta varios criterios basados, por ejemplo, en: la pendiente del terreno, distancia a vías de transporte, estabilidad de terreno, ocupación del suelo y otros. Estos criterios se estructurarán como capas-criterio, para posteriormente ser evaluados por la regla de decisión con el fin de establecer el modelo final.

2.2.10. Métodos de Evaluación Multicriterio.

Según Gómez y Barredo (2005), los distintos métodos o técnicas de EMC se diferencian básicamente en los procedimientos aritmético - estadísticos que se realizan sobre las matrices de evaluación y de prioridades, con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas. Según el método empleado, se efectúan distintas operaciones aritméticas. Estas pueden ser simples, como las del método de Sumatoria Lineal Ponderada, aplicado frecuentemente en modelos desarrollados en SIG. Otros métodos requieren realizar operaciones de mayor dificultad, tales como el Análisis de Punto Ideal (API), el Análisis Concordancia-Discordancia (ACED), el método de Optimización Jerárquica (OJ), la Programación Lineal y otros.

En relación a dicha clasificación, se diferencian dos grupos de técnicas de EMC: compensatorias y no compensatorias. Siendo las técnicas compensatorias las que demanda un proceso cognitivo, dado que requieren que el centro decisor especifique los pesos de los criterios como valores cardinales o funciones de prioridad, mientras que las no compensatorias demandan un menor proceso cognitivo, ya que éstas por lo general requieren una jerarquización ordinal de los criterios basada en las prioridades del centro decisor.

Desde el punto de vista operativo y de tratamiento de los datos, el que consideramos de mayor relevancia, las técnicas compensatorias se basan en la suposición de que un valor alto de una alternativa en un criterio puede compensar un valor bajo de la misma alternativa. Por otra parte, en las técnicas no compensatorias un valor bajo en un criterio no puede ser compensado o equilibrado por un valor alto en otro criterio, aquí las alternativas son comparadas en todos los criterios sin realizar operaciones entre los mismos

2.3. Definición de términos Básicos

2.3.1. Sistema de referencia

Es un conjunto de coordenadas espacio tiempo que se requiere para poder determinar la posición de un punto. Un sistema de referencia puede estar situado en el ojo de un observador (Fernández 2009).

2.3.2. Proyección cartográfica

Según Fernández (2009), son los métodos empleados para transferir los rasgos de la superficie del terrestre al papel, es decir, a un plano, y de acuerdo a la técnica y metodología utilizada se tendrá una serie de proyecciones cartográficas.

2.3.4. Georreferenciación

Consiste en ubicar dicha capa en un sistema de coordenadas determinado, mediante el registro de puntos de control terrestre definidos por coordenadas conocidas, de tal manera que la información vectorial que se obtenga a partir de estas imágenes mantenga la posición de coordenadas deseada (Vicente 2008)

2.3.5. Geodatabase

Es un contenedor que almacena datos espaciales y alfanuméricos, así como las relaciones existentes entre ellos (Vicente 2008)

2.3.6. Software ArcGIS

Es un SIG diseñado por la empresa californiana Enviromental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario. Representa la evolución constante de estos productos, incorporando los avances tecnológicos experimentados en la última década en el área de la informática y telecomunicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar, publicar en la web e imprimir información geográfica (Vicente2008).

2.3.7. Álgebra de mapas.

El álgebra de mapas es un lenguaje semántico que define la sintaxis para aplicar operaciones matemáticas y algorítmicas a (por lo general) datos ráster para realizar un análisis espacial y crear nuevos datasets ráster. Por lo general, el álgebra de mapas tiene cuatro tipos de operaciones principales: local, focal, zonal y global.

2.3.8. Ráster.

Un modelo de datos espaciales que define el espacio como un conjunto de celdas del mismo tamaño, ordenadas en filas y columnas y compuestas por bandas únicas o múltiples (capas). Cada celda contiene un valor de atributo. A diferencia de una estructura de vector, que guarda explícitamente las coordenadas, las coordenadas ráster se guardan intrínsecamente en el orden de la matriz. Los grupos de celdas que comparten el mismo valor representan el mismo tipo de entidad geográfica.

2.3.9. Bases de Datos Espaciales y de Atributos

Según Gómez y Barredo (2005), la base de datos es una colección de mapas e información relacionada en formato digital. Debido a que la base de datos se ocupa de las características de la superficie terrestre, puede decirse que consiste en dos elementos: una base de datos espaciales que describe la geografía (forma y posición) de las características de la superficie terrestre, y una base de datos de atributos que describe las peculiaridades o cualidades de estas características.

Entonces, por ejemplo, se puede tener una parcela de propiedad definida en la base de datos espacial y cualidades como su uso de la tierra, dueño, valor de la propiedad, y demás, en la base de datos de atributos.

2.3.10. Representación de los Datos Cartográficos.

Un Sistema de Información Geográfica almacena dos tipos de datos que se encuentran en los mapas: las definiciones geográficas de las características de la superficie terrestre y los atributos o cualidades que esas características poseen. No todos los sistemas usan la misma lógica para lograr esto. Casi todos, sin embargo, usan una o la combinación de ambas técnicas fundamentales de representación cartográfica: vectorial y ráster (Vicente 2008).

2.3.11. Reclass.

Crea un nuevo mapa cuyas categorías son una reclasificación de las categorías de otro mapa. Puede especificarse un título para el nuevo mapa creado.

2.3.12. Spatial Analyst Tools.

Hay varias maneras de acceder a la funcionalidad de Spatial Analyst. Con el geoprocesamiento, las operaciones de la caja de herramientas de Spatial Analyst se pueden realizar mediante un cuadro de diálogo Herramienta, Python (ya sea en una interfaz de línea de comandos interactiva o con una secuencia de comandos) o un Modelo. Las operaciones tradicionales y los flujos de trabajo que utilizan Álgebra de mapas también se pueden realizar en el entorno de Python. También existe una calculadora ráster disponible para introducir expresiones de Álgebra de mapas simples que generan un ráster de salida.

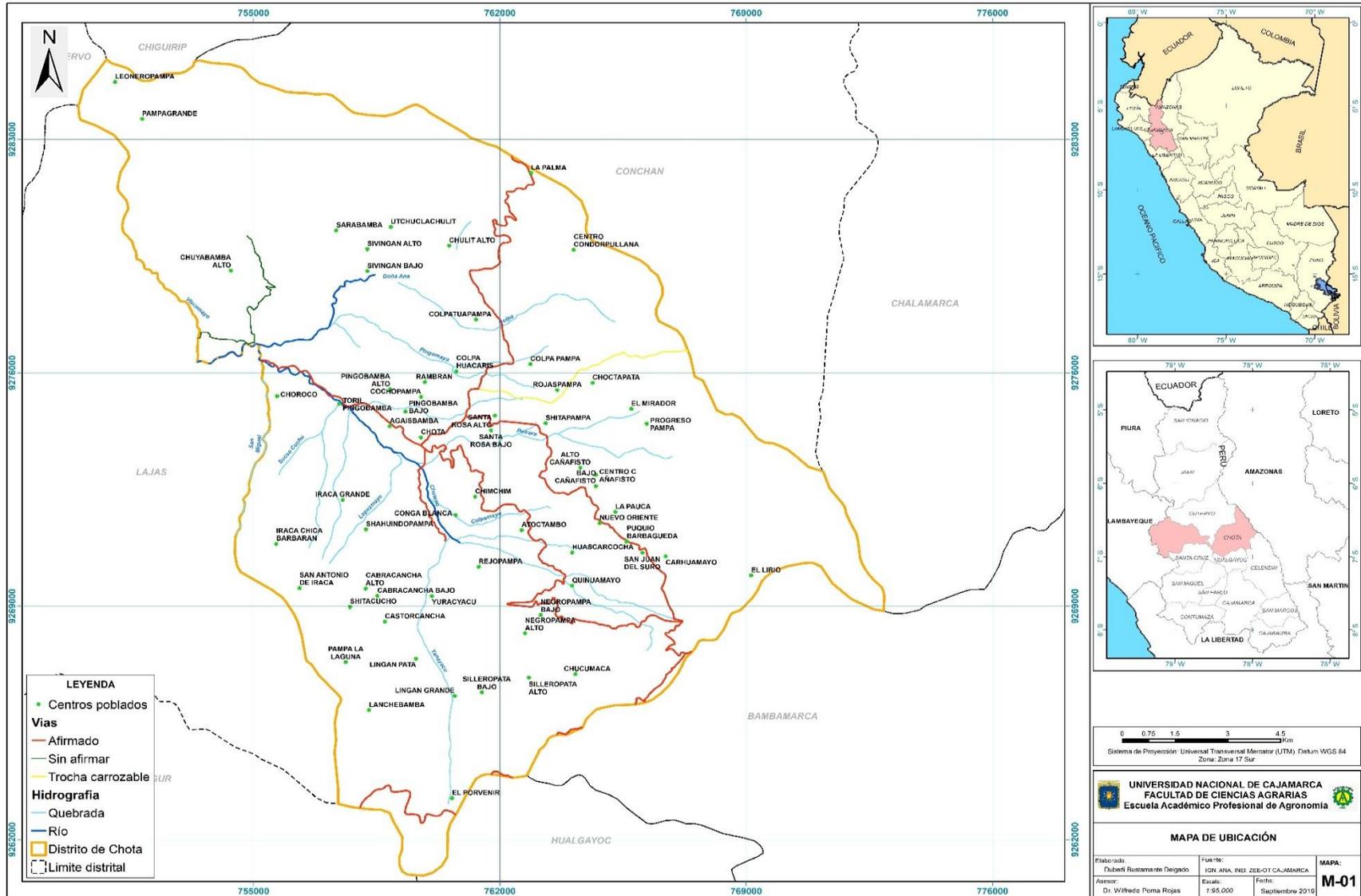
CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

El distrito de Chota, con un área de 26645.28 ha, de forma alargada con su eje mayor de Sur a Norte entre las coordenadas UTM 750823 y 759785 metros Este; 9285399 y 9261110 metros Norte. Limita por el Norte con el Chiguirip y Conchan; por el oeste con el distrito de Lajas; por el este con el distrito de Chalamarca. por el sur con el distrito de Bambamarca y Hualgayoc va entre los 1500 m. s. n. m y 3800 m.s.n.m.

Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Chota



3.2. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos de campo.

✓ **Materiales**

Libreta de apuntes, lápices y lapicero.

✓ **Herramientas**

Machete, linterna, poncho impermeable.

✓ **Instrumentos y equipos**

Sistema de posicionamiento global – GPS, cámara fotográfica

1.2.2. Materiales y equipos de gabinete

➤ **Materiales** Papel bond A4 de 80 gramos, lapicero y lápiz.

➤ **Material cartográfico**

Base de datos de Zonificación Ecológica Económica del gobierno regional de Cajamarca, en formato Shapefile (.shp).

➤ **Equipos.** Laptop, impresor

➤ **Software**

Microsoft Windows 8, Microsoft Office 2013, ArcGis 10.7

3.3. Metodología

La identificación de las áreas adecuadas para el relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos se realizó en el distrito de Chota, en la región Cajamarca. La metodología que se utilizó se basó en la aplicación de SIG, utilizando la Evaluación Multicriterio como instrumento de apoyo en la toma de decisiones para identificar las áreas óptimas analizando los criterios que establece la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, establecida por el Ministerio del Ambiente (MINAM 2013); la cual “tiene por objeto promover y facilitar la planificación, instalación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público, mediante la tecnología de relleno sanitario manual”.

3.3.1. Fase de gabinete

Consistió en la recopilación de información correspondiente al distrito de Chota en formato shapefile.

Instituciones visitadas:

- ✓ La Dirección de Desarrollo Ambiental de la Municipalidad Provincial de Chota.
- ✓ Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos del Distrito de Chota.
- ✓ Oficina de Zonificación Ecológica Económica de la Provincia de Chota.
- ✓ Ministerio del Ambiente a través de su página web oficial.

Se revisó y seleccionó la información relacionada con los criterios establecidos en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”, teniendo en cuenta los criterios que permitirán la identificación de áreas propicias donde se puede instalar el relleno sanitario: pendiente, geología, distancia a carreteras, hidrología, uso de suelo forestal, distancia a zonas urbanas, fallas geológicas, zonas arqueológicas e infraestructura existente.

Cada uno de los doce criterios (en formato shapefile), fueron definidos espacialmente en función a la Guía del MINAM, y Mediante el Software ArcGIS 10.7 se transformaron a formato ráster, para poder realizar la Evaluación Multicriterio.

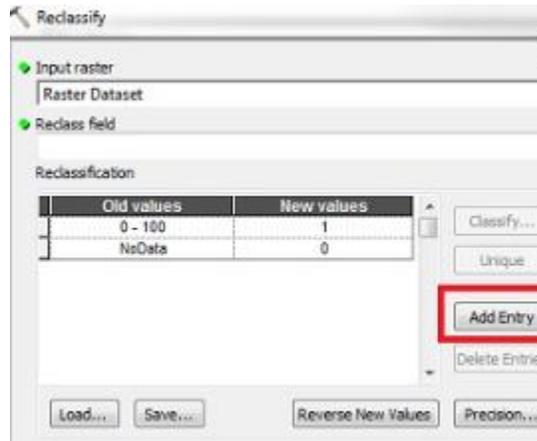
A)Evaluación Multicriterio (EMC)

Se desarrolló la Evaluación Multicriterio con el Software Arc Gis 10.7, donde se aplicaron los siguientes pasos:

- 1) Se reclasificó cada uno de los valores de los criterios según su definición, con la herramienta “Reclass” (Reclasificar) de la opción Geoprocesamiento Spatial Analyst Tools, dentro de la herramienta Arc Toolbox, del software ArcGIS 10.7. Asignándoles nuevos valores en la opción “Classification”, con los valores de cero “0” y uno “1”, cabe resaltar que dichos valores se asignan a criterio del anexo de geoprocesamiento SIG del MINAM de acuerdo a los criterios, para que el Software ArcGIS 10.7. reconozca los atributos.
- ✓ Se consideró el valor “0” (en la nueva reclasificación), a aquellas áreas “intangibles”, asignándoles el “color rojo”, los cuales no son considerados para la instalación de la planta de residuos sólidos.

- ✓ A diferencia, se asignó el valor “1” (en la nueva reclasificación) a aquellos rangos de valores, que cumplen con los criterios (entre 4 y 40°), siendo áreas potenciales para la instalación de la planta de residuos sólidos, asignándoles el “color amarillo”

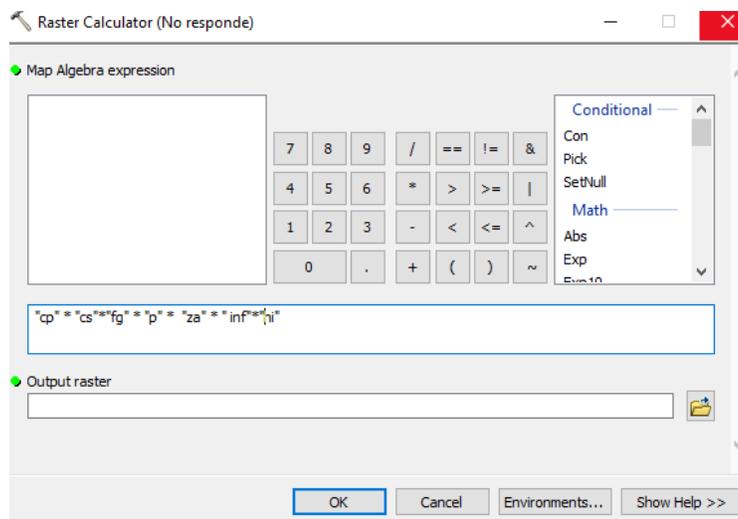
Figura 2.Reclasificación de criterios



El análisis se realizó mediante el método de Sumatoria Lineal Ponderada, el cual es el más empleado en modelos desarrollados en SIG, asignándole valores durante el procesamiento de los ráster. Se utilizó la herramienta “Raster calculator” (calculadora ráster) de la opción Map algebra dentro de “Spatial Analyst Tools de la herramienta ArcToolBox”, con los nueve nuevos raster reclasificados.

Cada uno de los ráster reclasificados fueron añadidos, y multiplicándose entre sí, y se obtuvo como resultado todas aquellas áreas óptimas cuyo valor es “1” y que cumplen con todos los criterios definidos.

Figura 3.Multiplicación de ráster con la herramienta Ráster Calculator.



3.3.2. Fase de campo

Botadero de la ciudad de Chota.

El botadero se encuentra a 5 km de la ciudad de Chota con una extensión de 1.7 hectáreas. Por su parte los estudios de caracterización nos muestran que en el ámbito urbano del distrito Chota se produce alrededor de 13.5 toneladas diarias haciendo un per cápita de 0.38 kg/hab/día.

Posibles zonas para el relleno sanitario.

Las áreas obtenidas fueron contrastadas y verificadas insitu, teniendo en cuenta los criterios establecidos, obteniendo sus coordenadas con GPS, tomando nota del uso actual de las áreas.

3.3.3. Fase final de gabinete

Elaboración del mapa final con las zonas óptimas

Después de haber realizado la verificación insitu, se elaboró el mapa final con las áreas óptimas identificadas para la construcción de la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Chota. Del ráster que se obtuvo de la Evaluación Multicriterio contiene aquellas áreas óptimas que cumplen con todos los valores, el cual se convirtió a shapefile para elaborar el mapa final preliminar, denominándose “Óptimo”.

- Se calculó el área en hectáreas de todas las áreas óptimas y se seleccionaron aquellas áreas mayores a 05 hectáreas.
- Se utilizó la herramienta de Geoprocesamiento “Smooth polygon” (suavizar polígono) al 200%, con el objeto de generar áreas con bordes suavizados con el fin de mejorar la estética del mapa y facilitar el cálculo de áreas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.2. Identificación de áreas propicias donde se puede instalar el relleno sanitario.

a. Hidrografía

Se realizó el análisis hidrográfico del distrito de Chota, donde se pudo evidenciar que existen ríos y quebradas, para lo cual se tomó como base el shapefile de hidrología descargado del geoservidor del gobierno Regional Cajamarca.

Tabla 1.

Hidrografía del distrito de Chota

Nombre	Tipo Hidrografía	Longitud (Km)
Chotano	Río	15.7
Colpa	Quebrada	14.2
Colpamayo	Quebrada	3.9
Doña Ana	Río	7.7
Lopezmayo	Quebrada	4.2
Pingobamba	Quebrada	7.1
Potrera	Quebrada	8.2
San Miguel	Quebrada	2.5
Sucsa Cuchu	Quebrada	3.0
Viscamayo	Quebrada	2.9
Yanayacu	Quebrada	8.6

b. Distancia a carreteras.

Se analizaron las vías terrestres transitables del distrito, para lo cual se ha tomado como base descargado del geoservidor del Gobierno Regional Cajamarca.

c. Zonas arqueológicas

Se realizó el análisis del distrito con el fin de determinar la ubicación de las zonas arqueológicas existentes, donde se pudo determinar que existe una zona arqueológica, se tomó como base el mapa de zonas arqueológicas del Ministerio de Cultura. A continuación, describimos las principales zonas arqueológicas: gavián, cueva de los gentiles de Colpatuapampa, Huaca del suro, Chulpa de Negropampa, Abrigo peralta, gruta de Negropampa las cuales ocupan áreas de 0.1 ha, 0.2 ha, 0.14ha, 0.13 ha, 0.25 ha, 0.4 ha respectivamente.

Figura 4. Mapa vial del distrito de Chota

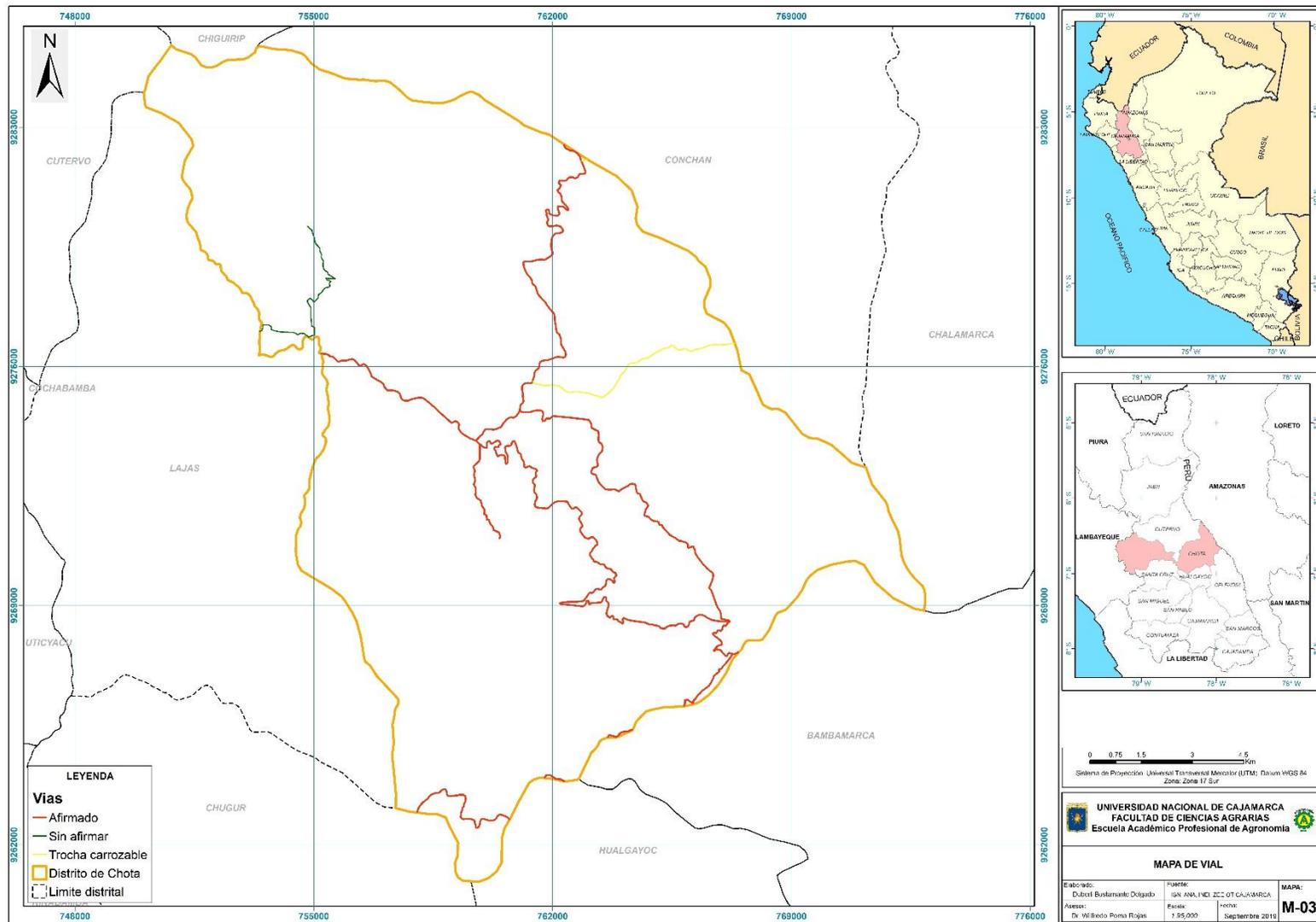
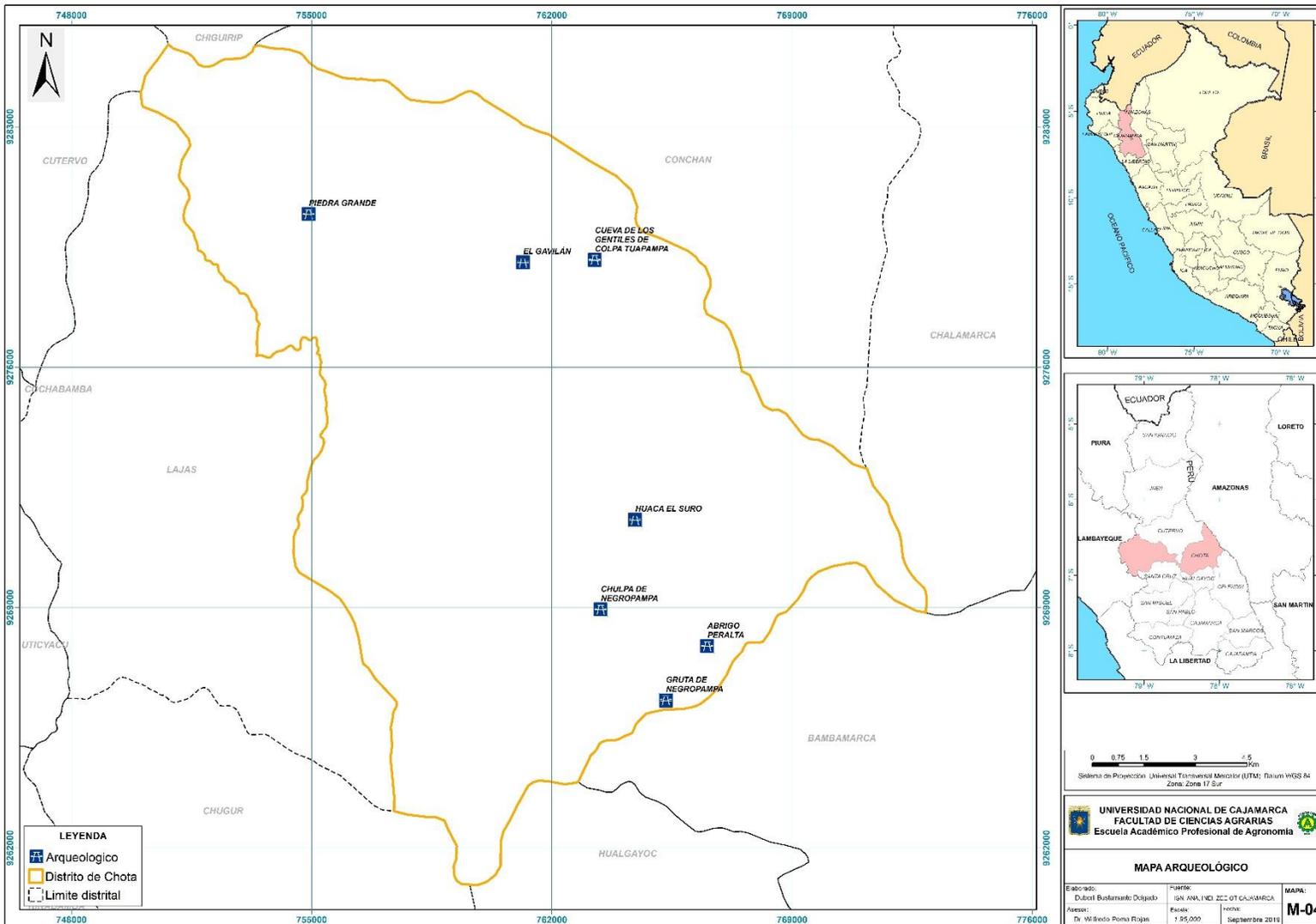


Figura 5. Mapa de arqueología



d. Distancia a centros educativos, centros de salud y centros poblados

Se realizó el análisis del territorio del distrito teniendo en cuenta la localización de centros poblados, centros educativos y centros de salud en el ámbito del distrito de Chota, se elaboraron mapas de ubicación de cada uno de los criterios descritos en la guía del MINAM Distancia mayor o igual a 500 m para centros poblados, Centros educativos Centros de salud, los resultados se pueden observar a más detalle en la tabla N° 2.

Tabla 2.

Establecimientos de salud del distrito de Chota

Número de registro	NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	TIPO DE ESTABLECIMIENTO	CATEGORÍA
136	CAÑAFISTO	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
137	CHULIT	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
138	NUEVO ORIENTE	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
139	UTCHUCLACHULIT	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
140	LINGAN GRANDE	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
141	LINGAN PATA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
142	NIÑO JESUS	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
143	NIÑO JESUS	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
144	SILLEROPATA ALTO	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
145	RAMBRAMPATA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
146	SARABAMBA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
147	PROGRESO PAMPA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
148	YURACYACU	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
149	TUNEL CONCHANO	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
150	TUNEL CONCHANO	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1

151	SIVINGAN	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
152	SILLEROPATA BAJO SAN ANTONIO DE	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
153	IRACA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
154	ROJASPAMPA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
155	SANTA ROSA BAJO PAMPA LA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
156	LAGUNA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
157	NEGROPAMPA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
158	LANCHEBAMBA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
159	LANCHEBAMBA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
160	IRACA GRANDE EL MIRADOR	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
161	(CHOTA)	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
162	CUYUMALCA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-2
163	CONDORPULLANA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
164	COLPATUAPAMPA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
165	CHUYABAMBA HOSPITAL DE APOYO CHOTA - JOSE SOTO	ESTABLECIMIENTO DE SALUD CON INTERNAMIENTO	II-1
166	CADENILLAS PATRONA DE	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	
167	CHOTA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-3
168	CABRACANCHA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-2
169	CHAUPELANCHE	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
206	LA PALMA LIBERTAD LA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1
498	PALMA	ESTABLECIMIENTO DE SALUD SIN INTERNAMIENTO	I-1

Tabla 3.
Instituciones educativas del distrito de Chota

INSTITUCIÓN	NOMBRE	NIVEL
301	CHOTA	INICIAL
305	CABRACANCHA	INICIAL
306	CAÑAFISTO	INICIAL
307	CHAPELANCHE	INICIAL
308	CHIMCHIM	INICIAL
309	CHORORCO	INICIAL
310	CHULIT	INICIAL
311	CHUYABAMBA	INICIAL
312	COLPA HUACARIS	INICIAL
313	COLPA MATARA	INICIAL
314	COLPA TUAPAMPA	INICIAL
315	CONGA BLANCA	INICIAL
316	CUYUMALCA	INICIAL
317	IRACA CHICA	INICIAL
318	IRACA GRANDE	INICIAL
319	LANCHEBAMBA	INICIAL
320	LINGAN PATA	INICIAL
321	LLASAVILCA ALTO	INICIAL
322	MARCOPAMPA	INICIAL
323	NEGROPAMPA	INICIAL
324	NUEVO ORIENTE	INICIAL
325	PAMPA GRANDE	INICIAL
326	REJOPAMPA	INICIAL
327	ROJAS PAMPA	INICIAL
328	SANTA ROSA BAJO	INICIAL
329	SARABAMBA	INICIAL
330	SILLEROPATA BAJO	INICIAL
331	SIVINGAN ALTO	INICIAL
332	SIVINGAN BAJO	INICIAL
333	PINGOBAMBA BAJO	INICIAL
334	UTCHUCLACHULIT	INICIAL
335	YURACYACU	INICIAL
399	CHOTA	INICIAL
429	COLPAMAYO	INICIAL
468	LINGAN GRANDE	INICIAL
483	PINGOBAMBA ALTO	INICIAL
491	LLASAVILCA BAJO	INICIAL
574	PAMPA LA LAGUNA	INICIAL
611	SAN JUAN DEL CALVARIO / CALVARIO	INICIAL

660	NEGRO PAMPA ALTO	INICIAL
667	SHITACUCHO	INICIAL
670	CHOCTAPATA ALTO	INICIAL
671	CHOGOPAMPA	INICIAL
672	EL LIRIO	INICIAL
673	EL MIRADOR	INICIAL
674	PROGRESO PAMPA	INICIAL
675	QUINUAMAYO	INICIAL
302 SANTA RAFAELA MARIA	CHOTA	INICIAL
494 PEQUEÑOS ANGELITOS	CHOTA	INICIAL
495 PASITOS DEL SABER	CHOTA	INICIAL
	CAMPAMENTO TUNEL	
JOYITAS DE JESUS	CONCHANO	INICIAL
LA GATITA	CHOCTAPATA ROJAS PAMPA	INICIAL
LAS ABEJITAS	CHUCUMACA	INICIAL
LAS AZUCENAS	ATOCTAMBO	INICIAL
LAS AZUCENAS	CABRACANCHA	INICIAL
LAS DALIAS	CHOTA	INICIAL
LAS DALIAS	LA QUINUA	INICIAL
LAS MARGARITAS	SHOTORCO RAMBRAMPATA	INICIAL
LAS ROSAS	SHITAPAMPA	INICIAL
LAS ROSAS	CHUYABAMBA BAJO	INICIAL
LAS ROSAS	CHUYABAMBA	INICIAL
LAS ROSAS	IRACA GRANDE	INICIAL
LILA	COLPA TUAPAMPA	INICIAL
LOS CLAVELES	CHULIT	INICIAL
LOS CLAVELES	LLASAVILCA CENTRO	INICIAL
LOS CLAVELES	UTCHUCLACHULIT	INICIAL
LOS CLAVELES	PUQUIO BARBAGUEDA	INICIAL
LOS CONEJITOS	COLPAPAMPA	INICIAL
LOS CONEJITOS	RAMBRAN	INICIAL
LOS CONEJITOS	SARABAMBA	INICIAL
LOS JAZMINES	COCHOPAMPA	INICIAL
LOS LAURELES	VISTA ALEGRE	INICIAL
LOS OSITOS	SIVINGAN ALTO	INICIAL
LOS PATITOS	SILLEROPATA TRES CRUCES	INICIAL
LOS PATITOS	PACCHAPAMPA ALTO	INICIAL
LOS PATITOS	COLPA MATARA	INICIAL
LOS POLLITOS	LOPEZ MAYO	INICIAL
LOS POLLITOS	CABRACANCHA	INICIAL
LOS POLLITOS	YURACYACU	INICIAL
LOS POLLITOS	SHOTORCO RAMBRAMPATA	INICIAL
MELON	LLASAVILCA ALTO	INICIAL

NARANJA	ALGASBAMBA	INICIAL
NUEVO AMANECER	SAN JUAN DEL SURO	INICIAL
NUEVO JERUSALEN	LEONEROPAMPA	INICIAL
PRITE AMOR Y ESPERANZA	CHOTA	INICIAL
	CAMPAMENTO TUNEL	
ROJO	CONCHANO	INICIAL
ROSADO	CHORORCO	INICIAL
SAN PEDRITO	SAN PEDRO	INICIAL
SANTA EULALIA	RAMBRAN	INICIAL
SANTA ROSA	HUASCAR COCHA	INICIAL
SANTA ROSA	LAS TIJERAS	INICIAL
SEMILLITAS DE AMOR	CAÑAFISTO	INICIAL
10381	CHOTA	PRIMARIA
10384	CHOTA	PRIMARIA
10386	CUYUMALCA	PRIMARIA
10389	LANCHEBAMBA	PRIMARIA
10391	LINGAN GRANDE	PRIMARIA
10392	CABRACANCHA	PRIMARIA
10393	LINGAN PATA	PRIMARIA
10394	IRACA GRANDE	PRIMARIA
10395	RAMBRAN	PRIMARIA
10396	UTCHUCLACHULIT	PRIMARIA
10398	IRACA CHICA	PRIMARIA
10399	COLPA MATARA	PRIMARIA
10400	CHIMCHIM	PRIMARIA
10402	CONGA BLANCA	PRIMARIA
10403	LLASAVILCA ALTO	PRIMARIA
10404	CHUYABAMBA	PRIMARIA
10406	CHULIT	PRIMARIA
10407	PINGOBAMBA BAJO	PRIMARIA
10408	ROJAS PAMPA	PRIMARIA
10409	SARABAMBA	PRIMARIA
10410	CHAPELANCHE	PRIMARIA
10411	NEGROPAMPA	PRIMARIA
10412	CHORORCO	PRIMARIA
10414	CAÑAFISTO	PRIMARIA
10416	SILLEROPATA BAJO	PRIMARIA
10417	PROGRESO PAMPA	PRIMARIA
10418	SIVINGAN BAJO	PRIMARIA
10419	MARCOPAMPA	PRIMARIA
10723	COLPA HUACARIS	PRIMARIA
10724	CHUCUMACA	PRIMARIA
10754	PAMPA GRANDE	PRIMARIA

10989	REJOPAMPA	PRIMARIA
10990	LLASAVILCA BAJO	PRIMARIA
11039	CHOTA	PRIMARIA
101005	SIVINGAN ALTO	PRIMARIA
101007	SILLEROPATA ALTO	PRIMARIA
101043	EL MIRADOR	PRIMARIA
101044	NUEVO ORIENTE	PRIMARIA
101063	SHOTORCO RAMBRAMPATA	PRIMARIA
101090	SHITACUCHO	PRIMARIA
101110	PAMPA LA LAGUNA	PRIMARIA
10387 ANTONIO F .URIARTE VASQUEZ	YURACYACU	PRIMARIA
10390 JOSE N. SANCHEZ SILVA	PINGOBAMBA ALTO	PRIMARIA
10405 LORENZO R. ALTAMIRANO	COLPA TUAPAMPA	PRIMARIA
SEÑOR DE LOS MILAGROS	EL TORIL	PRIMARIA
ABEL CARBAJAL PEREZ	CHOTA	SECUNDARIA
ALMIRANTE MIGUEL GRAU	FUNDO TUCTHUASI	SECUNDARIA
CEBA - SAN JUAN	CHOTA	SECUNDARIA
CELSO CARVAJAL	CHOTA	SECUNDARIA
CHOCTAPATA	CHOCTAPATA ROJAS PAMPA	SECUNDARIA
CHOTA	CHOTA	SECUNDARIA
CHOTA	FUNDO TUCTHUASI	SECUNDARIA
DIOS ES AMOR	NUEVO COLPA	SECUNDARIA
EL ROBLE	LOS LANCHES	SECUNDARIA
ESPERANZA DEL MAÑANA	SARABAMBA	SECUNDARIA
FUCSIA	PINGOBAMBA BEDOYA	SECUNDARIA
HORACIO ZEVALLOS GAMEZ	COLPA TUAPAMPA	SECUNDARIA
JORGE BASADRE	CAÑAFISTO	SECUNDARIA
JORGE BERRIOS ALARCON	YURACYACU	SECUNDARIA
JORGE CHAVEZ DARTNELL	CHUYABAMBA	SECUNDARIA
JUAN PABLO II	SARABAMBA	SECUNDARIA
MARIO MESTANZA VILLACORTA	CHAPELANCHE	SECUNDARIA
NUESTRA SEÑORA DE CHOTA	CHOTA	SECUNDARIA
	CAMPAMENTO TUNEL	
PEDRO TANTALLATAS	CONCHANO	SECUNDARIA
SAGRADO CORAZON DE JESUS	CHOTA	SECUNDARIA
SAN ANTONIO	LINGAN GRANDE	SECUNDARIA
SAN JOSE	CUYUMALCA	SECUNDARIA
SAN JUAN	CHOTA	SECUNDARIA
SANTA RAFAELA MARIA ANEXO AL ISP	CHOTA	SECUNDARIA
SANTA ROSA DE LIMA	CABRACANCHA	SECUNDARIA
SEÑOR DE LOS MILAGROS	NEGROPAMPA	SECUNDARIA

Tabla 4.
Listado de caserios del distrito de Chota

Centro poblado	Viviendas 2017	Población 2017	Categoría 2017
AGAISPAMPA	40	91	Caserío
ATOCTAMBA	123	353	Caserío
CABRACANCHA	250	625	Caserío
CAÑAFISTO ALTO	120	349	Caserío
CAÑAFISTO BAJO	100	241	Caserío
CAÑAFISTO CENTRO	57	113	Caserío
CASTORCANCHA	82	160	Caserío
CHAUPELANCHE	124	274	Caserío
CHINCHIN	198	395	Caserío
CHOCTAPATA	37	105	Caserío
CHORORCO	188	603	Caserío
CHOTA	5343	16531	Ciudad
CHUCUMACA	82	211	Caserío
CHULIT	193	560	Caserío
CHUYABAMBA	369	952	Caserío
COCHOPAMPA	91	149	Caserío
COLPAHUACARIZ (HUACARIO)	172	359	Caserío
COLPAPAMPA	109	151	Caserío
COLPATUAPAMPA	342	759	Caserío
CONDORPULLANA	41	135	Caserío
CONGA BLANCA	94	228	Caserío
EL LIRIO	115	230	Caserío
EL MIRADOR	55	180	Caserío
EL PORVENIR	75	234	Caserío
HUASCAR COCHA	174	456	Anexo
IRACA CHICA BARBAN	139	354	Caserío
IRACA GRANDE	390	957	Caserío
LA PALMA	40	67	Anexo
LA PAUCA	50	120	Caserío
LANCHEBAMBA	155	457	Caserío
LEONEROPAMPA	64	249	Caserío
LINGAN GRANDE	220	712	Caserío
LINGANPATA (CIERRAPATA)	122	373	Caserío
NEGROPAMPA ALTO	96	279	Caserío
NEGROPAMPA BAJO	185	652	Caserío
NUEVO ORIENTE	142	299	Caserío
PAMPA GRANDE	117	559	Caserío
PAMPA LA LAGUNA	62	193	Caserío
PINGOBAMBA (PINGOMAYO)	145	340	Caserío

PINGOBAMBA BAJO	54	155	Caserío
PROGRESO PAMPA	154	237	Caserío
PUQUIO BARBAGUEDA	108	206	Anexo
QUINUAMAYO	141	478	Caserío
RAMBRAN	126	246	Caserío
REJOPAMPA	202	507	Caserío
ROJASPAMPA	46	175	Caserío
SAN ANTONIO DE IRACA	219	576	Caserío
SAN JUAN EL SURO	181	305	Caserío
SANTA ROSA BAJO	107	238	Caserío
SANTAROSA ALTO	66	199	Caserío
SARABAMBA	238	1178	Caserío
SHAHUINDO PAMPA	97	210	Caserío
SHITACUCHO	59	234	Caserío
SHITAPAMPA	78	143	Anexo
SILLEROPATA ALTO	90	267	Caserío
SILLEROPATA BAJO	164	525	Caserío
SIVINGAN ALTO	150	470	Caserío
SIVINGAN BAJO	170	441	Caserío
TORIL PINGOBAMBA	93	233	Caserío
UCHUCLACHULIT	212	708	Caserío
YURACYACU	176	505	Caserío
Total	13432	38291	

Figura 6. Mapa de Centros Educativos del distrito de Chota

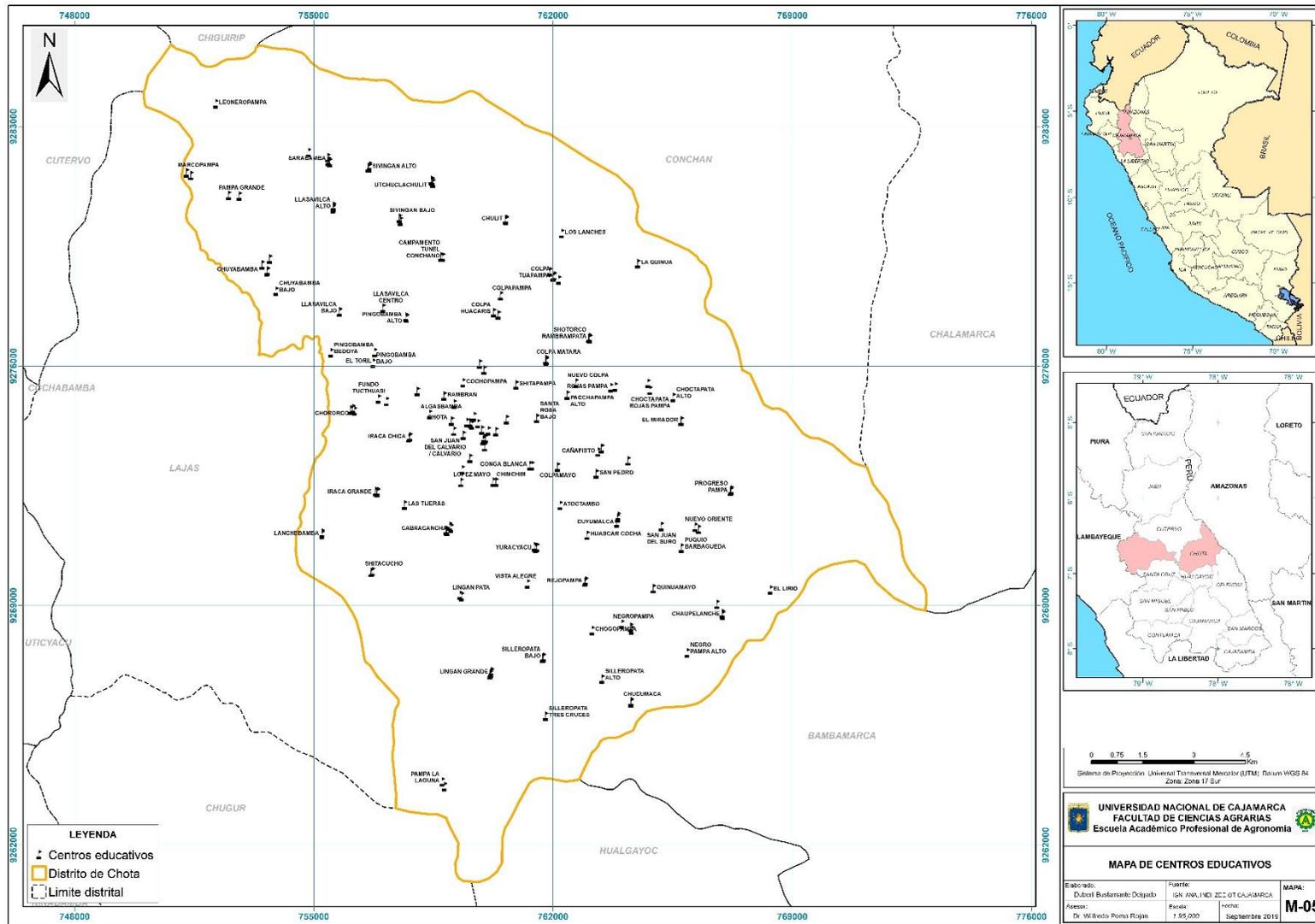


Figura 7. Mapa de Centros Poblados del distrito de Chota

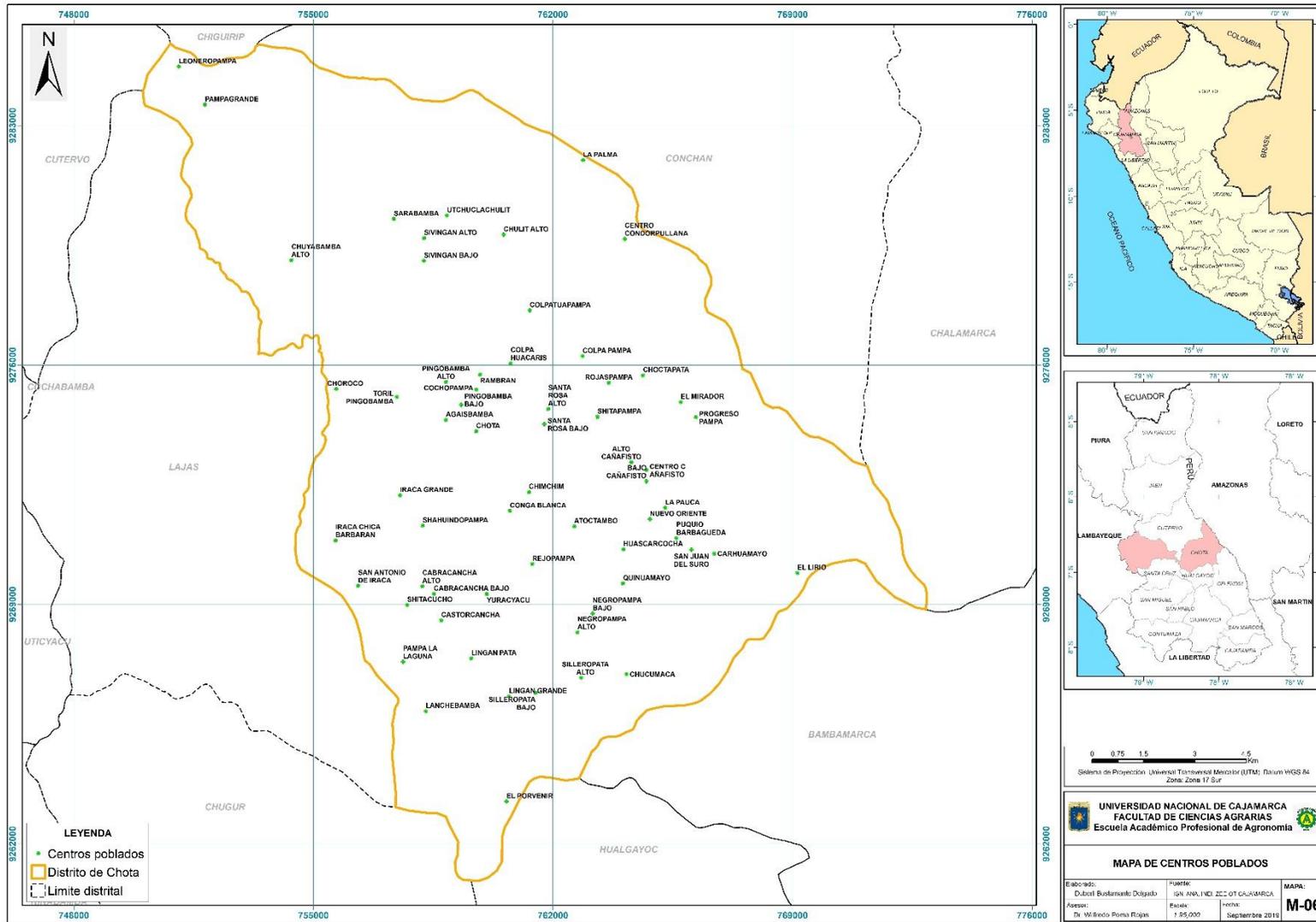
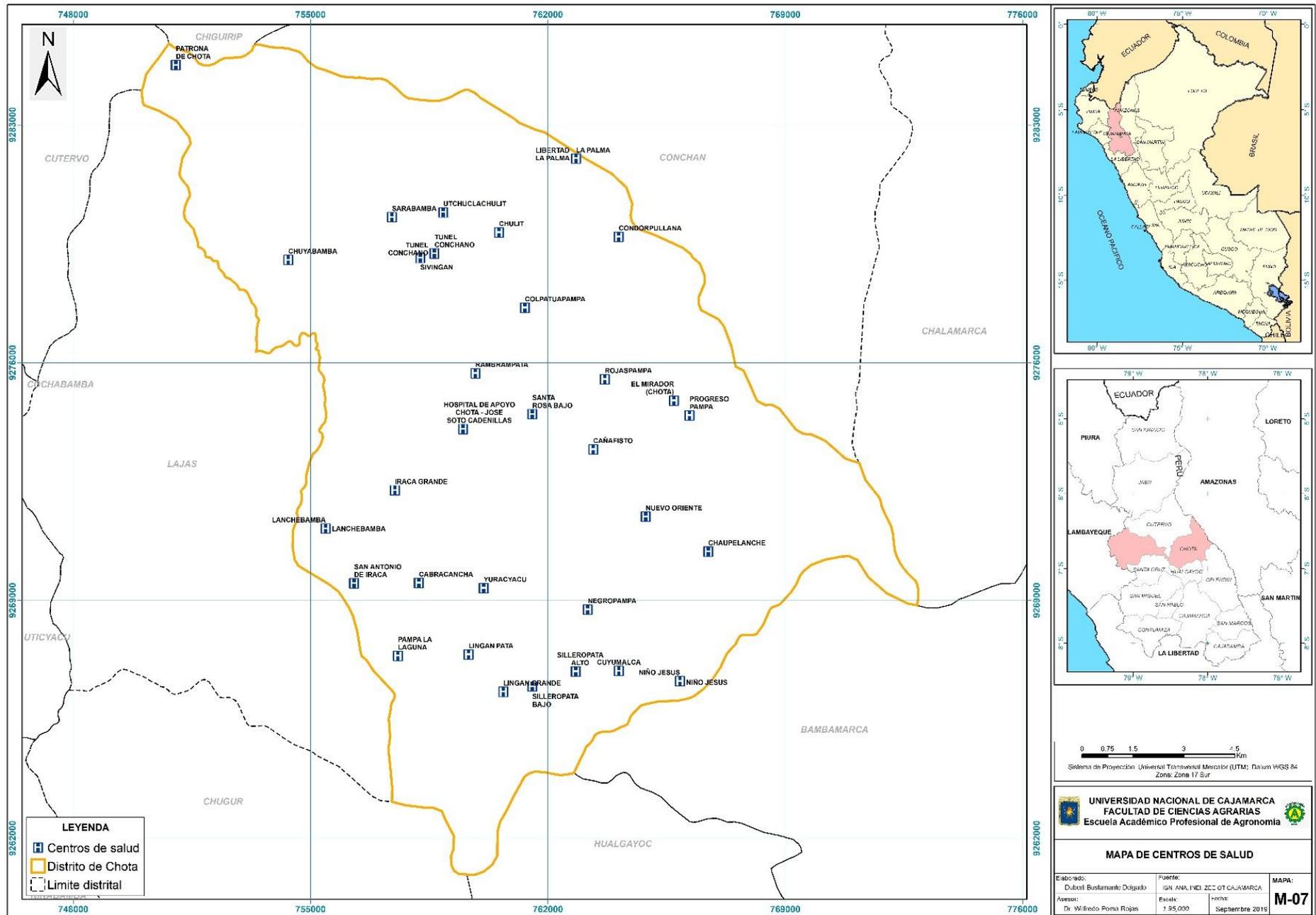


Figura 8. Centros de salud del distrito de Chota



e. Fallas geológicas

Se realizó el análisis de las fallas geológicas que existen en el distrito donde se pudo encontrar que existe una falla geológica deslizamiento, el cual tuvo como base el mapa de fallas geológicas del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET.

f. Pendiente:

Se analizó la superficie del distrito de Chota y se lo clasificó otorgando rangos de pendiente de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor DS - N°017-2009 AG, con ello se pudo determinar que 13408,61 ha corresponden a pendientes moderadamente empinada con un rango de 15–25 % lo cual equivale al 50.32 % del área total , siendo esta clasificación la que presenta mayor extensión en el distrito, los resultados del análisis se pueden ver a detalle en la siguiente tabla:

Tabla 5. Análisis de pendiente de la superficie terrestre.

Simbología	Pendientes	Rangos (%)	Área(ha)	%
A	Nula o casia a nivel	0-4	1045.08	3.92
B	Ligeramente inclinada	4-8	945.04	3.55
C	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	8-15	6636.80	24.91
D	Moderadamente empinada	15-25	13408.61	50.32
E	Empinada	25-50	4582.18	17.20
F	Muy empinada	50-75	27.57	0.10
Total			26645.28	100.00

Figura 9. Mapa de Fallas geológicas

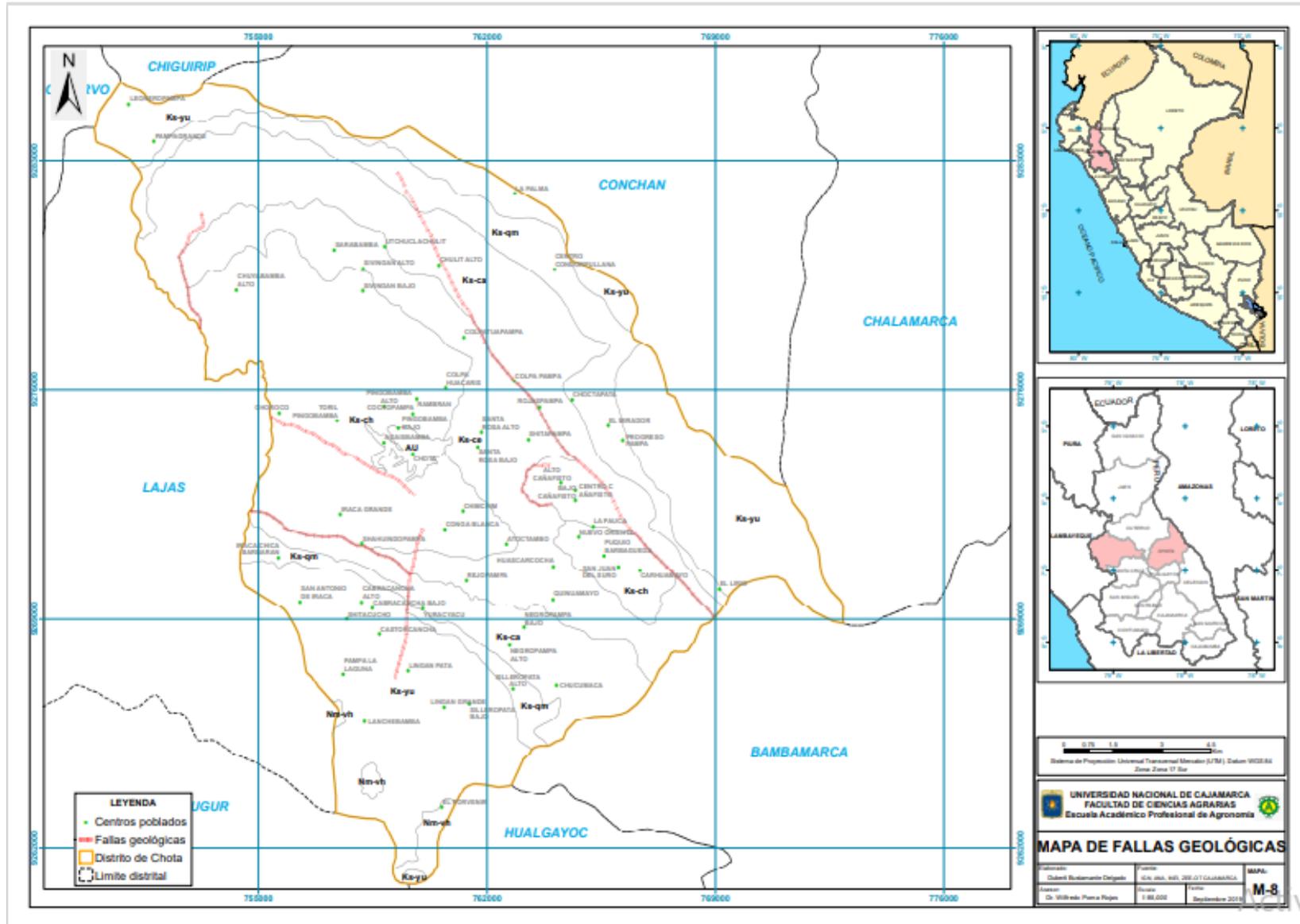
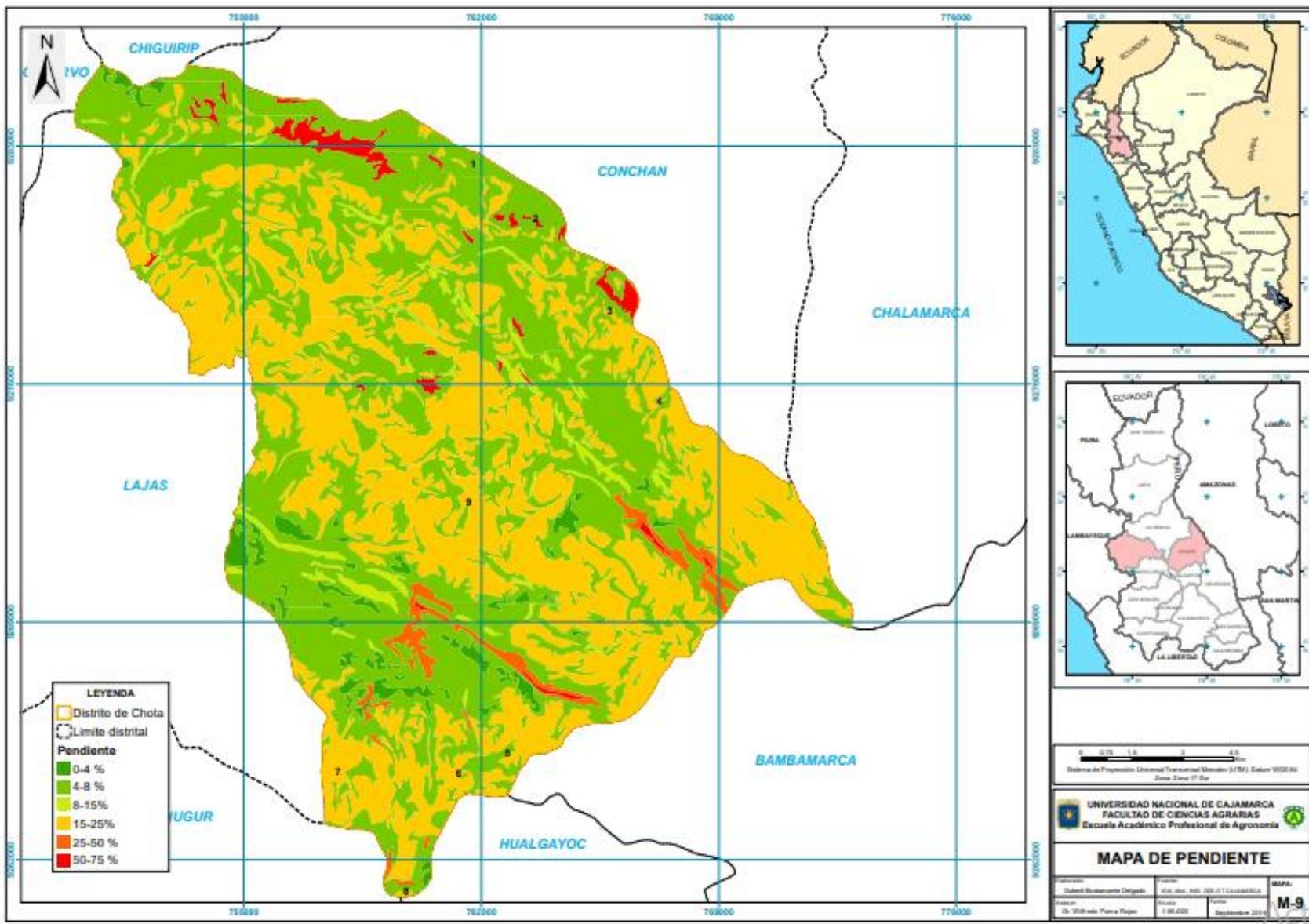


Figura 10. Mapa de Pendiente del distrito de Chota



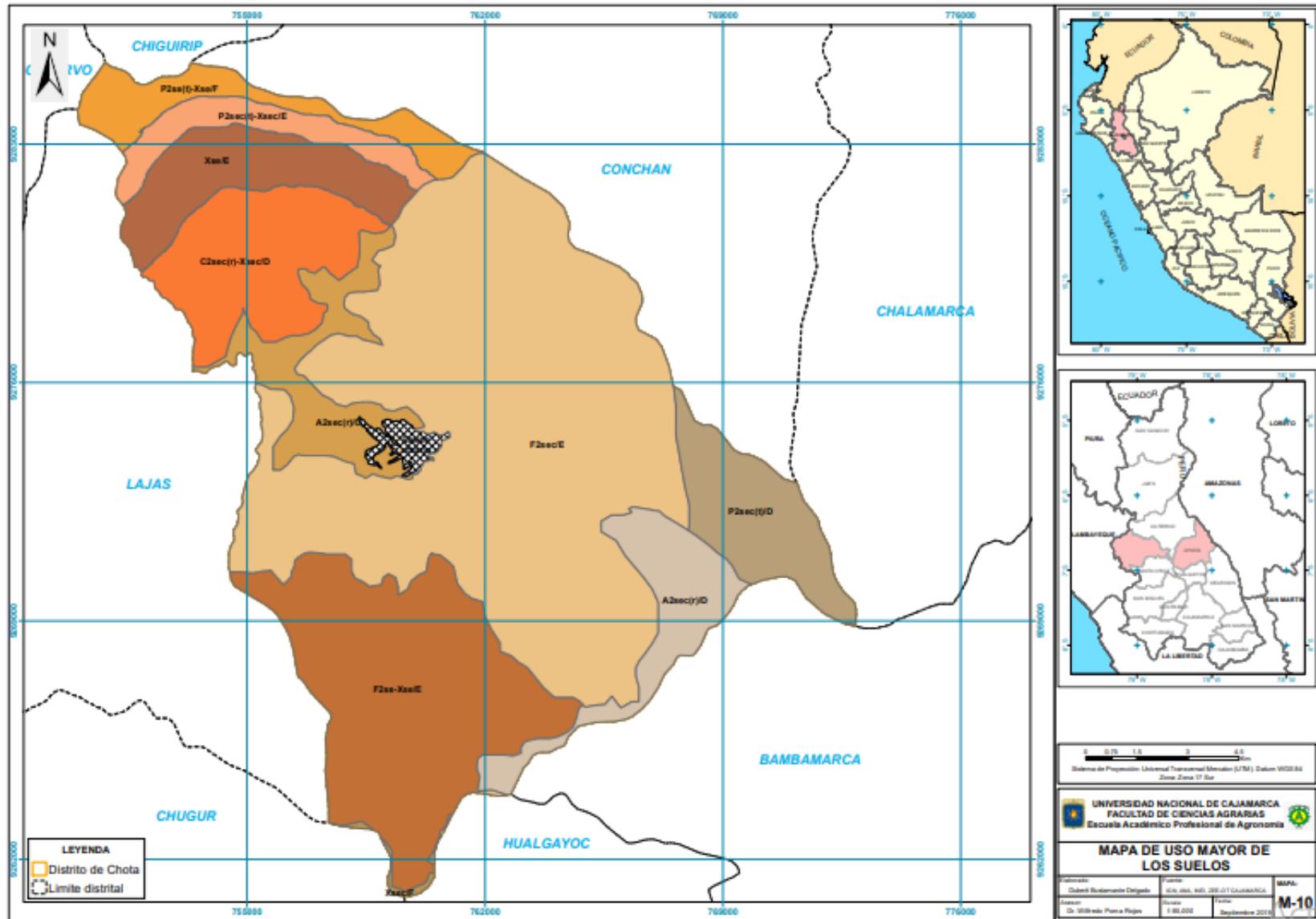
g. Uso mayor

Se realizó el análisis de la capacidad de uso de las tierras del distrito, donde se pudo evidenciar que existen diez tipos de uso de las tierras, de los cuales el que predomina es Tierras aptas para producción forestal con un total de 11950.39 ha equivalente al 44.85 % del territorio, los resultados se pueden apreciar en la tabla N° 6.

Tabla 6. Análisis de Capacidad de Uso de Suelo

Simbología	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
A2sec(r)/C	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego	1333.00	5.00	0
A2sec(r)/D	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego	1336.08	5.01	0
C2sec(r)-Xsec/D	Tierras aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego -Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	2165.16	8.13	0
AU	Área urbana	202.78	0.76	0
F2se-Xse/E	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión- Tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión	4694.19	17.62	1
F2sec/E	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y clima	11950.39	44.85	1
P2se(t)-Xse/F	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal- Tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión	1048.31	3.93	0
P2sec(t)-Xsec/E	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y pastoreo temporal- Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	826.27	3.10	1
P2sec(t)/D	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y pastoreo temporal	1493.51	5.61	1
Xse/E	Tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión	1544.08	5.79	1
Xsec/F	Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	51.50	0.19	1
Total		26645.28	100.00	

Figura 11. Mapa de uso mayor distrito de Chota



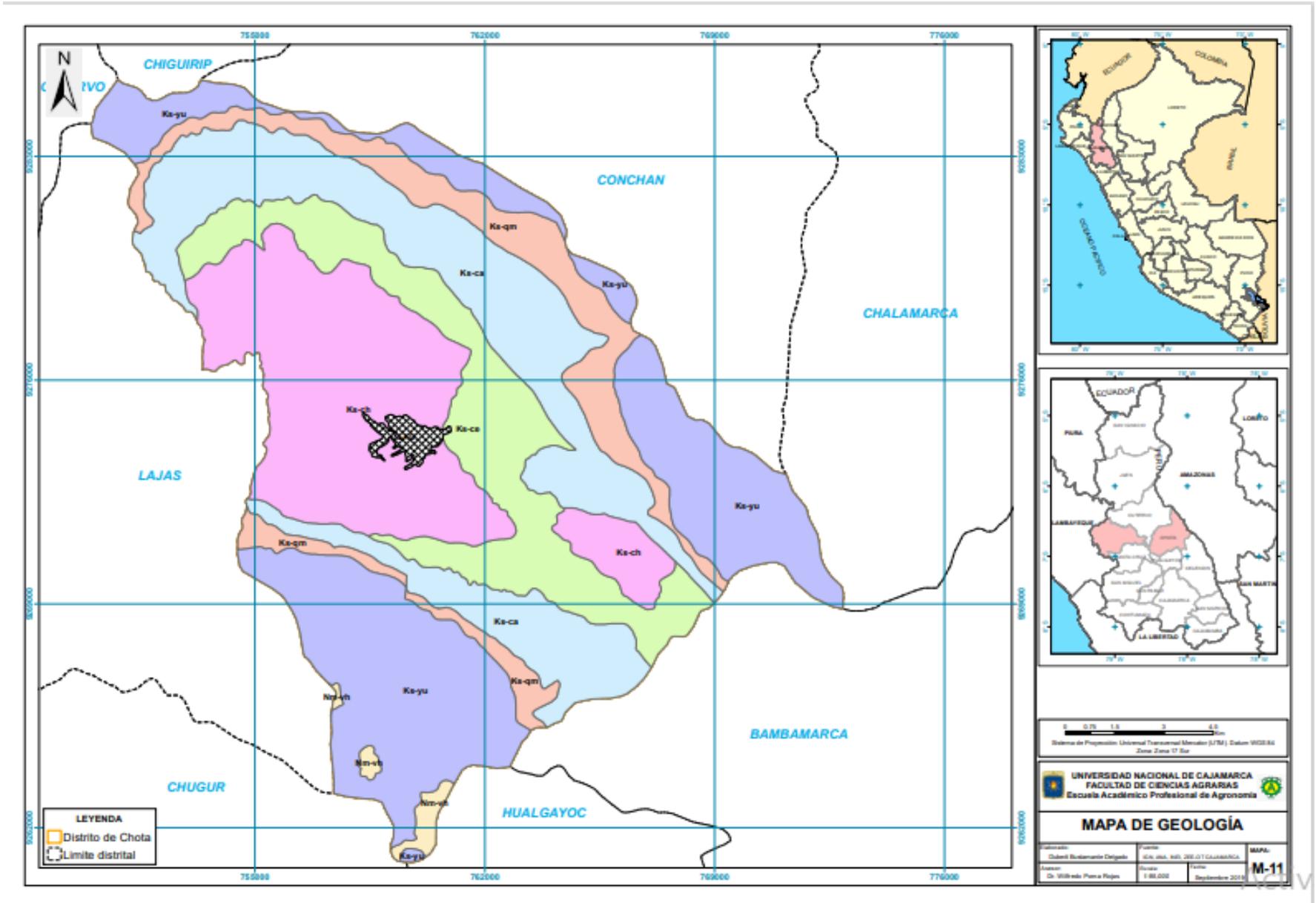
h. Geología

Se realizó la clasificación geológica de la superficie terrestre del distrito de Chota, obteniéndose así 7 tipos de formaciones geológicas de las cuales, la que predomina es la Formación Yumagual cubriendo un total de 7311.45 ha. lo cual es equivalente al 27.44 % del territorio distrital por su parte la formación geológica que se encuentra en menor cantidad es la Formación Volcánico Huambos cubriendo un total de 237.57 ha lo cual equivale al 0.89 % del territorio distrital; los resultados se pueden apreciar en la tabla N° 7.

Tabla 7. Clasificación geológica de la superficie terrestre del distrito de Chota.

Simbología	Formación	Litología	Área	
			ha	%
AU	Área urbana		202.78	0.76
Ks-ca	Formación Cajamarca	Calizas, margas	6244.09	23.43
Ks-ce	Formación Celendín	Calizas, lutitas, margas	3966.40	14.89
Ks-ch	Formación Chota	Areniscas, lutitas, conglomerados	5967.02	22.39
Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrum	Calizas, lutitas, margas	2715.95	10.19
Ks-yu	Formación Yumagual	Calizas, lutitas, margas	7311.45	27.44
Nm-vh	Volcánico Huambos	Tobas, aglomerados, Brechas	237.57	0.89
Total			26645.28	100.00

Figura 12. Mapa de la geología del distrito de Chota



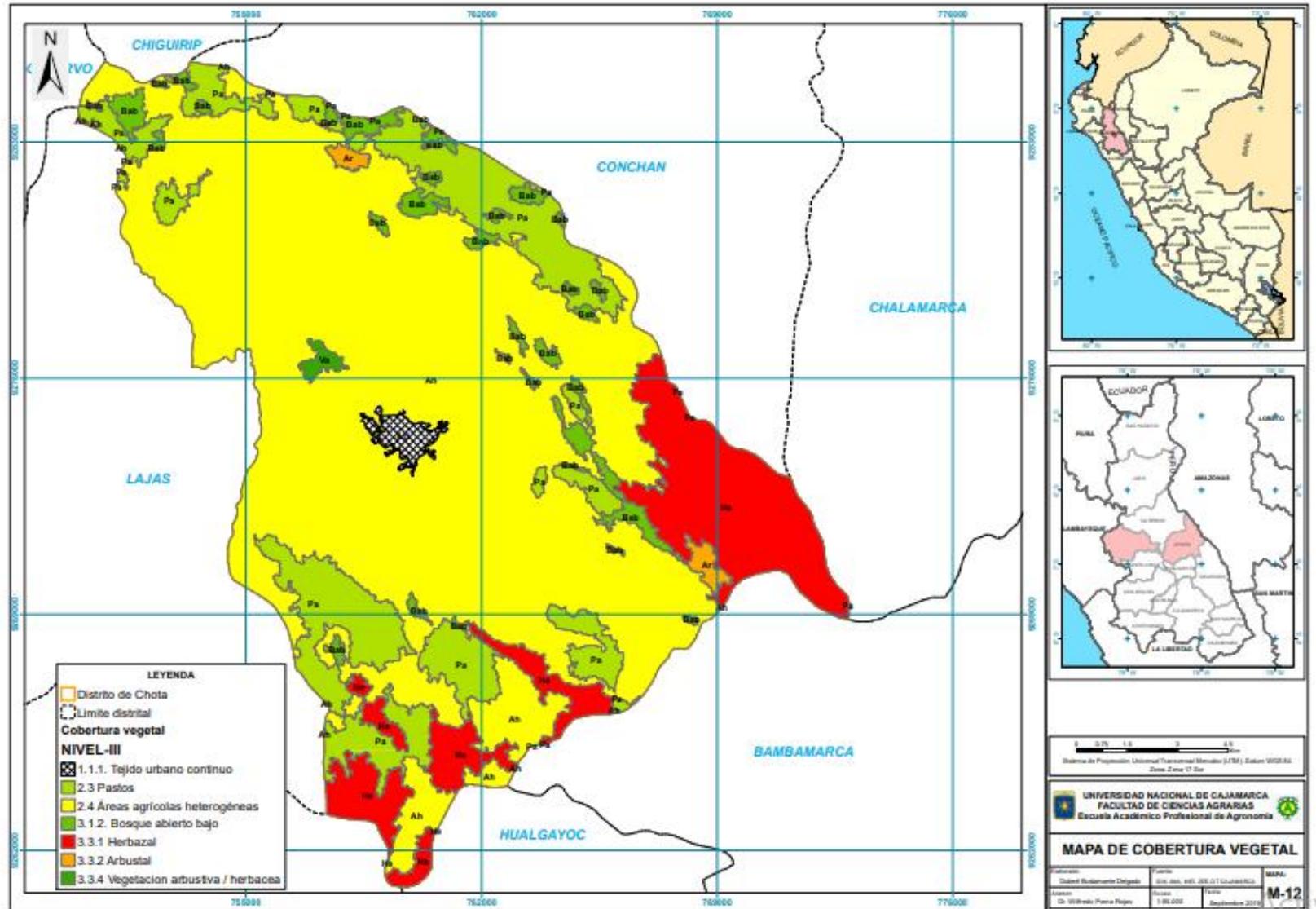
i. Cobertura vegetal

Se realizó la clasificación de la cobertura vegetal de la superficie terrestre del distrito de Chota, obteniéndose así 6 tipos de cobertura vegetal de las cuales, la que predomina es la cobertura es Áreas agrícolas heterogéneas cubriendo un total de 17752.00 ha lo cual es equivalente al 66.62 % del territorio distrital y la cobertura que se encuentra en menor cantidad es la cobertura Vegetación arbustiva / herbácea cubriendo un total de 76.84 ha lo cual equivale al 0.29 % del territorio distrital.

Tabla 8. Distribución de la cobertura vegetal

Simbología	Descripción	Área	
		ha	%
AU	Área urbana	195.45	0.73
Pa	Pastos	4157.74	15.60
Ah	Áreas agrícolas heterogéneas	17752.00	66.62
Bab	Bosque abierto bajo	952.46	3.57
He	Herbazal	3344.74	12.55
Ar	Arbustal	166.05	0.62
Va	Vegetación arbustiva / herbácea	76.84	0.29
Total		26645.28	100.00

Figura 13. Mapa de cobertura vegetal distrito de Chota



4.1.3. Análisis multicriterio

Para la determinación geográfica de las áreas factibles para el emplazamiento del relleno sanitario, se utilizó un análisis de decisión multicriterio basado en GIS, conocido como GIS-MCDA por sus siglas en inglés de GIS-bases multicriterio decisión analysis. Técnica que permite estructurar, diseñar, evaluar y priorizar alternativas en problemas de decisión; mediante la evaluación de un conjunto de criterios cualitativos o cuantitativos previamente establecidos que inciden en el problema. Estos criterios pueden trabajar en sinergia con la asignación de valores ordinales o continuos comparables. No obstante, una limitación importante radica en que la opción determinada como la mejor, no siempre es aquella que representa el mayor bienestar.

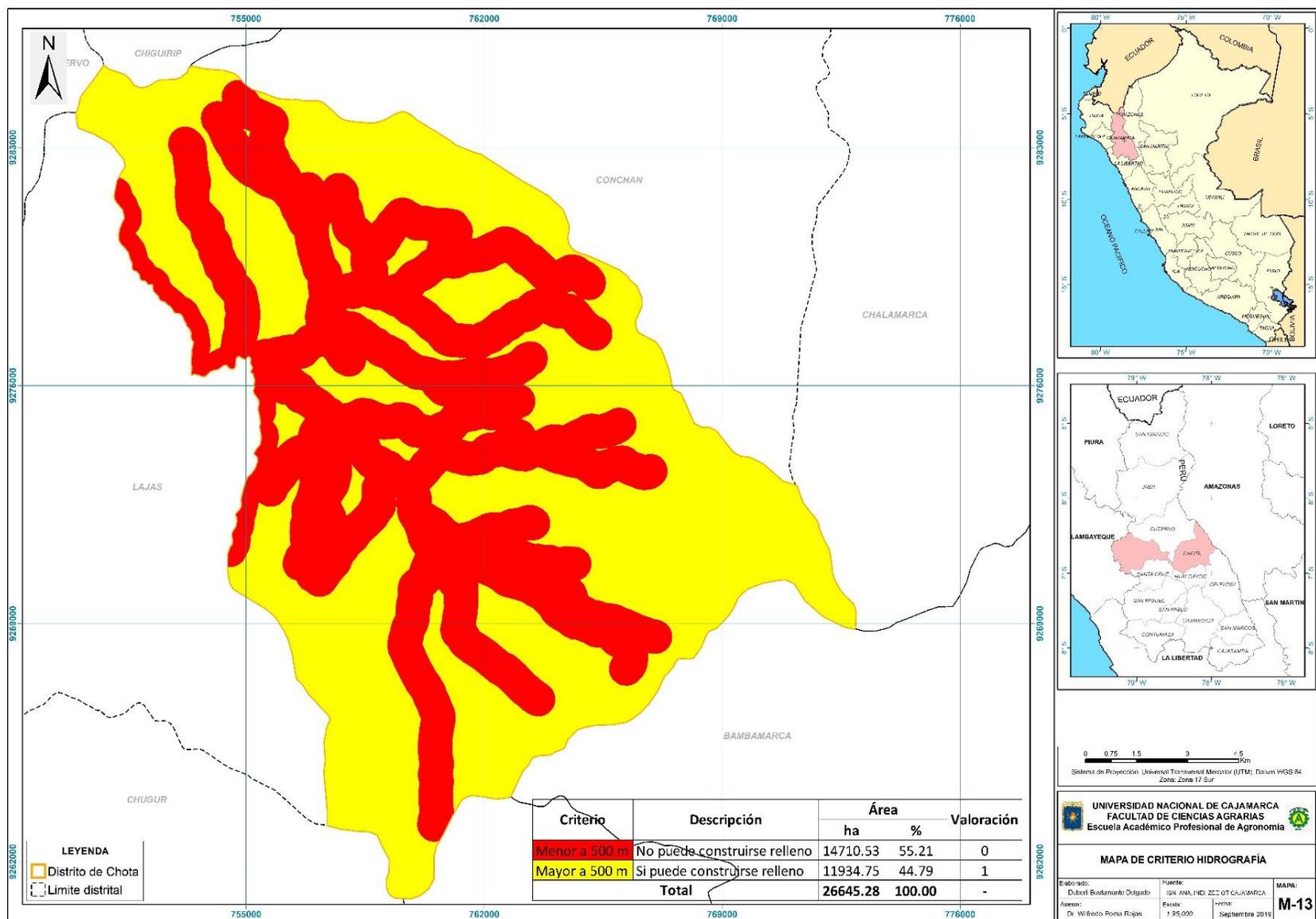
4.1.3.1 Análisis multicriterio hidrográfico.

Se realizó el análisis multicriterio hidrográfico del distrito evaluando que se cumpla con los requisitos del MINAM el cual indica que como criterio el relleno sanitario debe estar a una distancia no menor a 500 m de cualquier fuente de agua, por lo tanto, se obtuvo como resultado que 11934.75 ha equivalente al 44.79 % del territorio en donde se puede construir el relleno sanitario.

Tabla 9. Criterio de evaluación hidrográfico.

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 500 m	No puede construirse relleno	14710.53	55.21	0
Mayor a 500 m	Si puede construirse relleno	11934.75	44.79	1
Total		26645.28	100.00	-

Figura 14. Mapa criterio hidrografía



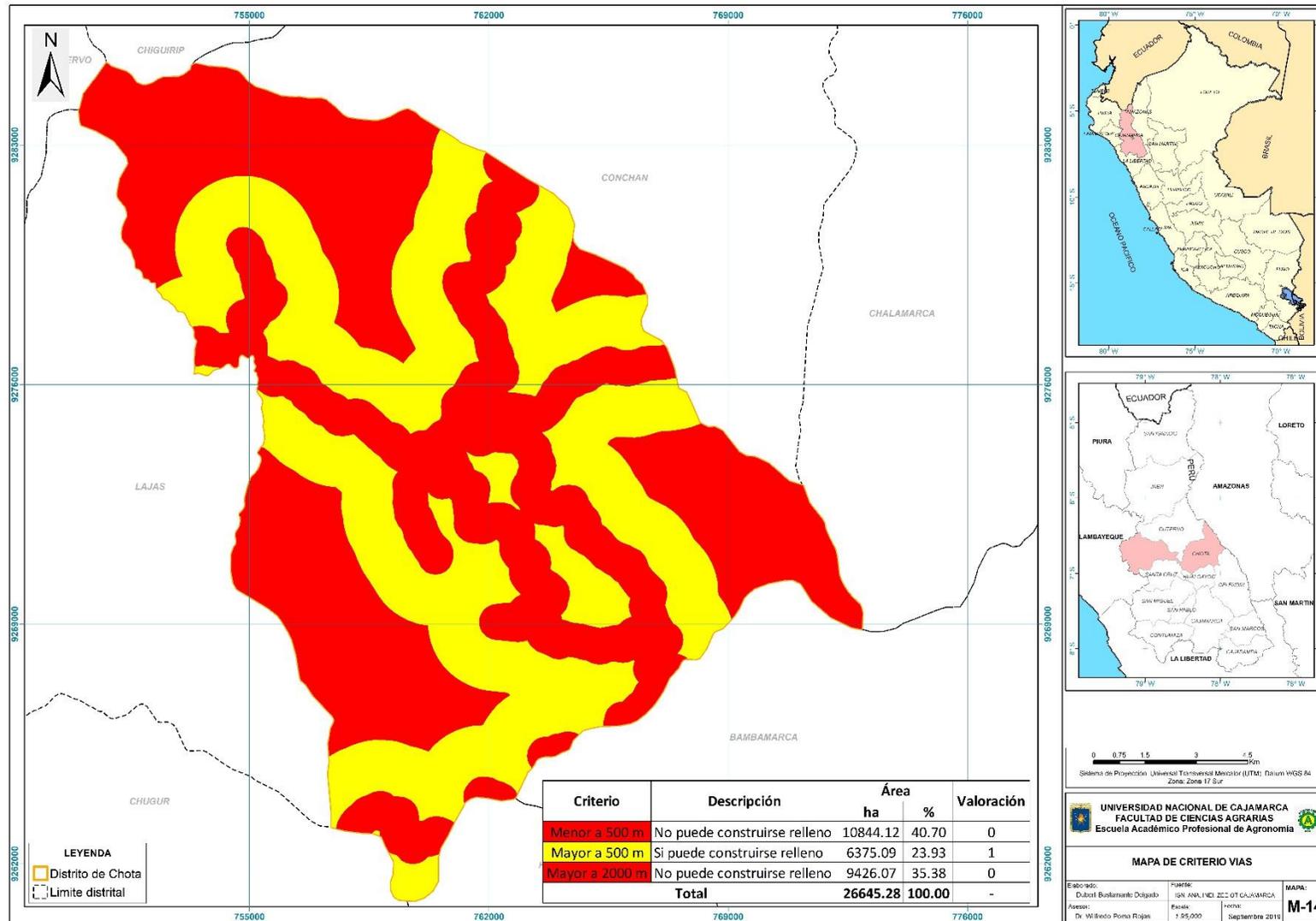
4.1.3.2. Criterio distancia de carreteras.

Se determinó el área que cumple con los requisitos del MINAM que indica que como criterio el relleno sanitario debe estar ubicado a una distancia no menor de 500 m y no mayor a 2000 m de una carretera, determinando así que existen 6375.09 ha equivalente al 23.93 % donde se puede construir el relleno sanitario.

Tabla 10. Criterio de distancia a carreteras

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 500 m	No puede construirse relleno	10844.12	40.70	0
Mayor a 500 m	Si puede construirse relleno	6375.09	23.93	1
Mayor a 2000 m	No puede construirse relleno	9426.07	35.38	0
Total		26645.28	100.00	-

Figura 15. Mapa de criterio distancia de carreteras

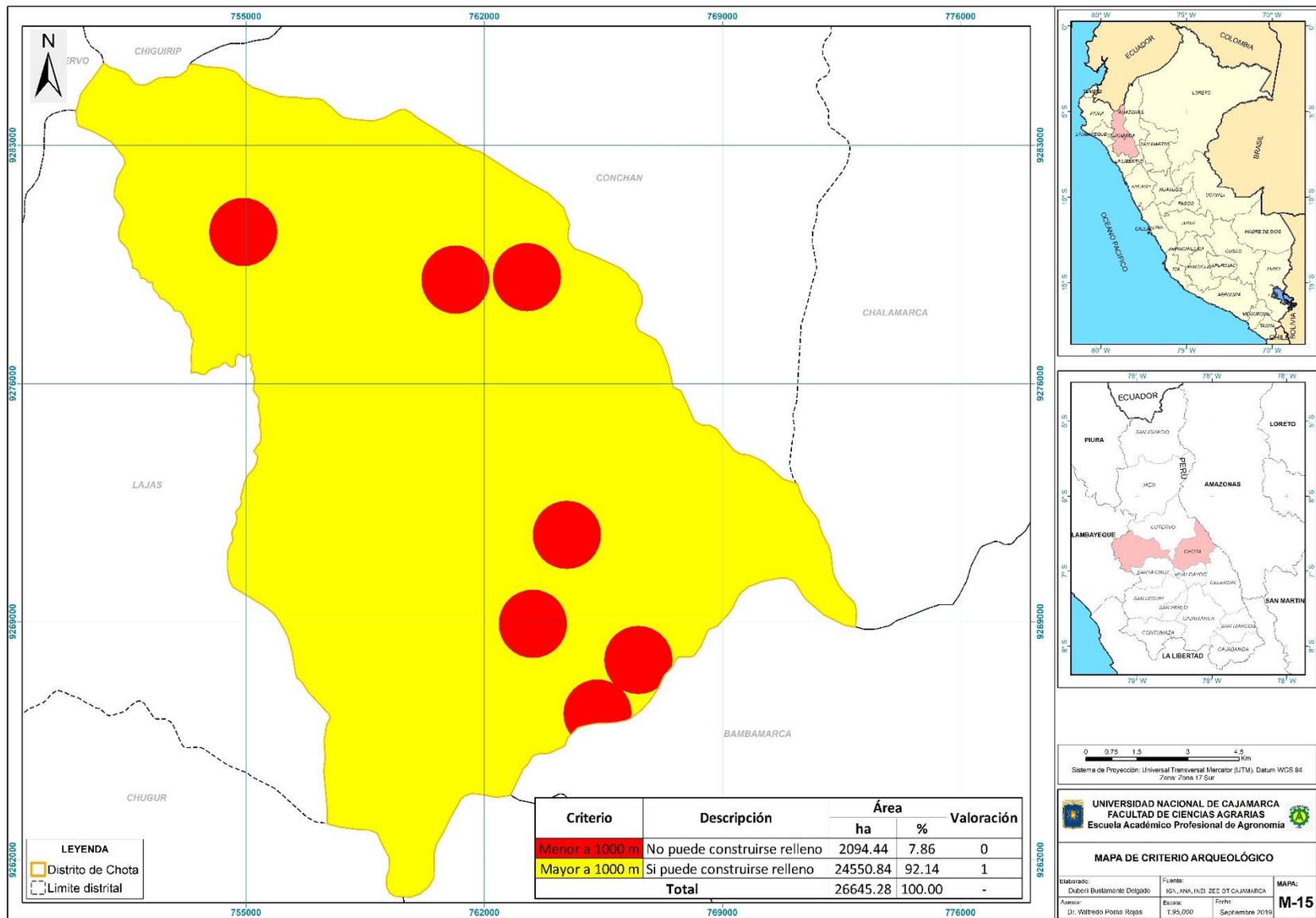


Se realizó el análisis de zonas arqueológicas del distrito, evaluando que cumpla con los requisitos del MINAM, el cual indica que el terreno debe estar ubicado a una distancia mayor de 1000 m de una zona arqueológica, por lo tanto, se determinó que existen un total de 24550.84 ha en las cuales se puede establecer el relleno sanitario y que en 2094.44 ha no se puede establecer, los resultados se pueden observar en la tabla N°11.

Tabla 11.Análisis de zonas arqueológicas.

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	2094.44	7.86	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	24550.84	92.14	1
Total		26645.28	100.00	-

Figura 16.. Mapa de criterio arqueológico



Se realizó el análisis de centros poblados e instituciones educativas y de salud del distrito evaluando que se cumpla con los requisitos del MINAM, que indica que el relleno sanitario debe estar situado a una distancia no menor a 1000 m de los criterios antes mencionados, por lo tanto, se determinó que con respecto a la distancia a los centros poblados existen un total de 7030.56 ha en las cuales se puede establecer el relleno sanitario.

Tabla 12. Análisis del criterio de distancia a centros poblados

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	12630.23	47.40	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	14015.05	52.60	1
Total		26645.28	100.00	-

Con respecto a la distancia con centros poblados se determinó que existen 14015.05 ha donde se puede establecer un relleno sanitario.

Tabla 13. Análisis del criterio de distancia a centros educativos

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	16925.85	63.52	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	9719.43	36.48	1
Total		26645.28	100.00	-

Con respecto a la distancia con centros educativos se determinó que existen 9719.43 ha donde se puede establecer un relleno sanitario.

Tabla 14. Análisis del criterio de distancia a centros de salud

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	8650.58	32.47	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	17994.69	67.53	1
Total		26645.27	100.00	-

Con respecto a la distancia con centros de salud se determinó que existen 17994.69 ha donde se puede establecer un relleno sanitario

Figura 17. Mapa de criterio de centros educativos

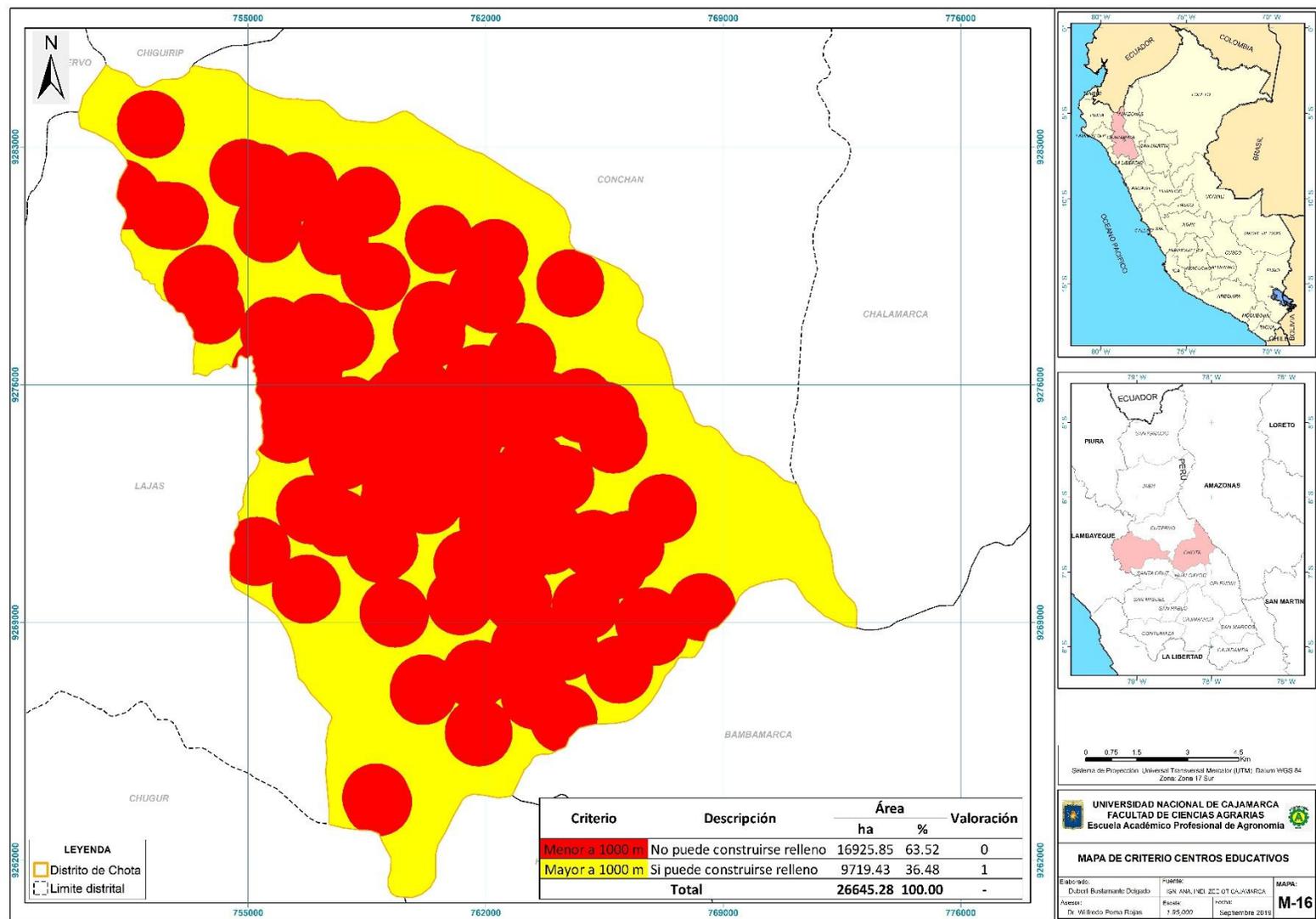


Figura 18. Mapa de criterio centros poblados

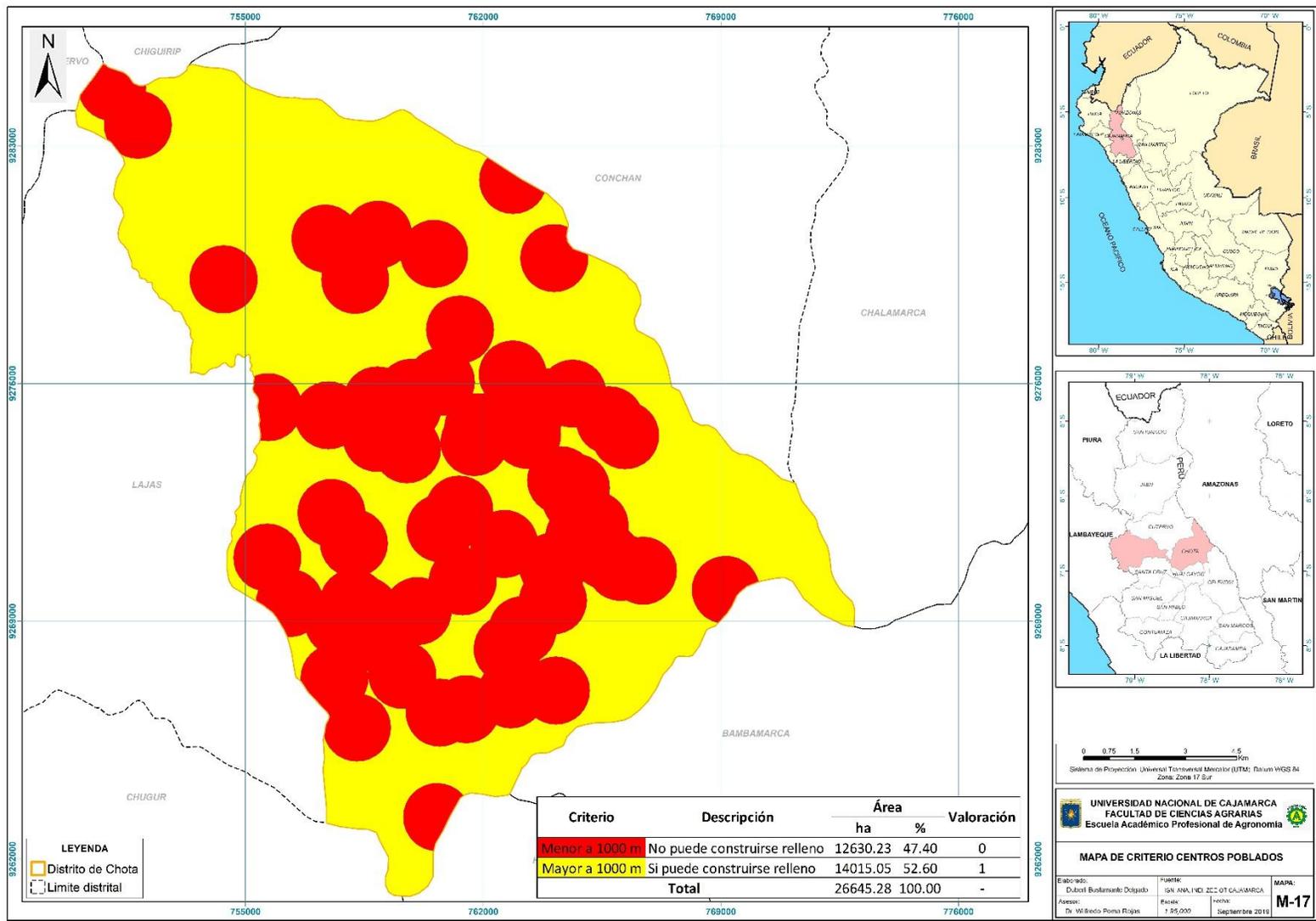
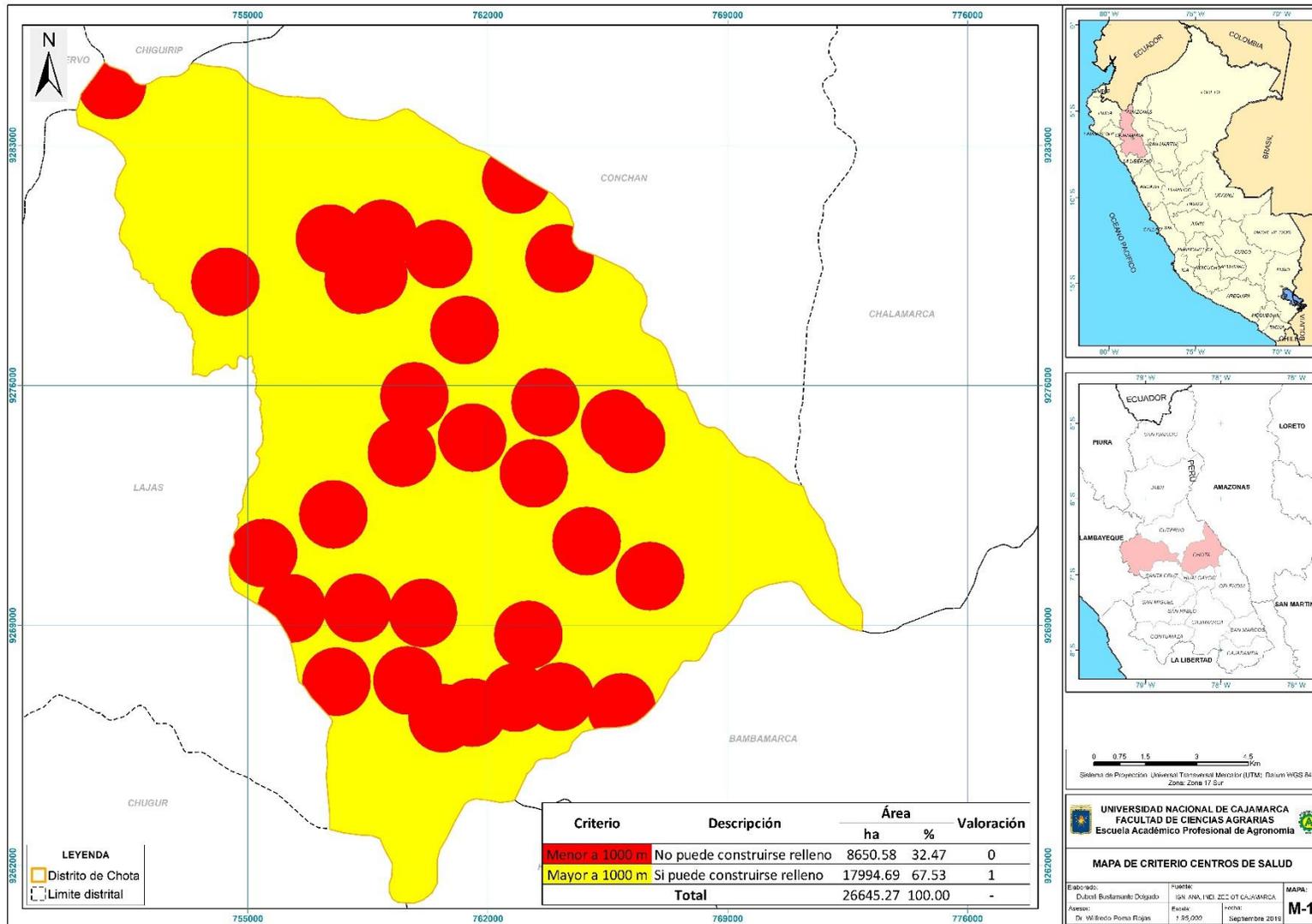


Figura 19. Mapa de criterio centros de salud

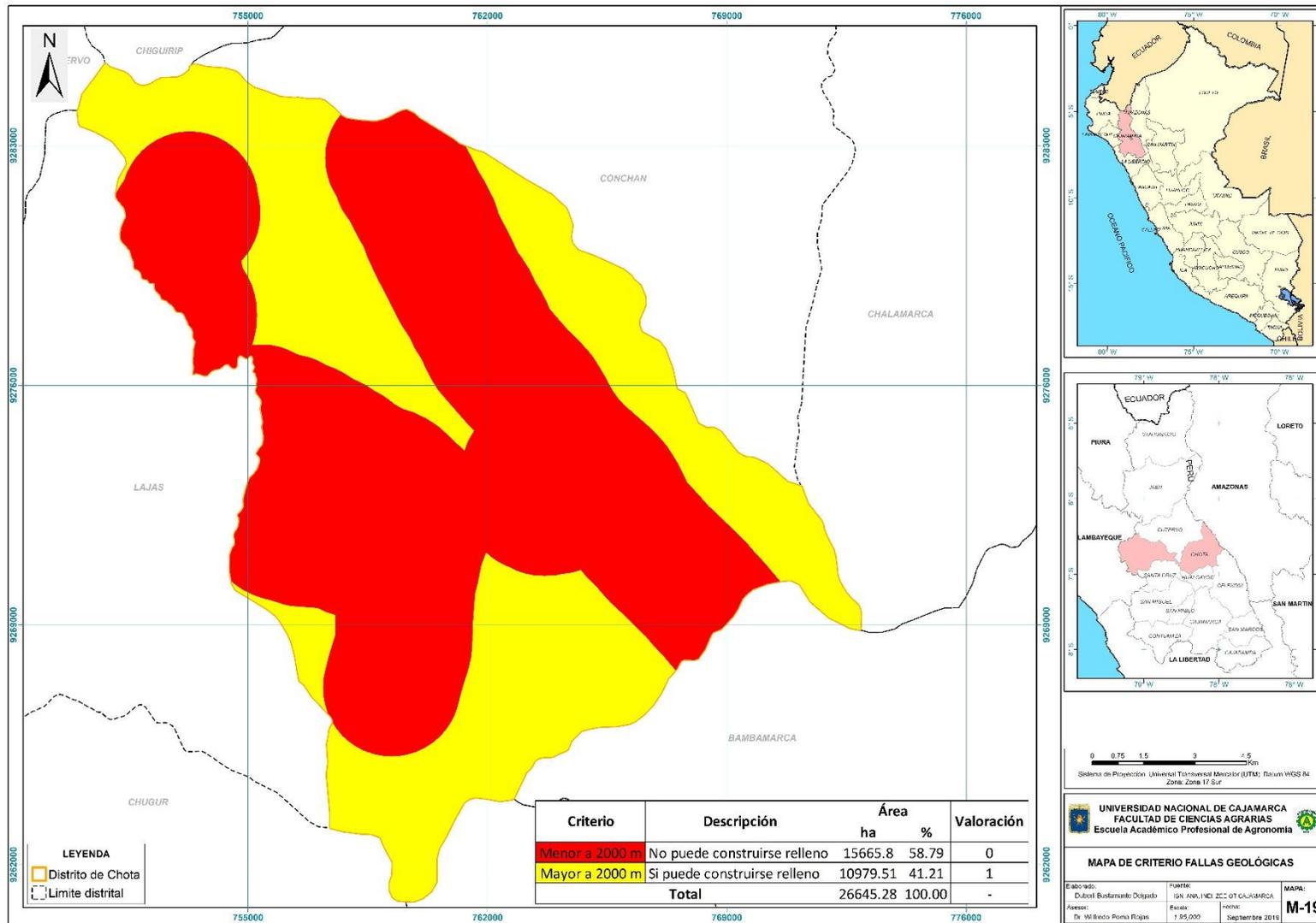


Se realizó el análisis de zonas con fallas geológicas del distrito evaluando que se cumpla con los requisitos del MINAM, que indica que no se podrán escoger zonas que presenten fallas geológicas, por lo tanto el relleno sanitario debe estar situado a una distancia mayor de 2000 m de una falla geológica, siendo así se determinó que existen un total de 10979.51 ha en las cuales se puede establecer un relleno sanitario y existen 15665.8 ha donde no se podría establecer, los resultados se observan en la tabla N°15.

Tabla 15.Análisis de fallas geológicas

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 2000 m	No puede construirse relleno	15665.8	58.79	0
Mayor a 2000 m	Si puede construirse relleno	10979.51	41.21	1
Total		26645.28	100.00	-

Figura 20. Mapa criterio fallas geologicas

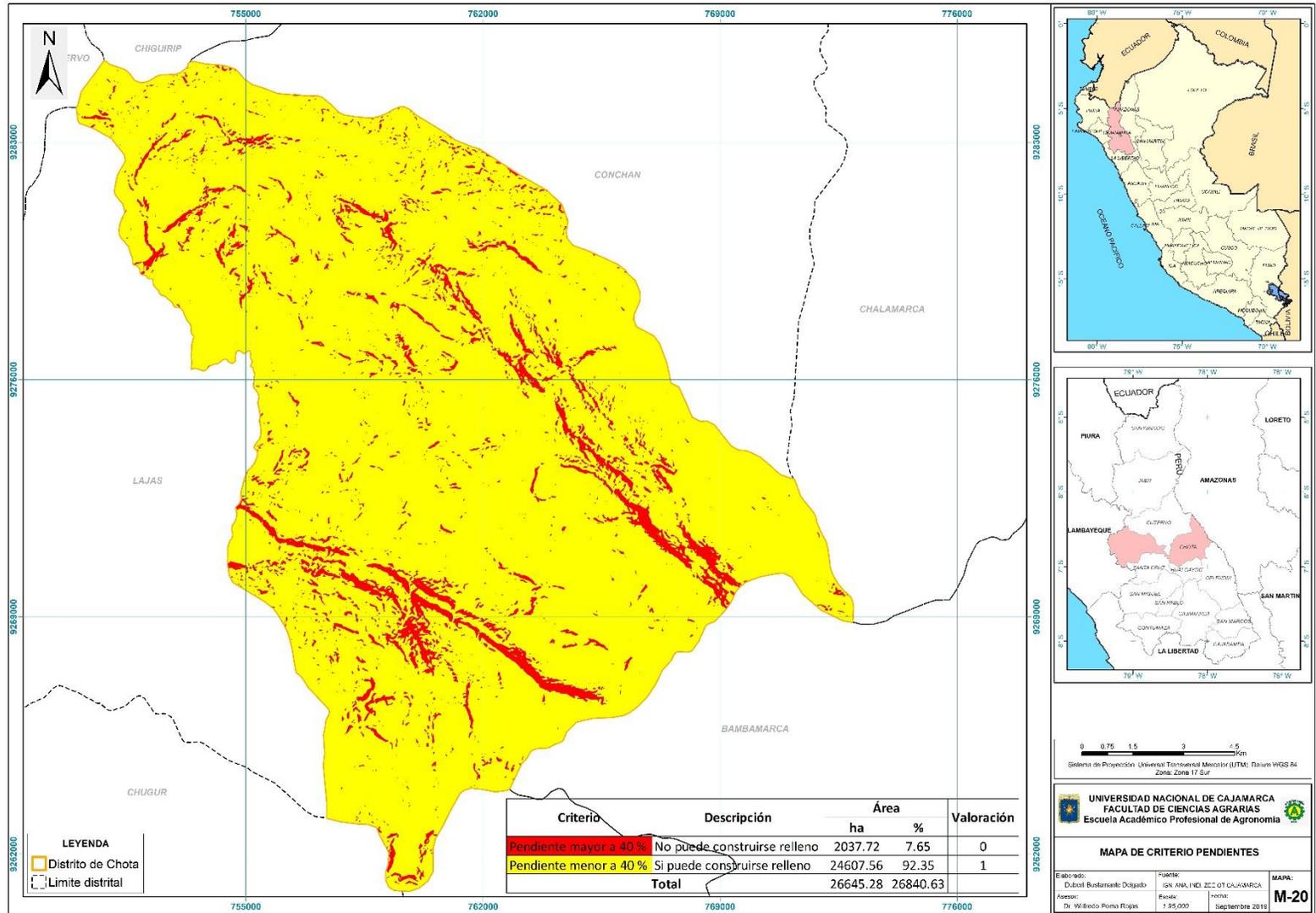


Se realizó la clasificación del área que cumple con los requisitos establecidos por el MINAM, pudiendo determinar que 24607.56 ha presenta una pendiente menor al 40% significando que si se puede construir un relleno sanitario el restante de área corresponde a 2037.72 ha presentan pendiente mayor al 40 % indicando que no se puede construir un relleno sanitario en dichas áreas; los resultados se pueden observar a más detalle en la tabla N° 16.

Tabla 16. Criterio de evaluación de la pendiente.

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Pendiente mayor a 40 %	No puede construirse relleno	2037.72	7.65	0
Pendiente menor a 40 %	Si puede construirse relleno	24607.56	92.35	1
Total		26645.28	26840.63	

Figura 21. Mapa criterio pendientes

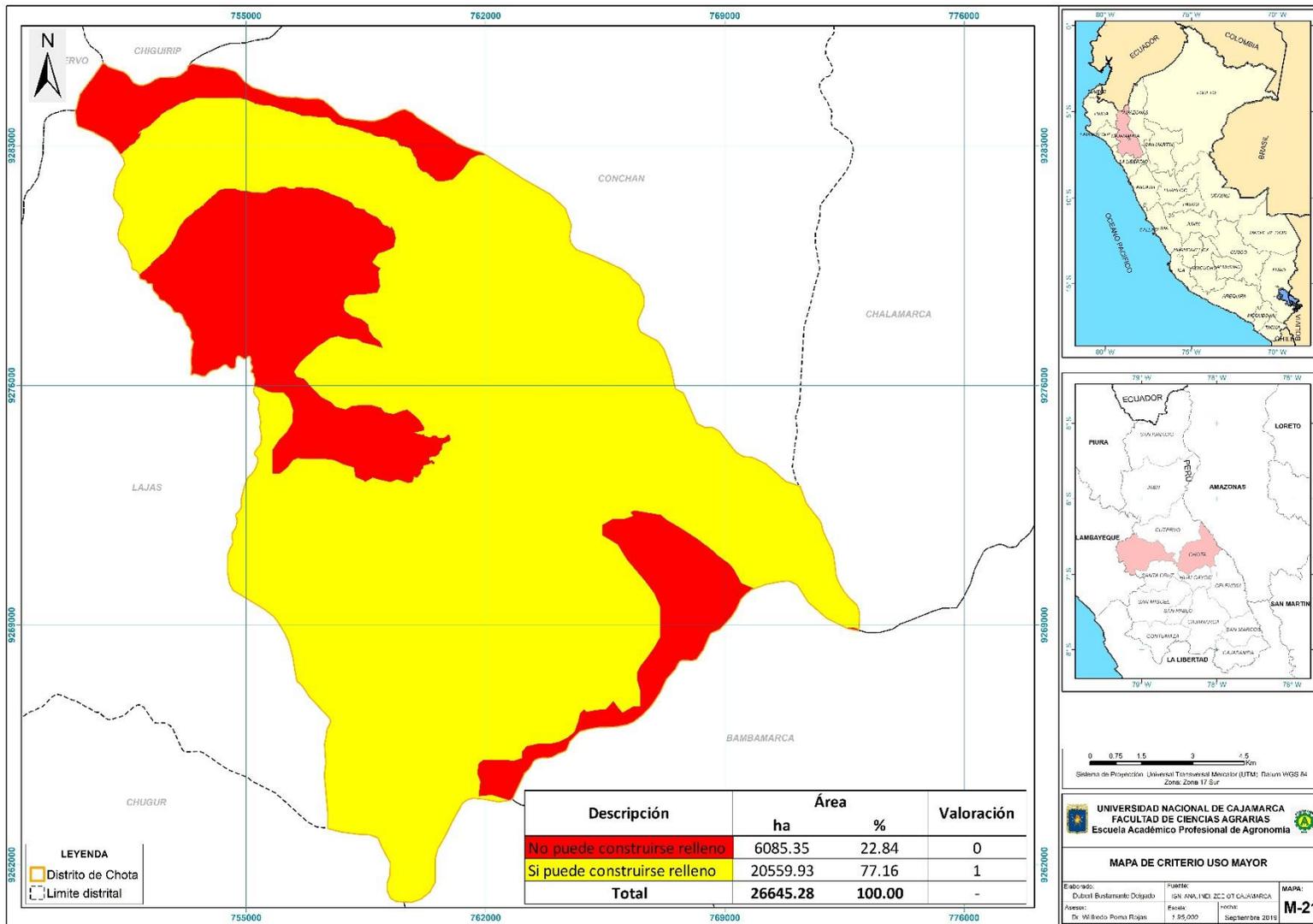


Se realizó el análisis de uso mayor del suelo del distrito evaluando que se cumpla con los requisitos del MINAM el cual indica que se seleccionara aquellas áreas denominadas como zonas de reforestación y de protección, por lo cual se determinó que existen 20559.93 ha que fueron identificadas como óptimas para la instalación del relleno sanitario en esas áreas, sin embargo, se determinaron también que en 6085.35 ha dentro del distrito no se podría instalar un relleno sanitario, los resultados se observan en la Tabla N° 17

Tabla 17. Análisis del criterio de uso mayor del suelo.

Descripción	Área		Valoración
	Ha	%	
No puede construirse relleno	6085.35	22.84	0
Si puede construirse relleno	20559.93	77.16	1
Total	26645.28	100.00	-

Figura 22. Mapa de criterio de uso mayor del suelo

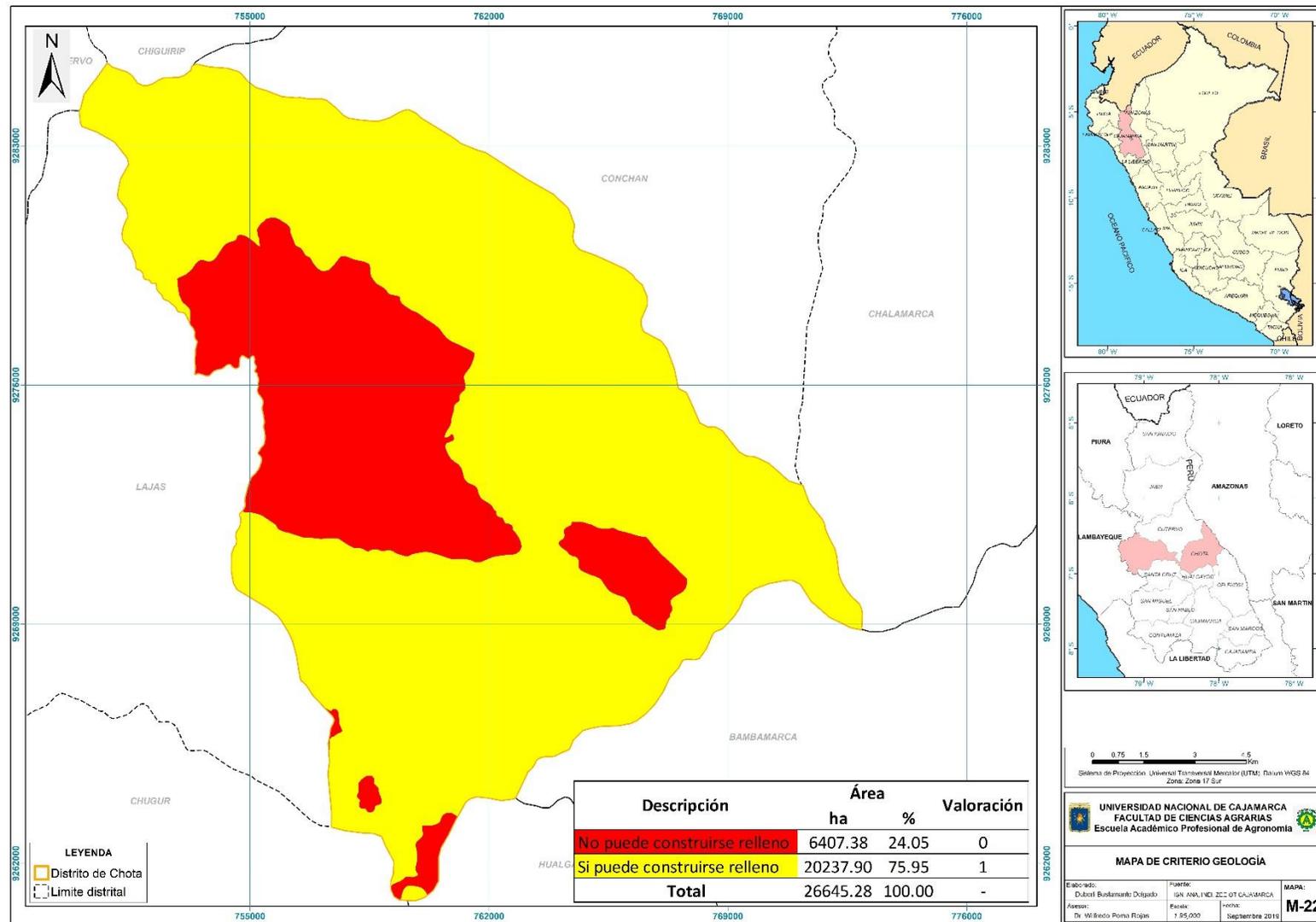


Se determinó el área que cumple con los requisitos del MINAM el cual indica que como criterio el relleno sanitario se debe encontrar ubicado sobre un sustrato arcillo arenoso: “Andesita”, “conglomerados, areniscas y arcillas”, “gravas, arenas, arcillas y limos”, determinando así 20237.90 ha si cumplen con el requerimiento establecido por el MINAM lo cual equivale al 75.95 % del territorio distrital, y 6407.38 ha no cumplen con el requerimiento establecido por el MINAM lo cual equivale al 24.05 % del territorio distrital; los resultados se pueden apreciar en la tabla N° 18.

Tabla 18. Criterio geológico.

Descripción	Área		Valoración
	ha	%	
No puede construirse relleno	6407.38	24.05	0
Si puede construirse relleno	20237.90	75.95	1
Total	26645.28	100.00	-

Figura 23 Mapa de Criterio geología

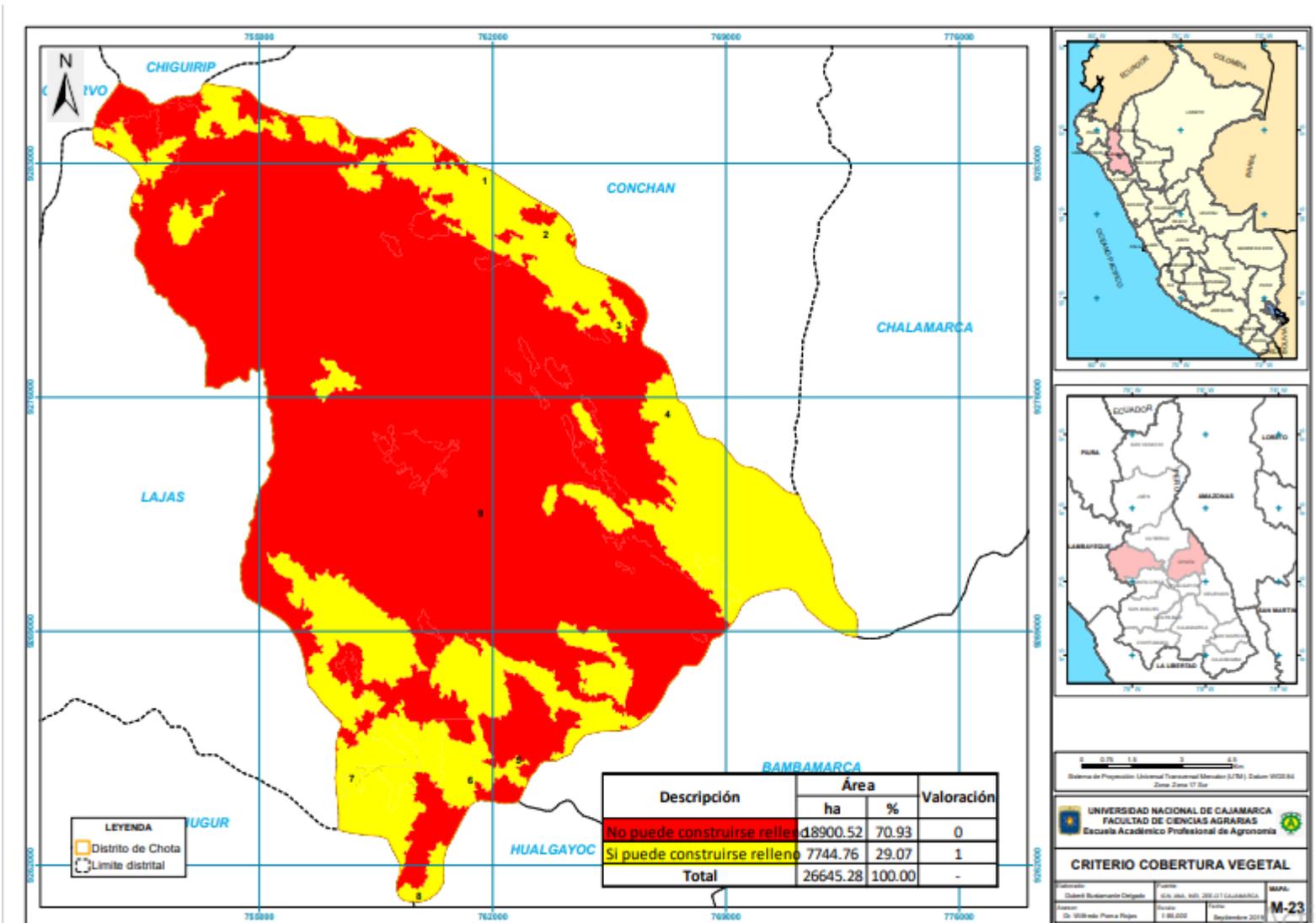


Se realizó el análisis de cobertura vegetal del distrito evaluando que se cumpla con los requisitos del MINAM, el cual indica que las tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos son las más adecuadas para establecer el relleno sanitario, siendo así se determinó que existen un total de 7744.76 ha en las cuales se puede establecer el relleno sanitario y en 18900.52 ha no se puede establecer, los resultados se pueden observar en el cuadro N°19.

Tabla 19. Análisis de criterio de cobertura

Descripción	Área		Valoración
	ha	%	
No puede construirse relleno	18900.52	58.94	0
Si puede construirse relleno	7744.76	41.06	1
Total	26645.28	100.00	-

Figura 24. Mapa criterio cobertura vegetal



4.1.3. Elaboración del mapa final con las zonas óptimas para la instalación de relleno sanitario.

Se elaboró el mapa final con las zonas identificadas como óptimas para el establecimiento del relleno sanitario y se identificaron un total de 8 áreas óptimas, de las cuales el área N° 7 cuenta con el área más extensa con 172.32 ha y el área N° 5 cuenta con el área menos extensa con 6.04 ha.

Tabla 20. Áreas óptimas identificadas

Numero	Área	Centroide	
		x	y
1	9.79	761751	9282475
2	80.64	763604	9280890
3	51.21	765756	9278225
4	161.95	767302	9275424
5	6.04	762757	9265135
6	34.22	761330	9264567
7	172.32	758360	9264560
8	20.69	759788	9261098

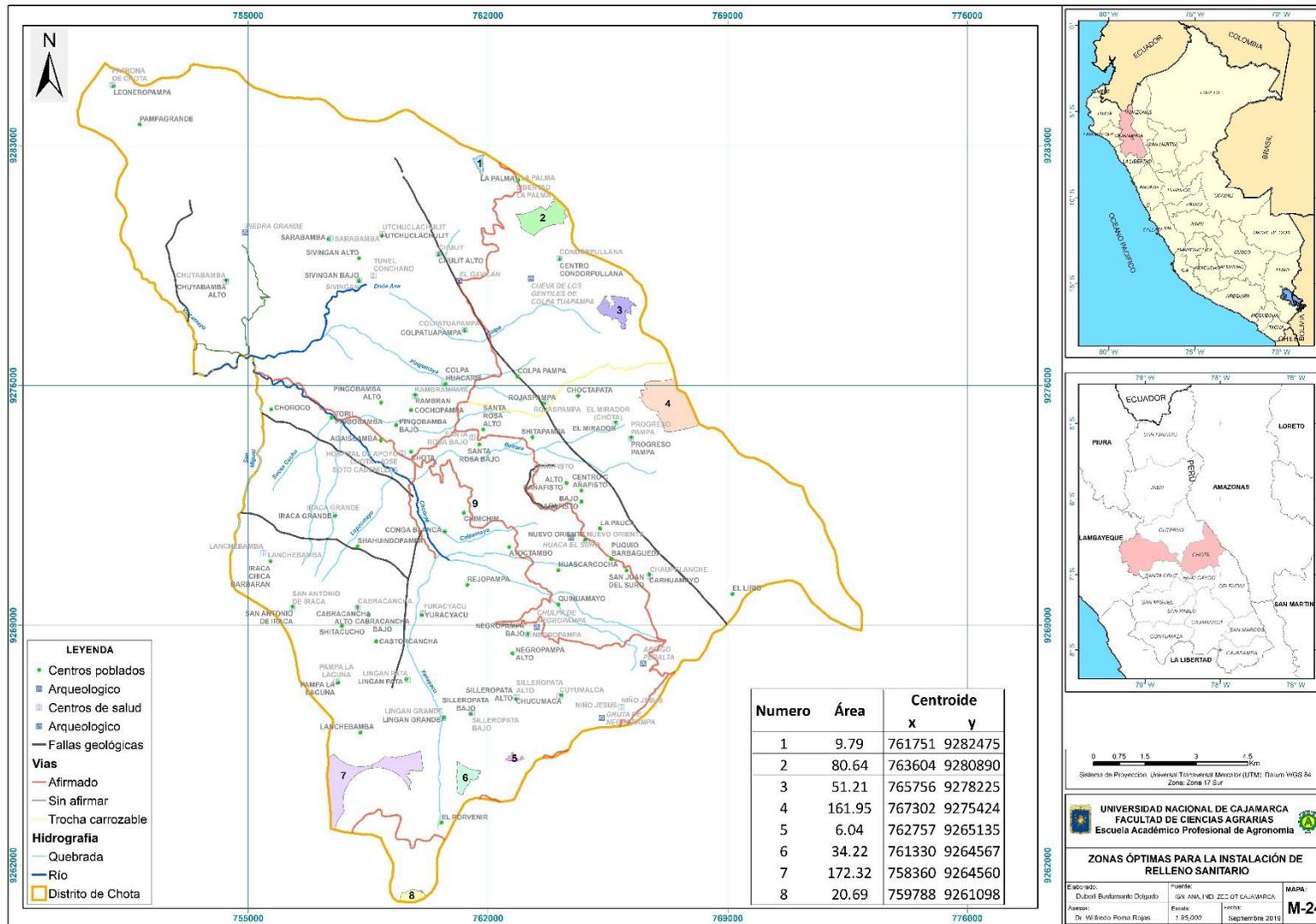
4.1.4. Evaluación de áreas identificadas en campo

Se realizó el trabajo de campo para lo cual se visitó las áreas identificadas con la evaluación multicriterio y se constató que cumplan con los criterios establecidos por el MINAM, además se aplicaron otros criterios de evaluación en campo para la selección de un área destinada a la instalación de un relleno sanitario, por lo tanto, como resultado de la evaluación en campo se determinó que el área N° 5 es el área más propicia debido a que cumple con los criterios del MINAM y además no influye en la belleza paisajística, es un lugar con facilidad de acceso.

Tabla 21 .*Distancia de la ciudad a la zona óptima*

Área óptima	Distancia en Km desde la ciudad Chota
1	17.5
2	12
3	10
4	8.5
5	20
6	20.5
7	22
8	28

Figura 25. Zonas optimas para la istalación de relleno sanitario



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Conclusiones

- ✓ Se logró identificar 8 áreas potenciales donde se puede construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el Distrito Chota – Departamento de Cajamarca.
- ✓ Se definieron 12 criterios de evaluación técnica para la selección de áreas potenciales para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos: Distancia a carreteras, zonas urbanas, centros poblados, centros de salud, centros educativos, fallas geológicas, geología, hidrología, infraestructura existente, pendiente, uso de suelo, cobertura vegetal y zonas arqueológicas.
- ✓ Se estableció para cada uno de los criterios técnicos un parámetro para emplear la Evaluación Multicriterio, teniendo los valores o áreas definidas como “0” a las zonas intangibles y de “color rojo”, las cuales no fueron consideradas para la instalación de planta de residuos sólidos; y el valor o área definida como “1” y de “color amarillo” a aquellas zonas que cumplen con los criterios siendo las áreas potenciales para la instalación de planta de residuos sólidos.

b. Recomendaciones

- ✓ En el marco de implementación de un área óptima identificada se debe realizar un estudio de campo conciso para cada área identificada, referente al tipo de suelo, hidrografía; además de la identificación de los actuales propietarios. También realizar estudios de impacto ambiental para poder determinar el área que más reduce el daño al ambiente.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badilla, E., Rojas, W., y Vargas, I. (2008). Ubicación de sitios aptos para la disposición de desechos sólidos al oeste del Valle Central, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (38).
- Becerra, C., Castro M. y Rodríguez, A. (2015). Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán, 82.
- Berry, J.K. (1987): "Fundamental operations in computer assisted map analysis", *International Journal of Geographical Information System*, Vol. I, n1 2, pp. 119 - 136.
- Buzai, G. (2005). Los Sistemas de Información Geográfica y sus métodos de análisis en el continuo resolución-integración. In *Memorias X Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (X CONFIBSIG)*.
- Chapman A., y Wiczorek, J. 2006. *Guide to Best Practices for Georeferencing*. Copenhagen. Global Biodiversity Information Facility.
- Eastman, R. (2006): *User Manual Idrisi Andes®*. USA Clark Labs, Clark University. 327 p.
- Eastman, R.J. 1999. *Guide to GIS an imagen processing*. Volume 2.Ed. Clark Labs. Worcester, M.A. 170 pp.
- Encinas, G. A. I. Identificación y Clasificación de áreas Potenciales para Rellenos Sanitarios Usando Sistemas de Información Geográfica en el Valle del Yaqui-Edición Única.
- Eguizabal, R. 2013. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. Recuperado de www.minam.gob.pe
- Fernández, I. 2009. *Las coordenadas geográficas y las proyecciones cartográficas UTM*.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. 2005. *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, Ra-Ma.

- Herrera, N. 2014. Identificación de áreas potenciales para el manejo de residuos sólidos o desechos peligrosos en el departamento de Cundimarca. Universidad Nacional de Colombia.
- Kiely, G. 2003. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Ed. Mc Graw Hill.
- MAVDT (MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL). 2005. Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Bogotá, D.C.
- SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). 2010. Reciclaje y disposición final segura de residuos sólidos: 3.4. Disposición final segura de residuos sólidos.
- Vicente, J. 2008. Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2. Tomo II: EJERCICIOS.

ANEXOS

Figura 27. Área optima Centro Poblado La Palma



Figura 28. Área optima Centro poblado La Libertad la Palma



Figura 29. *Àrea Òptima Centro Poblano Condorpullana Zona Baja*



Figura 30. *Àrea Òptima Centro Poblado Condorpullana Zona Alta*



Figura 31. Area Óptima Centro Poblado Progresopampa



Figura 32. Area Óptima Centro Poblado Silleropata Bajo



Figura 33. Area optima centro poblado Lingan Grande



Figura 34. Area optima caserio Lanchebamba



Figura 35. *Area òptima caserío Pampa la Laguna*



Figura 36. *Validación en campo de area óptima*

