

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL TROPICAL



TESIS

**“CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO
MAYOR UTILIZANDO S.I.G. EN LA MICROCUENCA DEL RÍO
NEGRO - SATIPO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIAS AGRARIAS

ESPECIALIDAD: INGENIERÍA FORESTAL TROPICAL

PRESENTADO POR:

ALEXANDER MARLON MONTES DE OCA LLANCO

JOSMELL JOEL MADUEÑO ZENTENO

SATIPO, PERÚ

2012

ASESOR:

ING. MOISÉS W. HURTADO LEÓN

A Dios, nuestro padre
celestial Jehová.

A nuestros padres, por el apoyo
incondicional, y la confianza que
nos dan en cada momento y por
ser los principales colaboradores.

A nuestros hermanos, quienes hicieron
posible la culminación del presente.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.	
I. INTRODUCCIÓN.	01
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	02
2.1 EL SUELO COMO UN RECURSO NATURAL.	02
2.1.1 UTILIZACIÓN DEL SUELO POR LAS PLANTAS.	02
2.1.2 PRODUCTIVIDAD DEL SUELO.	02
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE LA PROVINCIA DE SATIPO	03
2.2 USO DE LA TIERRA.	03
2.2.1 COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL DE LA TIERRA.	03
2.2.2 USO POTENCIAL DE LA TIERRA.	04
2.2.3 CAPACIDAD DE USO MAYOR.	04
2.2.4 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA.	05
2.2.5 APTITUD DE USO DE LA TIERRA.	06
2.2.6 CAPACIDAD VERSUS APTITUD.	06
2.2.7 TIERRA Y SUELO.	06
2.3 CUENCA HIDROGRÁFICA.	06
2.3.1 RANGOS DE ÁREA PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS.	06
2.3.2 LA ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA.	07
2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	07
2.4.1 EL SIG EN LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA.	08
2.4.2 INTERPOLACIÓN ESPACIAL.	08
2.4.3 FUENTES DE DATOS PARA LA INTERPOLACIÓN ESPACIAL.	09
2.4.4 IMPORTANCIA DE LA INTERPOLACIÓN.	09
2.4.5 MAPAS TEMÁTICOS.	09

a.	Mapa de uso de la tierra.	09
b.	Modelos de elevación digital (DEM)	10
c.	Las imágenes de satélite.	10
III.	MATERIAL Y MÉTODOS.	11
3.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	11
3.1.1	UBICACIÓN POLÍTICA.	11
3.1.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	11
3.1.3	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	11
a.	Fisiografía.	11
b.	Altitud.	11
c.	Zonas de vida.	12
3.2	MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.	12
3.3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.	12
3.3.1	PRIMERA ETAPA: TRABAJO DE GABINETE.	12
a.	Recopilación de la información base.	12
b.	Obtención de datos de percepción remota.	13
c.	Identificación de factores que definen la capacidad de uso mayor.	13
d.	Elaboración de mapa base.	13
3.3.2	SEGUNDA ETAPA: TRABAJO DE CAMPO.	13
3.3.3	TERCERA ETAPA: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	13
a.	Elaboración de mapas temáticos.	13
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.	19
4.1	CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE LA CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS.	19
4.1.1	PEDREGOSIDAD.	19
4.1.2	TEXTURA.	20
4.1.3	PROFUNDIDAD EFECTIVA.	21
4.1.4	PENDIENTE.	21
4.1.5	POTENCIAL DE HIDROGENO (pH).	22
4.1.6	CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS.	23
V.	CONCLUSIONES.	24
VI.	RECOMENDACIONES.	25
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.	26
	ANEXOS.	28

LISTA DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 3.1.	Categorización de pendiente de terreno en porcentaje.	14
Cuadro 3.2.	Categorización de textura.	14
Cuadro 3.3.	Categorización de profundidad efectiva.	15
Cuadro 3.4.	Categorización de pedregosidad.	15
Cuadro 3.5.	Categorización del potencial de hidrogeno (pH).	15
Cuadro 3.6.	Categorización de tierras según su capacidad de uso mayor.	16
Cuadro 3.7.	Profundidad por pedregosidad.	16
Cuadro 3.8.	Por textura.	17
Cuadro 3.9.	Por potencial de hidrogeno (pH).	17
Cuadro 3.10.	Por pendiente.	18
Cuadro 4.1.	Categorización por niveles de pedregosidad.	20
Cuadro 4.2.	Categorización por niveles de textura de suelo.	20
Cuadro 4.3.	Categorización por rangos de profundidad efectiva.	21
Cuadro 4.4.	Categorización por niveles de pendientes de terreno.	22
Cuadro 4.5.	Categorización por niveles de potencial de hidrogeno (pH).	22
Cuadro 4.6.	Categorización de tierras según su capacidad de uso mayor.	23
Cuadro 8.1.	Datos de características físicas y químicas de los suelos la microcuenca de Rio Negro - Satipo.	31

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 01. Medición de características físicas del suelo en calicatas abiertas.	29
Fotografía 02. Suelos con pendientes moderadas.	29
Fotografía 03. Determinación de la profundidad efectiva.	29
Fotografía 04. Medición de las clases de textura en calicatas.	29
Fotografía 05. Medición de características físicas del suelo en calicatas abiertas.	30
Fotografía 06. Evaluación de datos físicos mediante barrenaje.	30
Fotografía 07. Evaluación de datos físicos mediante barrenaje.	30
Fotografía 08. Suelos con pendientes pronunciadas.	30

LISTA DE MAPAS

		Pág.
Mapa 01.	Mapa de ubicación política.	34
Mapa 02.	Mapa base – topográfico.	35
Mapa 03.	Mapa altitudinal.	36
Mapa 04.	Mapa de zonas de vida.	37
Mapa 05.	Mapa de pedregosidad.	38
Mapa 06.	Mapa de textura.	39
Mapa 07.	Mapa de profundidad efectiva.	40
Mapa 08.	Mapa de pendiente.	41
Mapa 09.	Mapa de potencial de hidrogeno (pH).	42
Mapa 10.	Mapa de capacidad de uso mayor de tierras.	43

RESUMEN

La investigación, se efectuó en el distrito de Río Negro, en la microcuenca del mismo nombre, entre 643 – 1 809 msnm a un nivel de estudio de reconocimiento, el método utilizado fue para estudios de tierras de altas Montañas (FAO, 1994), para ello se analizaron con las variables: profundidad efectiva, pendiente, pedregosidad, textura y pH del suelo. El objetivo del estudio fue determinar la capacidad de uso mayor de las tierras de la microcuenca del Río Negro - Satipo, se planteo como problema ¿Cuál es la capacidad de uso mayor de las tierras de la microcuenca del Río Negro - Satipo?, los datos corresponden a los trabajos preliminares del ámbito de estudio, se utilizó programa de Sistemas de Información Geográfica, para la Georeferenciación y levantamiento de información de campo establecidos para su procesamiento en una base de datos, obteniéndose como resultado los mapas temáticos para cada factor con un peso asignado, estos a su vez fueron sometidos a una evaluación multicriterio, hasta obtener el mapa de capacidad de uso mayor de tierras. La hipótesis propuesta fue, la capacidad de uso de tierras existentes en la microcuenca de Río Negro – Satipo, es de aptitud forestal en mayor porcentaje. Los resultados de la evaluación de tierras según su capacidad de uso mayor fueron: tierras cultivables en limpio 0,26%, cultivables con medidas de conservación 12,77%, cultivables con medidas intensivas de conservación 29,34%, de bosque 19,60%, plantas perennes o árboles frutales 21,16% y pastos nativos - manejados 16,87%. Por lo que se rechaza la hipótesis planteada y se concluye, que hay mayor número de tierras cultivables con medidas intensivas de conservación suman un total de 3 185 hectáreas con una significancia de 29,34% en relación al 100% de la extensión territorial de la microcuenca.

I. INTRODUCCIÓN.

El crecimiento de las plantas terrestres depende del suelo, del agua y de los elementos nutritivos, pero pueden ser afectados por los factores limitantes como pendiente, pedregosidad, erosión e inundación (Porta *et. al.*,1996), de esta manera se planteo como problema ¿Cuál es la capacidad de uso mayor de las tierras de la microcuenca del Río Negro - Satipo?, la investigación está orientada a la determinación de la capacidad de uso mayor de las tierras de la microcuenca del Río Negro - Satipo, entendiéndose por capacidad de uso mayor de la tierra (CUM) a la capacidad potencial natural de una determinada clase de tierra para prestar sosteniblemente determinados bienes o servicios a largo plazo, incluyendo los de protección y ecológicos (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, 1997).

Los factores comprendidos en la CUM, están determinadas por limitaciones tales como: condiciones climáticas o bioclimáticas dominantes; los riesgos de erosión determinados por la topografía y pendiente; las características del suelo en sí, tales como: propiedades físicas, morfología, salinidad, alcalinidad, fertilidad y otros aspectos propios que inciden en la productividad, (Brack *et. al.*, 1997) de tal manera que los sistemas de información geográfica (SIG) nos permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales y atributos de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos (Valenzuela, 1989), en tal sentido se planteó como hipótesis la capacidad de uso de tierras existentes en la microcuenca de Rio Negro – Satipo, es de aptitud forestal en mayor porcentaje

Teniendo como objetivo

- Determinar la capacidad de uso mayor de las tierras de la microcuenca del Río Negro - Satipo, utilizando Sistema de Información Geográfica y la elaboración de mapas temáticos (cartografía y clasificación de factores).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 EL SUELO COMO UN RECURSO NATURAL.

Es un cuerpo tridimensional que ocupa la parte superficial de la corteza terrestre, que posee propiedades diferentes del material de la roca que lo origina como resultado de las interacciones entre el clima, organismos vivientes (incluido el hombre), material parental y el relieve en el transcurso del tiempo (Cumat, 1985).

El suelo es un elemento ambiental de mayor sensibilidad frente a las acciones naturales del medio. Las acciones erosivas, cuando son severas pueden deteriorar o hacer desaparecer al suelo en cortos períodos de tiempo, con lo que se ocasionará graves daños a la flora y entorno ecológico. Asimismo, cuando existen actividades antrópicas, que no contemplan adecuadas medidas de protección, pueden propiciar el deterioro de este recurso (USDA, 1993).

2.1.1 UTILIZACIÓN DEL SUELO POR LAS PLANTAS.

El crecimiento de las plantas terrestres depende del suelo, del agua y de los elementos nutritivos; obtenidos a través de las raíces en forma de cationes y aniones tanto del horizonte superficial y el subsuelo, pero pueden ser afectados por los factores limitantes como pendiente, Pedregosidad, erosión e inundación (Porta *et. al.*, 1996).

2.1.2 PRODUCTIVIDAD DEL SUELO.

La productividad del suelo es básicamente un concepto económico y no una propiedad del suelo, que están implicados tres factores insumos, rendimiento y tipo del suelo. Se define productividad del suelo como la cualidad que permite a un suelo proporcionar los compuestos adecuados, en la cantidad conveniente y en el equilibrio apropiado, para el crecimiento de determinadas plantas cuando otros factores son favorables (Sánchez, 1991).

2.1.3 CARACTERISTICAS DEL SUELO DE LA PROVINCIA DE SATIPO.

La provincia de Satipo, se encuentra ubicada en altitudes de 500 – 3 500 msnm y que presenta una topografía muy accidentada con pendientes que varían desde 25% a más de 75%, también se caracteriza por la presencia de laderas cortas y largas con pendientes entre los 10% - 70% en sus partes altas, la topografía es irregular presentando colinas bajas y altas. La naturaleza topográfica de los suelos en la provincia de Satipo, en su mayoría es moderadamente profundos a profundos (Vargas *et. al.*, 2004)

Presenta suelos derivados de rocas de granito y ubicadas en áreas de fuerte pendiente y de montañas en su mayoría, con suelos muy superficiales, con un horizonte A débilmente desarrollado, de escaso espesor (menor de 30 cm), químicamente los suelos son de reacción extremada a muy fuertemente ácida (pH 4,4 - 4,9) debido a que la capa superficial manifiesta proporciones medias de materia orgánica (2,7%), bajas en fósforo y potasio. Los suelos son de color pardo a pardo amarillento, de textura franca arcillosa, de buena formación, estructurado en bloques gruesos fuerte, de consistencia firme. Cabe señalar que la presencia de arcillas en el suelo dificulta la absorción del agua por las plantas e impide la infiltración de la misma en el suelo, provocando erosión en las partes altas y estancamiento del agua en las zonas bajas, además de presentar carga negativa que dificulta el intercambio catiónico en el suelo (Vargas *et. al.*, 2004)

2.2 USO DE LA TIERRA.

Es la utilización del recurso suelo por la actividad humana con fines agrícolas, pastoreo, forestación y otros usos de una manera racional y eficiente. En periodos largos, el uso de la tierra puede tener un gran impacto en el suelo, tanto en forma constructiva o destructiva (Durang *et. al.*, 1998).

2.2.1 COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL DE LA TIERRA.

El uso actual de la tierra, se refiere más bien a la descripción de las características del paisaje en una época determinada y la forma como se ha desarrollado la utilización de sus recursos, sin tomar en consideración su potencial o uso futuro (Loján, 1990).

También puede decirse que el uso actual de la tierra permite conocer la utilización efectiva de que es objeto el territorio en sus distintas unidades de paisaje y la forma como se ha desarrollado el aprovechamiento de los recursos naturales, suelo, agua, vegetación (Vargas, 1999).

La cobertura vegetal está en proceso de cambio, esta y el uso de la tierra generalmente se deben a la degradación del terreno y la intensificación del uso del terreno; una forma de evaluación de estos cambios de uso de la tierra es a partir de los cambios en la cobertura vegetal y no en el vegetal mismo, y se realiza por percepción remota cartografía temática de cobertura (Bocco, 1999).

2.2.2 USO POTENCIAL DE LA TIERRA.

Se define el uso potencial de la tierra como el mejor uso que se puede dar al recurso suelo para obtener una mayor productividad, requiere de un análisis complejo de características de la misma tierra que permitan diferenciar la capacidad de la tierra para usos específicos (Cumat, 1985).

Las plantas aprovechan adecuadamente los nutrientes del suelo siempre en cuando exista la cantidad conveniente y el equilibrio apropiado y la profundidad efectiva no es un parámetro para medir la fertilidad del suelo, si no que está determinado por muchos otros factores físicos, químicos y biológicos (Sánchez, 1991).

2.2.3 CAPACIDAD DE USO MAYOR.

Se entiende por capacidad de uso mayor de la tierra a la capacidad potencial natural de una determinada clase de tierra para prestar sosteniblemente a largo plazo determinados bienes o servicios, incluyendo los de protección y ecológicos (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, 1997).

Se basa en los efectos combinados de clima y las características permanentes de los suelos. La clasificación, une a los suelos basándose en rasgos del terreno superficial y en las propiedades de los suelos que pueden ser evaluadas por observación y al tacto (Porta *et. al.*, 1996).

Los factores comprendidos en la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, están determinadas por limitaciones tales como: condiciones climáticas o bioclimáticas dominantes; los riesgos de erosión determinados por la topografía y pendiente; las características del suelo en sí, tales como: propiedades físicas, morfología, salinidad, alcalinidad, fertilidad y otros aspectos propios que inciden en la productividad; y las condiciones de drenaje o humedad definidas por la presencia de niveles freáticos elevados, peligro de inundaciones, presencia de capas densas poco permeables en el subsuelo (Brack *et. al.*, 1997).

2.2.4 SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA.

Los métodos de clasificación por su capacidad de uso de la tierra básicamente existen dos que son conocidos y aplicados, son el método USDA que clasifica de I a VIII clases, y el método de capacidad de uso mayor de la tierra que clasifica en cinco categorías de C1 a C5, los dos métodos lo clasifican tomando en cuenta sus potencialidades y limitaciones de los suelos (FAO, 1994).

(Vargas, 1999), menciona que los criterios técnicos para una clasificación de tierras como establece el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), existe una diversidad de conceptos tales como capacidad de uso, uso potencial, vocación de uso, aptitud de uso, uso mayor, que dan lugar a una variedad de interpretación, que resulta en una confusión alarmante, pero en nuestro medio existen básicamente cuatro sistemas de evaluación de tierras para realizar la determinación de la aptitud de uso de tierras estas son:

- Clasificación por capacidad de uso del suelo, USDA,
- Capacidad de uso mayor del suelo, IICA basado en HOLDRIDGE,
- Evaluación de tierras, FAO, y de riego USBR.

Cada uno de estos sistemas de clasificación poseen ventajas y desventajas de cualidades y limitaciones, generalmente se tienen discrepancias metodológicas y de resultado, el método creado por T. C. Sheng, que es aceptada por la FAO y aplicable a países de Latinoamérica en zonas de alta montaña, clasificándolas las tierras por su capacidad de uso mayor tomando ciertos parámetros de evaluación (FAO, 1994).

2.2.5 APTITUD DE USO DE LA TIERRA.

La aptitud de uso de la tierra se refiere a la capacidad de ésta para su aprovechamiento bajo una categoría o tipo de utilización, desde el punto de la producción agropecuaria y/o forestal, en condiciones naturales (USDA, 1993).

2.2.6 CAPACIDAD VERSUS APTITUD.

La capacidad se refiere a las clases generales de utilización de la tierra (semejante a clases mayores de utilización de la tierra del esquema FAO) en vez de sistemas específicos de utilización de tierras (tipos de utilización de la FAO), para los cuales hablamos acerca de aptitud de áreas de tierra. Por lo tanto no podemos esperar realizar reportes detallados acerca de utilización y manejo de tierras en una clasificación de la capacidad (Carrera, 1986).

2.2.7 TIERRA Y SUELO.

Área de la superficie terrestre cuyas características incluyen todos los atributos de la biosfera razonablemente estables o reduciblemente cíclicos, ya sea encima o debajo de dicha área; incluyendo aquellos de la atmósfera, el suelo, la geología subyacentes, la hidrología, las poblaciones de plantas y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente; en la medida que estos atributos ejerzan una influencia significativa en su uso (FAO, 1985).

2.3 CUENCA HIDROGRÁFICA.

Constituida por el territorio que delimita el curso de un río y el espacio donde se colecta el agua que converge hacia un mismo cauce. La Cuenca Hidrográfica, sus recursos naturales y habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una, importantes para considerarlas como unidades de planificación (GTZ, 2006).

2.3.1 RANGOS DE ÁREA PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS.

Unidades hidrográficas;

- Cuenca: de $\geq 60\ 000$ ha.
- Subcuenca: de 10 000 – 60 000 ha.
- Microcuenca: <de 10 000 ha. (Parra *et. al.*, 2008).

2.3.2 LA ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA.

El panorama de una ocupación territorial que ocurre con varios grados de desorden y la apropiación, uso y manejo de los recursos naturales, tienden a indicar que la situación se agravara aun más, si no se implemente las medidas y políticas apropiadas para entender la variedad de los problemas ecológicos, económicos y sociales que ocurren en los diversos ámbitos amazónicos y que demandan acciones inmediatas tanto preventivas como correctivas. La zonificación ecológica económica (ZEE) es un proceso amplio y comprensivo de zonificación basado tanto en criterios ecológicos como económicos. Es un proceso conducente a la armonización de las actividades económicas y utilización de los recursos con las características, cualidades y capacidades de las diferentes condiciones ambientales distintivas que se manifiestan en un marco geográfico determinado (TCA- SPT, 1994).

La ZEE determina las posibilidades físicas, biológicas, sociales, económicas y culturales de las áreas, en la que se describe las funciones asignadas a cada zona y las recomendaciones para potenciar el cumplimiento de sus roles y dando respuesta a interrogantes como: ¿Qué zonas poseen vocación para proyectos de desarrollo agroforestal? (GTZ, 2006).

2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos; también se los considera como una combinación de software y hardware capaz de manipular entidades que contengan propiedades de localización y atributos (Valenzuela, 1989).

Sistema informatizado de almacenamiento, análisis y recuperación de datos en el que los datos se hallan identificados por sus coordenadas geográficas (norte, este, oeste, sur). Además de los datos primarios, como por ejemplo: características climáticas y del suelo, es posible utilizar un SIG para calcular valores derivados como el peligro de erosión, clase de producto forestal o aptitud de la tierra para determinados tipos de aprovechamiento. Los datos se extraen

normalmente de los mapas, mientras que los valores derivados pueden presentarse en forma de mapas (Morales, 1996).

Entre las ventajas de esta herramienta SIG están su adaptabilidad a una gran variedad de modelamiento con una mínima inversión de tiempo y dinero; los datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional (FAO, 1996).

La evaluación multicriterio (EMC) y los SIG genera una potente herramienta para asistir en procesos de análisis espacial a través del modelado, en especial para la asignación, localización de actividades, generándose una serie de posibilidades de aplicación en los SIG , y pudiendo asistir de manera eficaz a procesos de planificación urbana, regional, y ordenación del territorio, o bien realizando operaciones de localización y asignación tomando en cuenta diversos criterios y múltiples objetivos. Los SIG deben cumplir con los siguientes objetivos: Ser sistemas normales de recolección de datos. Reunir información organizada, así como sistematizada. Ubicación espacial de un problema determinado. Representar gráficamente problema planteado. Permitir manejar modelos complejos e interactivos (Barredo, 1996).

2.4.1 EL SIG EN LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA.

Entre las ventajas de esta herramienta SIG destaca su adaptabilidad a una gran variedad de modelamientos con una mínima inversión de tiempo y dinero; los datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional; gran diversidad de modelos conceptuales en forma relacional, gran diversidad de modelos conceptuales pueden ser probados rápidamente y repetidos varias veces facilitando su ajuste y evaluación (FAO, 1994).

2.4.2 INTERPOLACIÓN ESPACIAL.

Es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una locación precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región. Utilizado para transformar un número finito de observaciones, obtenidas en base a ubicaciones geográficas precisas, a un espacio continuo de manera que el patrón espacial presentado por las observaciones puntuales pueda ser

comparado con los patrones espaciales de otras variables bajo consideración.

La interpolación es necesaria:

- Cuando la superficie rasterizada (GRID) tiene una resolución que es diferente de la resolución pedida.
- Cuando una superficie continúa es representada por un modelo que es diferente al necesitado.
- Cuando los datos no cubren toda la región de interés de estudio (Towers, 2002).

2.4.3 FUENTES DE DATOS PARA LA INTERPOLACIÓN ESPACIAL.

Las fuentes de datos más comunes para efectuar interpolaciones son:

- Fotos aéreas estereoscópicas.
- "Scanner" instalados tanto en satélites como en aviones y documentos rasterizados.
- Muestras puntuales de un atributo obtenidas directamente o indirectamente en el terreno usando diferentes tipos de patrones de adquisición de datos.
- Mapas que han sido digitalizados (Towers, 2002).

2.4.4 IMPORTANCIA DE LA INTERPOLACIÓN.

Radica en la creación de superficies continuas a partir de medidas esparcidas tomadas con puntos de muestreo. Ayuda a predecir con seguridad valores para superficies usando el método de interpolación espacial Kriging (Herrera, 2005).

2.4.5 MAPAS TEMÁTICOS.

Se entiende por mapas temáticos, a la representación gráfica de estudios básicos necesarios para la caracterización de parámetros cuantitativos y cualitativos, donde se identifican los principales problemas que inciden en el deterioro de una cuenca (PROMIC, 1999).

a. Mapa de uso de la tierra.

La elaboración de la misma se efectúa con el fin de contar con información básica, para poder priorizar áreas con alta concentración agrícola y fuerte presión sobre los recursos; resaltando el estado de la

cuenca. Por otro lado la clasificación de la tierra permite conocer el potencial y las limitaciones de las mismas de manera que hace que posible la planificación adecuada de su uso (PROMIC, 1999).

b. Modelos de elevación digital (DEM).

Representación digital de altitudes, como las de la superficie terrestre, los DEM son mapas de entrada que se usan con mayor frecuencia en un SIG, sus aplicaciones más importantes son: despliegues tridimensionales de mapas, selección de perfiles, cálculo de pendientes, patrón de drenaje, etc. De ello resulta el modelo de elevación del terreno (MET) que es una representación tridimensional creada a partir de datos digitales, como los de las curvas de nivel de un mapa topográfico, mediante procesos específicos según los diversos requerimientos (CLAS, 1997).

c. Las imágenes de satélite.

Una imagen satelital se puede definir como la representación visual de información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores registran información de la superficie de la tierra, que procesada convenientemente entrega información valiosa sobre las características de la zona capturada (Vásquez, 2008)

III. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Se realizó en la microcuenca Río Negro – Satipo, ubicado en el distrito de Río Negro. Ver mapa 01.

3.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA.

- Distritos : Río Negro – Satipo.
- Provincia : Satipo.
- Región : Junín.

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA (COORDENADAS UTM).

- Este : 527 588 – 8767 881.
- Norte : 543 861 – 8756 466.
- Altitud : 643 -1 809 msnm.

3.1.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La microcuenca se encuentra ubicado en los distritos de Río Negro y Satipo; abarcando un área de 10 856 ha, 69,23% es del distrito de Río Negro y 30,77% del distrito de Satipo.

a. Fisiografía.

Se caracteriza por la presencia de laderas cortas y largas con pendientes que van desde 10 - 70% en sus partes altas, la topografía es irregular presentando colinas bajas y altas, ver mapa 02.

b. Altitud.

Se identifica por situarse en un entorno geográfico que varía esporádicamente en altitud de los 643 – 1 809 msnm, ver mapa 03.

c. Zonas de vida.

Se encuentra en bosque húmedo Premontano tropical (bh – PT), bosque muy húmedo Premontano tropical (bmh – PT) y bosque pluvial Premontano Tropical (bp – PT), (INRENA, 2007), ver mapa 04.

3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y MATERIALES DE GABINETE.

3.2.1 MATERIALES DE CAMPO.

- Material cartográfico digital (10 mapas digitales).
- Formato de evaluación.

3.2.2 EQUIPOS DE CAMPO.

- Navegador GPS Map 60.
- Navegador GPS colorado 300.
- Cámara fotográfica digital.
- Binoculares.
- Clinómetro SUUNTO.

3.2.3 MATERIALES DE GABINETE.

- Software (Arc Gis 9.3 - Arc View 3.3 –ENVI 4.6 – Excel - Word 2010).
- Imagen Satelital – LANDSAT TM5 – IKONOS- ASTER.
- Modelos Digitales de Elevación (DEM).
- Imagen radar Jers - 1 SAR.

3.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

Descriptiva y analítica; la información obtenida fue integrada y analizada mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), tomando en cuenta las siguientes variables: profundidad efectiva, pendiente, pedregosidad, textura de suelos y pH del suelo.

3.3.1 PRIMERA ETAPA: TRABAJO DE GABINETE.

a. Recopilación de la información base.

Se clasificó la información textual y cartográfica de la zona de estudio, ya sea documentado o material cartográfico en diversos formatos, estos fueron sistematizados e ingresados a una base de datos, en forma de tablas en el caso de información textual, mientras que la información

cartográfica fue uniformizada en formato digital y proyectado en el sistema UTM y el datum WGS 84 correspondiente a la zona 18 S.

b. Obtención de datos de percepción remota.

Como el modelo digital de elevación (DEM), denominado SRTM e imágenes de satélite de los sensores LANDSAT e IKONOS.

c. Identificación de factores que definen la capacidad de uso mayor de las tierras.

Como son: pedregosidad, textura, pH, pendiente y profundidad efectiva.

d. Elaboración de mapa base.

Los datos numéricos y cartográficos fueron vinculados a partir del cual se elaboró un mapa base; del registró la información obtenida en forma de mapas temáticos, tales como el de límites políticos, zonas de vida, hidrográfico, altitudes, vías de acceso y otros datos de importancia.

3.3.2 SEGUNDA ETAPA: TRABAJO DE CAMPO.

Sirve para completar y validar la información existente, así mismo para la sistematización de los datos recolectados (pedregosidad, profundidad efectiva, textura, pH y pendiente), y la determinación del mapa de capacidad de uso mayor de la tierra.

3.3.3 TERCERA ETAPA: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

a. Elaboración de mapas temáticos. Con la ayuda de una matriz elaborada según las características físicas de cada unidad de suelo y su respectivo mapa, se elaboró los mapas temáticos: textura, pedregosidad, profundidad efectiva, potencial de hidrogeno (pH) y pendiente.

- **Mapa temático de pendiente.** A partir de un modelo digital de elevación (DEM) se ha generado las pendientes del área de estudio para su clasificación posterior, áreas comprendidas de 0 - 10% - 30% - 50% y mayores.

Cuadro 3.1. Categorización de pendientes de terreno en porcentaje.

DESCRIPCIÓN	RANGO (%)
Suaves	0 -10%
Moderadamente fuerte	10 - 30%
Muy fuerte	30 - 50%
Escarpada	> 50%

- **Mapa temático de textura.** Para evaluar las características texturales existentes en la microcuenca, se realizó la apertura de calicatas y barrenaje (Los test de barreno corresponden a una técnica de muestreo subsuperficial. El origen del uso de los tests subsuperficiales fue para el descubrimiento de sitios de poca visibilidad), en los lugares donde es difícil diferenciar sus características (arcilla, limo y arena), posteriormente se le asignó un valor numérico de acuerdo al grado de importancia de calidad suelos de las características encontradas en campo.

Cuadro 3.2. Categorización de textura.

TEXTURA	DESCRIPCIÓN	NIVELES DE VALORACIÓN
Liviana	Franco / Franco Arenoso	1
Media	Franco, Franco Arcilloso, Franco Limoso, Franco Arcilloso	2
Pesada	Arcilla	3

- **Mapa temático de profundidad efectiva.** Se necesitó de la apertura de calicatas para ver el espesor de las capas del suelo donde las raíces pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes, se le asigno posteriormente un valor numérico, según las características encontradas en campo.

Cuadro 3.3. Categorización de profundidad efectiva.

PROFUNDIDAD EFECTIVA	RANGO (cm)	NIVELES DE VALORACIÓN
Escaso	0 - 20	4
Superficial	20 - 50	3
Moderadamente Profundo	50 - 90	2
Profundo	> 90	1

- **Mapa temático de pedregosidad.**

Para este proceso se consideraron los rangos establecidos en la metodología de T - Sheng donde considera cuatro categorías como se muestra en cuadro, posteriormente le asignamos valores numéricos de acuerdo a las características encontradas en campo.

Cuadro 3.4. Categorización de pedregosidad.

PEDREGOSIDAD	RANGO (%)	NIVELES DE VALORACIÓN
Libre	< 15	1
Moderadamente Pedregoso	15 - 30	2
Pedregoso	30 - 60	3
Muy Pedregoso	60 - 100	4

- **Mapa temático de potencial de hidrogeno (pH).**

Esta información se refiere al grado de acidez del suelo y se mide en unidades de pH, para ello se hizo un trabajo de recopilación en base a estudios de suelo preliminares realizados dentro de la microcuenca, de la misma manera se le asignó un valor numérico para así poder realizar los cruces.

Cuadro 3.5. Categorización de pH.

POTENCIAL DE HIDROGENO	RANGO	NIVELES DE VALORACIÓN
Acido	Menores de - 6,5	1
Neutro	6,5 - 7,5	2
Alcalino	10,5 - 14	3

- **Modelamiento para la clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor.** El análisis de las diferentes características físicas de cada uno de los suelos representados en los mapas, se basa en el grado de aptitud que tienen los mismos según las propiedades de cada unidad de suelo, expresado en sus características dicho análisis se realiza por medio de tablas de dos dimensiones, con nombres o valores que están en función a la clasificación del método empleado.

Cuadro 3.6. Categorización de tierras según su capacidad de uso mayor.

CATEGORÍA	VALORACIÓN	CARACTERÍSTICAS
C1	1	apto
C2	1	apto
C3	2	moderado
P	3	bajo
FT	3	bajo
F	4	muy Bajo

Primer paso, Se realizó una matriz entre las variables de profundidad y pedregosidad, al producto se le llamo mapa de ubicación política, ver mapa 01, que combinaremos con los datos de textura.

Cuadro 3.7. Profundidad por pedregosidad.

PROFUNDIDAD POR PEDREGOSIDAD	LIBRE	MODERADAMENTE PEDREGOSO	PEDREGOSO	MUY PEDREGOSO
Profundo	1	2	3	3
Moderado Profundo	1	2	3	3
Superficial	3	3	4	4
Escaso	4	4	4	4

Segundo paso, se realizó el mismo procedimiento que el anterior, el mapa de ubicación política con textura, a este producto lo llamaremos mapa base – topográfico, ver mapa 02.

Cuadro.3.8. Por textura.

MAPA DE UBICACIÓN POLÍTICA POR TEXTURA	LIVIANA (1)	MEDIA (2)	PESADA (3)
1	1	2	2
2	2	2	3
3	2	3	3
4	3	3	4

Tercer paso, se elaboró la matriz de doble entrada, del resultado anterior llamado mapa base – topográfico, con la variable del potencial de hidrogeno (pH), se tuvo como producto el mapa altitudinal, ver mapa 03.

Cuadro 3.9. Por potencial de hidrogeno (pH).

. MAPA BASE – TOPOGRÁFICO POR pH	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
1	C1	C3	P
2	C2	P	FT
3	C3	FT	F
4	P	F	F

Cuarto paso, el resultado anterior llamado mapa altitudinal, con la última variable pendiente nos da como resultado el mapa de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor (CUM), ver mapa 10.

Cuadro 3.10. Por pendiente.

MAPA ALTITUDINAL POR PENDIENTE	SUAVE	MODERADAS	MUY FUERTES	ESCARPADAS
C1	C1	C1	C2	C3
C2	C1	C2	C3	P
C3	C2	C3	C3	FT
P	C2	C3	C3	P
FT	P	P	FT	F
F	P	FT	FT	F

- C1 Terreno cultivable en limpio.
- C2 Tierras cultivables con medidas de conservación.
- C3 Tierras cultivables con medidas intensivas de conservación.
- P Pastos nativos o manejados.
- FT Plantas perennes o árboles frutales.
- F Tierras de Bosques.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE LA CAPACIDAD DE USO MAYOR

4.1.1. PEDREGOSIDAD.

La microcuenca del Rio Negro presenta suelos moderadamente pedregosos en mayor porcentaje con respecto a la superficie total del territorio, estos son principalmente de dos tipos, los primeros son aquellos que se forman como resultado del intemperismo sobre las rocas de granito y pueden ser identificados fácilmente mediante la técnica de barrenaje en los sectores de mayor altitud como en el centro poblado de Rio Santa y las comunidades nativas de San Miguel, Kanariaqui y Cushiviani, mientras que las segundas son generalmente de origen calcáreo de fácil reconocimiento en sectores con menor altitud, son producto de la erosión causada por las corrientes de agua durante los meses de invierno; para determinar este tipo de rocas fue necesario la apertura de calicatas como se muestra en el mapa de pedregosidad.

Sin embargo de acuerdo a Vargas y Escobedo, 2004, la provincia de Satipo presenta suelos derivados de rocas de granito y ubicadas en áreas de fuerte pendiente y de montañas en su mayoría, con suelos muy superficiales, con un horizonte A débilmente desarrollado, de escaso espesor (menor de 30 cm). La apreciación dada por dichos investigadores guarda similitudes con nuestra investigación debido a que en la microcuenca hemos encontrado suelos que presentan materiales parentales diferentes al granito cuyas características físicas y químicas son poco conocidas y dejan abierto la posibilidad a nuevos proyectos de investigación. Las categorías encontradas se muestran en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Categorización por niveles de pedregosidad.

Categoría	Superficie (ha)	Porcentaje
Libre a ligeramente pedregoso	606	6
Moderadamente pedregoso	6 786	62
Pedregoso	3 273	30
Muy pedregoso	191	2
Total	10 856	100

4.1.2. TEXTURA.

Se reportan tres grupos texturales en la cuales existen doce clases de textura, encontrándose ocho de ellas en la microcuenca. La presencia de arcillas es muy común en la microcuenca del Rio Negro habiéndose encontrado en todos los sectores muestreados con variantes a francos y franco arenosos, siendo muy escasa la presencia de limo en las riveras de las quebradas y ríos que vierten sus aguas al Rio Negro, mapa de zonas de vida, ver mapa 06.

Esto concuerda con lo señalado por Vargas y Escobedo, 2004, donde menciona que los suelos de la provincia de Satipo son de color pardo a pardo amarillento, de textura franca arcillosa, de buena formación, estructurado en bloques gruesos fuerte, de consistencia firme. Cabe señalar que la presencia de arcillas en el suelo dificulta la absorción del agua por las plantas e impide la infiltración de la misma en el suelo, provocando erosión en las partes altas y estancamiento del agua en las zonas bajas, además de presentar carga negativa que dificulta el intercambio catiónico en el suelo.

Cuadro 4.2. Categorización por niveles de textura de suelo.

Grupo	Clase	Superficie (ha)	Porcentaje
Liviano	Franco - Franco Arenoso	976	8
Mediana	Franco Arcilloso - Franco Limoso	5 438	50
Mediana	Franco Arcillo Arenoso	1 507	14
Pesado	Arcillo Arenoso	1 033	10
Pesado	Arcilloso	1 902	18
Total		10 856	100

4.1.3. PROFUNDIDAD EFECTIVA.

La profundidad efectiva es uno de los parámetros físicos que ha afectado positivamente al fomento de la agricultura en la microcuenca del Río Negro debido a la mayor proporción de suelos moderadamente profundos y profundos encontrados, pero debe precisarse que la profundidad efectiva no es un parámetro para medir la fertilidad del suelo como en este caso, si no que está determinado por muchos otros factores físicos, químicos y biológicos (Sánchez, 1991), mapa de profundidad efectiva, ver mapa 07.

Los estudios realizados por Vargas y Escobedo (2004), señalan que la naturaleza topográfica de los suelos en la provincia de Satipo, en su mayoría es moderadamente profundos a profundos. Los resultados obtenidos por los investigadores mencionados son correctamente medibles y demostrables en el campo, fortaleciendo nuestra investigación.

Cuadro 4.3. Categorización por rangos de profundidad efectiva.

Descripción	Rango (cm)	Superficie (ha)	Porcentaje
Escaso	0 - 20	759	7
Superficial	20 - 50	2 155	20
Moderadamente Profundo	50 - 90	3 459	32
Profundo	>90	4 483	41
Total		10 856	100

4.1.4. PENDIENTE.

El estudio realizado con relación a los niveles de pendientes se muestra en el cuadro 4.4. De acuerdo al modelo de elevación digital (DEM) utilizado y a la visualización de imágenes satelitales (IKONOS, LANDSAT, sensor remoto Jers1- SAR) determinamos que la microcuenca de Río Negro presenta pendientes moderadas a muy fuertes las cuales tienen una significancia superior al 50% de su territorio, estos resultados coinciden con Vargas y Escobedo, (2004), quienes señalan que la provincia de Satipo, se encuentra ubicada en altitudes de 500 – 3 500 msnm y que presenta una topografía muy accidentada con pendientes que varían desde 25% a más de 75%, también se caracteriza por la

presencia de laderas cortas y largas con pendientes entre los 10% - 70% en sus partes altas, la topografía es irregular presentando colinas bajas y altas, (ONERN, 1981), mapa de pendiente, ver mapa 08.

Cuadro 4.4. Categorización por niveles de pendientes de terreno.

Categoría	Descripción	Rango	Superficie (ha)	Porcentaje
1	Suaves	0 -10 %	2 162	20
2	Moderadas	10 - 30%	3 024	28
3	Muy fuertes	30 - 50%	3 392	31
4	Escarpadas	> 50%	2 278	21
Total			10 856	100

4.1.5. POTENCIAL DE HIDROGENIONES (pH).

De acuerdo con los datos recopilados y contrastados se encuentran tres niveles de valoración estipulado en el método de T - Sheng, se encontró que los suelos de la microcuenca del Rio negro tienen un pH moderadamente ácido siendo el de mayor incidencia en relación a la superficie territorial de la microcuenca, ver mapa de potencial de hidrogeno (pH), ver mapa 09.

La afirmación vertida por Vargas y Escobedo (2004), quienes mencionan que en la provincia de Satipo, químicamente los suelos son de reacción extremada a muy fuertemente ácida (pH 4,4 - 4,9), debido a que la capa superficial manifiesta proporciones medias de materia orgánica (2,7%) bajas en fósforo y potasio, afecta positivamente a los resultados obtenidos en nuestra investigación y guarda una estrecha semejanza con lo dicho por Oyague (2004). quien manifiesta que los suelos de la provincia de Satipo están constituidos por suelos muy ácidos en su mayoría.

Cuadro 4.5. Categorización por niveles de pH.

Categoría	Descripción	Rango	Superficie (ha)	Porcentaje
Moderado	Ácido	0 – 3,5	143	1
Bajo	Moderadamente ácido	3,5 – 10,5	10 165	94
Muy bajo	Moderadamente alcalino	10,5 - 14	548	5
Total			10 856	100

4.1.6. CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS.

La clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor se obtuvo el cuadro 4.6., el cual permite tener una apreciación de la disponibilidad de tierras aptas para el desarrollo de la agricultura con las que cuenta la microcuenca del Río Negro, habiéndose hallado algunas características físicas desfavorables como la presencia de pendientes muy fuertes y suelos franco arcillosos como factores dominantes, como también características físicas favorables con relación a la profundidad efectiva la cual es superior a los 90 cm y un pH moderadamente ácido dominante, sin embargo la combinación de los cuatro parámetros físicos mencionados en líneas anteriores en suelos con pedregosidad moderada a pedregoso presenta limitaciones para el desarrollo de la agricultura, esta observación guarda una estrecha relación a lo mencionado por Porta, López y Acevedo (1996), y Sánchez (1991), los cuales mencionan que las plantas aprovechan adecuadamente los nutrientes del suelo siempre en cuando exista la cantidad conveniente y el equilibrio apropiado.

Cuadro 4.6. Categorización de tierras según su capacidad de uso mayor.

Categoría	Símbolo	Superficie (ha)	Porcentaje
Tierras cultivables 1 (tierras cultivables en limpio)	C1	28	0,26
Tierras cultivables 2 (Tierra cultivable con medidas de conservación)	C2	1 386	12,77
Tierras cultivables 3 (Tierra cultivable con medidas intensivas de conservación)	C3	3 185	29,34
Tierras de bosques	F	2 128	19,60
Plantas perennes o árboles frutales	FT	2 297	21,16
Pastos nativos y manejados	P	1 832	16,87
Total		10 856	100,00

V. CONCLUSIONES.

- En la microcuenca del Río Negro según el mapa de capacidad de uso mayor de tierras se determinó: Tierras cultivables 1 (tierras cultivables en limpio), 28 hectáreas que representa el 0,26% de 10 856 hectáreas. Tierras cultivables 2 (Tierra cultivable con medidas de conservación), 1 386 hectáreas que representa el (12,77%) de 10 856 hectáreas. Tierras cultivables 3 (Tierra cultivable con medidas intensivas de conservación), 3 185 hectáreas que representa el (29,34%), de 10 856 hectáreas. Tierras cultivables 4 (Tierras de bosques), 2 128 hectáreas que representa el (19,60%), de 10 856 hectáreas. Plantas perennes o árboles frutales, 2 297 hectáreas que representa el (21,16%), de 10 856 hectáreas. Pastos nativos y manejados 1 832 hectáreas que representa el (16,87%), de 10 856 hectáreas.

VI. RECOMENDACIONES.

- Equipar el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú con software Arc Gis.
- Usar navegadores GPS cuyos márgenes de error sean menores o iguales a 1m y el uso de modelos de elevación digital (DEM) inferiores a 30 m; para evitar la pérdida de información.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- BARREDO, J. 1996. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Editorial RA – MA, España. 261 p.
- BOCCO, G. MENDOZA, M. 1999. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán; una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Instituto de Ecología. UNAM, México, D. F. 32 p
- BRACK ANTONIO y MENDIOLA CECILIA, 1997. Ecología del Perú - estudio nacional de la diversidad biológica - DGANPE, INRENA.
- CARRERA, F. 1986. Edafología, texto base de suelos de la FCA y P - UMSS. Cochabamba - Bolivia. 50 p.
- CLAS. 1997. Planificación rural y ecológica del paisaje; sistemas de información geográfica (SIG). UMSS. Cochabamba, Bolivia. 103 p.
- CUMAT, 1985. Manual de levantamientos semidetallado de clasificación y metodología de capacidad de uso mayor de la Tierra. Título IIIUSAID-BOLIVIA, La Paz – Bolivia. 98 p.
- DURANG, T. CARRERA, F. ROCHA, R. 1998. Evaluación de tierras, estudio del uso y manejo campesino de tierras andinas; aspectos técnicos y biofísicos. UMSS - PEIRAV. Cochabamba, Bolivia. 96 p.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura), 1985. Evaluación de tierras para agricultura en secano boletín de suelos FAO N.-52, Roma. Italia. 228 p.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura), 1994. Método de clasificación de tierras de alta montaña. Boletín de suelos FAO N.-13, Roma Italia. 35.
- HERRERA, G. VICTOR, 2005. Generación y análisis de modelos digitales de elevación utilizando técnicas de interferometría.
- GTZ. (Deutsche Gesellschaft fur technishezusammenarbeit). 2006. Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la guía nacional de ordenamiento territorial. Lima - Perú: 257 p.

- LOJÁN, L. 1990. Prácticas agroforestales en Los Andes, memoria seminario regional, Quito, Ecuador. 279 p.
- MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE. 1996. Propuesta: Reglamento sobre uso, manejo y conservación de Tierras. Dirección de Conservación de tierras. La Paz - Bolivia. 58 p.
- MORALES J. 1996. Perspectivas de un desarrollo comunal en la región oeste de Independencia - Ayopaya. Proyecto PAFKUM, Cochabamba – Bolivia. 24 - 50, p.
- PARRA V. y ZORRILLA. D, 2008. Gestión de cuencas hidrográficas. 11 p.
- PORTA, J., LÓPEZ, ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. 1996. Edafología para la Agricultura y el medio ambiente. Mundi - Prensa. Madrid, España. 807 p.
- PROMIC. (Subprograma Investigación y Monitoreo Prefectura – Cosude), 1999. Estudio de capacidad de uso mayor de la tierra en la cuenca Pintu Mayu A y B. Cochabamba – Bolivia. 24p.
- SANCHEZ, J. 1991. Clasificación de suelos y tierras para agricultura a secano en área de la provincia de Ayopaya. Tesis de grado Ing. Agr. UMSS. Facultad de Agronomía. Cochabamba-Bolivia 116 p.
- TCA – SPT. (Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaría Pro Tempore), Zonificación Ecológica Económica: una propuesta metodológica para la Amazonia. Ponce, Raúl (Ed.). Caracas- Venezuela. 1994; 160pp.
- TOWERS, C.P. 2002. Conceptos iniciales sobre teledetección y su aplicación al agro. 1 edición. La cumbre – Argentina; 260 p.
- USDA. (United States Department of Agriculture). SOIL SURVEY STAFF. 1993. Soil Survey Manual. Segunda Edición, Washington, D. C., Estados Unidos. 437 p.
- VALENZUELA, C.R. 1989. Proyecto piloto de planificación espacial y diseño de datos catastral; Chillamarca - Tiquipaya. Proyecto de consultoría para PROMIC. Cochabamba- Bolivia 18 p.
- VARGAS, F. J. y ESCOBEDO, T. R. 2004. Suelos y capacidad de uso mayor de las tierras, mesozonificación ecológica y económica para el desarrollo sostenible de la provincia de Satipo – Perú.
- VARGAS, J. R. 1999. Sistema de gestión y ordenamiento territorial a través de la teledetección y sistemas de información geográfica para el municipio de Cercado- Cochabamba. Tesis de grado Ing. Agr. FCA y P. UMSS. P5 – 15.
- VÁZQUEZ A. OMAR O. 2008. “sistema base para la clasificación de oberturas de la tierra empleando imágenes satelitales”. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 17 p

ANEXOS



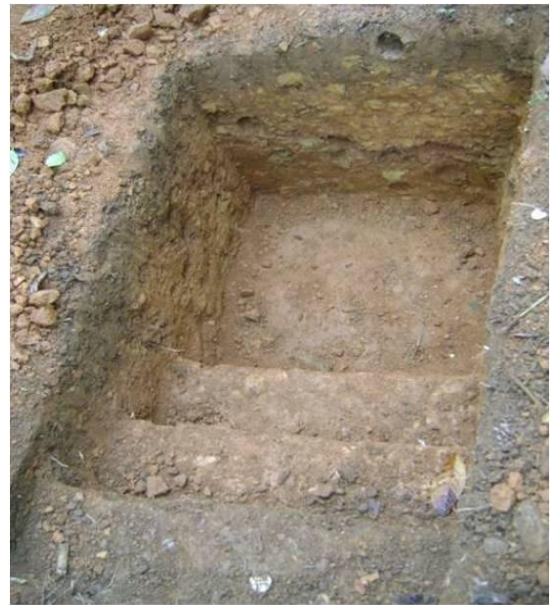
Fotografía 01. Medición de características físicas del suelo en calicata.



Fotografía 02. Suelos con pendientes moderados



Fotografía 03. Determinación de la profundidad efectiva



Fotografía 04. Medición de las clases de textura en calicatas abiertas.



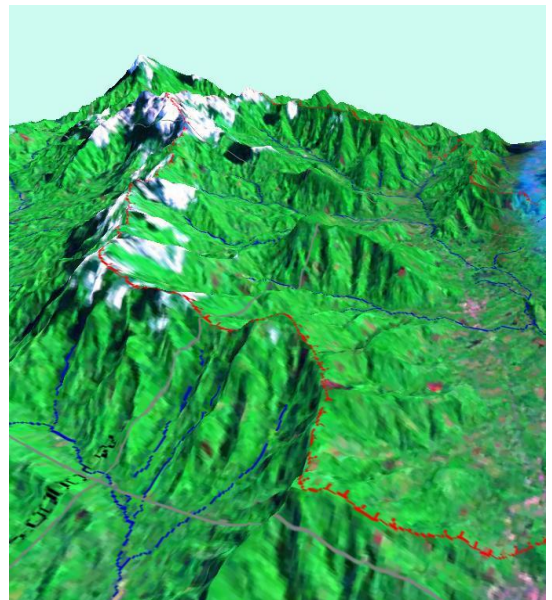
Fotografía 05. Medición de características físicas del suelo en calicatas abiertas



Fotografía 06. Evaluación de datos físicos mediante barrenaje.



Fotografía 07. Evaluación de datos físicos mediante barrenaje.



Fotografía 08. Suelos con pendientes pronunciadas

Cuadro 8.1. Datos de características físicas y químicas de los suelos de la microcuenca de Rio Negro - Satipo.

CODIGO	COORDENADAS UTM WGS 84		CARACTERISTICAS FISICAS - QUIMICAS			
	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	TEXTURA	PEDREGOSIDAD	pH
1	537082	8761361	4	4	1	6,52
2	536656	8762692	4	5	2	6,5
3	535024	8763495	4	5	1	6,04
4	532743	8763698	2	5	1	4,84
5	533312	8763988	4	5	2	7,59
6	531739	8761734	1	4	3	4,96
7	536040	8759542	3	5	2	3,98
8	534579	8758995	4	10	1	5,00
9	539198	8758411	2	5	1	4,73
10	542110	8760399	4	10	1	4,74
11	541733	8762304	3	5	2	4,26
12	541032	8762512	2	7	1	4,1
13	539898	8766875	2	4	2	4,81
14	535784	8762915	4	5	1	4,21
15	536500	8761821	4	7	2	5,05
16	531997	8760233	1	7	2	4,84
17	532382	8762067	1	5	3	4,08
18	532333	8762497	2	5	2	4,10
19	531667	8762439	4	5	1	6,66
20	536143	8762207	4	5	2	4,56
21	534520	8766416	1	5	1	6,71
22	542225	8764641	2	3	2	4,91
23	539434	8761636	1	7	2	5,73
24	534179	8764042	4	7	1	6,66
25	533816	8762432	4	3	2	5,00
26	532574	8762846	4	12	2	5,02
27	533472	8762047	3	7	1	5,99
28	534647	8762432	1	5	2	6,00
29	538847	8762311	4	10	2	5,5
30	531483	8765368	3	5	1	6,52
31	536664	8762207	4	3	2	6,5
32	533174	8762907	4	12	2	6,04
33	540581	8763324	4	12	1	4,84
34	538646	8765301	3	12	1	7,59
35	536378	8763491	2	7	2	4,96
36	539947	8765326	2	5	3	3,98
37	533799	8763401	4	4	2	5,00
38	534341	8764600	3	3	3	4,73
39	533819	8765402	4	7	1	4,74

CODIGO	COORDENADAS UTM WGS 84		CARACTERISTICAS FISICAS - QUIMICAS			
	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	TEXTURA	PEDREGOSIDAD	pH
40	537537	8757285	1	5	3	6,39
41	535190	8764976	2	5	2	5,35
42	533951	8762954	4	5	2	5,51
43	533075	8762448	4	5	1	4,79
44	532732	8761036	4	5	1	4,8
45	534729	8762910	4	12	1	4,79
46	541226	8766438	3	12	2	5,06
47	532791	8762015	3	5	2	4,26
48	537170	8764561	4	4	3	4,1
49	534990	8760173	1	5	2	4,81
50	529781	8764238	2	3	2	4,21
51	541049	8761259	2	12	3	5,05
52	535569	8764203	3	12	2	4,84
53	534120	8762349	4	5	2	4,08
54	533062	8759274	4	5	2	5,56
55	534431	8761717	3	1	2	5,26
56	538055	8758158	3	9	1	6,07
57	535687	8762240	4	5	1	6,75
58	532149	8763384	1	5	2	5,28
59	534559	8759723	2	5	1	4,70
60	533339	8761635	3	4	3	4,66
61	533518	8760739	4	4	2	6,41
62	534241	8763117	1	12	2	6,42
63	537829	8764114	2	5	1	6,11
64	530708	8763184	2	5	1	6,18
65	530781	8760461	3	5	2	4,61
66	533159	8766234	4	4	1	4,78
67	534422	8761273	4	7	1	4,61
68	540689	8759561	2	4	2	6,75
69	531360	8763811	4	5	1	5,55
70	535218	8761835	4	3	3	6,04
71	535965	8760685	1	12	2	5,92
72	535366	8761174	2	5	1	5,56
73	537300	8762350	2	5	1	4,30
74	543148	8760024	2	4	2	5,59
75	541744	859229	4	7	1	4,28
76	537556	8763405	4	4	1	4,91
77	536848	8760782	3	5	1	5,19
78	530751	8762050	3	12	2	5,59
79	542105	8761663	3	12	1	6,01
80	536455	8761105	4	5	1	4,68

CODIGO	COORDENADAS UTM WGS 84		CARACTERISTICAS FISICAS - QUIMICAS			
	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	TEXTURA	PEDREGOSIDAD	pH
81	536562	8760024	1	4	1	6,14
82	538544	8759382	1	5	2	4,46
83	534595	8763650	2	3	3	4,91
84	537015	8758715	2	12	2	6,76
85	537461	8761251	3	5	1	5,77
86	537395	8759898	4	4	1	6,95
87	537167	8762887	4	10	1	6,64
88	539573	8763928	3	5	2	5,17
89	538893	8760512	2	5	1	5,55
90	532174	8764250	3	5	2	5,59
91	530788	8764663	3	12	2	4,61
92	529798	8765058	2	5	3	6,14
93	528704	8764013	1	3	4	6,01
94	529021	8765340	3	12	1	5,19
95	529758	8762814	2	9	1	6,04
96	544068	8759203	4	7	1	4,28
97	543100	8763801	2	7	1	4,10
98	537245	8767909	2	5	1	6,11
99	541129	8764093	2	7	1	4,10
100	539806	8756660	2	5	1	4,73
101	526437	8764574	1	3	4	6,01
102	543454	8766309	4	10	2	5,50