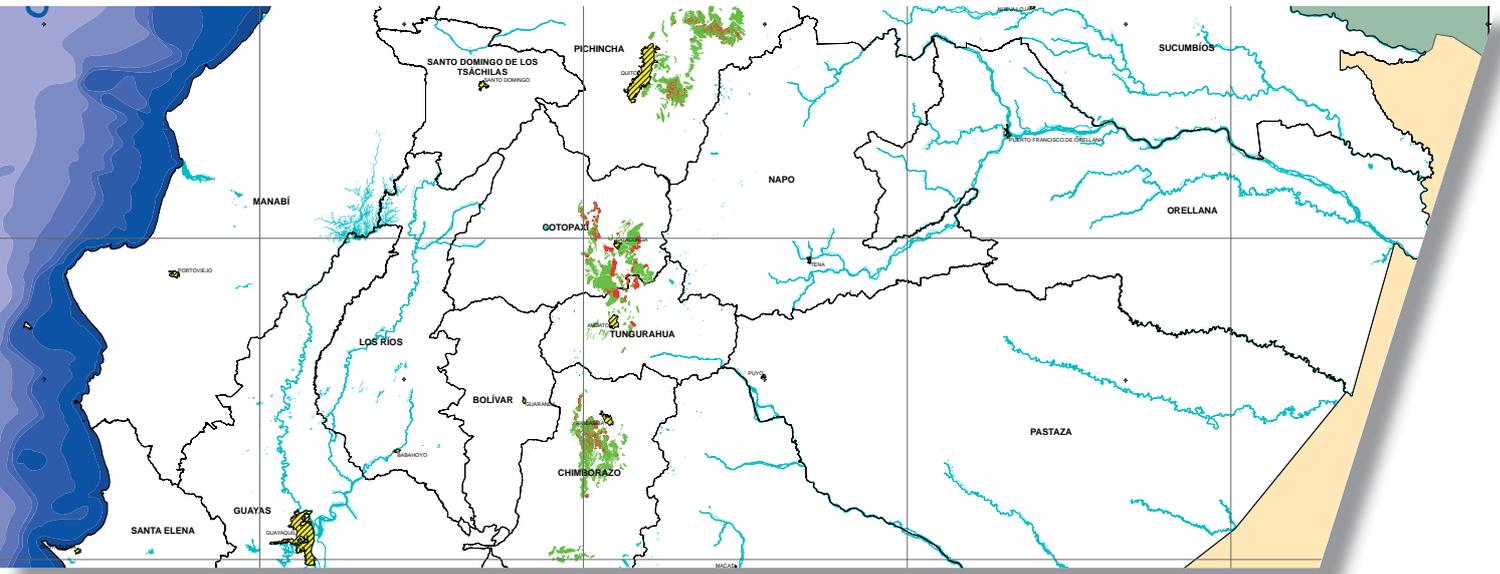


**Mapa de cangahuas
superficiales del Ecuador
escala 1:25 000**





Mapa de cangahuas superficiales del Ecuador escala 1:25 000

Memoria técnica

Quito, Ecuador
2017

Ministerio de Agricultura y Ganadería

Coordinación General del Sistema de Información Nacional – CGSIN.

Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales – DIGDM.

Proyecto

Rehabilitación sostenible de suelos con cangahua como mecanismos de resiliencia frente al cambio climático en el Ecuador.

Econ. Gustavo Mateo Cuesta Rugel

Coordinador General del Sistema de Información Nacional

Ing. Freddy Patricio Novillo Silva

Director de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales

Líder del proyecto

Ing. Verónica Loayza de la Torre, M. Sc.

Equipo técnico desarrollador del estudio

B. Sc. Eric Metzler, M. Sc.

Ing. Wilmer Jiménez.

Ing. Verónica Loayza de la Torre, M. Sc.

Diseño, edición y diagramación

Dirección de Evaluación, Difusión, Control de la Información de la CGSIN.

Cita de referencia:

Ministerio de Agricultura y Ganadería (2017). Mapa de cangahuas superficiales del Ecuador escala 1:25 000, memoria técnica. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería - Coordinación General del Sistema de Información Nacional.

Elaboración de la cartografía

Eric Metzler: provincias de Carchi y Chimborazo.

Wilmer Jiménez: provincias de Imbabura y Pichincha.

Verónica Loayza: provincias de Cotopaxi y Tungurahua.

Contribuciones en el levantamiento de información y validación

Unidades Zonales de Información del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua.

Direcciones Provinciales Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua.

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Moncayo de la Provincia de Pichincha.

AGRADECIMIENTOS

Al Mat. Víctor Hugo Bucheli León, Coordinador General del Sistema de Información Nacional en el periodo 2008 – 2017, y al Ing. Alex Santiago González Mantilla, Director de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales en el periodo 2013 – 2017 por el apoyo y confianza brindada al equipo de suelos de la CGSIN durante su administración.

A los técnicos ingenieros e ingenieras y responsables de las Unidades Zonales de Información del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de las siguientes provincias:

Carchi: Diego Arcos, Verónica Gordón.
Chimborazo: Alfonso Mullo, María José Coello.
Cotopaxi: Alberto Rendón, Christian Cevallos.
Imbabura: Diego Ruales, Viviana Meneses.
Pichincha: Ángel Aguirre, Eder Guacán.
Tungurahua: Henry Sánchez, Miguel Garcés.

A los técnicos ingenieros e ingenieras responsables de las Direcciones Provinciales Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de las siguientes provincias:

Carchi: Verónica Lora, William Paspuel, Gabriela Sánchez, Maribel Pantoja.
Chimborazo: Sandra Castañeda.
Cotopaxi: Daniel Icaza, Franklin Pilatasig, Isabel Lema.
Imbabura: Mayra Quinchuqui, Geovanna Vinueza.
Pichincha: Gabriela Álvarez, Jesús Suárez Milton Yáñez, Sheyla Sánchez, Silvia León.
Tungurahua: Yolanda Quisintuña, César Arias, Jorge Frutos.

Al equipo técnico responsable del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha: Eco. Roberto Guerrero e Ing. Catalina Jiménez.

Al Ing. Gustavo Tapia Vera por participar en la revisión técnica del documento.

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Ecuador a través de la Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales (DIGDM) de la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) tiene como objetivo investigar, generar y proveer geoinformación actualizada, relevante y útil para la elaboración de políticas que favorezcan la construcción del sector agropecuario y contribuyan a una acertada toma de decisiones que haga frente a las problemáticas agropecuarias del país.

El proyecto “Rehabilitación sostenible de suelos con cangahua como mecanismo de resiliencia frente al cambio climático en el Ecuador”, es una iniciativa del MAG, desarrollada a través de la CGSIN, la cual tiene como objetivo promover la gestión integral y la recuperación de la fertilidad y productividad de suelos degradados con cangahua en la sierra ecuatoriana. Este proyecto constituye un aporte dentro del Plan Nacional de Gestión de Suelos que el MAG desea implementar en los próximos años, con el fin de reducir los índices de pobreza, desertificación y degradación de los suelos e incrementar su productividad y el manejo sostenible junto con la seguridad alimentaria.

El proyecto persigue un proceso participativo rural donde convergen el conocimiento ancestral, local y científico para restaurar la capacidad de almacenamiento de carbono (pools) en los suelos y fortalecer sus funciones productivas y servicios ecosistémicos. Se espera que los productos generados sirvan para la planificación del territorio y su gestión mediante la roturación de suelos con cangahua y la difusión de prácticas sostenibles de rehabilitación de suelos. Asimismo, el proyecto apunta a concientizar e instaurar políticas que garanticen el manejo y conservación adecuada del recurso suelo y a la necesidad imperante de que las autoridades competentes investiguen y estructuren una evaluación de la degradación química, física y biológica de los suelos.

El Mapa de Cangahuas Superficiales del Ecuador Escala 1:25 000 es producto de la primera fase del proyecto, e identifica la localización y superficie estimada de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm en el Ecuador, en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua. Esta información generada constituye una línea base para la toma de decisiones, y es apta para la planificación del territorio, la conversión de cangahuas en suelo, y de otras actividades de intervención, a nivel nacional, provincial y cantonal.

“Necesitamos suelos saludables para alcanzar la nutrición, seguridad alimentaria, reducir la pobreza, combatir el cambio climático y asegurar un desarrollo sostenible en general. Hablamos mucho de la importancia de sistemas alimentarios sostenibles para una vida sana. Bien, empecemos por los suelos”. José Graziano da Silva (Director General de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

RESUMEN

En el Ecuador, el manejo de suelos con presencia de un material volcánico endurecido conocido en lengua quechua como cangahua, incide en la producción agrícola de gran parte de los suelos de la sierra centro y norte, y requiere de estrategias y mecanismos especiales de recuperación y/o conservación. Esta intervención normalmente tiene un mayor costo que el manejo de un suelo sin cangahua, y debe ser planificada en función de una cartografía que detalle las áreas en donde se ubica este material y que identifica las dos formas de presencia de cangahuas superficiales: enterradas bajo suelo (cangahua en profundidad) y expuestas en la superficie a 0 cm de profundidad (cangahua aflorante). En el pasado, esta temática no ha sido trabajada al detalle requerido para todas las zonas con presencia de cangahua, por lo que el objetivo de este estudio ha sido la generación de un mapa de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, en el Ecuador, en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, a escala 1:25 000, utilizando insumos cartográficos actuales disponibles, que permitan diferenciar entre cangahuas en profundidad ubicadas a máximo 60 cm y cangahuas aflorantes expuestas en la superficie a 0 cm de profundidad. El levantamiento de este rango de profundidades de 0 a 60 cm contribuye específicamente al interés agrícola y la finalidad de convertir estas tierras improductivas en suelos productivos a través del proceso de roturación de cangahua con maquinaria pesada hasta una profundidad de 60 cm. Cangahuas ubicadas a profundidades mayores a 60 cm no pueden ni deberían ser intervenidas por los procesos de roturación, por lo cual no formaron parte del objetivo del presente estudio. La metodología aplicada, consistió en la interpretación visual de la presencia de cangahuas sobre imágenes satelitales y aéreas, junto con el análisis de la cartografía disponible de suelos y geopedología de la Sierra, puntos de campo levantados en este proyecto, y otros insumos secundarios, que incluye ortofotos, curvas de nivel e imágenes Google Street View. Se analizó los factores sistema volcánico, litología, altitud, relieve, patrones de erosión y deposición, suelos, y cobertura visible, que permitieron establecer la dinámica de comportamiento y presencia de cangahuas en el paisaje. Como resultado se obtuvo un mapa de cangahuas del Ecuador, que identifica una superficie total de 181,486.38 hectáreas de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, de las cuales 13,161.67 hectáreas corresponden a cangahuas aflorantes y 168,324.71 hectáreas a cangahuas en profundidad. A nivel de provincia, la mayor superficie de cangahuas superficiales tanto aflorantes como en profundidad, corresponde a la provincia de Pichincha con 49,925.35 hectáreas, seguida de Chimborazo con 36,528.41 hectáreas. La menor superficie total, entre cangahuas aflorantes y en profundidad, corresponde a la provincia de Tungurahua con 7,632.77 hectáreas. El mapa fue validado por técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), de las provincias intervenidas, y es apropiado para su uso a nivel nacional, provincial y cantonal.

CONTENIDO

Página

Índice de figuras.....	viii
Lista de abreviaturas.....	ix
Lista de siglas.....	ix
Lista de símbolos.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivo.....	2
2. CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	2
2.1. Zona de estudio.....	2
2.2. Escala de trabajo.....	3
2.3. Unidad mínima cartográfica.....	4
2.4. Características de cangahua.....	4
3. METODOLOGÍA.....	5
3.1. Marco conceptual.....	5
3.2. Desarrollo.....	6
3.2.1. Análisis de información secundaria.....	7
3.2.2. Planificación y levantamiento de puntos de campo.....	7
3.2.3. Interpretación de imágenes satelitales y aéreas.....	8
3.2.4. Validación, edición final y control de calidad.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1. Superficies de cangahuas aflorantes y en profundidad.....	14
4.2. Ubicación geográfica y características de las cangahuas superficiales.....	16
4.2.1. Cangahuas aflorantes.....	17
4.2.2. Cangahuas en profundidad.....	17
4.3. Observaciones generales.....	26
5. CONCLUSIONES.....	27
6. RECOMENDACIONES.....	27
7. BIBLIOGRAFÍA.....	28
8. ANEXOS.....	30
Anexo I.....	30
Mapa de Cangahuas Superficiales del Ecuador Escala 1:25 000.....	30
Anexo II.....	31
Especificaciones de insumos cartográficos.....	31
Anexo III.....	35
Fichas de levantamiento de puntos de campo.....	36
Anexo IV.....	37
Informes de las mesas técnicas de las Direcciones Provinciales del Ministerio de Agricultura y Ganadería.....	38

Índice de figuras	Página
Figura 1.	Ubicación de la zona de estudio en el Ecuador..... 3
Figura 2.	Flujograma del proceso metodológico realizado por el estudio..... 6
Figura 3.	Ubicación de puntos de campo levantados en el estudio..... 8
Figura 4.	Volcanes cuaternarios del Ecuador (Bernard y Andrade, 2011)..... 10
Figura 5.	Ejemplo de imágenes <i>Google Earth</i> con cangahuas aflorantes en el cantón Cayambe, Provincia de Pichincha..... 11
Figura 6.	Ejemplos de imágenes <i>Google Street View</i> con cangahuas: A) cantón Bolívar, Provincia de Carchi, y B) cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha..... 11
Figura 7.	Ejemplos de la interpretación de imágenes satelitales y aéreas: A) cangahua aflorante (Caf) de aspecto liso y con límite marcado vs. cangahua en profundidad (Cep) con cobertura de aspecto surcado; B) vertientes de una loma con cangahua aflorante (Caf) y cangahua en profundidad (Cep), vs. cima de la loma menos erosionada sin cangahua superficial ubicada a profundidades de 0 a 60 cm, respaldado por un perfil de suelo; C) cangahua en profundidad (Cep) en zona elevada y erosionada al oeste, vs. planicie de sedimentación sin cangahua al este, respaldado por una observación de afloramiento geológico (cangahua) y dos perfiles de suelo; y D) cangahuas en profundidad (Cep) en parte erosionada al este de la loma, expuesta a la dirección principal del viento, vs. lado opuesto de la loma menos afectada por erosión y sin cangahua superficial ubicada a profundidades de 0 a 60 cm..... 12
Figura 8.	Superficies de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, por provincia: cangahua aflorante, cangahua en profundidad, y total, en hectáreas..... 14
Figura 9.	Superficies de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, por cantón: cangahua aflorante, cangahua en profundidad, y total, en hectáreas..... 15
Figura 10.	Ubicación geográfica de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm en el Ecuador..... 16
Figura 11.	Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Pichincha..... 18
Figura 12.	Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Cotopaxi..... 19
Figura 13.	Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Imbabura..... 20
Figura 14.	Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Carchi..... 21
Figura 15.	Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Chimborazo..... 22
Figura 16.	Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Tungurahua..... 23
Figura 17.	Ejemplos de cangahuas en profundidad dentro de 60 cm..... 24
Figura 18.	Ejemplos de observaciones de cangahuas en cortes de carretera..... 25

Lista de abreviaturas

12 ^{ms} ed.	Doceava edición.
Art.	Artículo.
Eds.	Editores.
máx.	Máximo/máxima.
No.	Número.
p.	Página.
pp.	Páginas.
p.ej.	Por ejemplo.
s.n.m.	Sobre el nivel del mar.
Trad.	Traductor (es).

Lista de siglas

CGSIN	Coordinación General del Sistema de Información Nacional.
CONALI	Comité Nacional de Límites Internos.
ESRI	Environmental Systems Research Institute.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (por sus siglas en inglés).
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar, por sus siglas en francés).
SIG	Sistemas de Información Geográfica.
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (Misión Topográfica Shuttle Radar, por sus siglas en inglés).
UZI	Unidades Zonales de Información.

Lista de símbolos

cm	Centímetro.
cm ²	Centímetro cuadrado.
ha	Hectárea.
m	Metro.
m ²	Metro cuadrado.
pH	Potencial hidrógeno



1. INTRODUCCIÓN

La sección de introducción presenta los antecedentes, justificación y el objetivo del estudio, en el contexto agropecuario del Ecuador.

1.1. Antecedentes

La Constitución de la República del Ecuador (2008) establece como “*interés público y prioridad nacional la conservación del suelo*” a través de “*su protección y uso sustentable que prevenga su degradación*”, además del apoyo a los agricultores y comunidades rurales para “*la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria*” (Art. 409 y 410).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), es el rector técnico agropecuario del país y responsable de la Política Agropecuaria Ecuatoriana (2016), en donde define como una de sus prioridades “Fomentar y monitorear el manejo, conservación y recuperación de los suelos en forma sostenida e integrada con los demás recursos naturales” (p. 371). Entre sus competencias están el desarrollo agrícola y la generación de información temática de interés agropecuario.

De conformidad con estas políticas, en el año 2012, el MAG inicia con los trabajos de roturación de suelos afectados por la presencia de un material volcánico endurecido (cangahua). Esta maquinaria fue distribuida en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua.

El proyecto “Rehabilitación Sostenible de Suelos con Cangahua como Mecanismo de Resiliencia frente al Cambio Climático en el Ecuador”, forma parte de las inversiones e iniciativas del MAG, y tiene como objetivo general, fortalecer las actividades de roturación bajo el concepto de Manejo Sostenible de la Tierra. Los objetivos específicos del proyecto incluyen (1) el desarrollo de un plan integrado de gestión de suelos que contemple planes de rehabilitación de suelos con cangahua, (2) la transferencia de buenas prácticas agro-ambientales para la roturación de cangahuas y el manejo de suelos, y (3) la generación de información cartográfica de cangahuas superficiales, a través del presente estudio, que permita una planificación cantonal de actividades de roturación de cangahuas, y que facilite la toma de decisiones e inversiones en territorio, así como el ordenamiento territorial.

1.2. Justificación

En el Ecuador, en la región sierra centro y norte, la presencia de un material volcánico endurecido conocido como cangahua es una de las problemáticas del sector agrícola. Los agricultores encuentran este material asociado a ciertos suelos andinos, enterrado bajo suelo u otro material como ceniza (cangahua en profundidad) o expuesta en la superficie a 0 cm de profundidad (cangahua aflorante), con características físico-químicas que limitan la penetración y desarrollo de raíces, así como la capacidad de almacenamiento de agua y la formación de materia orgánica. Para la producción agropecuaria, la presencia de cangahua limita la aptitud de mecanización y rentabilidad de los cultivos, en función de la profundidad a la que se ubica. En cuanto la cangahua aflora en superficie, impide la producción de cultivos en su totalidad, dejando extensas superficies desérticas o con escasa vegetación.

En el manejo agrícola, para los suelos con cangahua a profundidades menores a 60 cm, se aplican estrategias particulares de recuperación y/o conservación del suelo, a partir de la implementación de medidas contra la erosión y la roturación inicial de este suelo con maquinaria pesada hasta una profundidad de 60 cm. Esta intervención normalmente tiene

un mayor costo que el manejo de un suelo sin cangahua, y debe ser planificada a detalle en función de la superficie, localidad, pendiente, grado de afloramiento, entre otros factores, a partir de una cartografía que detalle las áreas en donde se ubica este material.

El país, en lo que respecta a los estudios de suelos en la sierra ecuatoriana, cuenta con información secundaria preliminar de: mapa de suelos de la sierra ecuatoriana a escala 1:50 000, generado por el Ministerio de Agricultura y la Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar (MAG y ORSTOM, por sus siglas en francés, 1982) e información cantonal geopedológica a escala 1:25 000 generada en los proyectos “Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional escala 1:25 000” (Instituto Espacial Ecuatoriano, IEE, et al., 2015), y “Levantamiento de Cartografía Temática escala 1:25 000, lote 1 y 2” (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, MAGAP, 2015; MAGAP et al., 2016). Estos mapas si bien constituyeron un aporte referencial importante sobre las cangahuas, contienen información limitada sobre este material, que por su escala, en el caso del mapa de suelos de la sierra ecuatoriana a escala 1:50 000, o por falta de información específica sobre la localización y profundidad de la cangahua, como es el caso de la información geopedológica a escala 1:25 000, no proporcionan información adecuada para la planificación de la rehabilitación de cangahuas al detalle requerido. Estos límites de precisión y exactitud fueron analizados en un estudio cartográfico piloto antes del presente estudio, publicado por Metzler et al. (2016), realizado por el equipo desarrollador del presente estudio, que generó y validó un mapa de cangahuas a escala 1:15 000 para la parroquia Tocachi, Provincia de Pichincha, y demostró que la localización y superficie de cangahuas identificadas son en gran parte distintas a las áreas de cangahuas señaladas en los mapas anteriormente mencionados.

1.3. Objetivo

El objetivo general de este estudio fue la generación de un mapa de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, en el Ecuador, a escala 1:25 000, utilizando insumos cartográficos actuales disponibles, e identificando entre cangahua cubierta por suelo o por cenizas (cangahua en profundidad) y cangahua expuesta en la superficie a 0 cm de profundidad (cangahua aflorante).

A través de este mapa, el estudio precisa proporcionar información actualizada y detallada que permita la estimación de superficie y análisis a nivel nacional, provincial y cantonal, de cangahuas superficiales que puedan ser roturadas con maquinaria pesada hasta una profundidad de 60 cm, para su conversión en suelo productivo.

2. CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La siguiente sección expone las consideraciones técnicas que determinaron la elaboración del mapa y que deben ser contempladas para su uso apropiado.

2.1. Zona de estudio

El Mapa de Cangahuas Superficiales del Ecuador Escala 1:25 000 comprende las seis provincias de la sierra ecuatoriana (Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua), conocidas por la presencia consolidada de cangahua. (Figura 1).

El área de estudio se restringe a los límites de estas provincias establecidos por el Comité Nacional de Límites Internos (2014, ex Comisión Especial de Límites Internos de la República), y excluye las zonas urbanas de las capitales de provincias, así como las áreas

protegidas delimitadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) del Ministerio del Ambiente (2015): Reserva Ecológica El Ángel, Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, Parque Nacional Cayambe Coca, Reserva Geobotánica Pululahua, Reserva Ecológica Antisana, Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, Reserva Ecológica Ilinizas, Parque Nacional Cotopaxi, Área Nacional de Recreación El Boliche, Parque Nacional Llanganates, Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, y el Parque Nacional Sangay.

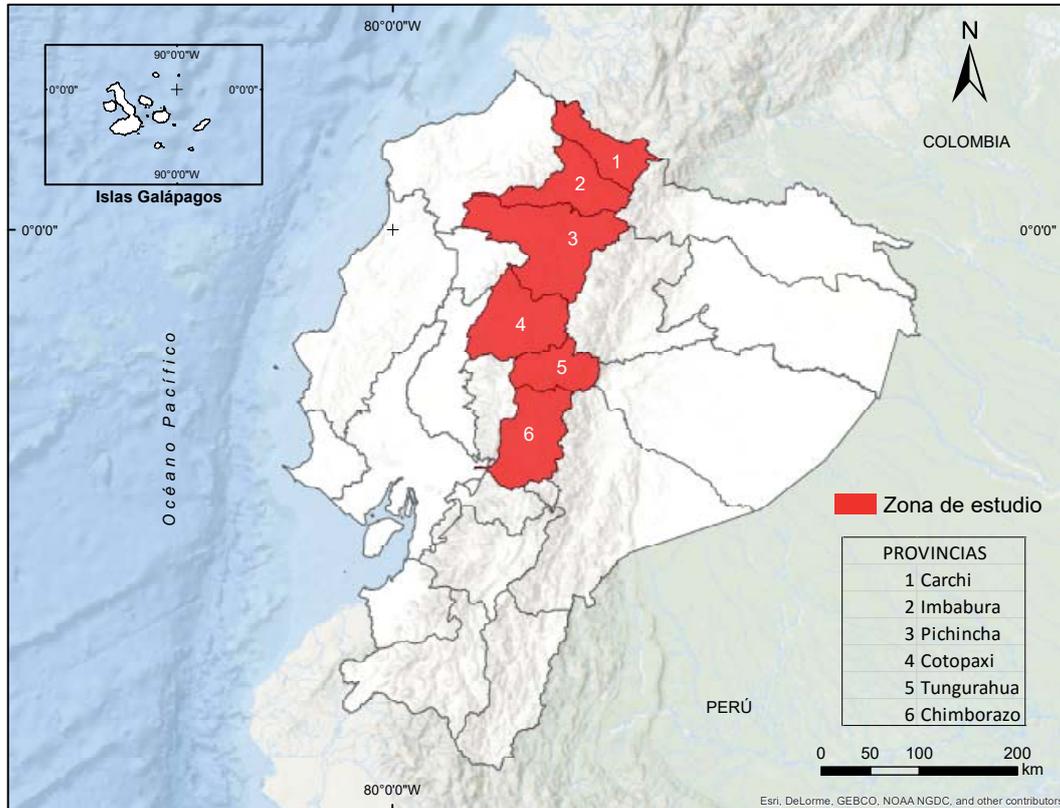


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el Ecuador.

Se asume que la zona de estudio representa todas las cangahuas del Ecuador, que se encuentran a profundidades de 0 a 60 cm de forma consolidada, y que no pertenecen a las áreas protegidas del SNAP o zonas urbanas de las capitales de provincias. Por tanto, se considera que dentro de estos parámetros, los resultados estadísticos son representativos no solamente para la zona de estudio, sino también a nivel nacional.

Sin embargo, no se descarta que pueda encontrarse cangahua fuera de la zona de estudio, a profundidades mayores a 60 cm, que no formaron parte del objetivo del estudio.

2.2. Escala de trabajo

La escala de trabajo expresa el detalle con que un mapa representa la realidad del terreno, se define por la calidad y el detalle de los insumos, y determina los niveles de análisis para el cual es adecuado y recomendado.

El mapa presente se elaboró a una escala de trabajo de 1:25 000, y es indicado para aplicaciones de análisis y planificación a nivel nacional, provincial y cantonal.

Sin embargo, no es recomendado utilizar el mapa para generar estadísticas a nivel parroquial, o más detalle. Para este nivel de planificación, el mapa puede utilizarse

de referencia general, pero no permite un análisis estadístico que requeriría de un levantamiento más detallado, como se realizó en el estudio cartográfico piloto publicado por Metzler et al. (2016).

2.3. Unidad mínima cartográfica

La unidad mínima cartográfica define el área mínima que un objeto identificado debe ocupar en el terreno para ser diferenciado en el mapa. Su valor se define en relación a la escala de trabajo para garantizar la visibilidad del polígono al realizar una impresión a esta escala.

Objetos con superficies menores al valor indicado no son delimitados de manera individual en el mapa, sino absorbidos por la clase vecina que los contiene. En estos casos, el mapa generaliza la realidad, y resulta que una unidad mapeada de una clase puede en la realidad del terreno contener áreas pequeñas de otra clase (de extensión menor que la unidad mínima definida), sin que estén señaladas en el mapa. Por ejemplo: un área delimitada de cangahua en profundidad puede contener áreas pequeñas de cangahua aflorante no señaladas, y viceversa.

La unidad mínima definida para este estudio es de 1 hectárea, y el mapa generado no delimita o diferencia objetos (cangahuas aflorantes y cangahua en profundidad) que en la realidad tienen una extensión menor a este valor (Por ejemplo: cangahua aflorante con una extensión de 0.5 ha).

2.4. Características de cangahua

En el Ecuador, el término *cangahua* significa “tierra dura estéril” en lengua quechua y es el nombre común para describir diferentes tipos de materiales volcánicos endurecidos, independientemente de su génesis y origen de endurecimiento. Esto causó que el uso del término se haya extendido a incluir materiales de distintas características (respecto al contenido del material orgánico, pH y fertilidad, entre otros), y generó cierta confusión en el concepto de cangahuas e interpretación de la información respecto al manejo del suelo.

En la ciencia, el significado del término cangahua es más específico, y ha sido relacionado a tobas volcánicas y cenizas endurecidas formadas por flujos piroclásticos y proyecciones piroclásticas recientes y antiguas que corresponden a emisiones de tipo freatomagmático (coladas de lodo) y a caídas aéreas. La acumulación de cenizas, u otros materiales volcánicos endurecidos tras procesos geológicos y/o edafológicos, también es evidente y de acuerdo al análisis bibliográfico de Zebrowski et al. (1997), las cangahuas provienen de las piroclastitas antiguas que fueron endurecidas, así como por piroclastitas recientes del periodo cuaternario. Similar a esto, Vera y López (1992) diferencian la cangahua proveniente de flujos piroclásticos de aquella originada por caídas piroclásticas, donde, en condiciones climáticas iguales, la segunda es siempre menos dura que la que proviene de flujos.

El presente trabajo aplica el concepto científico precedente y define a la cangahua como una toba volcánica que proviene de flujos piroclásticos (tipo colada de lodo) y de caídas de cenizas que luego se endurecieron, en ambos casos existe diferente grado de endurecimiento, siendo más duras las originadas posiblemente por flujos. Adicional, presentan las siguientes características: cuando la cangahua aflora y queda expuesta en la superficie, presenta coloraciones pardo amarillentas (afloramientos relativamente recientes) y grisáceas (afloramientos antiguos), frecuentemente presenta abundantes micelios de carbonatos de calcio y bajo contenido de fósforo, nitrógeno y materia orgánica.

Referente a la taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey staff, 2014), este estudio considera que la cangahua puede ser entendida y clasificada de dos formas, dependiendo de su génesis y estructura: como una roca consolidada, de origen geológico, sin estructura de suelo, o como un duripan, de origen geológico y edafológico refiriéndose a un material cementado o endurecido en mínimo 50% del volumen, con estructura de suelo.

En función de su forma de presencia, se diferencia entre cangahua subyacente bajo suelo (en profundidad) y cangahua expuesta en superficie (aflorante).

Este estudio utiliza el término de *cangahuas superficiales* para hacer referencia conjunta tanto a la cangahua aflorante como a la cangahua en profundidad, ubicadas a profundidades de máx. 60 cm. Este rango de profundidad de 0 a 60 cm incluye a las cangahuas que pueden ser roturadas con maquinaria pesada hasta una profundidad de 60 cm.

El estudio no considera como *cangahuas superficiales* a aquellas ubicadas a profundidades mayores a 60 cm, debido a que estas no pueden ni deben ser intervenidas por los procesos de roturación, y no forman parte del objetivo del proyecto Rehabilitación Sostenible de Suelos con Cangahua como Mecanismos de Resiliencia frente al Cambio Climático en el Ecuador.

3. METODOLOGÍA

Se realizó un análisis del espacio geográfico de las cangahuas, aplicando un enfoque fisiográfico, que culminó en la interpretación de diferentes insumos utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Esta sección detalla el marco conceptual y el desarrollo del estudio. El listado de los insumos cartográficos utilizados, inclusive algunas especificaciones, se presenta en el anexo II.

3.1. Marco conceptual

El estudio reconoce el espacio geográfico como un espacio físico, donde los elementos naturales se encuentran en relación sistémica entre ellos y en interacción con la esfera cósmica y la sociedad humana, de acuerdo al *Concepto de Síntesis Geográfica* sistematizado entre otros por Tovar (1966) y Buzai (1999). Se lo comprende como un sistema de interacciones causales, que puede ser estudiado, explicado, caracterizado y proyectado a través de un modelo abstracto, de acuerdo a la *Teoría General de los Sistemas* desarrollado por Bertalanffy (1951, 1976), aplicada al análisis geográfico entre otros por Chorley (1962; et al., 1971), Vila (1983) y Bertrand y Bertrand (2006).

Para el estudio, se considera a la cangahua como un elemento del espacio geográfico que tiene varias interacciones con su contorno, que determina ciertas características del mismo, y que estas interacciones y características del espacio geográfico pueden ser analizadas y comprendidas, para identificar si la cangahua está presente o no en un sitio.

En la práctica, se considera que la cangahua se manifiesta en el paisaje percibido a través de la organización y estructura de los elementos bióticos, abióticos, y antrópicos asociados a ella: suelo, agua, clima, relieve, vegetación, fauna, y actividad humana, entre otros.

Por lo mencionado, el estudio realizó un análisis de tipo analítico-sintético, que consistió en la observación de las interacciones de cada uno de los elementos del paisaje con la cangahua, y la identificación e interpretación de características referenciales de sitios con cangahua para su delimitación.

El enfoque del análisis es fisiográfico, y prioriza las características geológicas y geomorfológicas en diferentes niveles, desde una visión global del origen de las cangahuas, a base de los lineamientos para un estudio geomorfológico y pedogenético expuestos por Tricart y Kilian (1982). Como criterios secundarios se consideran las características de cobertura y actividad humana.

Los métodos utilizados son de carácter deductivo e inductivo y consisten en: (i) desarrollo de un criterio preliminar sobre las interrelaciones y sitios típicos de cangahua a partir del conocimiento existente (deducción) para el diseño del estudio y del levantamiento de información, y (ii) ajuste de este criterio a partir de información levantada en campo y nuevas experiencias (inducción), durante la generación y edición del mapa.

El análisis e interpretación de la información se hizo de manera cualitativa (no automatizada), a partir de observaciones estratégicas de los elementos del paisaje, y la interpretación y extrapolación de estas observaciones sobre insumos cartográficos secundarios, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

3.2. Desarrollo

A base del marco conceptual de trabajo, se realizaron cinco fases de estudio: (1) análisis de información secundaria; (2) planificación y levantamiento de información en campo; (3) interpretación de imágenes satelitales y aéreas; (4) validación y (5) edición final y control de calidad (figura 2).

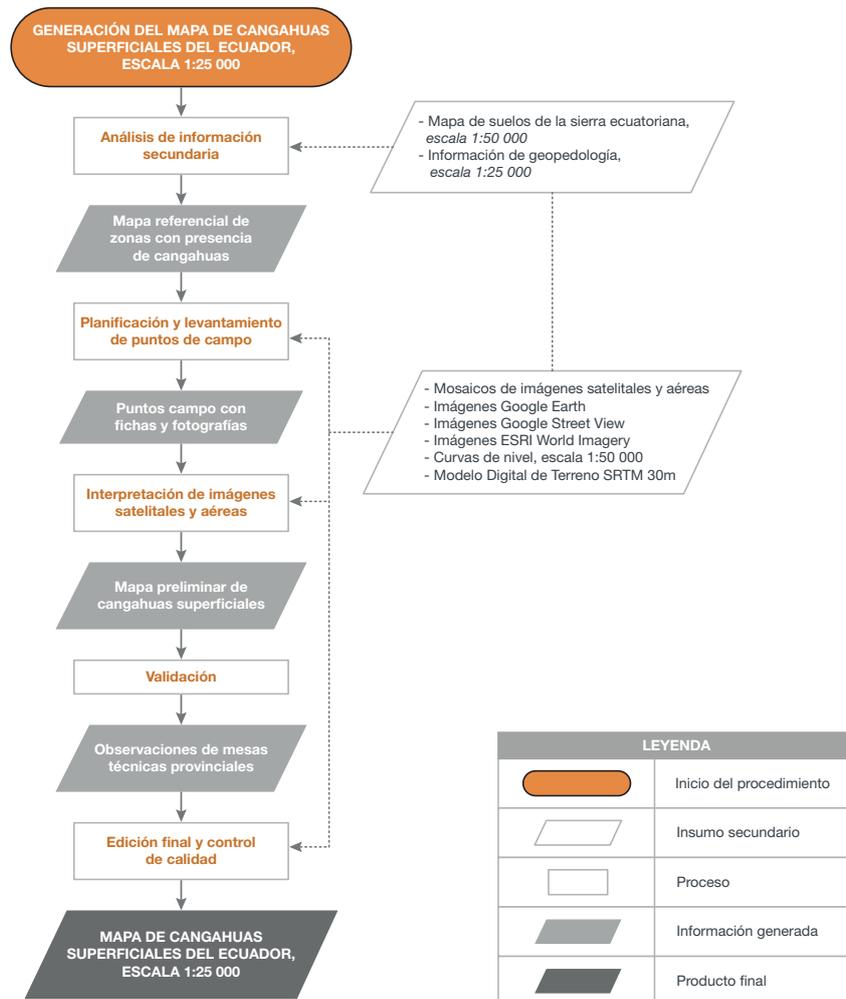


Figura 2. Flujograma del proceso metodológico realizado por el estudio.

3.2.1. Análisis de información secundaria

El estudio inició por un análisis comparativo de la cartografía existente de los suelos y la pedología de la sierra ecuatoriana: cartografía de suelos de la sierra ecuatoriana a escala 1:50 000 generada por el MAG y ORSTOM (1982), e información geopedológica escala 1:25 000 generada por el IEE et al. (2015), MAGAP (2015) y MAGAP et al. (2016).

Se revisó información de esta cartografía sobre la ubicación y profundidad de cangahuas, consultando memorias técnicas, leyendas, mapas, puntos de campo y respaldos de los puntos de campo disponibles y se identificó zonas de conflicto y áreas de consistencia entre los insumos.

A partir de este análisis, se generó un mapa referencial de las zonas donde la cangahua fue encontrada por puntos de campo de otros proyectos o donde la información secundaria de suelos indicaba su posible presencia.

3.2.2. Planificación y levantamiento de puntos de campo

Durante el diseño y desarrollo del presente estudio, se levantó un total de 464 puntos de campo que comprendieron: puntos de calicatas (cajones), puntos de observaciones paisajísticas, y principalmente puntos de afloramientos de cangahua u otro material en superficie con el apoyo de las Unidades Zonales de Información (UZI) del MAG bajo la coordinación del proyecto. Se reunieron 3,384 fotografías de cangahuas superficiales, otros materiales en superficie, y del paisaje, en las seis provincias. El número de puntos levantados por provincia varió acorde a la complejidad de estas y de los patrones de cangahuas aflorantes (figura 3).

La selección de los puntos se realizó en gabinete, sobre imágenes satelitales y aéreas ortorrectificadas detalladas en el anexo II (especificaciones de los insumos cartográficos), en consideración de los accesos viales. Se desarrolló y aplicó un criterio preliminar sobre el patrón de cangahuas aflorantes, en base de las experiencias adquiridas durante el diseño y desarrollo del estudio piloto (Metzler et al., 2016) y del presente estudio.

El levantamiento de los puntos de observaciones de cangahua u otro material en superficie fue realizado por los UZI mediante un dispositivo GPS, previa capacitación por parte de la CGSIN. Se documentaron en fichas de levantamiento de información en campo según el modelo presentado en el anexo III-c, con sus respectivas fotos de la superficie del suelo y del paisaje.

En el caso de los cantones Pedro Moncayo y Cayambe, los puntos de campo levantados por el proyecto fueron realizados previamente a esta fase de estudio, durante el diseño y desarrollo del estudio piloto (Metzler et al., 2016) y del presente estudio. Estos puntos corresponden a 128 puntos de calicatas (cajones) y 72 puntos de observaciones en el paisaje, documentadas en las respectivas fichas presentadas en el anexo III-a y III-b.

La información fue organizada en una base de datos de puntos de campo, para su posterior interpretación.

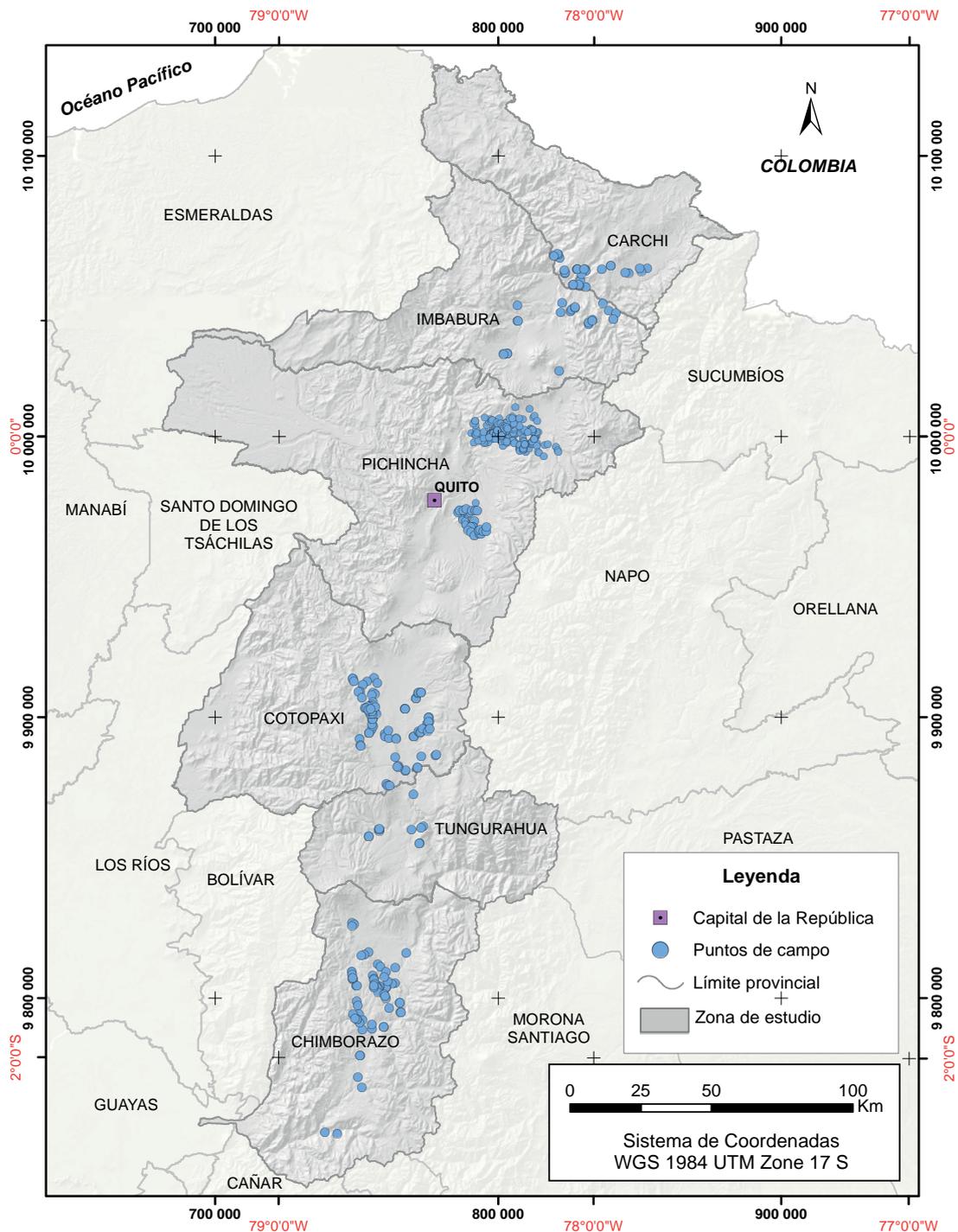


Figura 3. Ubicación de puntos de campo levantados en el estudio.

3.2.3. Interpretación de imágenes satelitales y aéreas

La tercera fase de estudio comprendió la interpretación visual de la presencia de cangahuas sobre imágenes satelitales y aéreas, con la ayuda de la información recopilada anteriormente (fases una a dos), información del estudio piloto, información secundaria, e imágenes *Google Street View*.

Esta fase de interpretación consideró las topo-clima-secuencias referenciales de las cangahuas, indicadas en las leyendas del mapa de suelos de la sierra ecuatoriana generado por MAG y ORSTOM (1982) y discutidas por Zebrowski (1996). Estas topo-clima-secuencias

fueron utilizadas como base para delimitar las zonas con presencia de cangahua superficiales a partir de los puntos de campo donde fue identificada, tanto por los puntos de campo levantados por este proyecto, como los perfiles de suelo levantados por IEE et al. (2015), MAGAP (2015) y MAGAP et al. (2016).

Adicionalmente, se recurrió a información del estudio de cangahuas realizado con imágenes satelitales RapidEye en los cantones de Cayambe, Pedro Moncayo y Pimampiro (Jiménez et al., 2016).

La delimitación de las cangahuas se realizó mediante un análisis cualitativo de los factores litología, altitud, relieve, patrones de erosión y deposición, suelos, y cobertura visible, en función de la relación próxima al sistema volcánico (Figura 4) y su influencia a la presencia de este material volcánico en superficie y en profundidad. En función de estos factores, se formó un criterio técnico sobre la ubicación referencial (típica) de cangahuas en el paisaje, que permitió identificarlas también en áreas sin información de campo.

El criterio referencial aplicado estableció las siguientes generalidades: las cangahuas pueden presentarse en geoformas desde suaves hasta elevadas, en microrrelieves lisos o surcados, en secuencia, con irregularidades, en pendientes muy variadas desde suaves hasta escarpadas, y principalmente en climas arídicos, ústicos y en transición ústico-arídico.

Las imágenes *Google Earth* (Figura 5) y *Google Street View* (Figura 6) se utilizaron como un insumo adicional durante esta fase, permitiendo identificar zonas de cangahuas y en algunos casos la profundidad a la que se encuentra ubicada.

Como resultado de la fase de interpretación de imágenes satelitales y aéreas se obtuvo un mapa preliminar de cangahuas superficiales (ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm), diferenciándose entre cangahuas aflorantes y en profundidad.

A continuación, se presentan cuatro ejemplos de la interpretación y del criterio aplicado en la Figura 7.

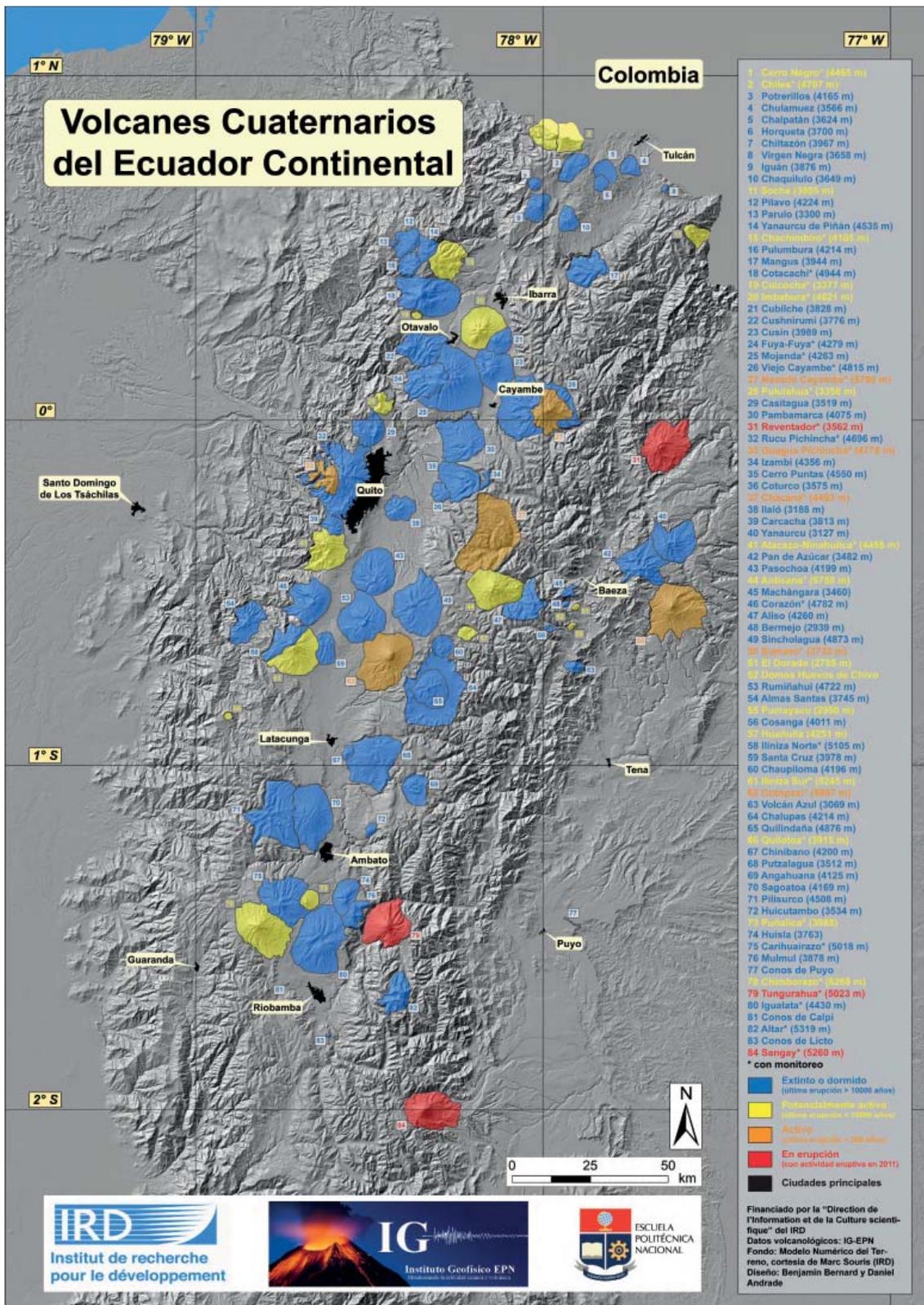


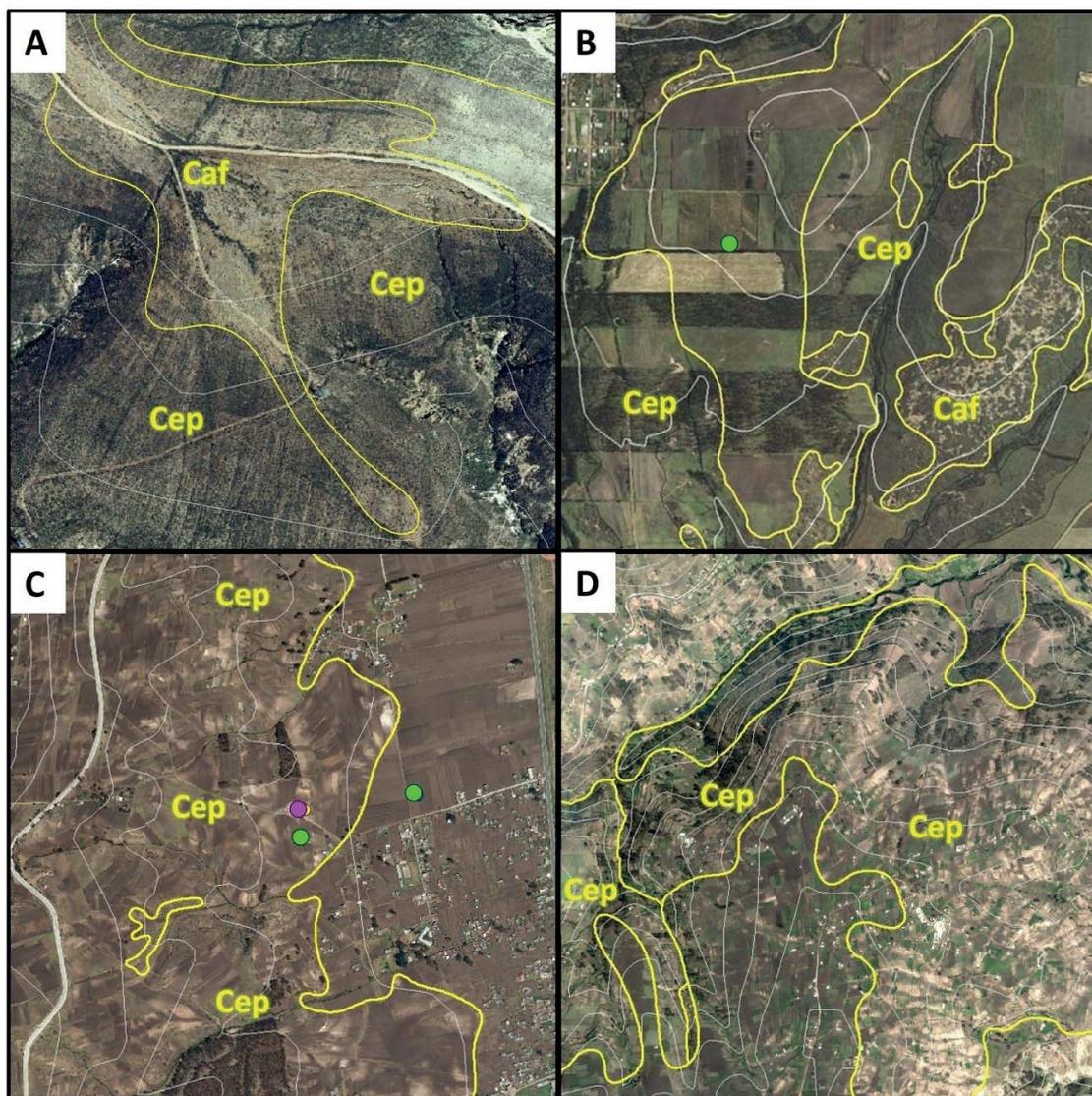
Figura 4. Volcanes Cuaternarios del Ecuador (Bernard y Andrade, 2011).



Figura 5. Ejemplo de imágenes *Google Earth* con cangahuas aflorantes en el cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.



Figura 6. Ejemplos de imágenes *Google Street View* con cangahuas: A) cantón Bolívar, Provincia de Carchi, y B) cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha.



● Observación de afloramiento de cangahua ● Perfil de suelo de IEE et al. (2015)

Figura 7. Ejemplos de la interpretación de imágenes satelitales y aéreas: A) cangahua aflorante (Caf) de aspecto liso y con límite marcado vs. cangahua en profundidad (Cep) con cobertura de aspecto surcado; B) vertientes de una loma con cangahua aflorante (Caf) y cangahua en profundidad (Cep), vs. cima de la loma menos erosionada sin cangahua superficial ubicada a profundidades de 0 a 60 cm, respaldado por un perfil de suelo; C) cangahua en profundidad (Cep) en zona elevada y erosionada al oeste, vs. planicie de sedimentación sin cangahua al este, respaldado por una observación de afloramiento geológico (cangahua) y dos perfiles de suelo; y D) cangahuas en profundidad (Cep) en parte erosionada al este de la loma, expuesta a la dirección principal del viento, vs. lado opuesto de la loma menos afectada por erosión y sin cangahua superficial ubicada a profundidades de 0 a 60 cm.

3.2.4. Validación, edición final y control de calidad

La última fase del estudio consistió en la validación del mapa preliminar, con el apoyo de mesas técnicas conformadas en cada provincia intervenida, y su edición final por parte del equipo técnico del estudio, en función de las observaciones recibidas.

Las mesas técnicas se conformaron por técnicos de las Unidades Zonales de Información y las Direcciones Agropecuarias Provinciales del MAG, de las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, bajo la coordinación del proyecto.

Los técnicos recibieron una capacitación sobre la definición de las cangahuas que se aplicó en este estudio, y se les presentó el mapa preliminar en digital y/o en físico, señalando áreas prioritarias para la revisión, en donde hubo menor cobertura de información de puntos de campo y mayor incertidumbre en cuanto a la interpretación.

Los comentarios recibidos durante esta fase validaron de manera satisfactoria los resultados generales del mapa preliminar, e incluyeron observaciones puntuales al mapa, que fueron revisados y analizados por el equipo del proyecto, para generar la versión final del mapa presentada en el anexo I.

Adicionalmente, se solicitaron puntos georreferenciados de las áreas roturadas a las Direcciones Provinciales Agropecuarias del MAG, los cuales sirvieron como insumo secundario para fortalecer los criterios de interpretación de cangahua y de esta manera actualizar las áreas del mapa donde por la fecha de las imágenes, en muchos casos se identificó preliminarmente como cangahua aflorante, pero al corroborar con esta información se confirmó que tales áreas fueron ya intervenidas y en consecuencia fueron reclasificadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sección de resultados y discusión presenta un resumen de las superficies, ubicación geográfica, características y observaciones generales sobre las cangahuas superficiales encontradas en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua.

4.1. Superficies de cangahuas aflorantes y en profundidad

El estudio determinó una superficie total de 181,486.38 hectáreas de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, de las cuales 13,161.67 hectáreas corresponden a cangahua aflorante; mientras que, 168,324.71 hectáreas a cangahua en profundidad, encontradas en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua.

A nivel de provincia, la mayor superficie tanto de cangahuas aflorantes como de cangahuas en profundidad, corresponde a la provincia de Pichincha con 49,925.35 hectáreas, seguida de Chimborazo con 36,528.41 hectáreas y Cotopaxi con 36,313.54 hectáreas. La menor superficie corresponde a la provincia de Tungurahua con 7,632.77 hectáreas.

En cuanto a la superficie de cangahua aflorante, se encontró que la mayor superficie está presente en la provincia de Pichincha con 3,795.49 hectáreas, mientras que la menor superficie está presente en la provincia de Imbabura con 151.20 ha (Figura 8).

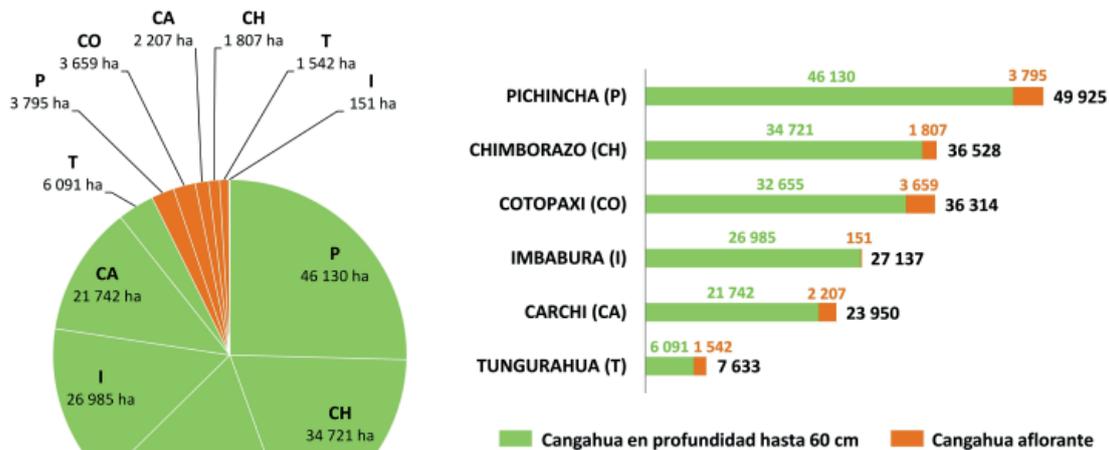


Figura 8. Superficies de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, por provincia: cangahua aflorante, cangahua en profundidad, y total, en hectáreas.

Las superficies de cangahuas superficiales identificadas por cantón se presentan en la Figura 9.

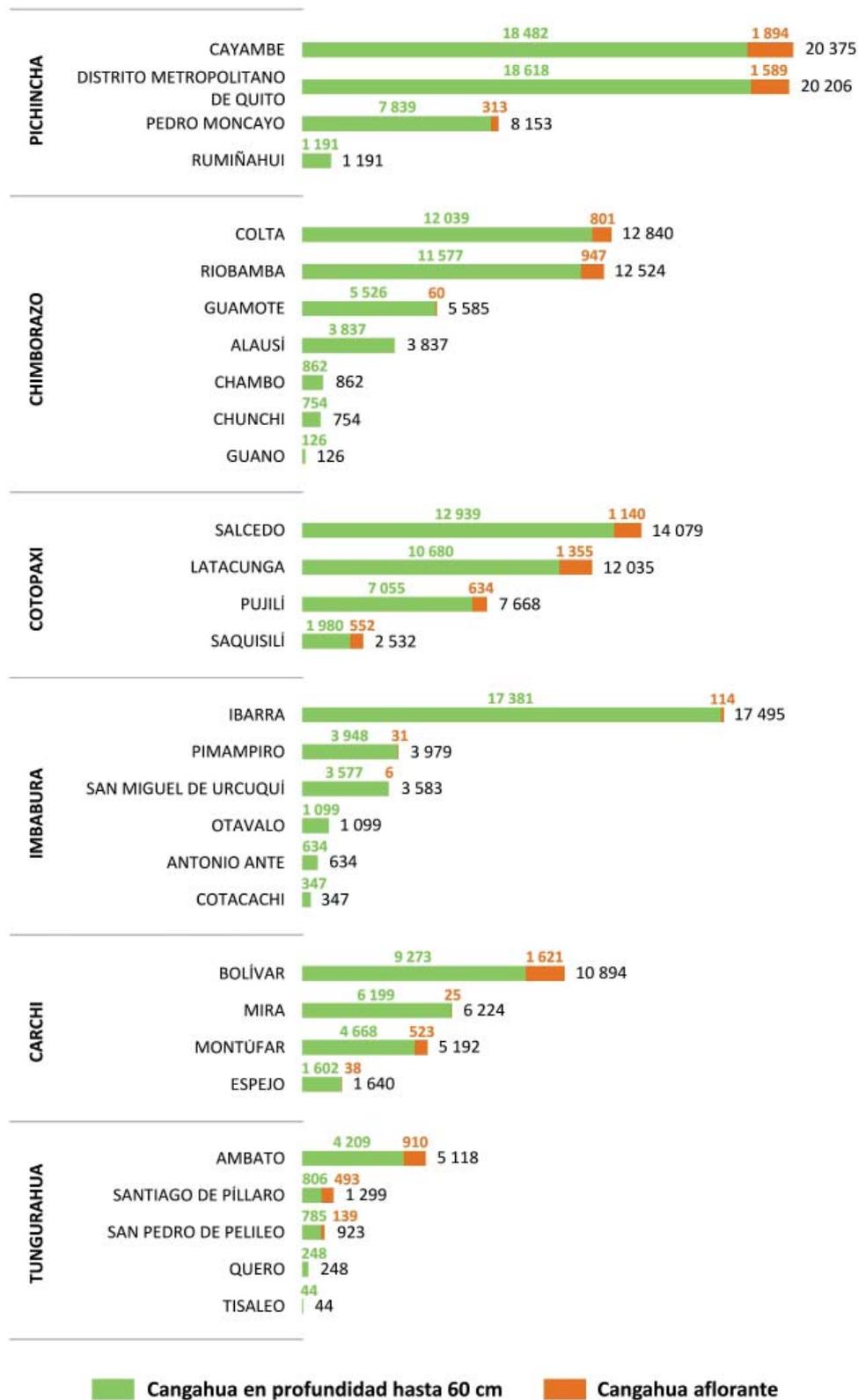


Figura 9. Superficies de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, por cantón: cangahua aflorante, cangahua en profundidad, y total, en hectáreas.

4.2. Ubicación geográfica y características de las cangahuas superficiales

Las cangahuas superficiales fueron encontradas a lo largo de la zona de estudio, en el interior del callejón interandino, asociadas principalmente a las vertientes de varios volcanes de la sierra centro y norte del país (Figura 10).

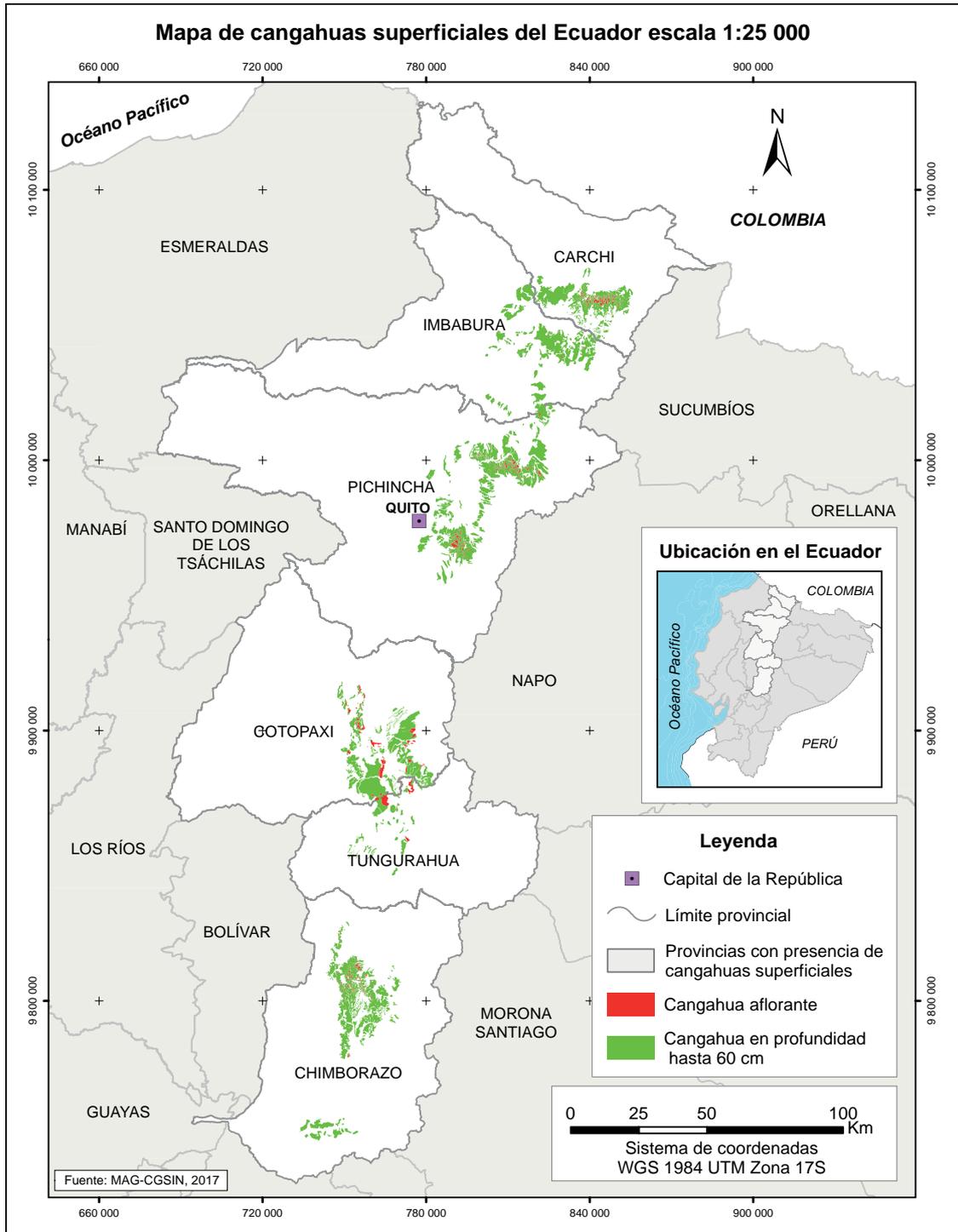


Figura 10. Mapa de ubicación de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm en el Ecuador.

En este estudio, se determinó mediante un Modelo Digital de Elevación con resolución espacial de 30 m, que el rango de altitud de la presencia de cangahuas superficiales identificadas varía entre un límite inferior de 1,320 m s.n.m. y un límite superior de 4,030 m s.n.m.

Este rango de altitud sobrepasa el límite oficial establecido para la actividad agrícola por la Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (2016) correspondiente al 14 de marzo de 2016, del Capítulo V de la Protección y Recuperación de la Fertilidad de la Tierra Rural de Producción, Artículo 50, que señala que “el avance de la frontera agrícola no podrá efectuarse en los páramos no intervenidos que se encuentren sobre los 3,300 metros de altitud sobre el nivel del mar, al norte del paralelo tres latitud sur, y sobre los 2,700 metros de altitud, al sur de dicho paralelo; y en general, en áreas naturales protegidas y particularmente en los territorios con alta biodiversidad o que generen servicios ambientales”. Por tanto, la presencia de cangahua superficial entre los 3,300 m s.n.m. y los 4,030 m s.n.m. alerta el uso irracional del recurso suelo y su degradación en las zonas alto-andinas.

A continuación se presentan los dos tipos de cangahuas identificadas y representadas en el mapa generado, con sus características y observaciones generales.

4.2.1. Cangahuas aflorantes

La apariencia de las cangahuas aflorantes identificadas varió en función de su composición, humedad, y grado de meteorización. Las diferencias se manifestaron en: tonalidades de color pardo amarillo a un color grisáceo claro a oscuro, generalmente de textura piroclástica, ubicadas en pendientes y relieves bajos, medios y altos, de dureza dura a muy dura, vegetación asociada entre nula a dispersa, y cobertura con ágaves (pencos), hongos y/o musgos y otras especies, entre nula a escasa (Figuras 11-16).

4.2.2. Cangahuas en profundidad

Las cangahuas enterradas o en profundidad identificadas en este estudio hasta los 60 cm, se caracterizan por: un límite muy marcado entre cangahua y otros materiales (suelo, ceniza, pómez, lapilli y/o carbonatos), a una transición gradual entre una capa de cangahua meteorizada a otro material; tonalidades ocasionalmente oscuras a grisáceas y pardo amarillo; y variable grado de meteorización, tipo y espesor de materiales que cubren la cangahua (Figuras 17 y 18).

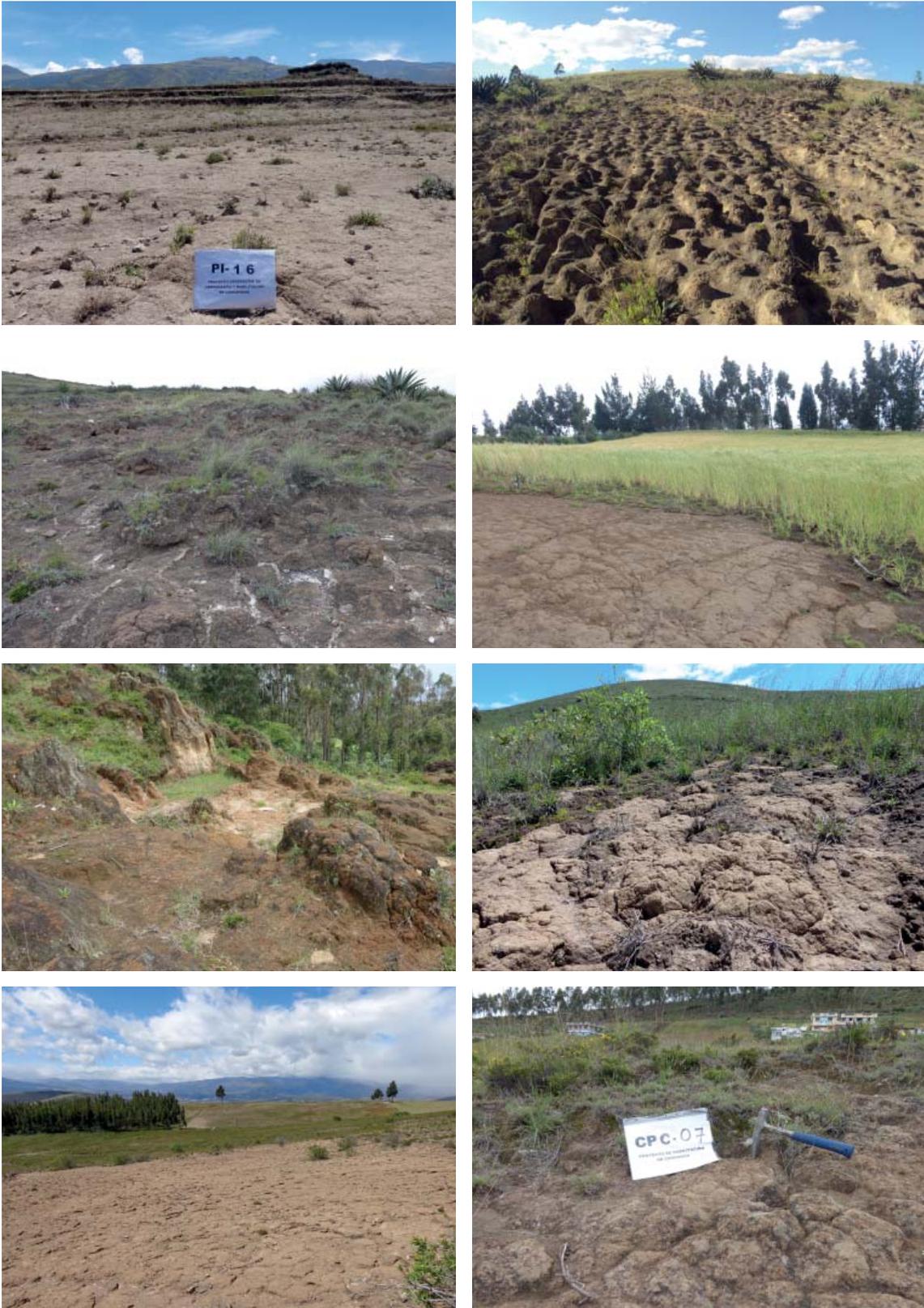


Figura 11. Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Pichincha.



Figura 12. Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Cotopaxi.

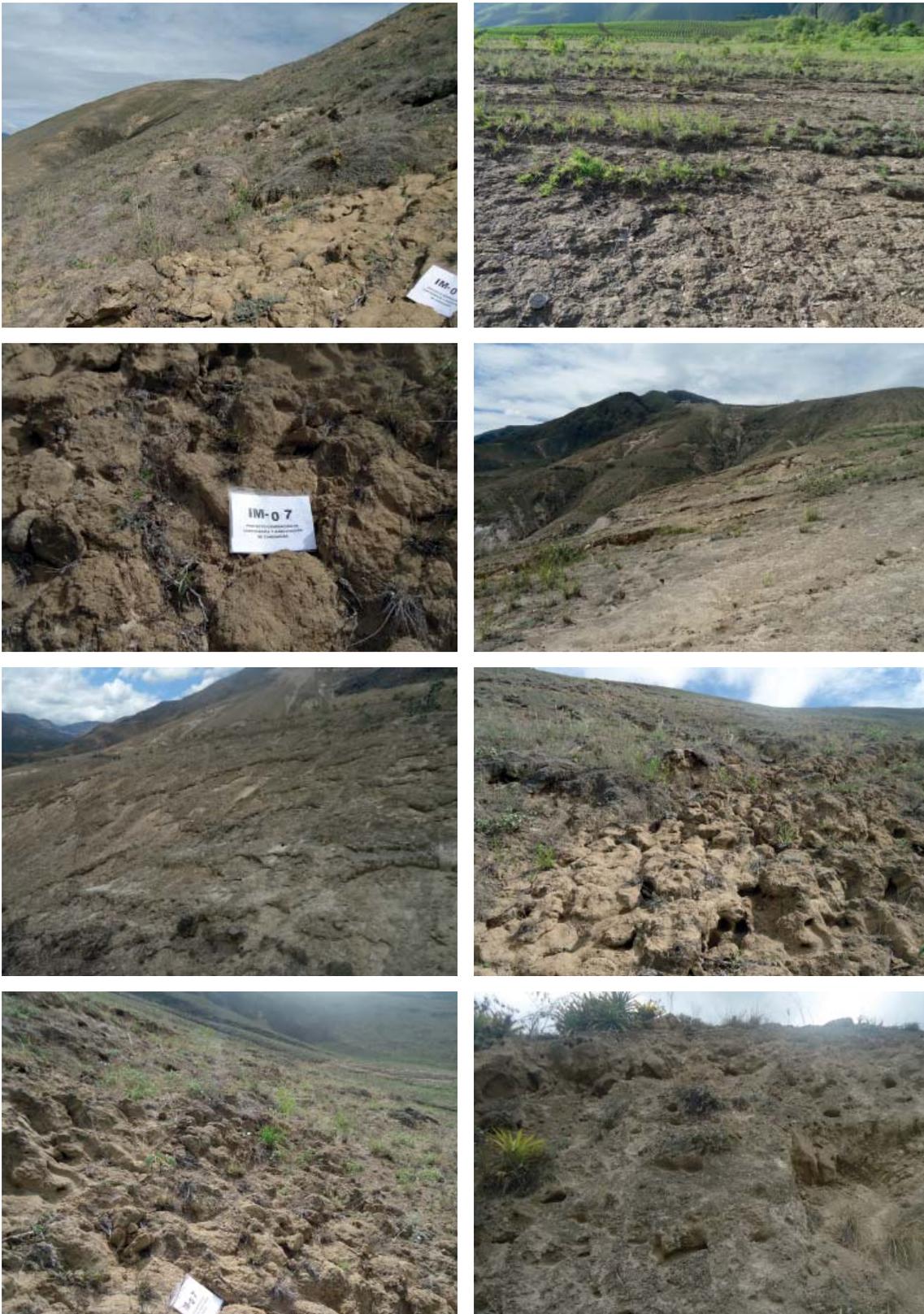


Figura 13. Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Imbabura.



Figura 14. Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Carchi.



Figura 15. Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Chimborazo.

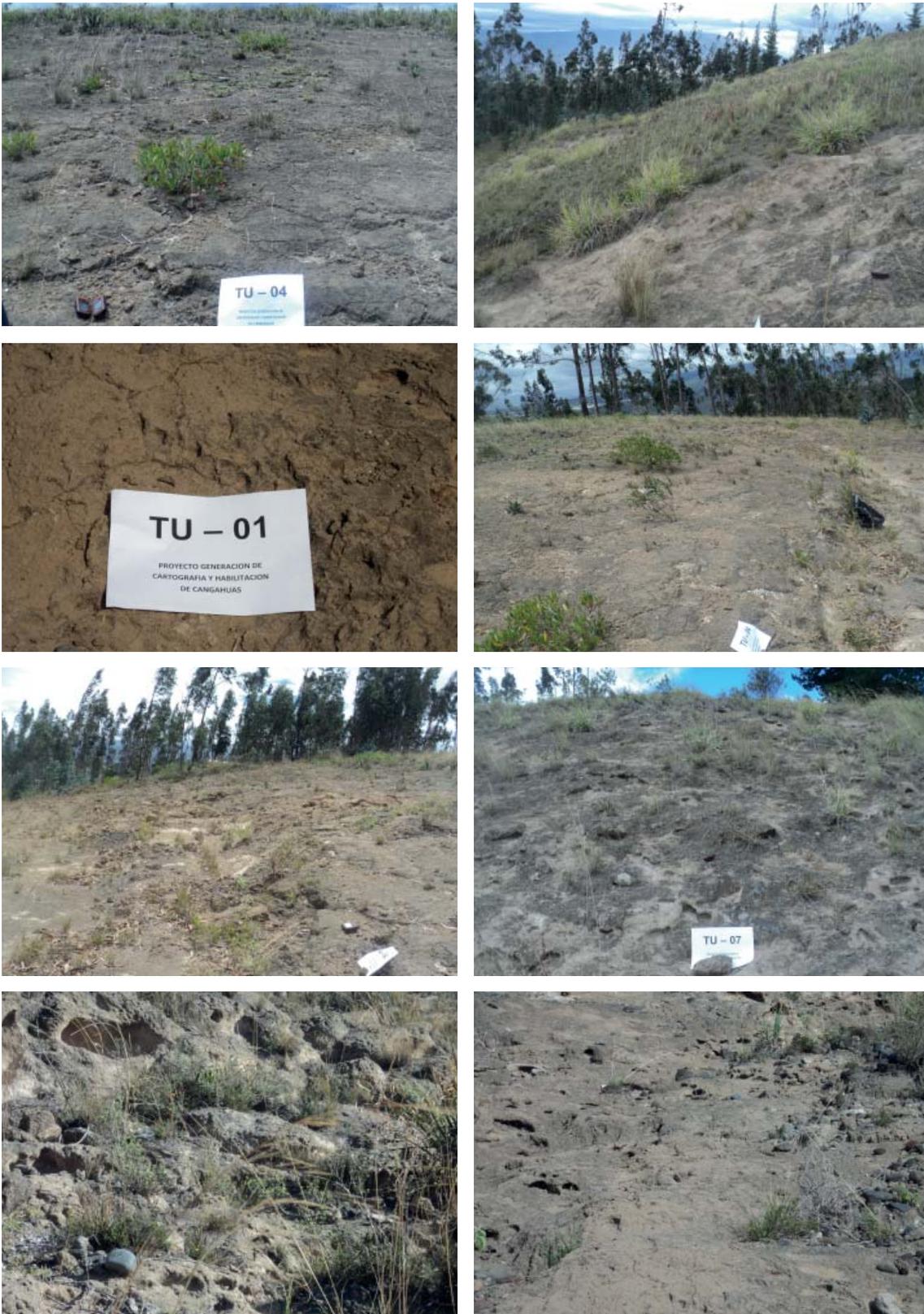


Figura 16. Ejemplos de cangahuas aflorantes localizadas en la provincia de Tungurahua.



Figura 17. Ejemplos de cangahuas en profundidad dentro de 60 cm.



Figura 18. Ejemplos de observaciones de cangahuas en cortes de carretera.

4.3. Observaciones generales

El estudio atribuye que la presencia de cangahuas en el Ecuador se encuentra estrechamente ligada a la actividad volcánica del periodo cuaternario, y que su aparición cerca o en superficie se debe principalmente a procesos de erosión. Las dinámicas relacionadas a estos procesos de erosión son generalmente consideradas lentas y con tardía influencia sobre el aumento de la presencia de cangahuas superficiales. Sin embargo, se observó que los hallazgos de cangahuas superficiales en altitudes de hasta 4,030 m s.n.m., identificadas en el presente estudio no corresponden a las topo-clima-secuencias naturales de cangahuas descritas por la ORSTOM en el año 1982, que asignaban la presencia natural de cangahuas superficiales hasta altitudes de máx. 3,200 m s.n.m., lo que se explica por la intensificación y ampliación de la actividad y frontera agrícola en las partes altas, y su consecuente erosión durante las últimas décadas, reduciendo la cobertura de suelo sobre las cangahuas, donde bajo condiciones naturales se encontrarían a profundidades superiores a los 60 cm.

Por lo tanto, en el caso de las cangahuas en profundidad (Figuras 14 y 15), se espera un incremento de su superficie principalmente en las partes altas, cómo indican los hallazgos puntuales de cangahuas localizadas en altitudes de hasta 4,030 m s.n.m., identificadas en el presente estudio.

En el caso de las cangahuas aflorantes, en cambio, se esperan aumentos de superficies por procesos erosivos, sobre todo en las partes bajas de los relieves con afloramientos actuales. Se observa que en estas partes los procesos de erosión se agravan por la muy baja permeabilidad de la cangahua y escorrentía encima de ella en cuanto aflora, causando mayores flujos de agua superficial hacia la vertiente por erosión hídrica y provocando el afloramiento de cangahuas por arrastre y pérdida de la cobertura de suelo. A este proceso se suma la pérdida de las capas superficiales del suelo por erosión eólica observada en la zona de estudio.

Finalmente, el estudio considera que el irracional manejo del recurso suelo, la escasa o inexistente cobertura vegetal y el tipo de uso dado a estos suelos repercute en la presencia, profundidad y características de la capa arable del suelo, razón por la cual, para el mapa actual, se contempla un periodo de validez y posible actualización del mismo.

5. CONCLUSIONES

El equipo técnico desarrollador del estudio estableció y consensuó un criterio técnico actualizado sobre la definición y el análisis de las cangahuas en sus diferentes estados, aflorante y en profundidad, que permite desarrollar y orientar futuros trabajos relacionados con la caracterización, identificación, roturación y manejo de las cangahuas en función de la superficie estimada.

La metodología desarrollada permitió establecer la dinámica de comportamiento y el patrón espacial de las cangahuas, identificando afloramientos y presencia de este material en profundidad, lo que hizo posible cuantificar la superficie de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, e identificar eficientemente suelos con degradación por cangahua en la sierra ecuatoriana.

El estudio determinó una superficie total de 181,486.38 hectáreas de cangahuas superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm, en el Ecuador, en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, de las cuales 13,161.67 hectáreas corresponden a cangahuas aflorantes y 168,324.71 hectáreas a cangahuas en profundidad. A nivel de provincia, la mayor superficie de cangahuas superficiales tanto aflorantes como en profundidad, corresponde a la provincia de Pichincha, con 49,925.35 hectáreas, seguida de Chimborazo con 36,528.41 hectáreas. La menor superficie total, entre cangahuas aflorantes y en profundidad, corresponde a la provincia de Tungurahua, con 7,632.77 hectáreas.

La información generada de cangahuas superficiales tiene una validez de mediano a largo plazo, estimándose un periodo aproximado de 20 a 30 años para la información de superficies totales de cangahuas en profundidad; y de 5 a 10 años para la información de cangahuas aflorantes, que a futuro debe ser contrastada y analizada en función del avance de actividades de roturación de cangahuas.

El mapa generado por este estudio puede ser analizado a nivel nacional, provincial y cantonal, y constituye una línea base para la toma de decisiones, apta para la planificación del territorio y de actividades de intervención.

6. RECOMENDACIONES

Este estudio propone estructurar un plan de acción a mediano y largo plazo, capaz de transformar áreas degradadas por la presencia de cangahua superficial en áreas agrícolas productivas en el callejón interandino para ser contemplado como política agropecuaria dentro de un Plan Nacional de Gestión de Suelos, con el fin de reducir los índices de pobreza, desertificación y degradación de los suelos e incrementar su productividad y el manejo sostenible junto con la seguridad alimentaria en estas zonas, que a su vez fortalecería los medios de vida de los pobladores.

El mapa debe ser utilizado como línea base para la identificación de áreas a roturar y rehabilitar, a través de un análisis adicional del mapa a nivel cantonal y su verificación a nivel local, de varios factores que puedan determinar la viabilidad de una intervención: p.ej. pendiente, cobertura y uso actual del suelo, acceso vial y a riego, y susceptibilidad a erosión y sequía, organización y compromiso de beneficiarios, entre otros.

7. BIBLIOGRAFÍA

B. Bernard, y Andrade, D. (2011). Volcanes Cuaternarios del Ecuador Continental. Poster Informativo. Quito, Ecuador: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Bertalanffy, L. (1951). General systems theory: a new approach to the unity of science. *Human Biology*, 23, 303-361.

Bertalanffy, L. (1976). *Teoría General de los Sistemas: fundamento, desarrollo y aplicaciones*. Trad. J. Almela. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Bertrand, C. y Bertrand, G. (2006). *Geografía del Medio Ambiente. El sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje*. Granada, España: Universidad de Granada.

Buzai, G. (1999). *Geografía global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI*. Buenos Aires, Argentina: Lugar Editorial.

Chorley, R. (1962). *Geomorphology and general systems theory*. Washington, D.C.: US Government Printing Office.

Chorley, R. y Kennedy, B. (1971). *Physical Geography: a systems approach*. Londres, Inglaterra: Prentice Hall.

Comité Nacional de Límites Internos. (2014). Límites Territoriales Internos, en formato digital vectorial. Quito, Ecuador.

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Ciudad Alfaró, Ecuador: Asamblea Constituyente.

Instituto Espacial Ecuatoriano; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca; y Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2015). Información de geopología del proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional escala 1:25 000. Quito, Ecuador: Instituto Espacial Ecuatoriano.

Jiménez, W., Montúfar, C., y Prat, C. (2016). Cartografía de suelos con cangahuas mediante teledetección en los cantones de Cayambe, Pedro Moncayo y Pimampiro, Sierra norte de Ecuador. En: *Memorias del XXI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador, 24-28 octubre 2016*. Quito, Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. (Pendiente de publicación).

Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales. (2016). Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Metzler, E., Jiménez, W. y Loayza, V. (2016). Cartografía de suelos con cangahuas superficiales en la parroquia Tocachi, Ecuador, a escala 1:15 000. En: *Memorias del XXI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador, 24-28 octubre 2016*. Quito, Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. (Pendiente de publicación).

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). Información de geopología del proyecto Levantamiento de Cartografía Temática escala 1:25 000, lote 1. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025: I parte*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca; Consorcio Tracasa-Nipsa; y Asociación Acotecnic Ingeomática. (2016). Información de geopedología del proyecto Levantamiento de Cartografía Temática escala 1:25 000, lote 1 y 2. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, y Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar. (1982). Mapa de suelos de la sierra ecuatoriana escala 1:50 000, en formato digital vectorial generado en el año 2002 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, y el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Ministerio del Ambiente. (2015). Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en formato vector. Quito, Ecuador.

Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Trad. C. Ortiz, M. Gutiérrez y E. Gutiérrez. (12^{ms} ed.). Estados Unidos: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Tovar, L. (1966). *La Geografía Ciencia de Síntesis*. Caracas, Venezuela: Gusano de Luz-Editores.

Tricart, J. y Kilian, J. (1982). *La eco-geografía y la ordenación del medio natural*. Barcelona, España: Anagrama.

Vera, R. y López, R. (1992). Tipología de la cangahua. En: *Terra, 10 (Número especial). Suelos volcánicos endurecidos, I Simposio Internacional, 113-119*. México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo; y Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar.

Vilá V. (1983). *Introducción al estudio teórico de la geografía*. Barcelona, España: Editorial Ariel.

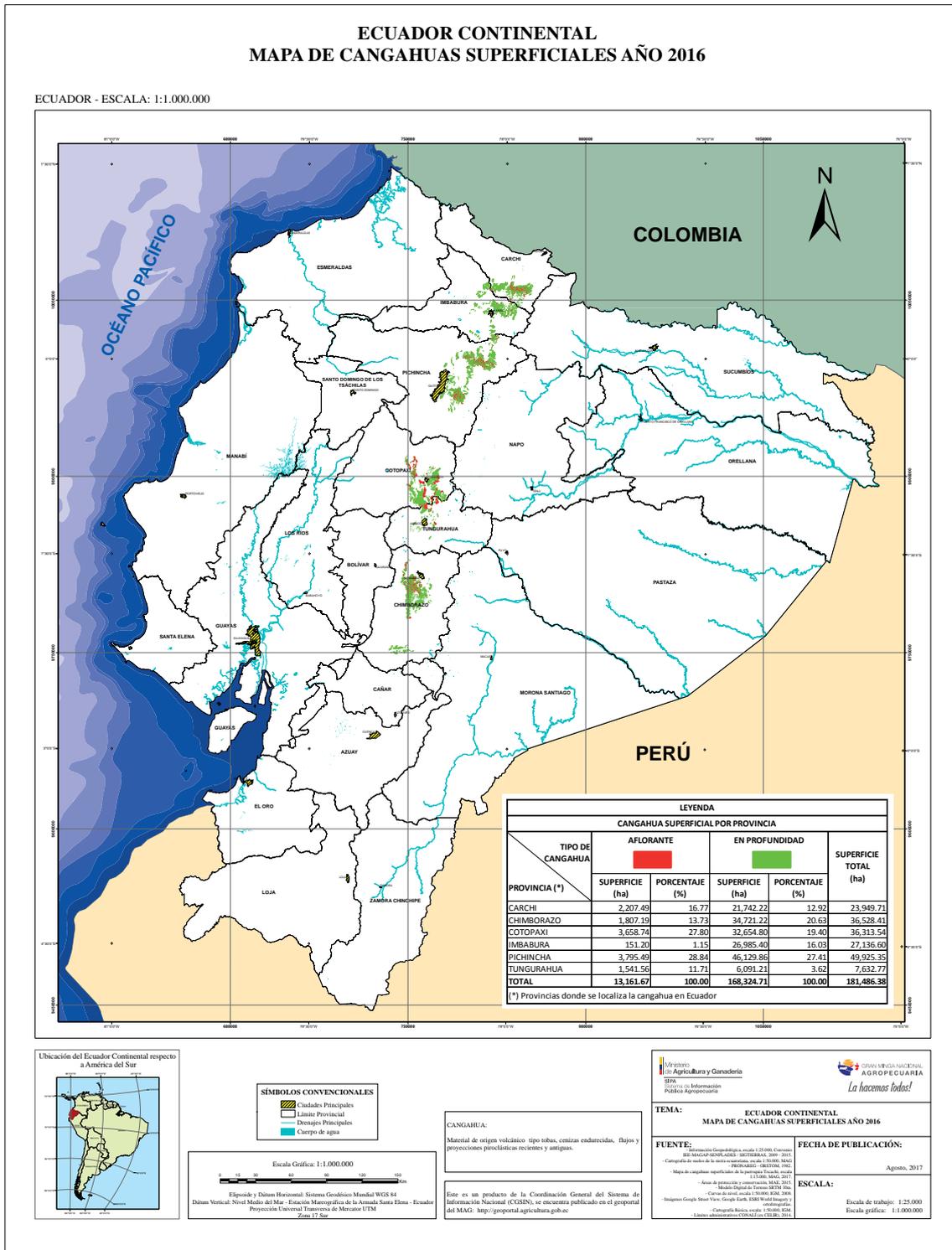
Zebrowski, C. (1997). Los suelos con cangahua en el Ecuador. En: Zebrowski, C., Quantin, P. y Trujillo, G. (Eds.), *Suelos volcánicos endurecidos, III Simposio Internacional*. (pp. 128-137). Quito, Ecuador: Unión Europea; Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar; Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Universidad Central del Ecuador.

Zebrowski, C., Quantin, P. y Trujillo, G. (1997). Introducción al Simposio. En: Zebrowski, C., Quantin, P. y Trujillo, G. (Eds.), *Suelos volcánicos endurecidos, III Simposio Internacional*. (pp. 1-9). Quito, Ecuador: Unión Europea; Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar; Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Universidad Central del Ecuador.

8. ANEXOS

Anexo I

Mapa de Cangahuas Superficiales del Ecuador Escala 1:25 000



Anexo II

Especificaciones de insumos cartográficos

a. Ortofotografías del Ecuador

Autor, año y lugar de publicación:

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. (2014). Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Características:

Fotografías aéreas ortorrectificadas del Ecuador de los años 2005 a 2006 y 2008 a 2013, con resolución espacial entre 30 y 50 cm², complementadas por imágenes aéreas ortorrectificadas (ortoimágenes) e imágenes satelitales de los sensores Geoeye, Pléiades, Quickbird, SPOT 6, Worldview I y II, con resoluciones entre 0.46 cm² y 2 m², de los años 2010 a 2013.

b. Imágenes satelitales y aéreas del mundo disponibles a través del programa Google Earth

Autor, año y lugar de publicación:

Google Inc., sin fecha. Google Earth versión 7.1.2.2041, servidor kh.google.com. Consultadas entre abril 2016 y julio 2017.

Características:

Imágenes satelitales y aéreas ortorrectificadas del mundo de diferentes resoluciones espaciales y fechas, con información del espectro visible y de continua actualización.

c. Fotografías de Google Street View

Autor, año y lugar de publicación:

Google Inc., sin fecha. Google Earth versión 7.1.2.2041, servidor kh.google.com. Consultadas entre abril 2016 y junio 2017.

Características:

Visualizador de fotografías georreferenciadas de trayectos viales, de continua actualización.

d. Información de geopedología del proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional escala 1:25 000

Autores, año y lugar de publicación:

Instituto Espacial Ecuatoriano; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca; y Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2015). Quito, Ecuador: Instituto Espacial Ecuatoriano.

Características:

Archivos de (1) capas cantonales en formato digital vectorial con información de geopedología (unidad ambiental, unidad genética, unidad morfológica, pendiente, denominación geológica o formación superficial, código del perfil de suelo representativo, subgrupo de suelo según la taxonomía de suelos de la USDA 2006, textura superficial, textura a profundidad, drenaje natural, profundidad efectiva, pedregosidad, toxicidad, potencial hidrógeno del suelo, salinidad, profundidad nivel freático, régimen de temperatura del suelo, régimen de humedad del suelo, materia orgánica del suelo, capacidad de intercambio catiónico, saturación de

bases, fertilidad del suelo, inundabilidad, y características), (2) memorias técnicas cantonales de geopedología, y (3) información de perfiles de suelo (clasificación, ubicación, uso de la tierra y vegetación, características de la superficie y del perfil, fotografías del perfil y panorámicas, descripción de horizontes o capas, y resultados de los análisis de laboratorio).

e. Información de geopedología del Proyecto Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25.000, lote 1 y 2

Autores, año y lugar de publicación:

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca; Consorcio Tracasa-Nipsa; y Asociación Acotecnic Ingeomática. (2016). Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Características:

Archivos de (1) capas cantonales con información vectorial de geopedología (región, denominación geológica o formación superficial, litología, pendiente, desnivel relativo, longitud de la vertiente, unidad morfológica, densidad del desnivel relativo, forma del drenaje natural, forma del valle, forma de la cima, forma de la vertiente, dominio fisiográfico, contexto morfológico, génesis, código del perfil representativo, subgrupo de suelo según la taxonomía de suelos de la USDA 2006, textura superficial, textura a profundidad, drenaje natural, profundidad efectiva, pedregosidad, afloramiento rocoso, elementos gruesos, toxicidad, potencial hidrógeno del suelo, salinidad, profundidad nivel freático, régimen de temperatura del suelo, régimen de humedad del suelo, materia orgánica del suelo, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, fertilidad del suelo, inundabilidad, y velocidad de infiltración), (2) memorias técnicas cantonales de geopedología y temáticas derivadas, y (3) información de perfiles de suelo (clasificación, ubicación, factores de formación de la superficie, geomorfología, uso de la tierra y vegetación, descripción de la superficie del suelo, características del perfil, fotografías del perfil y panorámicas, descripción de horizontes o capas, y resultados de los análisis de laboratorio).

f. Mapa de suelos de la sierra ecuatoriana escala 1:50 000

Autores, año y lugar de publicación:

Ministerio de Agricultura y Ganadería, y Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar. (1982). Formato digital vectorial generado en el año 2002 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, y el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos. Quito, Ecuador.

Características:

Archivos de (1) una capa vectorial con información de suelos (sigla del suelo, subgrupo del suelo según la taxonomía de suelos de la USDA 1973-1976, pendiente, textura, profundidad, pedregosidad, drenaje, profundidad nivel freático, potencial hidrógeno, materia orgánica, salinidad, toxicidad, y nivel de fertilidad), (2) leyendas con información de suelos (sigla del suelo, características generales y variaciones del conjunto de suelos, características particulares del subconjunto de suelos, características del suelo, régimen de humedad del suelo, régimen de temperatura del suelo, clasificación del suelo según la taxonomía de suelos de la USDA 1973-1976,

relieve y material parental, uso, posibilidades de uso, limitaciones generales, y perfil de referencia), y (3) información de perfiles de suelos (localización, roca madre, pluviometría, temperatura, morfología local, drenaje externo, vegetación, ubicación y paisaje, descripción de horizontes o capas, resultados de los análisis de laboratorio).

g. Mapa de cangahuas superficiales de la parroquia Tocachi, Ecuador, escala 1:15 000

Autor, año y lugar de publicación:

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). Quito, Ecuador.

Características:

Capa vectorial con información de cangahuas superficiales (profundidad y pendiente).

h. Información de puntos de campo levantados en el proyecto Rehabilitación Sostenible de Suelos con Cangahua como Mecanismos de Resiliencia frente al Cambio Climático en el Ecuador

Autor, año y lugar de publicación:

Archivos no publicados del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito, Ecuador.

Características:

Información de puntos de: (1) observaciones de afloramientos de cangahua u otro material en superficie (ubicación, localización, registro, fotografías de la superficie de la tierra y panorámicas, presencia de cangahua aflorante, afloramiento rocoso, cobertura y uso de la tierra, y (2) observaciones en calicatas (cajones) (ubicación, localización, registro, fotografías de la calicata y panorámicas, presencia y profundidad de cangahua, pendiente, afloramiento rocoso, pedregosidad, regímenes climáticos del suelo, tipo y grado de erosión, textura superficial, cobertura y uso de la tierra, acceso a riego, observación de actividades de habilitación de cangahuas, y observaciones), y (3) observaciones paisajísticas (ubicación, localización, fotografías, cobertura y uso de la tierra, y observaciones).

i. Información de puntos de campo levantados en el estudio Cartografía de suelos con cangahuas mediante teledetección en los cantones de Cayambe, Pedro Moncayo y Pimampiro, Sierra norte de Ecuador

Autores, año y lugar de publicación:

Archivos no publicados de Jiménez, W., Montúfar, C., y Prat, C.

Características:

Información de puntos de barrenaciones y observaciones paisajísticas en los cantones Cayambe, Pedro Moncayo y Pimampiro.

j. Curvas de nivel escala 1:50 000

Autor, año y lugar de publicación:

Instituto Geográfico Militar. (2011). Quito, Ecuador.

Características:

Capa vectorial de curvas de nivel con un intervalo de 20 m.

k. Modelo digital de terreno de 30 m

Autor, año y lugar de publicación:

Instituto Geográfico Militar. (2008). Quito, Ecuador.

Características:

Imagen raster con información de elevación del terreno sobre el nivel del mar, con una resolución horizontal de 30 m.

l. Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas

Autor, año y lugar de publicación:

Ministerio del Ambiente. (2015). Quito, Ecuador.

Características:

Capa vectorial con información de las áreas naturales protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (nombre, categoría de manejo, tipo de paisaje, escala de delimitación, número y fecha de registro).

m. Límites Territoriales Internos

Autor, año y lugar de publicación:

Comité Nacional de Límites Internos. (2014). Quito, Ecuador.

Características:

Capas vectoriales de límites cantonales y provinciales del Ecuador

Anexo III
Fichas de levantamiento de puntos de campo

a. Ficha de levantamiento de puntos de calicatas

FICHA DE CAMPO DEL PROYECTO PLAN DE HABILITACIÓN DE CANGAHUAS EN EL ECUADOR
LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE CALICATAS


 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca


 Coordinación General del Sistema de Información Nacional

1. UBICACIÓN PROVINCIA: CANTÓN: PARROQUIA: SITIO:	1.1 LOCALIZACIÓN (UTM, WGS 84, ZONA 17S) COOR.X: COOR.Y: ALTITUD (m s.n.m.): CÓDIGO GPS:	2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN CÓDIGO PERFIL: FECHA: AUTORES:	3. FOTOGRAFÍA: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>																
4. FORMACIÓN GEOLÓGICA	8. REGIMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">HUMEDAD</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">TEMPERATURA</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> ÁCUICO <input type="checkbox"/> ÚDICO <input type="checkbox"/> ÚSTICO <input type="checkbox"/> ARIDICO <input type="checkbox"/> </td> <td style="padding: 2px;"> ISOFRÍGIDO (<10°C) <input type="checkbox"/> ISOMÉSICO (10-13°C) <input type="checkbox"/> ISOTÉRMICO (13-21°C) <input type="checkbox"/> </td> </tr> </table>	HUMEDAD	TEMPERATURA	ÁCUICO <input type="checkbox"/> ÚDICO <input type="checkbox"/> ÚSTICO <input type="checkbox"/> ARIDICO <input type="checkbox"/>	ISOFRÍGIDO (<10°C) <input type="checkbox"/> ISOMÉSICO (10-13°C) <input type="checkbox"/> ISOTÉRMICO (13-21°C) <input type="checkbox"/>	10. TEXTURA SUPERFICIAL ARCILLOSA <input type="checkbox"/> FRANCO <input type="checkbox"/> ARENA <input type="checkbox"/> FRANCO ARCILLOSA <input type="checkbox"/> FRANCO ARCILLO-ARENOSA <input type="checkbox"/> FRANCO ARENOSO <input type="checkbox"/> ARENO FRANCOSO <input type="checkbox"/> FRANCO ARCILLO-LIMOSO <input type="checkbox"/> ARCILLO-ARENOSA <input type="checkbox"/> ARCILLO-LIMOSA <input type="checkbox"/> LIMOSO <input type="checkbox"/>													
HUMEDAD	TEMPERATURA																		
ÁCUICO <input type="checkbox"/> ÚDICO <input type="checkbox"/> ÚSTICO <input type="checkbox"/> ARIDICO <input type="checkbox"/>	ISOFRÍGIDO (<10°C) <input type="checkbox"/> ISOMÉSICO (10-13°C) <input type="checkbox"/> ISOTÉRMICO (13-21°C) <input type="checkbox"/>																		
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUPERFICIE CANGAHUA AFLORANTE <input type="checkbox"/> CANGAHUA SUBAFLORANTE <input type="checkbox"/> PENDIENTE (%): PROFUNDIDAD (cm):																			
6. AFLORAMIENTO ROCOSO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																			
7. PEDREGOSIDAD PIEDRAS <input type="checkbox"/> ROCAS <input type="checkbox"/>																			
9. TIPO Y GRADO DE EROSIÓN <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ÉOLICA</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LIGERA</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">MODERADO</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">SEVERO</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">HÍDRICA</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				ÉOLICA	LIGERA	MODERADO	SEVERO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HÍDRICA				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÉOLICA	LIGERA	MODERADO	SEVERO																
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																
HÍDRICA																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																
11. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA PRESENCIA DE PENCO <input type="checkbox"/>																			
12. ACCESO AL RIEGO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> TIPO DE RIEGO:																			
13. SE OBSERVA PRESENCIA O ALGÚN TIPO DE HABILITACIÓN? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> TIPO DE HABILITACIÓN: RECIENTE <input type="checkbox"/> ANTIGUA <input type="checkbox"/>																			
14. OBSERVACIONES <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>																			

b. Ficha de levantamiento de puntos de observaciones paisajísticas

FICHA DE CAMPO DEL PROYECTO PLAN DE HABILITACIÓN DE CANGAHUAS EN EL ECUADOR
LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE OBSERVACIÓN PAISAJÍSTICA


 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca


 Coordinación General del Sistema de Información Nacional

1. UBICACIÓN PROVINCIA: CANTÓN: PARROQUIA: SITIO:	1.1 LOCALIZACIÓN (UTM, WGS 84, ZONA 17S) COOR.X: COOR.Y: ALTITUD (m s.n.m.): CÓDIGO OBS:	2. FECHA 3. FORMACIÓN GEOLÓGICA	4. FOTOGRAFÍAS <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
5. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 6. PRESENCIA DE PENCO <input type="checkbox"/>			
7. OBSERVACIONES <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>			

c. Ficha de levantamiento de puntos de afloramientos de cangahua u otro material en superficie

FICHA DE CAMPO DEL PROYECTO PLAN DE HABILITACIÓN DE CANGAHUAS EN EL ECUADOR
LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE OBSERVACIÓN DE AFLORAMIENTOS DE CANGAHUA U OTRO MATERIAL EN SUPERFICIE


 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

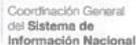

 Coordinación General del Sistema de Información Nacional

1. UBICACIÓN PROVINCIA: CANTÓN: PARROQUIA: SITIO:	1.1 LOCALIZACIÓN (UTM, WGS 84, ZONA 17S) COOR.X: COOR.Y: ALTITUD (m s.n.m.): CÓDIGO GPS:	2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN FECHA: AUTORES:	3. FOTOGRAFÍA: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUPERFICIE CANGAHUA AFLORANTE SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
5. AFLORAMIENTO ROCOSO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
6. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 7. PRESENCIA DE PENCO <input type="checkbox"/>			
8. OBSERVACIONES <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>			

Anexo IV
Informes de las mesas técnicas de las Direcciones Provinciales del
Ministerio de Agricultura y Ganadería

a. Informe de la mesa técnica de la provincia de Carchi

 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

 Coordinación General del Sistema de Información Nacional

Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales

PROYECTO DE REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE SUELOS CON CANGAHUA COMO MECANISMOS DE RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR

MESA TÉCNICA

OBJETIVOS:

- Revisar la cartografía preliminar de cangahuas realizada por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) por provincia para realizar ajustes pertinentes
- Aportar con conocimiento y experiencia al trabajo cartográfico a fin de minimizar el margen de error

PROVINCIA: CARCHI **FECHA: 07/07/2017**

OBSERVACIONES TÉCNICAS:

Se ha realizado la revisión de la cartografías de cangahuas en la Provincia del Carchi, por lo que hemos procedido a verificar las zonas prioritarias para constatar si hay cangahuas aflorantes o subaflorantes, las verificaciones se las realizó en campo en los puntos señalados en el mapa:

Sector de Canchaguano.- X=187106, Y= 10059474, Z= 2843 → W → Z 18N

En este sector se ha verificado que los suelos son negros andinos la cual tiene una capa arable de 60cm a un metro, luego encontramos suelo endurecido, no hay la presencia de suelos tipo cangahua.

Sector Cucher.- X=184661, Y= 10058599, Z= 2817 → W → Z 18N

En este sector se ha podido verificar que los suelos tienen suelos con cangahua subaflorante porque hay vegetación, y en algunos casos cultivos como pastos, cebada, papa.

Hato de Mira.- X=828820, Y= 10063578, Z= 2854 → W → Z 17S

Se ha realizado la verificación en el sector de Sta. Isabel, San Luis, LA Tola, Puchues, San Antonio, las Parcelas en las cuales se determinó que los suelos visitados encontramos suelos que tiene suelos con cangahua subaflorante.

La Portada.- X=828277, Y= 10058686, Z= 2236 → W → Z 17S

En este sector se ha podido verificar que los suelos tienen suelos cangahua subaflorante porque hay vegetación.

Las Parcelas.- X=831250, Y= 10061370, Z= 2470 → W → Z 17S

En este sector se ha podido verificar que los suelos tienen suelos cangahua subaflorante porque hay vegetación y se han identificado cultivos como cebada, luego de realizar.

NOMBRES DE LAS ZONAS O LUGARES QUE FALTAN INCLUIR EN LA CARTOGRAFÍA:

Las comunidades faltantes son El hato, Santa Isabel, San Luis, La Tola que tienen suelos subaflorantes.

REV WURM 2017-07-18

INTEGRANTES DE LA MESA TÉCNICA: TRABAJO Y REVISIONES D LA CARTOGRAFIA DE CANGAHUAS EN ALA PROVINIA DEL CARCHI

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CARGO	FIRMA
Willom Paspuel	MAG CARCHI	TECNICO	
Gabriela Sánchez	MAG CARCHI	Técnica	
Manibel Pantoja	MAG CARCHI	Responsable U. Agropesquera	

ANEXOS

CANCAHUANO



FOTOGRAFÍAS -CUCHER



CHIGUAL



HATO



LA PORTADA



LAS PARCELAS



b. Informe de la mesa técnica de la provincia de Chimborazo

PROYECTO DE REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE SUELOS CON CANGAHUA COMO MECANISMOS DE RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR

MESA TÉCNICA

OBJETIVOS:

- Revisar la cartografía preliminar de cangahuas realizada por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) por provincia para realizar ajustes pertinentes
- Aportar con conocimiento y experiencia al trabajo cartográfico a fin de minimizar el margen de error

PROVINCIA: CHIMBORAZO

FECHA: 16/06/2017

OBSERVACIONES TÉCNICAS:

SE CONFIRMA QUE EN LAS ZONAS UBICADAS EN EL CANTON GUAMOTE EXISTE LA PRESENCIA DE CANGAHUA AFLORANTE Y SUBAFLORANTE EN EL CANTON DE CHAMBO SE ENCUENTRAN ZONAS CON SUELOS ARCILLOSOS Y NO HAY CANGAHUA AFLORANTE

NOMBRES DE LAS ZONAS O LUGARES QUE FALTAN INCLUIR EN LA CARTOGRAFÍA:

INTEGRANTES DE LA MESA TÉCNICA:

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CARGO	FIRMA
Dilens Mullis	MAGAP	Inv. Campo.	[Firma]
María José Coello	MAGAP	Investigador de Campo	[Firma]
Darwin Morales	MAGAP	Técnico	[Firma]

c. Informe de la mesa técnica de la provincia de Cotopaxi

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA ACUACULTURA Y PESCA DIRECCIÓN PROVINCIAL AGROPECUARIA DE COTOPAXI

ACLARACIONES U OBSERVACIONES MESA TÉCNICA

Para el análisis de la cartografía de cangahua a escala 1:25 000 de la Provincia de Cotopaxi, me permito informar que se conforma con las siguientes personas:

Ing. Daniel Icaza.
Ing. Isabel Lema
Ing. Franklin Pilatasig

Donde, se obtiene las siguientes aclaraciones:

1. Se coordina con los técnicos parroquiales de la Estrategia hombro a Hombro realizar una visita y constatar la presencia de cangahua como también fotografiar este tipo de rocas.
2. Se realiza el análisis por cantón, existiendo lugares que ha intervenido la institución con maquinaria con el objetivo de triturar cangahua y recuperar suelos endurecidos, en el plano se encuentra detallado los lugares:

SECTORES ATENDIDOS CON MAQUINARIA

CANTON	PARROQUIA	LUGAR	ACTIVIDAD	AÑO	
LATACUNGA	IGNACIO FLORES	TOABILILI	ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS	2013	
PUJILÍ	LA MATRIZ DE PUJILÍ	SAN ISIDRO	ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS	2014	
SALCEDO	CUSUBAMBA	SUNFOLAIGUA	ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS	2015	
LATACUNGA	ELOY ALFARO	LA CALERA	ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS	2015	
LATACUNGA	BELISARIO QUEVEDO	19 BARRIOS	ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS	2016	

3. En el sector de Latacunga el área de cangahua que se señala en el plano está establecida la ciudad, no existiendo lotes para producción de cultivos, ya que se encuentra en zona urbana y periurbana.

4. En Latacunga parroquia Ignacio Flores y Juan Montalvo el sector oriental, presentan hasta 40% de pendiente, cuando hay una ruptura topográfica pronunciada se puede observar presencia de cangahua, en el suelo existe una delgada capa de arena.

5. Anexo coordenadas comprobadas de existencia de cangahua:

ANEXOS



FOTOGRAFÍA ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS

Sector Latacunga, Eloy Alfaro.

ANEXOS



FOTOGRAFÍA ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS

Sector Pujili, San Isidro.

ANEXOS



FOTOGRAFÍA ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS

Sector Salcedo, Cusubamba.

ANEXOS



FOTOGRAFÍA ROTURACIÓN Y ELABORACIÓN DE TERRAZAS

Sector Latacunga, Ignacio Flores, Toabilli.

ANEXOS



FOTOGRAFÍAS
Sector Latacunga, Once de Noviembre.

d. Informe de la mesa técnica de la provincia de Imbabura

PROYECTO DE REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE SUELOS CON CANGAHUA COMO MECANISMOS DE RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR

MESA TÉCNICA

OBJETIVOS:

- Revisar la cartografía preliminar de cangahuas realizada por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) por provincia para realizar ajustes pertinentes
- Aportar con conocimiento y experiencia al trabajo cartográfico a fin de minimizar el margen de error

PROVINCIA: Imbabura

FECHA: 15-Mayo-2017

OBSERVACIONES TÉCNICAS:

- Se observa que existen zonas con Cangagua aflorante y subaflorante en los cantones de Pimampiro, Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra, Urquij los que no están incluidos en el mapa.
 - Verificar las áreas cangahuosas levantadas por el Clisen de la provincia de Imbabura, detallado en su memoria técnica de Sep-2002
 - Solicitamos los términos de referencia de la consultoría para un mejor análisis.
 - Validar la información con el mapa que posee la Prefectura de Imbabura y en campo para un mejor análisis.
 - Se recomienda mantener una reunión de intercambio de conocimientos con la finalidad de que puedan utilizar la información que posee la provincia, ya que por su capacidad no puede ser enviada de forma digital. ->
- NOMBRES DE LAS ZONAS O LUGARES QUE FALTAN INCLUIR EN LA CARTOGRAFÍA:
- Pimampiro: Mariano Aosta, Sigüipamba, Chuga, parroquia Urbana.
 Ibarra: Cujara, uña de gato, Guambo, Todo el margen de río Mira, Pimán
 Urquij: Cahuaqui, Tumbabiro, partes de San Blas, partes de Buenos Aires, Yurac
 Cotacachi: Margen del río Ambi, de Cotacachi a Imantag
 Antonio Ante: Chaltura, Imbaya, Atuntaqui Sector bajo.

INTEGRANTES DE LA MESA TÉCNICA:

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CARGO	FIRMA
Patricio Donoso	Prefectura I	Administrador	
Mayra Quiñones	DPI-MAGAP	Administradora	
Geovanne Uiveza	DPI-MAGAP	Responsable U.	

Se observa que en el mapa se han destacado nuevas áreas de Cangahua.

Por los lugares que no están contemplados ya han sido intervenidos con el tractor roturador; por lo cual se puede certificar que son suelos de tipo Cangahua.

e. Informe de la mesa técnica de la provincia de Pichincha



Ministerio
de Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

Coordinación General
del Sistema de
Información Nacional

Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales

PROYECTO DE REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE SUELOS CON CANGAHUA COMO MECANISMOS DE RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR

MESA TÉCNICA

OBJETIVOS:

- Revisar la cartografía preliminar de cangahuas realizada por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) por provincia para realizar ajustes pertinentes
- Aportar con conocimiento y experiencia al trabajo cartográfico a fin de minimizar el margen de error

PROVINCIA: Pichincha **FECHA:** 2017/04/12

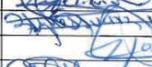
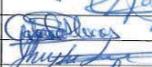
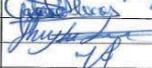
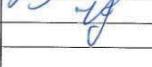
OBSERVACIONES TÉCNICAS:

* Se requiere un mapa más detallado con información de puntos de referencia para determinar mejor los tipos de cangahuas

* falta especificar cangahuas efímeras en parroquias como Camacallo, parroquia Ayora, parroquia Juan Montalvo, Mojanda.

NOMBRES DE LAS ZONAS O LUGARES QUE FALTAN INCLUIR EN LA CARTOGRAFÍA:

INTEGRANTES DE LA MESA TÉCNICA:

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CARGO	FIRMA
Silvia León	INAGAP-Cayambe	Técnica Campo	
Denys Suxi	"	"	
MICHEL YANEZ	"	"	
Gabriela Álvarez	INAGAP-TACACUNDO	Técnica Campo	
Sheyla Sánchez	Cayambe	Técnica Agrícola	
Vanessa Jimanillo	DIA Pichincha	Res.U. Agrícola	

f. Informe de la mesa técnica de la provincia de Tungurahua

PROYECTO DE REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE SUELOS CON CANGAHUA COMO MECANISMOS DE RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR

MESA TÉCNICA

OBJETIVOS:

- Revisar la cartografía preliminar de cangahuas realizada por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) por provincia para realizar ajustes pertinentes
- Aportar con conocimiento y experiencia al trabajo cartográfico a fin de minimizar el margen de error

PROVINCIA: *Tungurahua.*

FECHA: *21- Abril- 2017*

OBSERVACIONES TÉCNICAS:

- * Diferenciarlo pendiente existente en cangahuas aflorantes y subfloras.
- * Que actividad se desarrollará (conservación o recuperación).
- * Existe cangahuas entre Pasa y San Fernando (subido o Mogato), la cual no está representada en el mapa (seno de cultivar).

NOMBRES DE LAS ZONAS O LUGARES QUE FALTAN INCLUIR EN LA CARTOGRAFÍA:

En el canton Ambato, entre las parroquias de Pasa y San Fernando, en el sector de Mogato existe cangahua.

INTEGRANTES DE LA MESA TÉCNICA:

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CARGO	FIRMA
<i>Yolanda Quisintuña</i>	<i>MAEAP</i>	<i>Francisco Hombro-Hombro</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Cesar Arias</i>	<i>Responsable Innovación MAEAP</i>	<i>MAEAP</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Henny Sánchez</i>	<i>MAEAP</i>	<i>UFI</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Jorge Frutos</i>	<i>MAEAP</i>	<i>Hombro-Hombro</i>	<i>[Firma]</i>

FOTOS INTERVENCIÓN TRACTOR ROTURADOR DE CANGAHUA.

Parroquia: Augusto N Martínez
Comunidad: Calhua Chico Alto

17 M: 0763368
UTM: 9870433
ALTURA: 3430



Parroquia: Augusto N Martínez
Comunidad: Calhua Chico Alto

17 M: 0763834
UTM: 9871732
ALTURA: 3203



Parroquia: Augusto N Martínez
Comunidad: Calhua Grande

17 M: 0763502
UTM: 9874114
ALTURA: 3282



Parroquia: Augusto N Martínez
Comunidad: Calhua Grande

17 M: 0763838
UTM: 9871273
ALTURA: 3267



El Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN), tiene como objeto proveer información confiable, oportuna y estructurada al sector público como privado para la toma de decisiones que aporten a la consecución de un mayor bienestar para todos los actores del sector agroproductivo.

La Coordinación levanta, analiza y difunde información de variables estructurales (información geográfica) y sobre variables conyunturales.



Coordinación General del Sistema de Información Nacional
Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas
Telf.: + (593 2) 3960 100 • Ext 1130
<http://sinagap.agricultura.gob.ec/>

