

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO
CLIMÁTICO

LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

INFORME TÉCNICO
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS
VOLCÁNICOS ASOCIADOS A LOS FLUJOS
PIROCLÁSTICOS DE APAS Y NAVENCHAUC

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA
Liliana Guadalupe Nájera Matías

DIRECTOR
Dr. Miguel Ángel Alatorre Ibarguengoitia

Asesor
Dra. Andrea Venegas Sandoval
Dra. Silvia Guadalupe Ramos Hernández



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 2021



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Lugar: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS
Fecha: MAYO 21, 2021

C. **LILIANA GUADALUPE NÁJERA MATÍAS**

Pasante del Programa Educativo de: **LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS
VOLCÁNICOS ASOCIADOS A LOS FLUJOS PIROCLÁSTICOS DE APAS NAVENCHAUC.**

En la modalidad de: **INFORME TÉCNICO**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas:

DRA. SILVIA GUADALUPE RAMOS HERNÁNDEZ

DRA. ANDREA VENEGAS SANDOVAL

DR. MIGUEL ÁNGEL ALATORRE IBARGÜENGOITIA

INSTITUTO DE INVESTIGACION
EN GESTIÓN DE RIESGOS
Y CAMBIO CLIMÁTICO



LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTOS

El camino de cada persona está dado por una serie de circunstancias que hemos elegido. Cada paso es diferente podemos escoger ir solos o con compañía, por lo que las personas que contribuyeron para que este trabajo se hiciera son aquellas que confiaron en mí y no dejaron que cayera ante las adversidades que se presentaron.

Dr. Miguel Ángel Alatorre Ibarquingoitia quien fue mi Director y tutor, gracias por los conocimientos que me brindó durante toda la carrera, al igual que la paciencia, correcciones comentarios y orientación que tuvo de inicio a fin en este trabajo, sus consejos siempre estuvieron ahí cuando no lograba alinear mis ideas, aunque se presentaron diversas dificultades siempre me motivo a seguir adelante.

A la Dra. Andrea Venegas Sandoval, le agradezco de corazón, por los comentarios y correcciones que me impulsara a fijarme en el servicio comunitario para que este trabajo abarcara el lado social de las comunidades quienes son pieza fundamental para un mejor cuidado del ambiente.

Gracias a la Dra. Silvia Guadalupe Ramos Hernández, por sembrarme la semilla del cuidado del suelo, por los comentarios y correcciones que hicieron que este trabajo fuese más completo.

Familia es la unidad que me hace fuerte ante las adversidades por eso les quiero agradecer a mis padres por el amor, cariño, y apoyo incondicional que me dieron en los días buenos y malos a lo largo de estos años, lograron que nunca me rindiera y que siga mis objetivos, han sido mis mejores guías de vida.

Soichiro Honda dijo *“No se mide la grandeza de un hombre por su tamaño físico, sino por sus actos, por el impacto que produce en la historia humana”*. Esa persona que ha producido ese mecanismo que me inspira, motiva, transmite y transforma a dar lo mejor de mí, es mi hermano Juan de Dios por lo que quiero agradecerle, que aunque estaba lejos siempre me animo y me apoyo.

También quiero agradecer a todas estas personas que han pasado en mi camino y me han alentado a ser mejor persona, las cuales contribuyeron de una u otra manera en este trabajo. Ellos saben quiénes son.

DEDICATORIAS

Un sueño nace de lo más profundo de nuestros corazones, cuando este llega a cumplirse, es un cumulo de emociones, te das cuenta por todo lo que has pasado y aun así estas ahí.

Primero que nada se lo quiero dedicar a Dios quien me dio la fuerza para seguir adelante y poder terminar esta etapa de mi vida.

Este trabajo se lo dedico a mi familia que ha sido ese pilar invencible, quienes me han acompañado en el proceso de la elaboración de este trabajo, aportando comprensión y amor en los tiempos de ausencia y brindándome paz en los momentos que he necesitado.

“Los obstáculos no te tienen que detener. Si te encuentras con un muro, no te des la vuelta y te rindas. Averigua cómo escalarlo, atraviésalo o rodéalo”. Michael Jordan

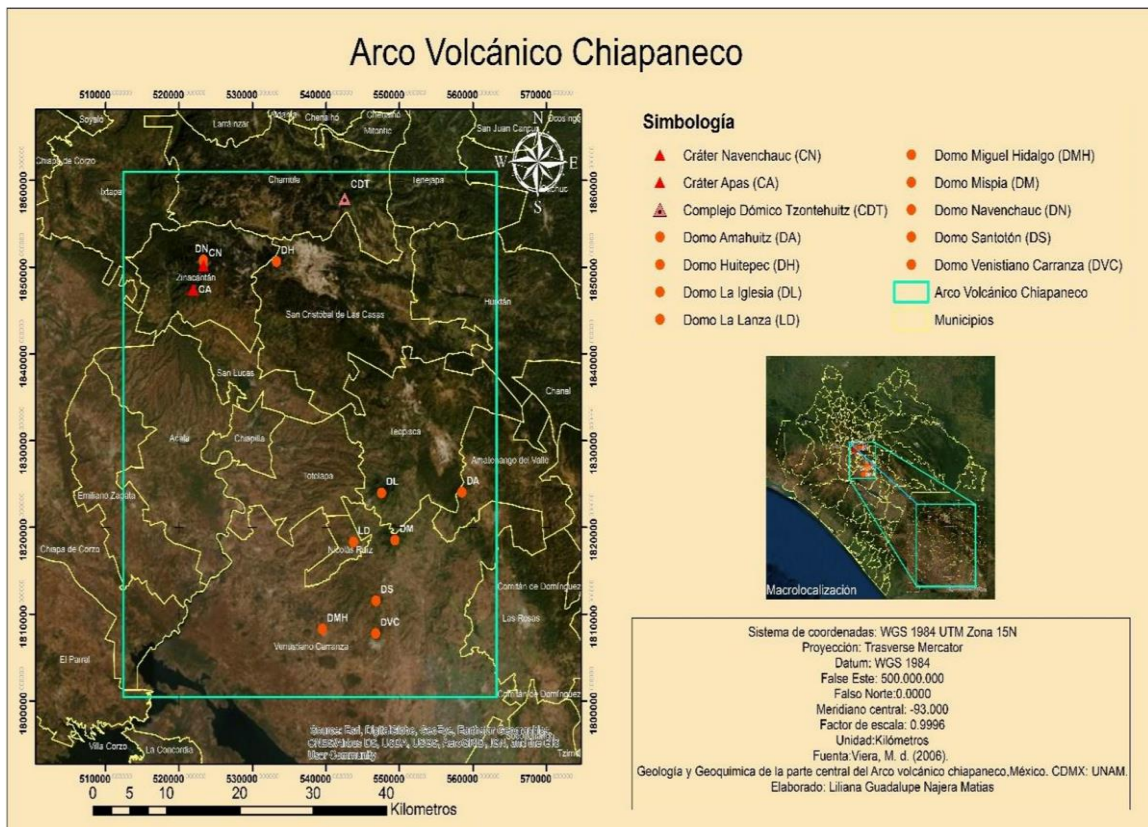
INDICE

1. Introducción.	6
2. Marco Teórico.	8
2.1 Tipos de erupciones.	8
2.2 Domos volcánicos.	14
2.3 Productos volcánicos.	17
2.4 Tipo de rocas volcánicas.	20
2.5 Suelos volcánicos.	23
3. Objetivos.	24
4. Desarrollo del tema.	25
4.1 Planteamiento del problema.	25
4.2 Justificación	26
4.3 Antecedentes	27
4.4 Descripción del área de estudio.	29
4.4.1 Ubicación.	29
4.4.2 Características biofísicas.	31
4.4.3 Características demográficas.	35
4.4.4 Características económicas.	36
5. Metodología.	37
6. Presentación y análisis de los resultados	42
7. Resultados obtenidos	62
8. Anexos, gráficas y apéndice.	64
8.1 Apéndice A: Formato de información de campo.	64
8.2 Apéndice B: Manual de llenado de formato.	66
8.3 Apéndice C: Formato intervenciones comunitarias	75
9. Referencias bibliográficas.	76

1. INTRODUCCIÓN.

Diversas comunidades viven cerca de un volcán debido a sus suelos fértiles, disponibilidad de agua, la belleza de los paisajes volcánicos, entre otros aspectos, por lo que el suelo es un factor para el desarrollo de estas comunidades. En este sentido, el ambiente influye en la cultura que se ha desarrollado con el paso del tiempo; asimismo las prácticas y costumbres de la comunidad están determinadas por el contexto social, económico y ambiental.

Al hablar de volcanes, por lo general se analizan los que han tenido una actividad reciente o aquellos que produjeron un daño considerable para la sociedad. Sin embargo, los volcanes inactivos también son importantes porque han influido en las condiciones geológicas, ambientales y edafológicas que existen en la actualidad. En el estado de Chiapas se encuentra el Arco Volcánico Chiapaneco (AVC), el cual cubre un área aproximada de 4900km² y se compone de al menos 12 estructuras volcánicas en su mayoría inactivas, que corresponden a dos cráteres (Apas y Navenchauc) y 10 domos volcánicos (Viera, 2006) (Mapa 1.1).



Mapa 1.1 .Arco Volcánico Chiapaneco (AVC)

La zona en estudio de este trabajo se encuentra dentro del AVC, en el municipio de Zinacantán (en el estado de Chiapas) a una altura de 2270msnm. Dentro de esta zona sobresalen el domo y cráter de Navenchauc, el cual cuenta con un diámetro aproximado de 1.34km y paredes internas de 150 m y cuenta con una comunidad dentro del cráter, así como el cráter Apas (Viera, 2006).

La última actividad volcánica de la zona de Navenchauc fue hace aproximadamente 369,000 años, mientras que la de Apas fue hace aproximadamente 447,000 años, lo que proporcionó condiciones favorables para que en la actualidad se encuentren con una dinámica social consolidada (Mora et al., 2012). Para crear este ambiente tuvo que haber una erupción o erupciones que generaron su topografía particular y el suelo fértil que poseen actualmente.

Es por ello que en este proyecto se pretende generar una propuesta metodológica para estudiar la influencia de la erupción y de los productos asociados a los cráteres de Navenchauc y Apas en la formación del suelo y cómo este ha propiciado las condiciones favorables para el crecimiento de la población, esto ayuda a poder entender de mejor manera la aplicación de la propuesta antes mencionada, al igual que nos da un panorama de los rastros que se pueden encontrar en una zona volcánica inactiva (Ilustración 1.1).



Ilustración 1.1 Localidad de Navenchauc “fotografía tomada desde el Suroeste del cráter viendo hacia el norte “autoría propia.

2. MARCO TEÓRICO.

Un volcán es un punto de la superficie terrestre por donde sale al exterior el material fundido (magma) generado en el interior de la Tierra y, ocasionalmente, material no magmático. En general estos materiales se acumulan alrededor del centro emisor, dando lugar a relieves positivos con morfologías diversas, aunque también pueden resultar en relieves negativos debido a los procesos eruptivos. Según esta definición, un volcán no representa únicamente una morfología (en forma de montaña), sino que es el resultado de un complejo proceso que incluye la formación, ascenso, evolución, emisión del magma y depósito de estos materiales (Llinares, 2004).

Los volcanes se forman cuando el material caliente del interior de la Tierra asciende y es emitido sobre la corteza. Este material fundido (magma) de la corteza se produce en zonas de subducción, divergencia de placas, o puede provenir de mucho más adentro de un planeta, en zonas denominadas puntos calientes o hotspots (Lippert, 2011).

El magma se forma en el interior de la Tierra debido al aumento de la temperatura, la disminución de presión, o la presencia de volátiles (agua) que disminuyen el punto de fusión de las rocas. El magma es roca fundida que suele contener materiales sólidos y un cierto contenido en gases. En su camino a la superficie, el magma, suele acumularse en una especie de depósito llamado cámara magmática. Si esta cámara se encuentra llena, los nuevos aportes de magma desencadenarán una erupción ya que se incrementa la presión en la cámara magmática y sus paredes se dilatan y fracturan, mientras los gases escapan y arrastran el resto del magma (Lippert, 2011).

2.1. TIPOS DE ERUPCIONES.

Los volcanes pueden ser muy diferentes entre sí, debido a que tienen características diferentes como forma, tamaño y tipo de erupción (Hawaiana, Estromboliana, Vulcaniana, Peleana y Plineana).

Las erupciones hawaianas toman esa designación a partir de las características eruptivas de los volcanes de Hawái. Las erupciones hawaianas son erupciones tranquilas, poco explosivas, con producción continua de magma en pequeños volúmenes (Sieron, 2013). Se caracterizan por ser erupciones efusivas de lavas basálticas muy fluidas con muy poco contenido de gas. Este tipo de erupciones no necesariamente se centraliza en un solo cráter (como en la mayoría de otros tipos de volcanes) sino que pueden ocurrir en cráteres alrededor de la cima y de fisuras (Ilustración 2.1.1).

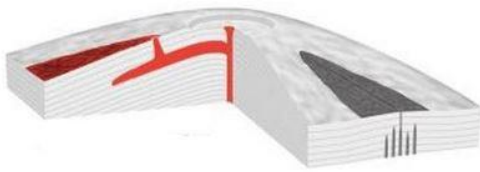


Ilustración 2.1.1 Erupción Hawaiana. Erupción del volcán Kilauea (Hawái) (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA, S.F).

Las erupciones Estrombolianas reciben su nombre del volcán Estromboli, islas Lipari (mar Tirreno), al Norte de Sicilia (Italia). Se caracterizan por ser erupciones explosivas de corta duración, en las cuales interviene lava con una viscosidad intermedia, la cual es muchas veces arrojada al aire (Ilustración 2.1.2).

En el interior de conducto, las burbujas se acumulan para formar burbujas grandes, que se elevan dentro de la columna de lava y al llegar a la superficie estallan violentamente arrojando magma hasta cientos de metros de altura (Sieron, 2013). Por la alta presión de gas, las erupciones de este tipo son explosivas y episódicas (minutos a horas). No obstante, éstas no generan mucho daño, por lo que pertenecen a las erupciones menos peligrosas. Los

fragmentos (bombas¹ y lapilli²) se arrojan al aire y caen en trayectorias parabólicas alrededor del cráter para formar un cono a través del tiempo.



Ilustración 2.1.2 Erupción Estromboliana. Erupción del volcán Estrómboli (Italia). 9-oct-2006., (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA, S.F).

Las erupciones Vulcanianas son llamadas así en referencia al volcán “Vulcano”, en Italia. Este tipo de erupciones son explosivas con columnas de 5-10 km (Sieron, 2013). Una señal del comienzo de una actividad vulcaniana es la creación de un domo de lava. El magma es altamente viscoso y difícilmente se desgasifica, por lo que se acumula a presión hasta arrojar el tapón resultando en una erupción explosiva. Su actividad consiste principalmente en explosiones de corta duración (minutos a horas) que emiten bombas y bloques que formaban parte del domo. Después de las erupciones vulcanianas, se pueden repetir procesos de formación y destrucción de estos domos. Los depósitos cerca del cráter se componen de grandes bloques y bombas volcánicas, y cenizas finas (Ilustración 2.1.3). Los fragmentos arrojados no son aerodinámicos como los de erupciones estrombolianas, ya que son más viscosos y contienen más material lítico (remanentes de antiguas erupciones).

¹ Fragmento de roca, en estado líquido o semi- líquido que se expulsa de la boca de emisión durante una erupción y en su trayectoria balística, por su condición plástica, obtiene la forma de huso. Puede tener varios cm de diámetro.

² Pequeños, redondeados fragmentos de rocas que pueden medir hasta 5cm y que son expulsados en un estado líquido o sólido durante una erupción.

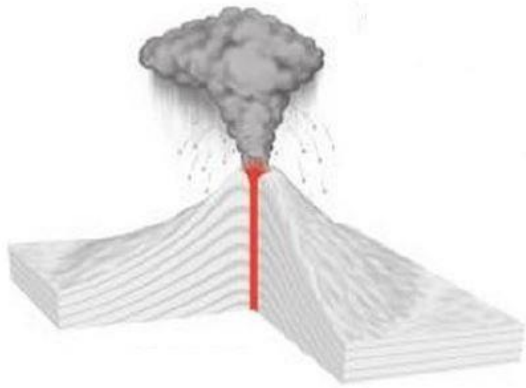


Ilustración 2.1.3 Erupción Vulcaniana. Erupción del volcán de Fuego (Guatemala) (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA, S.F)

Las erupciones Peleanas son denominadas así por la erupción de 1902 del Monte Pelée, en la Martinica, la cual mató a más de 30,000 personas. Este tipo de erupciones crea flujos piroclásticos enormes, arrojando gran cantidad de gas, ceniza y fragmentos de lava por el cráter del volcán, generados por el colapso de domo de lava con composición entre andesita a riolita (Ilustración 2.1.4).

Antes del evento, un domo de lava crece, se desestabiliza y genera flujos piroclásticos (block-and-ash-flow) que se mueven a más de 150 km/hr por los flancos del volcán. Son similares a las erupciones vulcanianas, pero la presión se acumula más y se libera durante una sola gran erupción en vez de varias (Sieron, 2013).

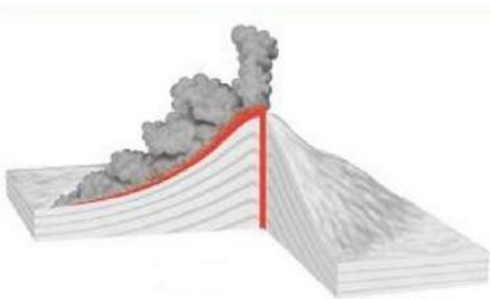


Ilustración 2.1.4 Erupción Peleana. Erupción peleana del volcán Sinabung-Sumatra- (Indonesia). 4-enero-2014, (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA, S.F)

Las erupciones Plinianas, (o vesubianas) son llamadas así por la erupción del Monte Vesubio (79 d. C.) descrita por Plinio el Joven. El proceso inicia en la cámara magmática donde el magma vesicular ascienden a través del conducto y cuando se alcanza alrededor de un 75% del volumen de porosidad, explotan (Ilustración 2.1.5).

La explosión lleva gas y magma a la superficie en una columna eruptiva. Estas columnas altas son una característica típica de erupciones plinianas (20-45 km), ya que alcanza la estratósfera (Sieron, 2013).

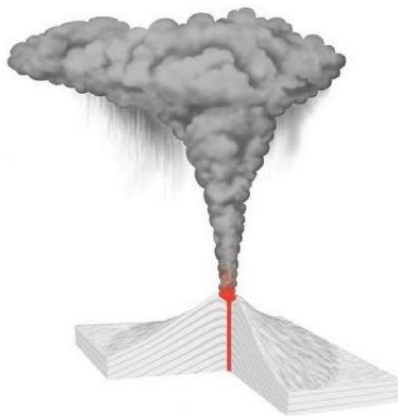


Ilustración 2.1.5 Erupción Pliniana. Erupción del volcán Pinatubo (Filipinas) 1991, (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA, S.F)

Las erupciones plinianas son explosivas -como las vulcanianas y las estrombolianas-, sin embargo, éstas crean una erupción con columna sostenida. Los magmas son ricos en volátiles y generalmente de composición dacítica³ y riolítica⁴. Las regiones afectadas por este tipo de erupciones sufren de caída de pómez y de ceniza que puede cubrir áreas vastas.

Las erupciones antes mencionadas son las más conocidas, pero se tienen también erupciones que tienen influencia con agua externa. A este tipo de erupciones se le conoce como freáticas y freatomagmáticas.

³ La dacita es una roca volcánica que contiene cuarzo. se relacionan principalmente con domos volcánicos y flujos de lava muy cercanos a los edificios volcánicos. Por lo que se presentan masivos y formando estructuras de enfriamiento y columnares.

⁴ La riolita incluye las rocas volcánicas ricas en sílice, con una composición química equivalente a los granitos.

Las erupciones freáticas ocurren cuando el magma se pone en contacto con agua subterránea o superficial, provocando una expansión de gas (vapor), agua, ceniza y fragmentos de roca (Ilustración 2.1.6). La característica distintiva de este tipo de erupciones es que solo expulsan fragmentos de rocas pre-existentes del conducto volcánico y en su caso del domo anterior, pero sin emisión de material magmático. En ocasiones, la actividad freática puede ser un precursor de erupciones, ya que debilitan la roca. Este tipo de eventos también pueden ser disparados por la actividad sísmica y pueden generar oleadas piroclásticas⁵, lahares⁶, avalanchas, lluvia de bloques volcánicos, y liberar gases tóxicos (Sieron, 2013).

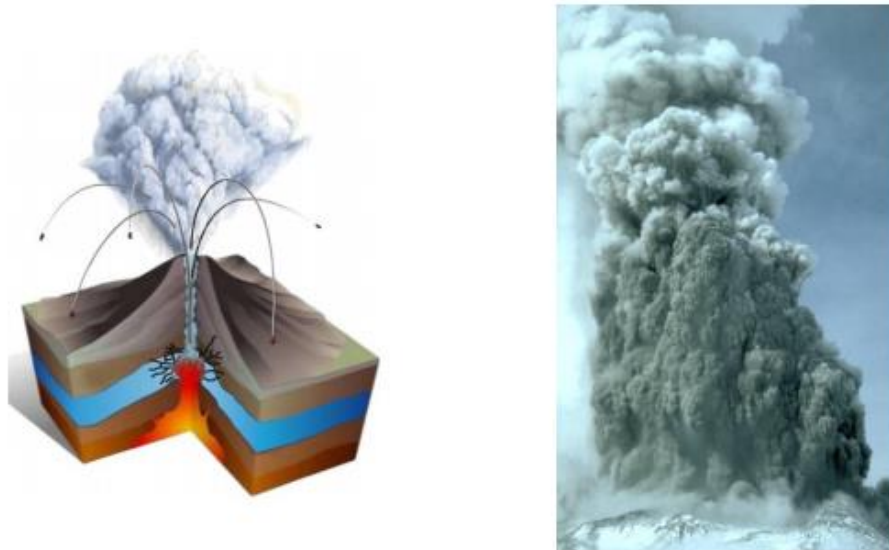


Ilustración 2.1.6 Erupción freática. Erupción freática del Mt. St. Helens (EEUU), 1980 (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA,S.F).

Las erupciones freatomagmáticas o hidrovulcánicas también son generadas por la interacción de magma y agua de un acuífero. Sin embargo, a diferencia de las freáticas, las freatomagmáticas si emiten material juvenil, es decir, fragmentos de magma (Molist, 2011).

⁵ Las oleadas piroclásticas son flujos de materiales volcánicos, muy fragmentados, a alta temperatura (más de 500°C) y se mueven a gran velocidad (150m/s)

⁶ Un lahar es una avalancha de materiales volcánicos, mayoritariamente cenizas, movilizada por el agua. El agua suele ser la fusión de un glaciar por el calor de la erupción, el desbordamiento de un lago por la caída de material, o grandes lluvias.

Las erupciones freatomagmáticas surtseyanas son causadas por la interacción entre agua a baja profundidad y el magma que asciende (ejemplo más famoso es la isla Surtsey cerca de Islandia, 1963) (Ilustración 2.1.7). Estas erupciones son el equivalente “húmedo” de las erupciones estrombolianas; sin embargo, son mucho más explosivas. El agua se expande violentamente y fragmenta el magma formando ceniza fina. Estas erupciones son típicas de islas volcánicas en aguas someras (pero igual pueden ocurrir en tierra, cuando la erupción ocurre debajo de cuerpos de agua someros). Una característica distintiva es la formación de oleadas piroclásticas (una nube que se crea junto con la columna eruptiva). Estas oleadas que se mueven de manera radial (anillos como en explosiones atómicas) crean depósitos de dunas (Sieron, 2013).

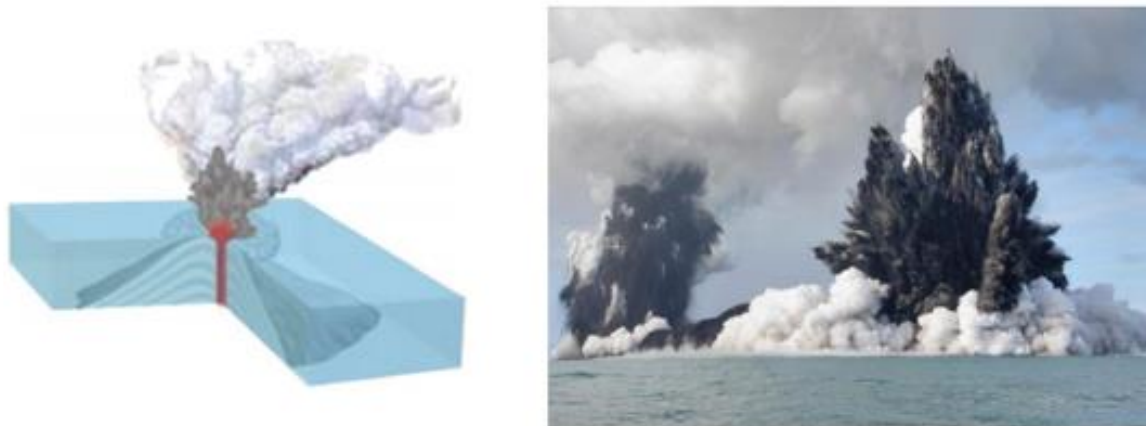


Ilustración 2.7 Erupción surtseyana. Erupción de volcán submarino en Tonga (Oceanía), 2009 (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA,S.F).

2.2. DOMOS VOLCÁNICOS.

En ocasiones, las lavas más viscosas no fluyen fácilmente, sino que crecen como domos. Un domo de lava es un montículo que se forma cuando las pilas de lava se amontonan sobre el respiradero de un volcán, en lugar de alejarse del mismo. Dado que la viscosidad de la lava emitida en este tipo de volcanes es muy alta, su movimiento es lento, por lo que no existe posibilidad de que el flujo de lava se produzca, generándose una cúpula o domo de lava. La mayoría de las veces los lados de un domo serán empinados y se componen, generalmente,

de lava rica en sílice, de composición intermedia a félsica incluyendo riolitas, dacitas, andesitas y traquitas (Toselli, 2010). En algunos casos, los domos pueden contener gas a presión, lo que puede provocar explosiones. Los domos de lava pueden ser descritos como una pequeña masa bulbosa de lava, a medida que la lava se enfría, se endurece, y le da a la estructura su forma de domo (Pérez, 2012).

El término “domo” no es sólo usado para describir los cuerpos de lava que han crecido por adición de magma ascendente, los cuales se denominan “domos endógenos” (Ilustración 2.2.1), tales como el de Monte Pelée. Otros se apilan después de la emisión desde la salida y se conocen con el nombre de “domos exógenos” (Ilustración 2.2.2). Los domos de lava más conocidos son normalmente domos exógenos, como los del área volcánica de La Carolina (San Luis), entre los que se destaca el Cerro La Silla. Además de la extrusión sobre el cráter, el magma viscoso puede crecer, por debajo de la superficie como domos o lacolitos.⁷



Ilustración 2.2.1 Domo Endógeno. Domo. Colima, 2002, (Elena González Cárdenas, s.f)

El tamaño y la forma de un domo de lava pueden cambiar de un volcán a otro. Sin embargo, se puede esperar que sean gruesos y empinadas. El espesor del domo de lava puede variar desde un kilómetro de altura a sólo unos metros. La longitud del diámetro también puede variar mucho, desde varios kilómetros a unos pocos metros. La forma del domo también puede ser muy diferente entre los distintos volcanes, aunque algunas de las formas más

⁷ Estos cuerpos intrusivos se forman cuando el contraste de viscosidades entre el magma y la roca es alto, de tal manera que el emplazamiento que provoca una deformación (arqueamiento o doming), que es empujado verticalmente si la superficie libre.

comunes son circular, plana rematada, espinosa, en forma de pistón, e incluso una combinación de ellas. La forma del domo depende de diferentes factores, incluyendo la viscosidad de la lava, su tasa de emisión y la pendiente de la zona que lo rodea. Un domo de lava puede adoptar varias formas diferentes, la primera de las cuales es el tipo de Torta. La razón para su nombre es la similitud que tiene con la forma de una torta o pastel. Este es un tipo muy común de formación, pero ocurre con más frecuencia en América del Sur, cerca de la cordillera de los Andes. El tipo Peleano de domo de lava es, probablemente, la más pronunciada de todos los domos. Típicamente son similares a las tortas, con la diferencia de que tienen superficies superiores lisas. También tienen espinas verticales y pueden colapsar (Pérez, 2012).



Ilustración 2.2.2 Domos Exógenos. Domo volcánico erosionado La Silla (6 Ma), Sierra de San Luis. Se aprecia el flujo de una lava muy viscosa, (Toselli, 2010).

Los Coulees están en algún lugar de la clasificación entre un domo de lava y un flujo de lava. Este tipo de domo generalmente se produce en el lado de una pendiente, y por eso se puede desplazar una cierta distancia. Es raro que este tipo de domo sea grande, aunque hay algunos ejemplos de más de 10 kilómetros. Finalmente, se encuentran los llamados Plugs (Tapones) afectados, un tipo muy interesante y muy raro de domo. La lava que hace erupción tiende a ser más fuerte que la de otros domos debido a que la lava se empuja hacia arriba, casi como un pistón. Estas extrusiones pueden ser muy altas en comparación con la superficie (Pérez, 2012).

2.3. PRODUCTOS VOLCÁNICOS.

Los volcanes no solo se caracterizan por su forma y tipo de erupción, también existe una clasificación en función del tipo de productos que emite un volcán desde su interior al entrar en erupción. Estos materiales se clasifican en tres grupos: gaseosos, líquidos o lavas y sólidos.

Productos gaseosos

Estos componentes gaseosos, denominados volátiles, son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂) y el dióxido de azufre (SO₂), son los gases más comunes hallados en el magma, estando confinados por la inmensa presión ejercida por las rocas suprayacentes⁸. Los volátiles continúan formando parte del magma hasta que éste se acerca a la superficie (ambiente de baja presión) o hasta que la masa de magma cristaliza, momento en el que cualquiera de los volátiles restantes migra libremente (Tarbuck, 2005).

La mayoría de los gases que se emiten durante una erupción volcánica, presentan diferentes riesgos. El dióxido de carbono no es un gas tóxico, pero debido a que es más pesado que el aire y no cuenta con olor ni color puede asfixiar personas y animales cuando se inhala en grandes cantidades, también tenemos los gases como el dióxido de azufre⁹ y ácido sulfhídrico¹⁰ que tienen un fuerte olor y ambos irritan fuertemente y dañan ojos, nariz, garganta y pulmones, por los que es más fácil el reconocimiento de estos gases a comparación del dióxido de carbono (Sieron, 2013).

Productos líquidos.

La roca fundida al interior de la Tierra se llama magma, cual se encuentra por debajo de la superficie y contiene gases disueltos; cuando este magma sale a la superficie se le llama lava, la cual generalmente ya se ha liberado de la mayoría de los gases. Dependiendo de las condiciones, la lava puede emitirse en diferentes formas, en función primordialmente de su viscosidad.

⁸ Suprayacente: Que se ubica por arriba de algo en especial.

⁹ El olor del dióxido de azufre, se caracteriza por oler como a vinagre.

¹⁰ El olor del ácido sulfhídrico se caracteriza por oler como a huevo podrido.

Lava pahoehoe (lava cordada) es lava basáltica poco viscosa que se muestra como flujo pendiente abajo. En su superficie se forma una capa de vidrio.

Lava AA es una lava más viscosa que se enfría, formando fragmentos y bloques irregulares y ásperos. Muchas veces se habla de “terrenos pedregoso” refiriéndose a las superficies irregulares de estos flujos, sobre los cuales es complicado caminar (Sieron, 2013).

Lava almohadilla es una lava de composición basáltica, caracterizadas por su perfil redondos o elípticos, semejantes a almohadas. Se forman cuando lava se enfría rápidamente bajo el agua (vulcanismo submarino y cuando lava entra a un cuerpo acuático) (Sieron, 2013).

Productos sólidos o piroclásticos

Los piroclásticos son fragmentos que se forman durante la actividad volcánica explosiva por procesos de fragmentación o cristalización directa de material líquido o sólido. El material piroclásticos se expulsa hacia el aire y al caer de vuelta a la superficie se va enfriando. Según la IUGS-International Union of Geological Sciences, este material se clasifica según su tamaño en: “bloques” y “bombas”, que son clastos más grandes (>64mm), “lapilli” que comprenden tamaños entre 2 y 64mm y ceniza (el material más fino <2mm).

La diferencia entre bloques y bombas es su formación, ya que la forma exterior y la superficie de las bombas indican que este tipo de piroclasto estaba líquido durante su formación y transporte, mientras que la forma más angular del bloque sugiere que ya estaba en estado sólido cuando se formó. Bombas y bloques son expulsados por un volcán de manera balística y pueden tener un tamaño de hasta varios metros en diámetro (Sieron, 2013).

Los lapilli son piroclastos de 2 a 64mm. Cuando los lapilli son de composición basáltica (poco SiO₂) pueden enfriarse muy rápidamente estando en el aire, formando así lapilli en forma de gota (Lágrimas de Pelée) y cuando son estirados por viento fuerte se convierten en filamentos muy largos y finos (Cabello de Pelée). En erupciones basálticas (Hawaianas) no explosivas, también se forman “salpicaduras” que son fragmentos de lava que se apilan y sueldan al caer todavía en estado líquido (se puede formar pequeños conos de salpicadura).

La “pómez” o pumita son piroclásticos de cualquier tamaño, que tienen composición ácida (mayor contenido de sílice), colores claros y abundantes vesículas. Estas vesículas, cavidades de burbuja, abundantes provocan que la pómez sea tan ligera que flota en el agua.

Como ceniza se denominan los piroclásticos más pequeños (<2mm) que, junto con bombas y lapilli, se forman durante erupciones explosivas. Las cenizas se componen de fragmentos de lava y vidrios, roca volcánica pulverizada y/o de cristales.

Los sedimentos piroclásticos que son transportados a la atmósfera y después caen como si fuera lluvia, también se denominan “tefra”. Una vez que la tefra se consolida, se habla de “rocas piroclásticas”. Cuando se solidifica la ceniza volcánica se denomina “toba”, pero en la literatura el término puede emplearse de manera muy amplia (toba puede incluir también piroclastos más grandes como lapilli) (Sieron, 2013).

2.4. TIPO DE ROCAS VOLCÁNICAS.

Las rocas son fundamentales para la estructura de la Tierra, son la mayor parte de la corteza terrestre, con la excepción del núcleo exterior líquido, siendo la parte restante del planeta una enorme roca ígnea, cubierta por una delgada capa de roca sedimentaria¹¹.

Según el Servicio Geológico Mexicano, las rocas ígneas (del latín ignis, fuego) también nombradas magmáticas, son todas aquellas que se han formado por solidificación de un material rocoso, caliente y móvil denominado magma; este proceso, llamado cristalización, resulta del enfriamiento de los minerales y del entrelazamiento de sus partículas. Este tipo de rocas también son formadas por la acumulación y consolidación de lava, palabra que se utiliza para un magma que se enfría en la superficie al ser expulsado por los volcanes.

¹¹ Rocas sedimentarias: (del latín sedimentum, asentamiento) se forman por la precipitación y acumulación de materia mineral de una solución o por la compactación de restos vegetales y/o animales que se consolidan en rocas duras (Servicio Geológico Mexicano, 2017b).

Las rocas ígneas o magmáticas se dividen en dos grupos: rocas intrusivas o plutónicas y rocas extrusivas o volcánicas, lo que las diferencia es el proceso de formación, debido a su cristalización, tiempo de enfriamiento, tamaño de grano, la textura, estructura y el contenido mineral o la composición química.

Las rocas intrusivas o plutónicas son el resultado de la cristalización en altas profundidades desde 2 hasta 15 km. El proceso de enfriamiento del magma bajo la superficie es lento, esto permite que los cristales sean de gran tamaño, pueden ser observados a simple vista. Estas masas son menos densas que el material sólido que los rodea por lo que tiende a ser fácil su ascenso a la superficie, si el material que los rodea es suficientemente dócil.

Las rocas extrusivas o volcánicas son el resultado del enfriamiento de la lava sobre la superficie. A diferencia de las rocas intrusivas, estas no están sometidas a un proceso de cristalización total, sino que este proceso es interrumpido al llegar a las capas más frías de la corteza, lo que provoca que forme un pasta, la cual se forma por el enfriamiento brusco, desarrollando pequeños cristales no apreciables a simple vista, teniendo como resultado rocas de grano fino y rocas piroclásticas (Tarbuck, 2005).

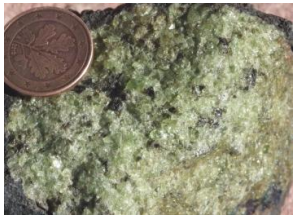

Todas estas rocas están compuestas por minerales, pero cada uno de ellos se forma con condiciones diversas. Según Tarbuck, (2005) dice que durante el proceso de cristalización, la composición de la porción líquida del magma cambia continuamente. Bowen demostró también que si los componentes sólidos de un magma permanecen en contacto con el fundido restante, reaccionarán químicamente y evolucionarán al siguiente mineral.

Es por ello que la serie de Bowen (ilustración 2.4.1) es un modelo de cristalización con condiciones perfectas que se aproxima a lo que ocurre en la naturaleza, describe la secuencia de cristalización de los minerales a partir del magma.



Ilustración 2.4.1 La serie de reacciones de Bowen, muestra la cristalización con los minerales a partir de un magma (Tarbuck, 2005).

Con la serie de Bowen podemos entender porque cada roca intrusiva o extrusiva cuenta con los diferentes materiales y como la temperatura tiene una gran influencia en su formación afectando el porcentaje de sílice (S_1O_2) contiene cada roca haciéndolas más ultramáficas (menor contenido de S_1O_2) o más félsicas (mayor contenido de S_1O_2) (Tabla 2.4.1).

ROCAS INTRUSIVAS O PLUTÓNICAS	
<p>PERIODOTITA</p>  <p>Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (2014, 23 agosto).</p>	<p>Composición química ($\%S_1O_2$): Ultramáficas (ultrabásicas) < 45%. Minerales principales: Olivino (Más del 40%), en menores cantidades plagioclasa, anfíbol o biotita. Color: Tiende a tener un color verde, por la cantidad de olivino.</p>
<p>GABRO</p>  <p>Maldonado, Y. (2020b, agosto 10)</p>	<p>Composición química ($\%S_1O_2$): Máfica (Básica), 45% al 57%. Minerales principales: Plagioclasa ricas en calcio, piroxenos, anfíboles y olivino. Color: Tiene una gama de oscuras a verdosas.</p>




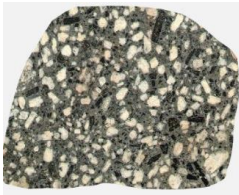

<p style="text-align: center;">DIORITA</p>  <p style="text-align: center;">Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (2014a, agosto 23)</p>	<p>Composición química (%S₁O₂): Intermedias 57% al 63%.</p> <p>Minerales principales: Plagioclasa sódica, hornblenda y biotita, en menores cantidades cuarzo y piroxeno.</p> <p>Color: suelen ser oscuras y los cristales grandes hacen parecer una especie de cebra.</p>
<p style="text-align: center;">GRANITO</p>  <p style="text-align: center;">Maldonado, Y. (2020e, octubre 10)</p>	<p>Composición química (%S₁O₂): Félsicas (ácidas) > 65%.</p> <p>Minerales principales: Cuarzo y el feldespato. Otros minerales comunes son micas, óxidos de hierro-titanio, circón o esfena.</p> <p>Color: Suelen ser de color claro, con cristales grandes.</p>
ROCAS EXTRUSIVAS O VOLCÁNICAS	
<p style="text-align: center;">KOMATITA</p> <p style="text-align: center;">Difícil de encontrar.</p>	<p>Composición química (%S₁O₂): Ultramáficas (ultrabásicas) < 45%.</p> <p>Minerales principales: formada a partir de magma extremadamente caliente, fluida y rica en óxido de magnesio (MgO).</p> <p>Las rocas con más del 30% de MgO son acumulados de olivino.</p>
<p style="text-align: center;">BASALTO</p>  <p style="text-align: center;">Maldonado, Y. (2020a, agosto 5).</p>	<p>Composición química (%S₁O₂): Máfica (Básica), 45% al 57% y generalmente es rico en hierro y magnesio.</p> <p>Minerales principales: plagioclasas ricas en calcio, anfíboles, piroxenos y olivino.</p> <p>Color: Gris oscuro o negro verdoso.</p>
<p style="text-align: center;">ANDESITA</p>  <p style="text-align: center;">Maldonado, Y. (2021, 22 mayo)</p>	<p>Composición química (%S₁O₂): Intermedias 57% al 63%.</p> <p>Minerales principales: principalmente anfíbol, piroxeno y biotita, el otro mineral dominante es la plagioclasa.</p> <p>Color: Tiende a tener color oscuro claro.</p>
<p style="text-align: center;">RIOLITA</p>  <p style="text-align: center;">Rocas y Minerales. (2018, 11 junio).</p>	<p>Composición química (%S₁O₂): Félsicas (ácidas) > 65%</p> <p>Minerales principales: Fenocristales de cuarzo (mayor al 20%) y feldespato alcalino (mayor al 30%), en menores cantidades de plagioclasa y biotita.</p> <p>Color: Grises blanquecinos, a levemente rosados por el contenido de feldespato potásico.</p>

Tabla 2.4.1 Rocas intrusivas y extrusivas obtenido: Tarbuck, F. (2005).

2.5. SUELOS VOLCÁNICOS.

Los suelos son importantes para el desarrollo de la sociedad. En una visión geotécnica, es un material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. En una visión agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Por lo que el estudio del suelo depende del área de interés de cada uno.

Es por ello que el cuidado del suelo es de suma importancia por lo que implica su formación. Según López. P. (2016) , aunque tarda cientos o miles de años en formarse dependiendo de condiciones geoquímicas, climáticas y geográficas, entre otras es un recurso frágil que puede destruirse en apenas una generación humana.

Los suelos volcánicos son muy ricos en nutrientes. Debido a las erupciones volcánicas que dejan espesos depósitos de piroclastos, que cuando se erosionan y se fragmentan liberan nutrientes al suelo. En las zonas cercanas a los volcanes suelen contar generalmente un potencial alto de minerales en los suelos, por lo que se encuentran asentamientos humanos en estos lugares con un desarrollo agrícola en estas zonas.

Estos suelos suelen tener particularidades y este es el caso de los suelos volcánicos de América central, los cuales presentan entre 2 a 4 % de materia orgánica, la cual tiende a aumentar con las lluvias y la altitud sobre el nivel del mar. Estos suelos presentan una fertilidad media a buena, siendo mucho más favorables para la agricultura que los que están ubicados en el Océano Atlántico. Las características peculiares de suelos volcánicos en Centroamérica son el azufre que está asociado a suelos Andosoles¹² ricos en ese elemento. Otro elemento el cual solo se ha encontrado en algunos suelos de la zona es el fosfato en áreas de suelos más ácidos. Se encuentran nitrógeno, potasio en donde a partir de los materiales como son ceniza y rocas desarrollan esos suelos ricos en potasio y en menores cantidades se encuentran boro, cobalto, cobre, hierro, magnesio y zinc.

¹²Andosoles: suelos negros de formaciones volcánicas.

El tipo de material volcánico influye al tipo suelo que se pueda desarrollar, uno de los suelos más representativos son los andosoles, los cuales se forman sobre ceniza y vidrios volcánicos, así como materiales piroclásticos. Estos suelos pueden sufrir modificaciones, debido a procesos de erosión. Por lo que pueden cambiar a Lluvisoles, según la FAO (2008), los Lluvisoles son suelos que tienen un mayor contenido de arcilla, son fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas. Estos suelos tienen contenido alto de limo¹³ lo que los hace susceptibles al deterioro de la estructura cuando se labran mojados con maquinaria pesada, siendo que en pendientes se requieren de medidas de control por la erosión.

3. OBJETIVOS.

General

Generar una propuesta metodológica para analizar la influencia de la actividad eruptiva en la fertilidad de los suelo en la zona de Navenchauc y Apas y cómo los productos volcánicos pudieron tener repercusiones en las comunidades actuales.

Específicos

- Realizar un estudio teórico sobre metodologías ejecutadas en campo, con el fin de encontrar una estructura metodología que se adapte a las necesidades del estudio.
- Determinar las pruebas físicas y químicas necesarias para caracterizar las muestras de suelo correspondientes a diversas ubicaciones de la zona para ver si hay diferencias entre las zonas con y sin productos volcánicos.
- Explicar las intervenciones comunitarias, para concientizar sobre la agricultura sustentable en los suelos volcánicos.

¹³ Limo: es una tierra compuesta de partículas de los tres tamaños: arcilla, lodo y arena. Según la proporción de humus (materia orgánica descompuesta) que contiene, el limo suele ser el tipo de suelo más productivo.

4. DESARROLLO DEL TEMA.

4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El vulcanismo se ha presentado desde hace millones de años en todo el territorio Mexicano, por lo que en la actualidad se pueden observar edificios volcánicos activos e inactivos de diversos tamaños en diferentes partes del país.

Chiapas es un territorio megadiverso y esto se debe a su relieve accidentado, en donde encontramos estructuras volcánicas activas, como son el Chichonal y el complejo volcánico Tacaná, e inactivas, como otras estructuras que conforman el Arco Volcánico Chiapaneco (AVC). Este último está conformado por diversos centros eruptivos con actividad volcánica desde hace millones a cientos de miles de años. Entre ellos se encuentran los centros que están formados en el municipio de Zinacantán que son los cráteres de Apas y Navenchauc, siendo este último que cuenta con un domo, los cuales no han sido muy estudiados por la comunidad científica debido a su inactividad volcánica.

Las erupciones que forman los cráteres de Apas (cráter colapsado) y Navenchauc (diámetro del cráter de 1.34 km), generaron condiciones favorables para el asentamiento humano. Ambas comunidades adoptaron el nombre de los cráteres en cuyo interior están asentadas y tienen un desarrollo económico basado en el cultivo florístico y agricultura que podría haberse beneficiado de esta actividad volcánica.

El proceso de formación de este ambiente fue resultado de uno o varios episodios eruptivos que se presentaron, los cuales tuvieron la capacidad de generar dos cráteres a un par de kilómetros de separación uno del otro y la formación de un domo volcánico en su cercanía. A lo que lleva a preguntarnos: ¿De qué manera las erupciones de los volcanes de Apas y Navenchauc, produjeron un medio favorable para el desarrollo económico, social y ambiental de las comunidades que se ubican en la actualidad en el interior del cráter?

Es por ello que en este trabajo se presenta una propuesta metodológica para analizar la influencia de los productos volcánicos en la fertilidad de los suelos en la zona, y como esto ayuda a que se establezca toda una estructura social.

4.2. JUSTIFICACIÓN.

Es importante tener el mayor conocimiento posible sobre los volcanes activos e inactivos, debido a que no solo se debe de estudiar el fenómeno geológico cuando tenga consecuencias negativas sobre la población, sino también sus aspectos positivos y como es que en la actualidad las estructuras volcánicas y sus productos influyen en el desarrollo de las comunidades asentadas en ellas. Un claro ejemplo es el AVC, el cual cuenta con varias estructuras volcánicas las cuales son parte de los paisajes de algunos municipios de Chiapas. Dentro de las más importantes y relevantes de estas estructuras se encuentran el cráter de Apas, el cráter y domo de Navenchauc, en cuyos cráteres están situadas las comunidades con el mismo nombre.

Para que una comunidad logre asentarse en un lugar tuvo que tener condiciones específicas para su desarrollo, siendo que ambas poblaciones tienen un progreso económico por medio del cultivo florístico y agricultura. Se sabe que la mayor parte de los suelos volcánicos son fértiles por su composición mineralógica que llega a tener el suelo, pero con el paso del tiempo el suelo se erosiona y tiende a sufrir cambios. En el caso de la erupción de Apas, la cual fue aproximadamente hace 447,000 años, mientras que la erupción de Navenchauc fue aproximadamente hace 369,000 años (Mora, 2012), siendo ésta la más reciente, pero con el paso del tiempo la geología se ha modificado desde su formación a partir del tipo de erupción que presentaron, el material que expulsó y como creó el cráter de Navenchauc con las dimensiones actuales y el colapso del cráter de Apas.

Para poder entender los cambios que ha tenido el suelo en esta zona, mediante la realización de la propuesta metodológica de la caracterización de suelos volcánicos asociados a los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, se pretende que se logre comprender la evolución del suelo a través del tiempo y como la población reacciona a esto.

4.3. ANTECEDENTES

Las primeras investigaciones en la zona de Navenchauc, están relacionados con el Arco Volcánico Chiapaneco. En el artículo de Montesinos (1978) se expone el trabajo de investigación sobre la edad y génesis de las provincias metalogenéticas mesozoicas-cenozoicas de la República Mexicana, en donde concluyó que dos arcos volcánicos neogénicos pueden definirse dentro de Chiapas. El arco volcánico Sierra Madre del Mioceno se volvió inactivo entre hace 9 y 3 millones de años. El Arco Volcánico Chiapaneco moderno surgió como resultado de una reorganización de la Placa de Cocos durante su subducción bajo la Placa Norteamericana. Ambos arcos volcánicos neogénicos son el foco de los depósitos minerales asociados con los estratovolcanes alcalino-calcáreos de acuerdo con el modelo de Sillitoe (Sillitoe, 1973).

De acuerdo con este artículo, el Arco Volcánico Chiapaneco moderno aún está activo y es esencialmente continuo con el Arco Volcánico Mexicano (eje Volcánico Mexicano o Eje Volcánico), mientras que el Arco Volcánico ancestral del Mioceno fue probablemente continuo con el Arco Volcánico Centroamericano desde el extremo oriental de la zona de fractura de Panamá hasta el cabo de Corrientes.

En la tesis de maestría de María del Carmen Jaimes Viera (2006) se describen los componentes geológicos y geoquímicos de todas las estructuras volcánicas que se encuentran en el Arco Volcánico Chiapaneco (AVC), y su relación con el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), el Arco Volcánico Centro Americano (AVCA) y el Campo Volcánico de los Tuxtlas en donde se encontraron algunas similitudes entre sí. Este trabajo se realizó en cuatro etapas las cuales son: trabajo de gabinete, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y análisis de la interpretación de los resultados. Sus resultados indican que la mineralogía observada en el análisis petrográfico indica que las rocas tienen fenocristales y microfenocristales de plagiclasa + piroxenos (augita) + anfíbol (hornblenda) + óxidos de Fe-Ti inmersos en una matriz de vidrio con microlitos. La presencia de hornblenda en el sistema indica que los magmas estaban hidratados. Analizando los resultados obtenidos en el AVC y comparándolos con los datos publicados en torno al CVM y al AVCA, se aprecia la similitud

en cuanto a las características petrográficas (mismas fases minerales formadoras de roca), a la clasificación química (intermedias a ácidas) y composición química (subalcalinas, componentes calcoalcalino y contenido de K medio y alto). Lo anterior permite deducir que el origen del AVC se debe a un ambiente de subducción, en donde interactúan, en este caso, las placas de Cocos subduciéndose debajo de Norteamérica.

Por otro lado, el artículo “Geology and geochemistry characteristics of the Chiapanecan Volcanic Arc (Central Area), Chiapas Mexico” de Juan Carlos Mora Chaparro y colaboradores (2007), en donde se presentan los resultados de una nueva cartografía geológica y análisis geoquímico de las estructuras volcánicas y depósitos de la parte central del Arco Volcánico Chiapaneco. En el se presentan los resultados de treinta y dos análisis químicos de rocas representativas de domos y de líticos juveniles de depósitos de flujos piroclásticos. De acuerdo a esto, se encontró que en el área de estudio hay dos grupos de estructuras volcánicas: El primer grupo está compuesto por estructuras de domos volcánicas (Complejo de domos Tzontehuitz (TzDC), La Iglesia(IVD), Mispía (MVD), Amahuitz (AVD), Santotón (SVD), La Lanza (LVD), Venustiano Carranza (VCVD)) los cuales tienen una alineación de NNO-SSE siguiendo el domo de Venustiano Carranza – hasta llegar al Complejo de domos Tzontehuitz (TzDz). Este último es la estructura de fecha más antigua con una edad de ~ 2.1MA. El Domo volcánico Huitepec (HVD) se encuentra al oeste de esta tendencia. Se emplaza en una estructura graben (Ixtapa Graben). Las características principales de estas estructuras volcánicas son que tienen paredes verticales y están rodeadas por depósitos y flujos de bloques y ceniza en el que los componentes líticos son similares en color, minerales y composiciones químicas a las rocas de los domos. Estas características implican que la formación de los depósitos piroclásticos fueron contemporáneos con el crecimiento de los domos.

Adicionalmente, se tiene como antecedente el artículo Juan Carlos Mora y colaboradores de 2012 titulado “New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages from the Central Part of the Chiapas Volcanic Arc, Chiapas, México”, en el cual por medio de trabajo de campo y análisis de laboratorio, encontraron que son siete Domos Volcánicos (Huitepec, Amahuitz, La Iglesia, Mispía, La Lanza, Venustiano Carranza y Santotón), un Cráter de Explosión (Navenchauc), una

Estructura de Colapso (Apas), y un Complejo de Domos Volcánico (Tzontehuitz). En este trabajo, reportan 13 nuevas edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de rocas de los siete domos que incrementan las dataciones disponibles para la actividad volcánica durante el Cuaternario en la parte central del Arco Volcánico Chiapaneco. Con las nuevas dataciones y las reportadas en bibliografía, se tiene al Complejo de Domos Tzontehuitz como la estructura más antigua con 2.1 Ma y al Domo Volcánico Venustiano Carranza como el de actividad más reciente de 0.225 Ma. En el domo Navenchauc se obtuvieron dos fechamientos $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ correspondientes a dos muestras. El primero se recogió a partir de un flujo piroclástico y su edad era 0.369 ± 0.018 Ma, lo que es la unidad más antigua de este centro eruptivo. La segunda muestra fecha fue tomada del domo con una edad de 0.277 ± 0.005 Ma. La composición química de ambos bloques es dacítica. En la estructura de colapso Apas, se registra que su diámetro de colapso es de 2.87 km, la cual está asociada a una secuencia de flujos piroclásticos (flujo de block, ceniza y pómez), con dos direcciones de emplazamiento: a SW y NW. Se reportan fechamientos de K-Ar de esta estructura de 0.432 ± 0.029 Ma. Fecharon una hornblenda de una dacita, que se recogió del depósito emplazado al SW. Se tomaron muestras de dos tipos de bloques de composición andesítica. La primera muestra fue tomada de un flujo piroclásticos al SW. La segunda muestra fue tomada del contacto entre el basamento y el flujo piroclásticos. Se obtuvieron dos edades diferentes, la más antigua es de 0.447 ± 0.010 Ma y la más joven es de 0.316 ± 0.009 Ma.

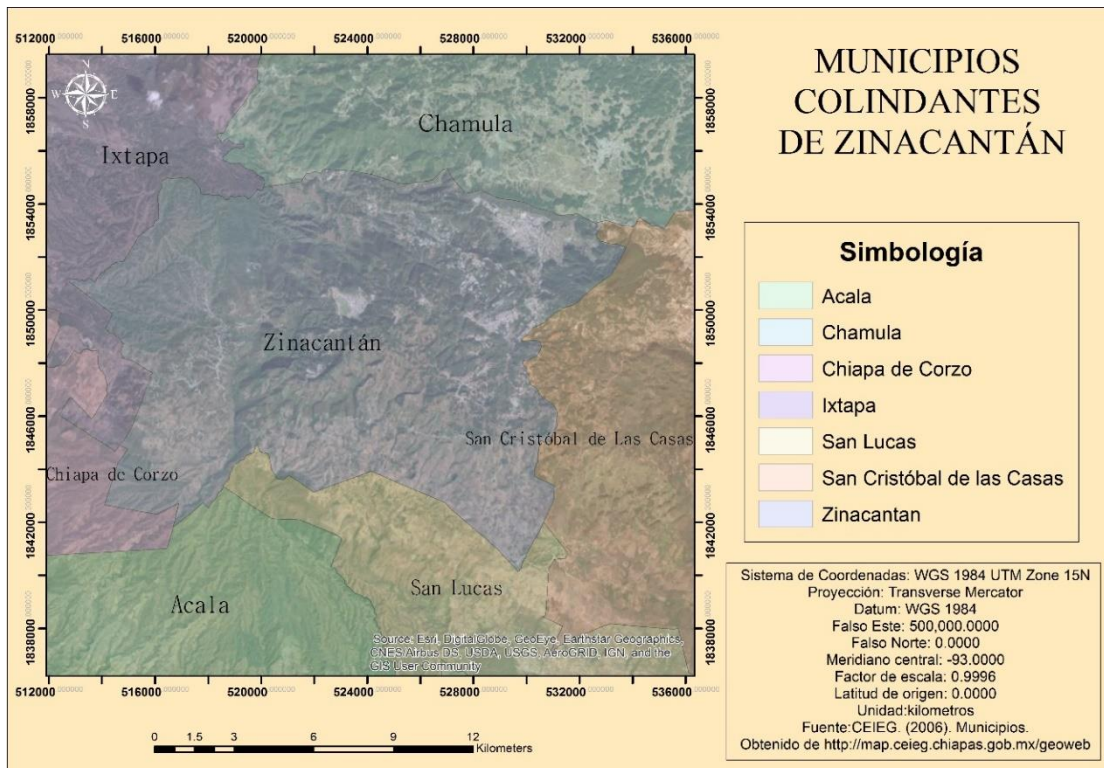
4.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

4.4.1. UBICACIÓN.

Apas y Navenchauc se localizan en el municipio de Zinacantán (Chiapas), el cual se encuentra dentro del Altiplano Central, predominando el relieve montañoso. Sus coordenadas geográficas son $16^{\circ}46'$ N y $92^{\circ}43'$ W y su altitud es de 2270 msnm. (Mapa 4.4.1.1). Este municipio limita al norte con Ixtapa y Chamula, al sur con San Lucas, San Cristóbal de Las Casas y Acala, al este con San Cristóbal de Las Casas y al oeste con Ixtapa y Chiapa de Corzo (Mapa 4.4.1.2).



Mapa 4.4.1.1 Zona de estudio Navenchauc y Apas.

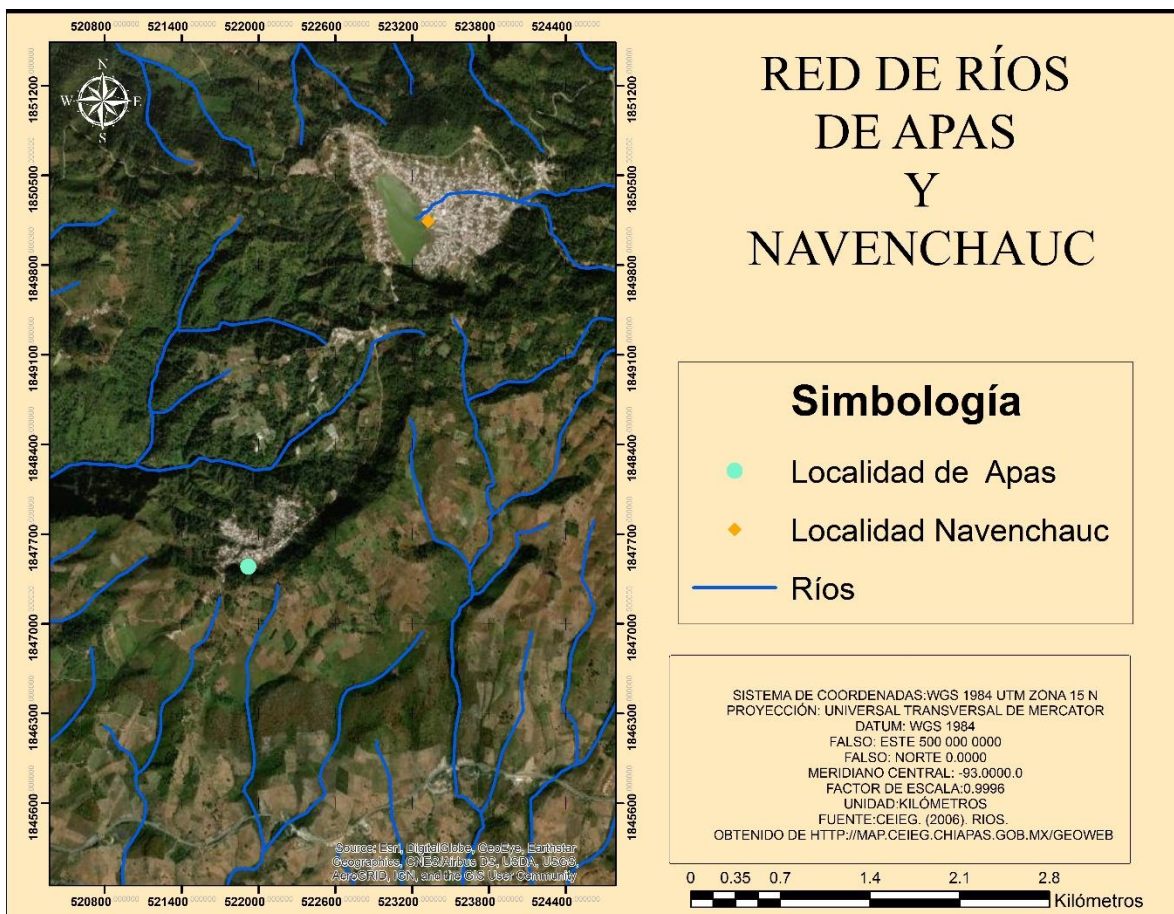


Mapa 4.4.1.2 Municipios colindantes de Zinacantán

4.4.2. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.

Hidrografía

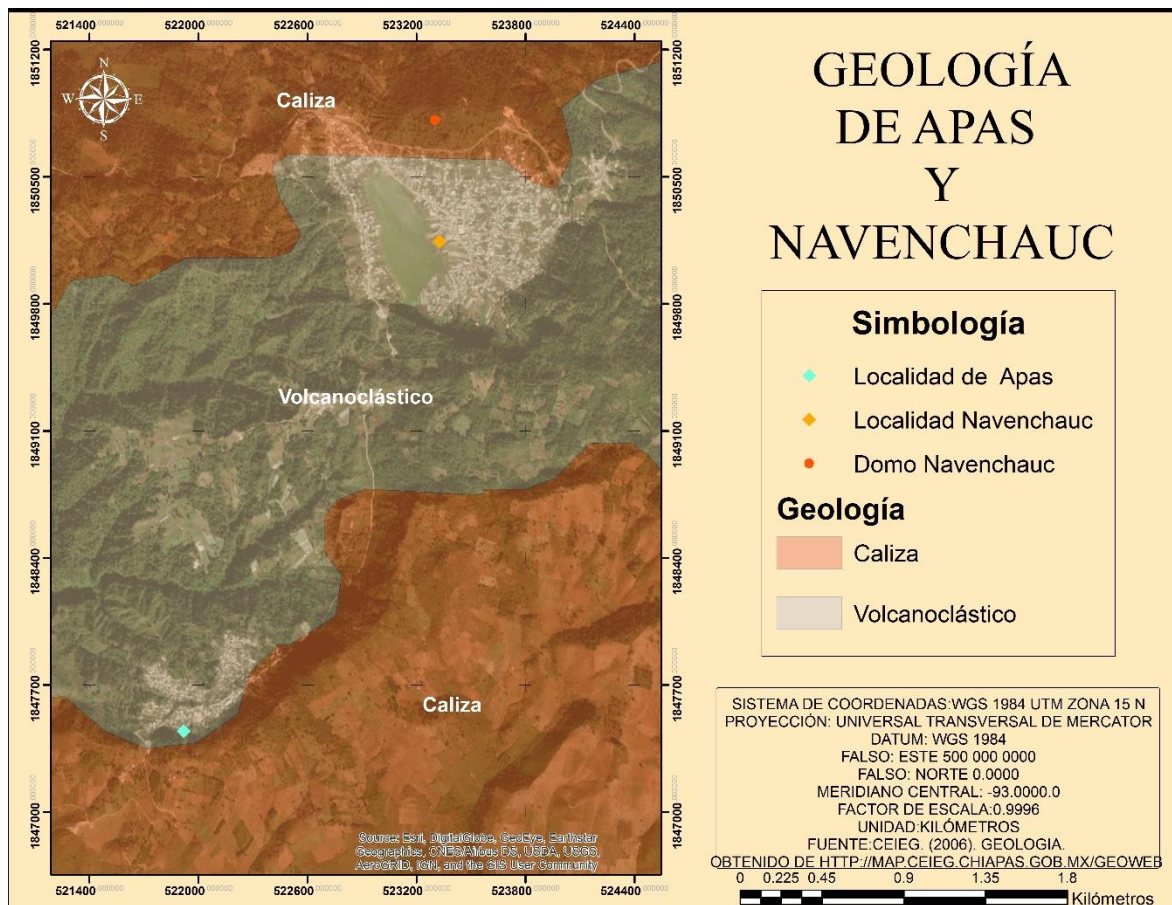
La red hídrica de la zona en estudio se compone principalmente de ríos transitorios los cuales existen debido a las fluctuaciones de las características de la cobertura vegetal, de las precipitaciones y de otras variaciones del tiempo atmosférico como la nubosidad, insolación, evaporación, etc. Navenchauc cuenta con una red hídrica de ríos transitorios siendo los más importantes los dos afluentes que vienen de este y que tienen influencia en la localidad, teniendo en cuenta que al entrar a la localidad se unen en un solo afluente que tiene descarga en el lago de la comunidad. Por su parte, la comunidad de Apas no cuentan con ningún afluente que tenga desembocadura ahí, teniendo solo dos afluentes cercanos uno de WS y SE (Mapa 4.4.2.1).



Mapa 4.4.2.1 Red de ríos de Apas y Navenchauc

Geología

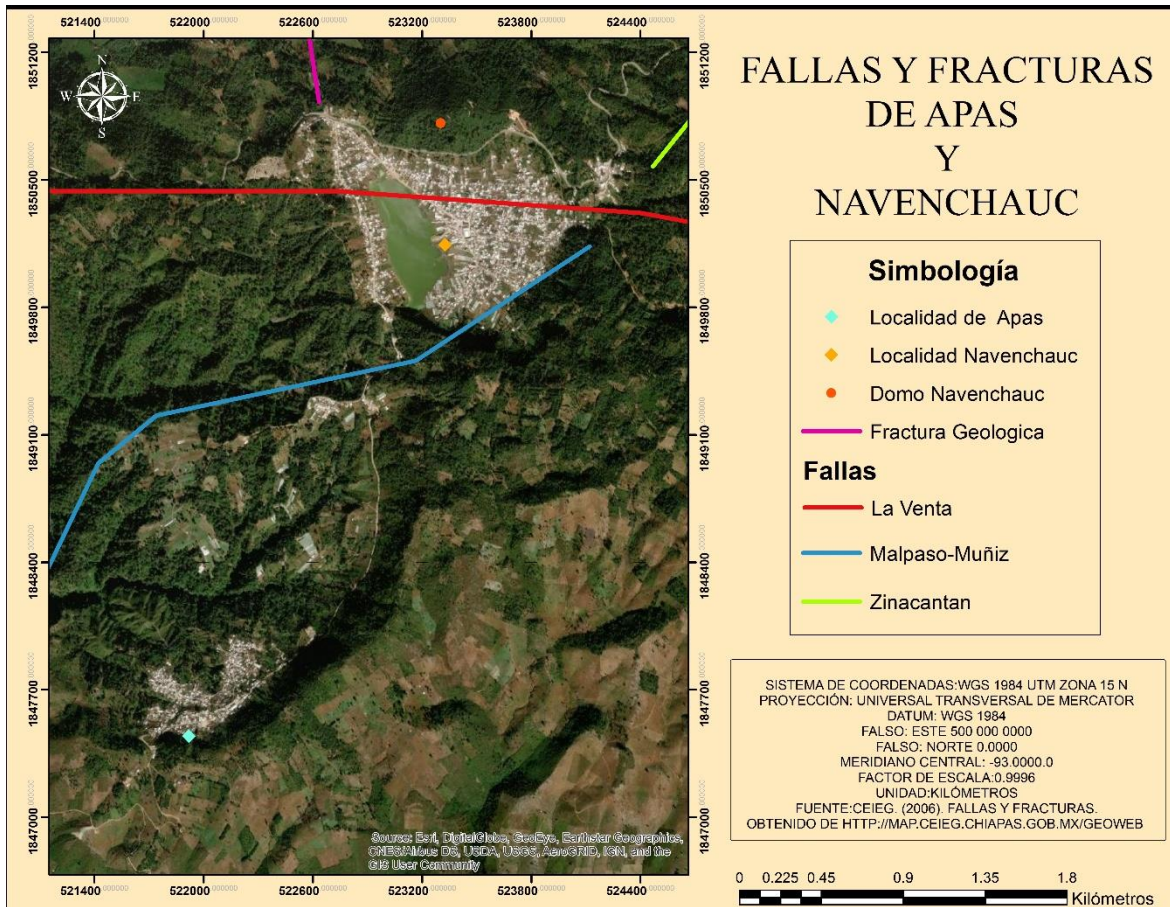
El tipo de relieve predominante en el entorno de las localidades son montañas. De acuerdo con el CEIEG (2006), la geología está caracterizada por tener dos tipos de rocas; caliza roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio, CaCO_3) y rocas volcanoclástico (o piroclásticas) (Mapa 4.4.2.2).



Mapa 4.4.2.2 Geología de Apas y Navenchauc

Fallas y fracturas

En esta zona se localizan diferentes fallas y fracturas, incluyendo una fractura con dirección a Navenchauc, la cual viene del NW, y tres fallas: 1) La venta, la cual tiene más influencia en la comunidad de Navenchauc, porque pasa por en medio de ella y tiene una dirección de W a E; 2) Falla de Malpaso-Muñiz, que sigue una dirección de WS y finaliza en la parte NE del cráter de Navenchauc; 3) La falla de Zinacantán la cual termina en el NE de Navenchauc (Mapa 4.4.2.3).



Mapa 4.4.2.3 Fallas y Fracturas de Apas y Navenchauc

Climatología

El tipo de clima de la zona según la clasificación climática de Köepen es C(w2), el cual se refiere a: Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente alcanza los 22°C. En la tabla 8.2.1 se pueden apreciar los rangos de temperatura.

La precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (Unidad de Microrregiones, 2015) (Tabla 4.4.2.1).

Rango de temperatura media anual (C°)	De 12 a 14	TEMPLADO
Rango de temperatura promedio mínima anual (C°)	De 4 a 5	FRÍA
Rango de temperatura promedio máxima anual (C°)	De 20 a 22	SEMICÁLIDA
Rango de precipitación media anual (mm)	De 1200 a 1500	
Meses de lluvia	Noviembre-Abril	
Meses de seca	Mayo-Octubre	

Tabla 4.4.2.1 Rangos de temperatura (Unidades Microrregiones, 2005)

Vegetación, clasificación y uso de suelo

La vegetación en esta zona está constituida por bosques de pino- encino. La clasificación del uso de suelo de la zona en estudio se divide en tres que son: arbustos o matas¹⁴, tierras agrícolas de temporal y área habitada (Tabla 4.4.2.2).

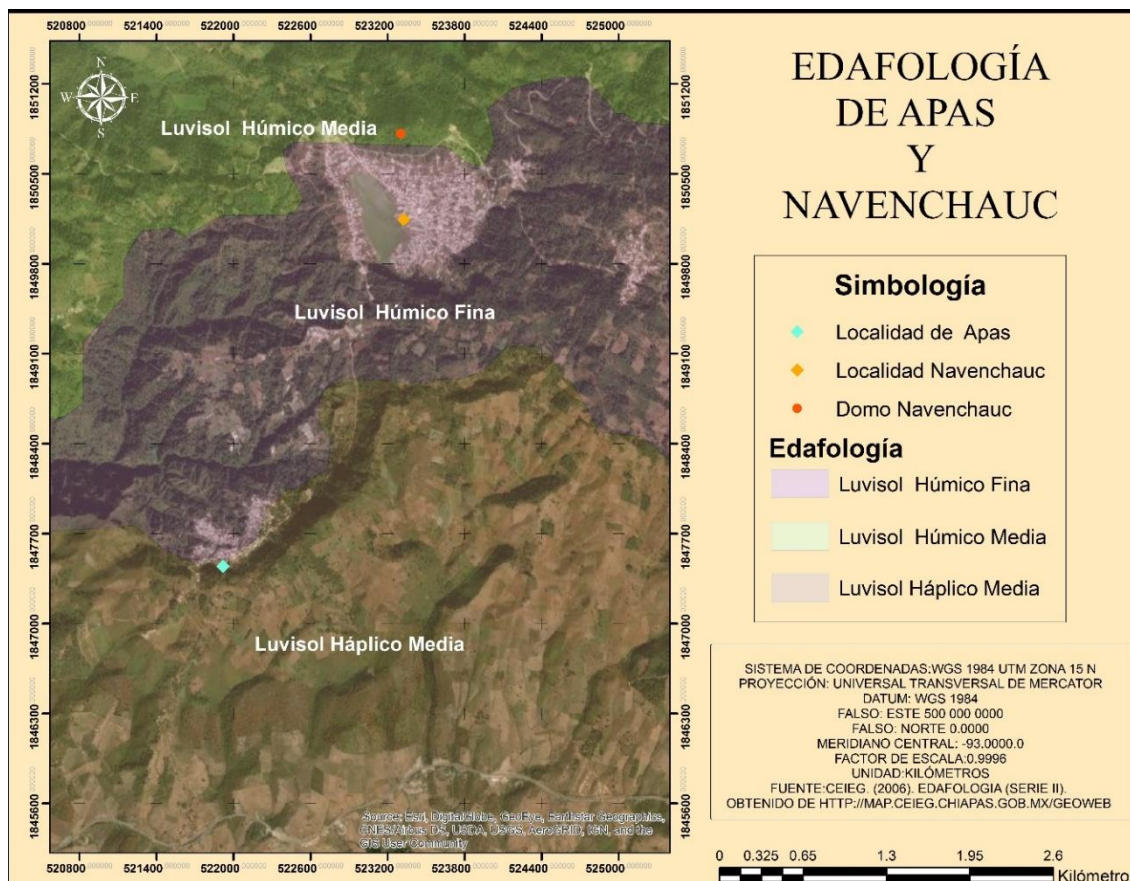
Usos de suelo más importantes		
Uso	Tipo de propiedad	Superficie aproximada (Ha)
Arbustos o matas	Comunal	200
Tierras agrícolas de temporal	Comunal	1500
Área habitada	Comunal	400

Tabla 4.4.2.2 Distribución de uno de suelo más importante de Navenchauc (Unidades Microrregiones, 2005).

En la zona de estudio se encuentran fundamentalmente los Luvisoles, que son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico. Los Luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación con bases a ciertas profundidades (FAO, 2008). La mayoría de los luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas. En el caso de la zona de estudio encontramos luvisoles húmico fino y medio, siendo suelos que tienen

¹⁴ Arbustos o matas: plantas perennes, leñosas, generalmente de más de 0.5 m de altura y ramificadas desde la base. Cuando son dominantes forman los matorrales.

un elevado contenido de carbono orgánico en el metro superior del suelo, además de Luvisol háplico, el cual no muestra ninguna característica exclusiva o adicional a la del grupo al que pertenece (Mapa 4.4.2.4).



Mapa 4.4.2.5 Edafología de Apas y Navenchauc.

4.4.3. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS.

Según el censo del 2020, la localidad de Apas cuenta con una población de 1,101 personas que se dividen en 614 mujeres y 487 hombres, con 42 individuos que cuentan con alguna discapacidad. Mientras que Navenchauc cuenta con una población de 5,194 personas que se dividen en 2,823 mujeres y 2371 hombres, con 199 individuos que cuentan con alguna discapacidad. En cuanto al lenguaje de ambas comunidades se dividen en personas que hablan español y lengua indígena (tabla 4.4.3.1).

Localidad	Apas	Navenchauc
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	1019	4828
Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena y no habla español	467	1448
Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena y habla español	500	3160
Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena	970	4618

Tabla 4.4.3.1 Censo poblacional de hablantes de lengua indígena y español (INEGI, 2021).

Con respecto a la población analfabeta de Apas, encontramos a 54 individuos de 3 a 5 años que no asisten a la escuela, 502 personas de 15 años y más que son analfabetas, de los cuales 326 son mujeres y 176 hombres. La población de 15 años y más que no tienen escolaridad son 494 personas, de las cuales 323 son mujeres y 171 hombres. Por su parte, en Navenchauc hay 256 personas de 3 a 5 años que no asisten a la escuela, 1550 personas analfabetas de 15 años y más, de los cuales 1172 son mujeres y 378 hombres, y 1499 personas mayores de 15 años sin escolaridad, que corresponden a 1143 mujeres y 356 hombres. En cuanto al sector de salud, la tabla 4.4.3.2 muestra la población que está afiliada a algún sistema de salud y la que no. Finalmente, la tabla 4.4.3.3 muestra los servicios (como son energía eléctrica, agua potable y drenaje) con los que cuentan las diferentes viviendas de la comunidades de Apas y Navenchauc.

Localidad	Apas	Navenchauc
Población sin afiliación a servicio de salud	458	1887
Población afiliada a servicio de salud	643	3306

Tabla 4.4.3.2 Censo poblacional de afiliación de servicio de salud (INEGI, 2021).

Localidad	Apas	Navenchauc
Total de hogares censales	251	1089
Total de viviendas	467	1346
Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	8	8
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica	243	1081
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	5	11
Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	226	643
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	237	871
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	14	218

Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	24	440
Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje	1	3

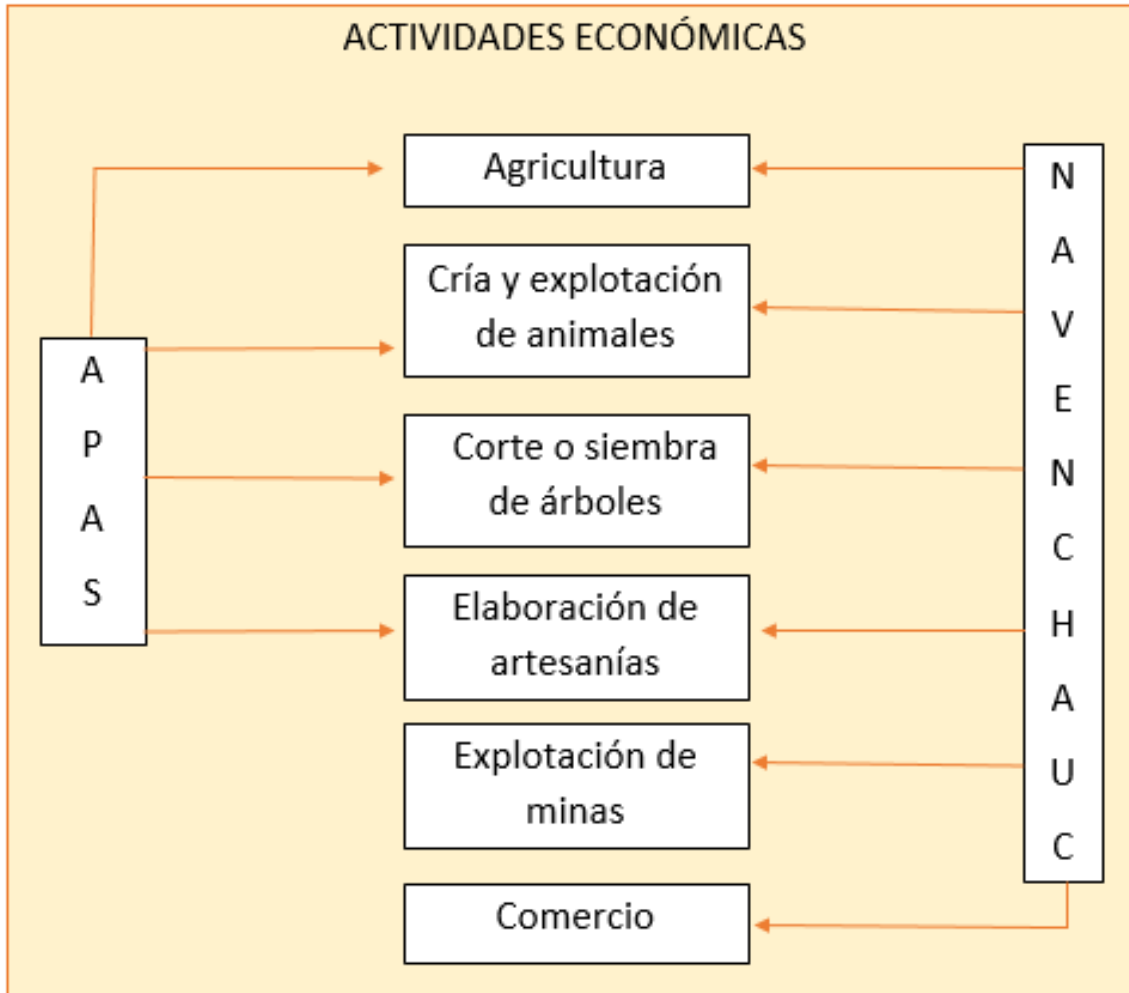
Tabla 4.4.3.3 Censo poblacional de viviendas (INEGI, 2021).

4.4.4. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS.

La principal actividad económica de Apas y Navenchauc es la agricultura, siendo que para Apas el maíz es el principal producto de la actividad económica del sector, mientras que Navenchauc no tiene un producto principal. En la tabla 4.4.4.1 se encuentra la producción anual de diferentes productos. Por su parte, el cuadro 4.4.4.1 muestra otras actividades económicas existentes en ambas comunidades.

Actividades Económicas			
Agricultura			
	Tipo de producto	Producción del último periodo de siembra	
		Cantidad	unidades
Principales productos frutícolas	Flor	100000	Docena
	Maíz	450	Toneladas
Principales productos frutícolas	Ciruela	2500	Rejas
	Durazno	3000	Rejas
	Manzana	3000	Rejas
	Pera	4000	Rejas
Destino comercial de la producción agrícola y/o frutícola			
Nombre del producto	Tipo de venta	Lugar de venta	
Flor	Directa al menudeo	<ul style="list-style-type: none"> - Capital del estado - Otras ciudades del estado - Intermediarios sin destino específico 	
Ciruela, Pera, Durazno y Manzana	Directa al menudeo	<ul style="list-style-type: none"> - Capital del estado - Otras ciudades del estado 	
Cría y explotación			
	Especie	Raza	Principales uso
Animales de traspatio/cría más comunes y principales usos	Gallos y gallinas	Criolla	Consumo humano
	Guajolotes		

Tabla 4.4.4.1 Actividades Económicas (Unidades Microrregiones, 2005)



Cuadro 7.4.1 Actividad económica de Apas y Navenchauc (INEGI, 2021).

5. METODOLOGÍA.

Para planificar y elaborar la propuesta metodológica para la caracterización de los suelos volcánicos asociados a los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, se tomó una estrategia teórica – práctica, constituida en tres etapas: planeación, desarrollo y conclusión.

Primera etapa.

Corresponde a la planeación, sirve para seleccionar información bibliográfica como son artículos, mapas temáticos, monografías, tesis, etc. La búsqueda está basada en antecedentes sobre la zona en estudio, los tipos de muestreo, pruebas físicas, químicas y mineralógicas.

Después de esto, se realiza un análisis de la zona, con base a datos cartográficos de INEGI Y CEIEG (en México), siendo fuentes confiables para la realización de mapas temáticos. Así mismo, este apartado es importante debido a la información que se recopila, tomando en cuenta que para realizar un trabajo de campo, se tiene que tener presente la mayor cantidad de antecedentes con los que cuenta la zona en estudio.

Las fuentes que se han manejado en este primer punto de la investigación son artículos, tesis y mapas temáticos, con el fin de tener un mayor conocimiento del lugar. Asimismo se pudo trazar en un mapa las posibles rutas de acceso a la zona en estudio.

Segunda etapa.

Desarrollo, se divide en tres partes, la primera es el trabajo de campo 1, a su vez esta fracciona en dos fases: la primera es la caracterización de la zona en estudio, basada en un reconocimiento previo del territorio, en donde se determinan los posibles puntos de muestreo en la zona mediante sus coordenadas. En base a eso, se realizó una salida, donde se seleccionaron las rutas de acceso. Esta nos ayudó a establecer las zonas pertinentes para la realización de extracción de material, cumpliendo con características necesarias, como son depósitos de flujos piroclásticos y perfiles de suelos.

La segunda fase, consiste en la recolección de muestras de suelo y rocas en lo puntos establecidos en la primera fase, para la cual se propone el uso de la guía de campo para muestreo y descripción de suelos V.2 2002 de Schoeneberger (2002) la cual fue adaptada a las necesidades del estudio. Por ello se redujeron los campos, quedando solo los datos que se necesitan recolectar en campo siendo los siguientes: Descripción del sitio, Estado de tiempo, Temperatura del suelo, Localización, Cuadrángulo Topográfico, Numero de parada, Intervalo, Información Geomorfológica, Descripción Geomorfológica, Vegetación/Cubierta terrestre, Material Parental, Lecho rocoso, Nomenclatura de horizontes, Color de la matriz de suelos, Textura del suelo, Dificultad de excavación y Respuestas químicas. Para registrar todos estos parámetros, se propone el uso del formato de campo que se presenta en el apéndice A, utilizando la guía de llenado que se describe a detalle en el apéndice B.

La segunda parte del desarrollo consiste en las pruebas de laboratorio, las cuales se eligieron según las necesidades de este proyecto. En las físicas se propone el análisis de textura mediante la técnica de Bouyoucos, color utilizando la Tabla Munsell y granulometría por medio de diferentes tamices. Las pruebas químicas propuestas incluyen determinación de pH, materia orgánica y alófono. Por último se tiene los análisis mineralógicos, que es la identificación de minerales que conforman una roca, esta puede ser por medio de simple observación o por microscopio.

La tercera parte del desarrollo, interpretación, es el análisis de resultados, y discusión de los datos obtenidos en las pruebas físicas, químicos y mineralógicos. Esto podrá permitir contestar las siguientes preguntas ¿Cómo cambia la materia orgánica en los suelos que están sobre los flujos piroclásticos en comparación de los suelos que se encuentran en las zonas de transición?, ¿Qué tanto influye la materia orgánica en el tipo de siembra de la zona?, ¿Cómo cambia la composición granulométrica y textural en los diferentes suelos en relación a su material parental?, ¿Qué tanto cambia el pH del suelo que están sobre los flujos piroclásticos y cómo afecta en la vegetación de la zona?

Tercera etapa

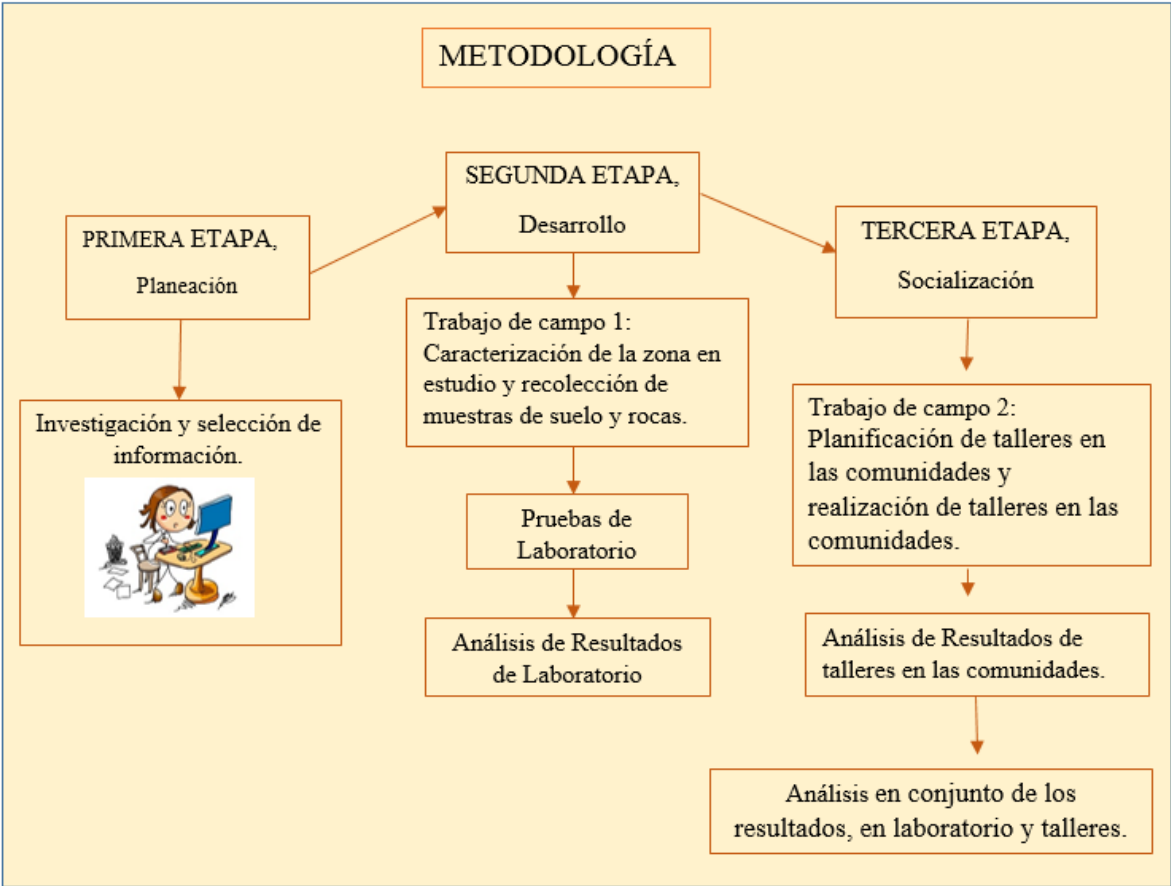
Socialización la cual se divide en tres partes la primera es el trabajo de campo 2, a su vez esta fracciona en dos fases: La primera es la planificación de talleres en las comunidades, mediante la información y análisis obtenidos en las etapas anteriores, se realiza un plan de acción con las comunidades cercanas a la zona en estudio, basado mediante talleres, para promover la participación en conjunto de todos los pobladores. Con el fin de darles a conocer los resultados de los suelos que los rodea, así ellos a futuro mejoren técnicas de agricultura o ganadería, para tener un mejor cuidado del entorno y no se vean afectados a su porvenir con el uso de suelo que le están dando en la actualidad.

La segunda fase, consiste en la aplicación de talleres, mediante una ficha descriptiva tenemos duración del taller, actividades, límite de personas y número de ponentes, se propone el uso del formato de intervenciones comunitarias que se presenta en el apéndice C.

La segunda parte corresponde al análisis de resultados, y discusiones de los datos obtenidos en los talleres realizados en las comunidades en estudio. Esto ayuda a entender la perspectiva que tienen las personas con respecto al suelo y como realizan sus actividades.

La tercera parte es un análisis en conjunto tercera y quinta del desarrollo, en donde podremos ver como la comunidad ha reaccionado a lo que se les presento, y tener las observaciones de la comunidad para un trabajo en conjunto a largo plazo, para mejora de ellos y de su hábitat

En la cuadro 5.1 se observa el diagrama de trabajo de la metodología.

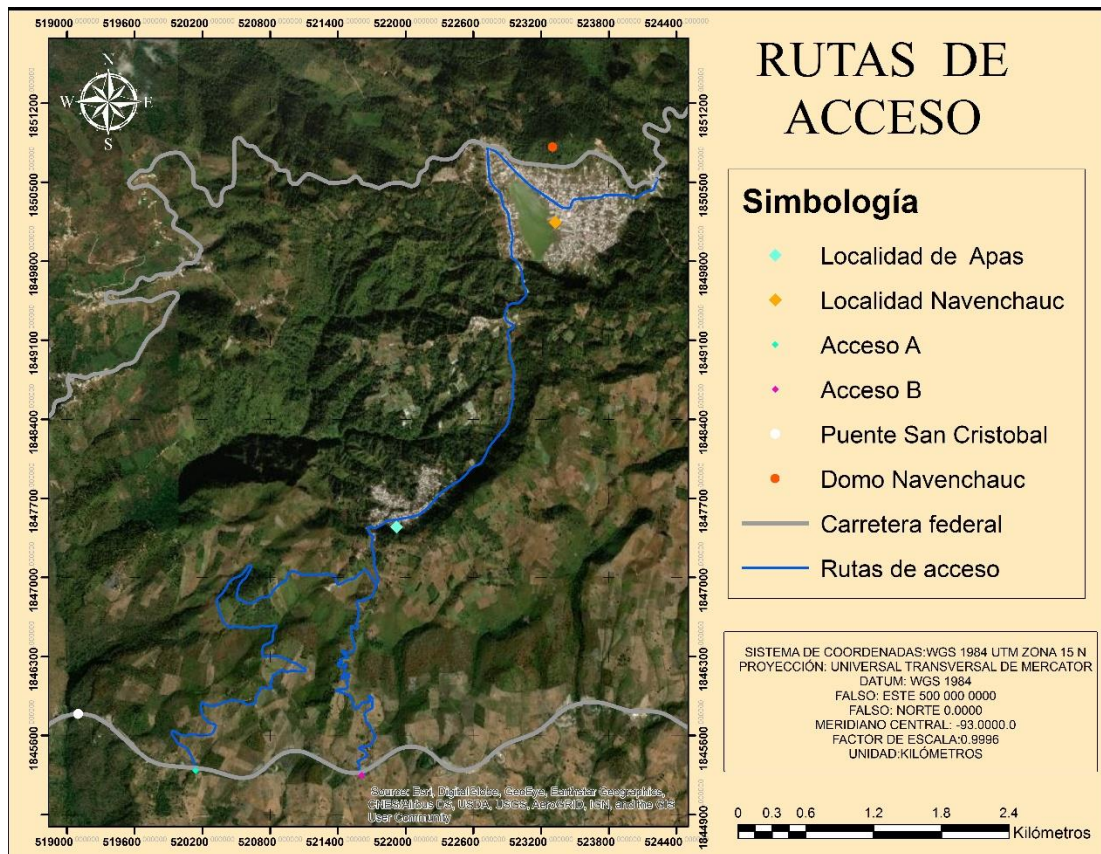


Cuadro 5.1 Diagrama de la propuesta metodológica

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Con el fin de validar la aplicación de la propuesta metodológica para la caracterización de los suelos volcánicos asociados a los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, se realizaron estudios preliminares en el que se incluyó una salida de exploración de campo, y un análisis exploratorio de laboratorio con las muestras recolectadas.

La primera etapa consistió en identificar por medio de Google Earth dos rutas de acceso hacia Apas y Navenchauc a partir de la autopista de cuota Tuxtla Gutiérrez-San Cristóbal (Mapa 6.1). De acuerdo a las condiciones de accesibilidad observadas en sitio, se determinó la ruta que tiene las mejores condiciones es el acceso B indicado en el mapa, al cual se accede en el kilómetro 26.23 desde la caseta de Tuxtla Gutiérrez-San Cristóbal, hasta llegar al desvío tomando el camino de terracería pasando por un puente que cruza por arriba de la autopista



Mapa 6.1 Rutas de acceso a Navenchauc y Apas

La primera parte de la segunda etapa de la metodología (desarrollo) consiste en la caracterización de la zona en estudio, donde se observa que aproximadamente a dos kilómetros del acceso B sobre la terracería se ubica el flujo piroclástico de Apas (Cuadro 6.1). De acuerdo a las observaciones en campo, se determinó que este flujo se encuentra perfectamente depositado en uno de los parteaguas que bajan al sur del cráter de Apas (Mapa 6.2).

Siguiendo el recorrido de terracería hacia el norte, se encuentran los puntos de muestreo sugeridos dos y tres (Mapa 6.2) con rasgos de suelos andosoles característicos de suelos volcánicos (cuadro 6.1). Más adelante, se encuentran los puntos de muestreo sugeridos cuatro y cinco (mapa 6.1) en la zona de transición donde termina el flujo piroclástico de Apas y se observa afloramientos de roca caliza (cuadro 6.1).



PUNTOS SUGERIDOS DE MUESTREO

Punto 1: Flujo piroclástico de Apas

Coordenadas 16.698875,-92.798897 o 16°14'56.0"N 92°47'56.0"W

El flujo piroclástico de Apas cuenta con una longitud de 1,350 metros y un área de aproximadamente 69.68ha. Está caracterizado por una matriz de ceniza gris, con fragmentos de pómez y líticos de distintos tamaños, en la que no se ve ninguna degradación aparente en el tamaño de los fragmentos.

Este flujo está delimitado por roca caliza a ambos lados de los valles intermontanos, teniendo la autopista como límite frontal (no se observaron indicios de flujos piroclásticos en el lado sur de la autopista), mientras en la parte superior se observa un cambio de material volcánico a rocas calizas; este ambiente sigue continuamente hasta la comunidad de Apas. En cuanto a la vegetación se encuentra en su mayoría sembradíos de maíz, algunos árboles grandes.

Los puntos sugeridos de muestreo 2, 3, 4 y 5 están situados en el trayecto de todo el flujo a lo largo de la terracería, en donde se pueden ver los cambios del suelo.



Punto 2: Perfil 1 de suelos andosoles

Coordenadas

16.699425,-92.798546 o 16°41'57.9"N 92°47'54.8"W

Se identificó como un posible punto para realizar un perfil que se encuentra sobre el flujo piroclástico y tiene características de Andosol.

Punto 3: Perfil 2 de suelos andosoles

Coordenadas

16.699802,-92.798854 o 16.699802, -92.798854

Aproximadamente a 60-70 metros del punto 2 se encuentra condiciones óptimas para realizar otro perfil de suelo, se pudo observar que el suelo tiene características de andosoles.



PUNTOS SUGERIDOS DE MUESTREO

Punto 4: Perfil 3 Transición Flujo piroclástico /Caliza

Coordenadas

16.701690, -92.798188 o 16°42'06.1"N 92°47'53.5"W

Se observa una transición de material entre el flujo piroclástico y roca caliza, en donde se observa ambas capas en el perfil.



Punto 5: Perfil 4 Transición roca caliza

Coordenadas

16.701697,-92.797612 o 16°42'06.1"N 92°47'51.4"W

Se observa un cambio de material volcánico a rocas calizas, en donde este ambiente sigue continuamente hasta la comunidad de Apas.

Punto 6: Flujo piroclástico de Navenchauc

Coordenadas 16.729268,-92.783746 o 16°43'45.4"N 92°47'01.5"W

El flujo piroclástico de Navenchauc cuenta con una longitud estimada de 77.24 metros y un área aproximada de 23.70ha. Este flujo tiene una matriz de ceniza volcánica gris, con fragmentos de pómez de tamaño lapilli.

Se puede distinguir diferentes horizontes que podrían corresponder a diferentes pulsos de la actividad volcánica y no se observa una clasificación definida. En cuanto a la vegetación, en la parte superior del flujo se observa una considerable vegetación consistente en helechos cuyas raíces penetran la parte superior del flujo piroclástico.



Cuadro 6.1 Puntos sugeridos de muestreo

Siguiendo la terracería más al norte, se encuentra el flujo piroclástico de Navenchauc (cuadro 6.1), colindante con las paredes externas del sur y este del cráter de explosión (mapa 6.3). Este flujo piroclástico también está delimitado por roca caliza.

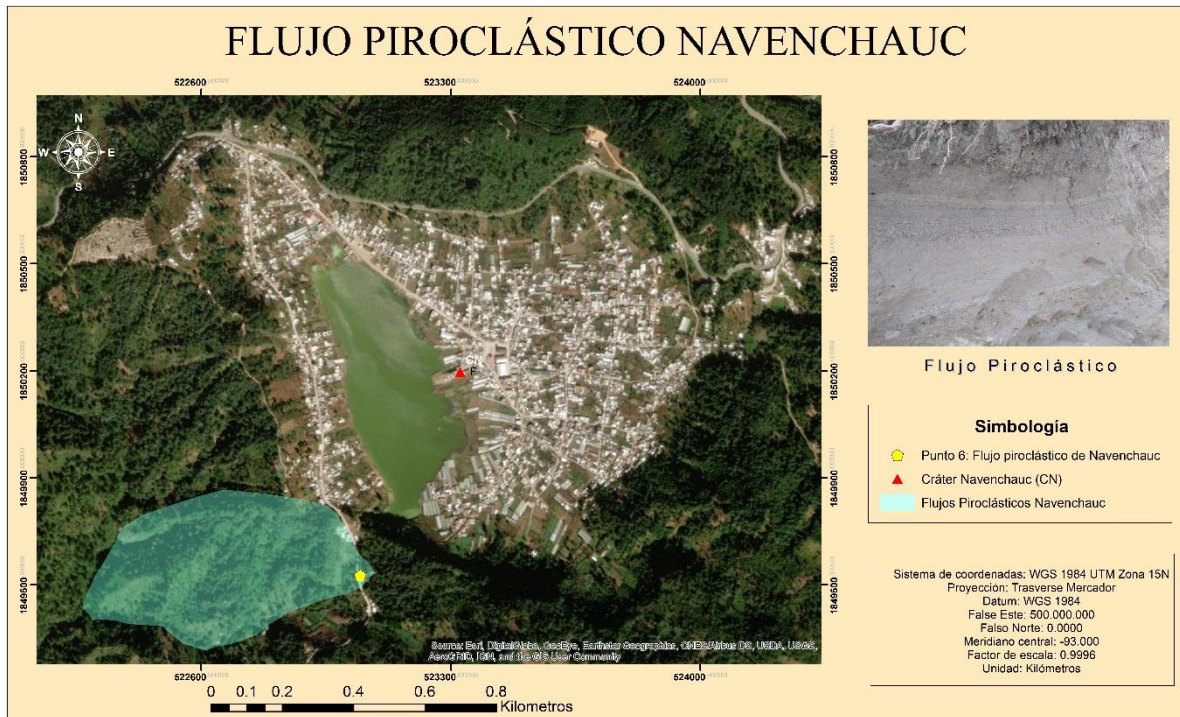
Por otra parte, en otras zonas de alrededor del cráter de Navenchauc, no se observan vestigios del flujo piroclástico siendo que las paredes del cráter de Navenchauc son de roca caliza, con excepción del domo, el cual presenta roca andesítica-dacítica. Este domo está ubicado al norte de la localidad, teniendo un área aproximada de 34.85 ha, se presentan en su mayoría rocas andesíticas y dacíticas (ilustración 6.1). La superficie detrás y alrededor del domo es principalmente caliza. Por otro lado, se puede apreciar su estructura redondeada del mismo, la cual cuenta con una abundante vegetación (ilustración 6.2).



Ilustración 6.1 Roca andesítica del domo de Navenchauc



Ilustración 6.2 Localidad de Navenchauc con el lago y el domo al fondo, "fotografía tomada desde el Suroeste del cráter viendo hacia el norte"



Mapa 6.3 Polígono aproximado del flujo piroclásticos de Navenchauc

Con base a la información de los sitios de muestreo, dado por las características relevantes que presentan los suelos y los flujos piroclásticos, se requiere tomar en cuenta el tipo de muestreo y que pruebas se realizaron en campo ya sea físicas o químicas.

Como parte del análisis preliminar de la zona de estudios, se recolectaron muestras de un kilo de ceniza de la parte central de cada pared de los flujos piroclásticos Apas y Navenchauc en las coordenadas 16.698875,-92.798897 y 16.729268,-92.783746, respectivamente, por lo que no encontramos raíces de plantas, obteniendo una muestra únicamente de material volcánico, sin que tenga tanta influencia humana y solo del ambiental por la exposición en la que se encuentra.

La segunda parte de la etapa de desarrollo consiste en pruebas de laboratorio de las muestras de ceniza obtenidas, las cuales permiten una caracterización preliminar del material parental sobre el que se desarrollaron los suelos después de las respectivas erupciones, con el fin de identificar su influencia en los diferentes suelos y como su localización influye en sus características.

Análisis físicos

La textura del suelo es una propiedad física muy importante, ya que depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla, por lo que esta prueba ayuda a saber que tan arenoso, limoso o arcilloso es el suelo.

Mediante pruebas de laboratorio con materiales como el hidrómetro y termómetro se obtuvieron los siguientes resultados preliminares de las cenizas de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc (Tabla 6.1)

	Apas		Navenchauc	
Lecturas	1	2	1	2
Hidrómetro	15 °C	7°C	8°C	5°C
Termómetro	28°C	28°C	27°C	28°C

Tabla 6.2 Resultados del Hidrómetro Y Termómetro

Teniendo las mediciones del laboratorio se procede a obtener la lectura corregida, esto se debe a que cada una de las lecturas del hidrómetro se deben aplicar también un factor de corrección por temperatura, el cual debe sumarse algebraicamente a cada lectura. Este factor puede ser positivo o negativo, dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar cada lectura (cuadro 6.2) para posteriormente obtener los porcentajes corregidos de arenas, limos y arcillas (cuadro 6.3).

Lectura Corregida	
L.C = [(T-TH) 0.18]+LH	
T: Temperatura de la muestra 0.18: constante	TH: Temperatura del hidrómetro LH: Lectura del hidrómetro
<p>Apas Lectura 1</p> <p>L.C = [(T-TH) 0.18] + LH</p> <p>L.C= [(28-20)0.18] + 15</p> <p>L.C= [8*0.18] + 15</p> <p>L.C= 1.44+15</p> <p>L.C =16.44</p>	<p>Navenchauc Lectura 1</p> <p>L.C = [(T-TH) 0.18] +LH</p> <p>L.C= [(27-20)0.18] +8</p> <p>L.C= [7*0.18] + 8</p> <p>L.C= 1.26+8</p> <p>L.C = 9.26</p>
<p>Apas Lectura 2</p> <p>L.C = [(T-TH) 0.18] +LH</p> <p>L.C= [(28-20)0.18] +7</p> <p>L.C= [8*0.18] +7</p> <p>L.C= 1.44+7</p> <p>L.C =8.44</p>	<p>Navenchauc Lectura 2</p> <p>L.C = [(T-TH) 0.18] +LH</p> <p>L.C= [(28-20)0.18] + 5</p> <p>L.C= [8*0.18] + 5</p> <p>L.C= 1.44+ 5</p> <p>L.C =6.44</p>

Cuadro 6.2 Lecturas Corregidas

% de Arenas, Limos y Arcillas	
% de limos+ %Arcillas = (Primera L.C/g. muestra)*100 % Arcillas = (Segunda L.C/g. muestra)*100 %Limos= [(% de limos+ %Arcillas) - % Arcillas] %Arenas = [100 – (%Limos + % Arcillas)]	
<p>% de Arenas, Limos y Arcillas de Apas</p> <p>% de limos+ %Arcillas = 16.44/120</p> <p>% de limos+ %Arcillas =0.137*100</p> <p>% de limos+ %Arcillas =13.7</p> <p>% Arcillas = 8.44/120</p> <p>% Arcillas = 0.070*100</p> <p>%Arcillas = 7.033</p> <p>%Limos = 13.7-7.033</p> <p>%Limos = 6.67</p> <p>%Arenas = [100- (6.67+7.03)]</p> <p>%Arenas = 86.3</p>	<p>% de Arenas, Limos y Arcillas de Navenchauc</p> <p>% de limos+ %Arcillas = 9.26/120</p> <p>% de limos+ %Arcillas =0.0771*100</p> <p>% de limos+ %Arcillas =7.71</p> <p>% Arcillas = 6.44/120</p> <p>% Arcillas = 0.053*100</p> <p>%Arcillas = 5.36</p> <p>%Limos = 7.71-5.36</p> <p>%Limos = 2.35</p> <p>%Arenas = [100- (2.35+5.36)]</p> <p>%Arenas = 92.29</p>

Cuadro 6.3 Cálculos de los porcentajes de Arenas, Limos y Arcillas

Los porcentajes corregidos se grafican en el triángulo de clases texturales para definir la textura de cada muestra analizada mediante la triangulación de los porcentajes de arena, limos y arcilla, ya que el punto de intersección indica la textura. En el caso de las muestras de ceniza de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, se obtuvieron en ambos casos resultados arenosos (tablas 6.2 y 6.3).

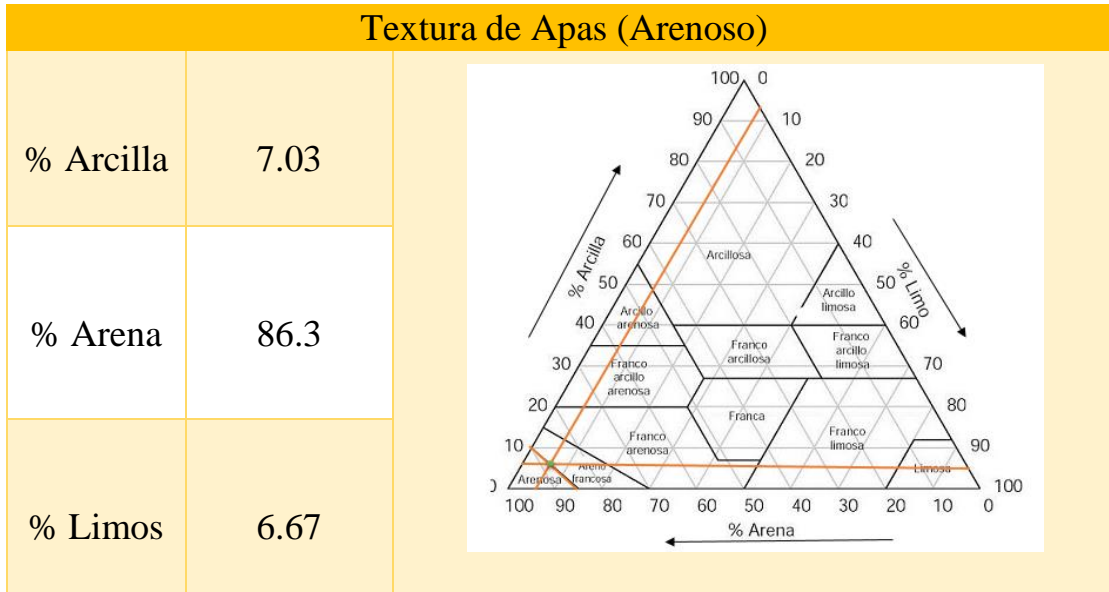


Tabla 6.2 Porcentajes y Cuadro textural del flujo piroclástico de Apas

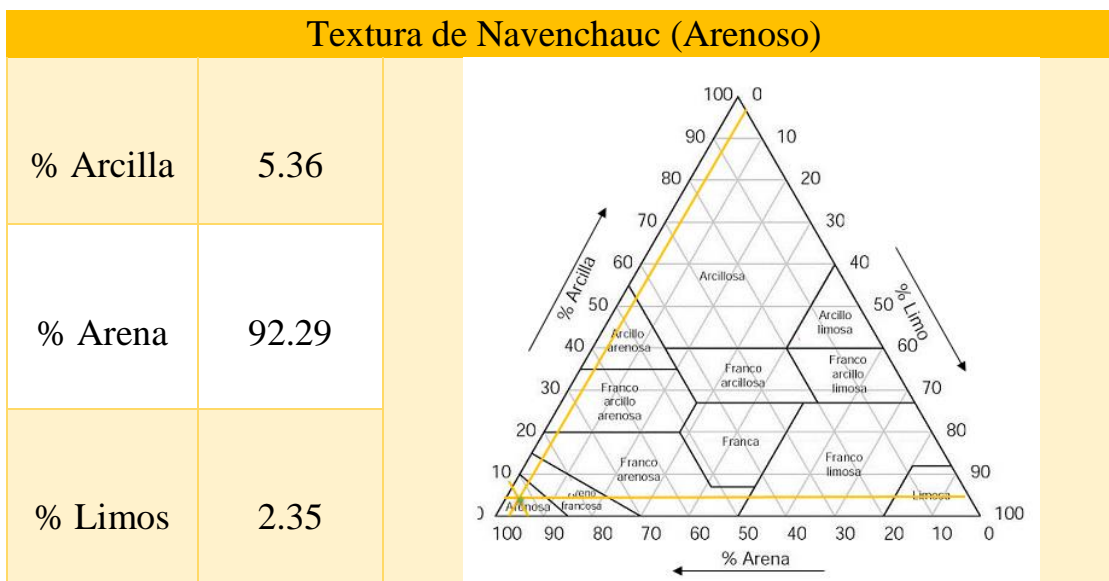


Tabla 6.3 Porcentajes y Cuadro textural del flujo piroclástico de Navenchauc

El color es otro parámetro importante porque indica el contenido de minerales y nutrientes que puede tener un suelo. Podríamos decir que entre más oscuro, más riqueza posee en minerales o en materia orgánica, por lo que será más fértil. Como análisis previo se realizaron pruebas de color a las cenizas de los flujos piroclásticos en seco y



Ilustración 6.3 Tabla Munsell, fotografía por (portal fruticola, 2016).

humedecido hasta la saturación, para posteriormente compararla con las Tablas Munsell (ilustración 6.3), y así determinar el color correspondiente. Para la muestra de ceniza del flujo piroclástico de Apas se obtuvo un color 10YR 8/1 White en seco y 10YR 4/3 en húmedo (Tabla 6.4). Por otro lado, para la muestra de ceniza del flujo piroclástico de la muestra de Navenchauc se obtuvo un color 2.5YR 8/1 White en seco y 10YR 3/1 en húmedo (Tabla 6.5), dándonos igual que el flujo piroclástico de Apas, indicando que como se esperaba tiene presencia de arenas, dado que esta prueba se hizo con cenizas volcánicas la cual determina el color para cada una de las muestras.

Apas	
Seco	Húmedo
10YR 8/1 White	10YR 4/3

Tabla 6.4 Color de cenizas de Apas

Navenchauc	
Seco	Húmedo
2.5Y 8/1 White	10YR 3/1

Tabla 6.5 Color de cenizas de Navenchauc

Por su parte la granulometría permite la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de las muestras. Esta prueba consiste en hacer pasar las muestras por los diferentes tamices con diferentes aberturas y determinar el peso que es retenido por cada uno. Con los resultados que se obtienen, se confecciona una tabla con datos del tamiz y la masa retenida en cada uno de ellos, para poder obtener el tamaño de tamiz (en escala

logarítmica) y sus respectivos % retenido, %retenido acumulado y % que pasa (cuadro 6.4),con lo cual se confecciona la curva granulométrica de la muestra.

Para la generación de la curva granulométrica de las cenizas de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc se tomó en cuenta que la masa inicial de cada muestra fue de 985 g y se utilizaron 12 tamices con diferentes diámetros (ilustración 6.4).

Las Tablas 6.6 y 6.7 muestran los resultados obtenidos para las cenizas de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, respectivamente, con los cuales se obtuvieron las correspondientes curvas granulométricas (cuadros 6.5 y 6.6)



Ilustración 6.4 Tamices

$$\phi = - \text{Log}_2 A$$

$$\% \text{Retenido} = \text{MR} / \text{TMR}$$

$$\% \text{Pasa} = \% \text{TMA} - \% \text{RA}$$

A= Abertura (mm)

MR= Materia retenida

TMR= Total de la suma materia retenida

TMA= Total de la materia acumulada

RA=Retenido acumulado

Cuadro 6.4 Formulas de la tabla granulométrica

Granulometría Apas								
Denominación	Abertura (pulgadas)	Abertura (micrómetros)	mm	ϕ	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
6	0.132	3,360	3.360	-1.7	280	28.46%	28.46%	71.54%
10	0.0787	2000	2.000	-1.0	70	7.12%	35.58%	64.42%
14	0.0555	1400	1.400	-0.5	50	5.08%	40.66%	59.34%
18	0.0394	1000	1.000	0.0	60	6.10%	46.76%	53.24%
25	0.0278	710	0.710	0.5	70	7.12%	53.87%	46.13%
35	0.0197	500	0.500	1.0	70	7.12%	60.99%	39.01%
45	0.0139	355	0.355	1.5	80	8.13%	69.12%	30.88%
60	0.0098	250	0.250	2.0	70	7.12%	76.24%	23.76%
80	0.007	180	0.180	2.5	70	7.12%	83.35%	16.65%
120	0.0049	125	0.125	3.0	60	6.10%	89.45%	10.55%
200	0.0029	74	0.074	3.8	80	8.13%	97.58%	2.42%
270	0.0021	53	0.053	4.2	20	2.03%	99.61%	0.39%
Base					3.4	0.35%	99.96%	0.04%
Tapa					0.4	0.04%	100.00%	0.00%
Total					983.8	100.00%		

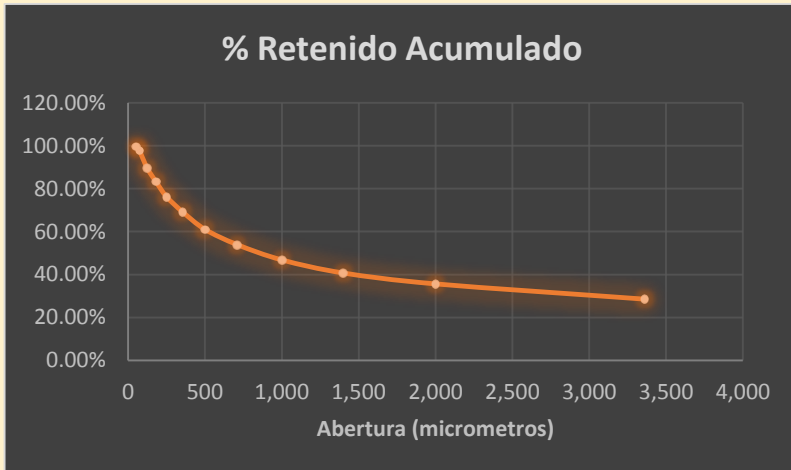
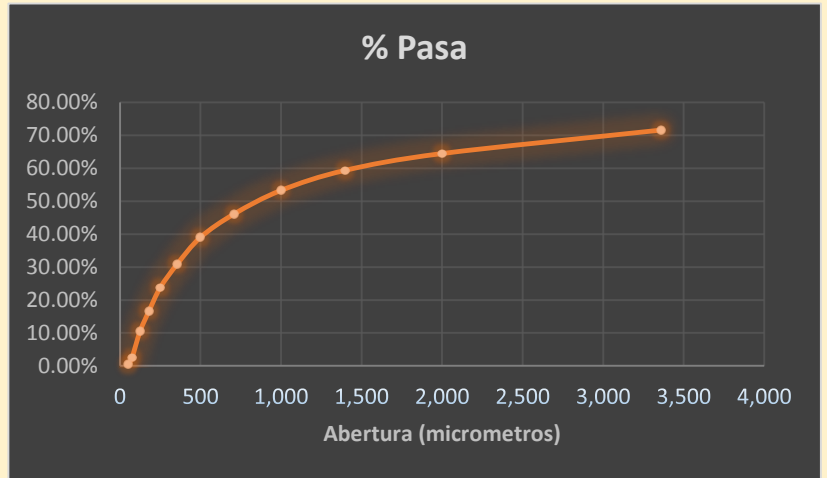
Tabla 6.6 Datos granulométricos de Apas

Granulometría Navenchauc								
Denominación	Abertura (pulgadas)	Abertura (micrómetros)	mm	ϕ	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
6	0.132	3,360	3.360	-1.7	70	7.13%	7.13%	92.87%
10	0.0787	2000	2.000	-1.0	70	7.13%	14.26%	85.74%
14	0.0555	1400	1.400	-0.5	70	7.13%	21.39%	78.61%
18	0.0394	1000	1.000	0.0	80	8.15%	29.54%	70.46%
25	0.0278	710	0.710	0.5	100	10.19%	39.72%	60.28%
35	0.0197	500	0.500	1.0	120	12.22%	51.95%	48.05%
45	0.0139	355	0.355	1.5	110	11.20%	63.15%	36.85%
60	0.0098	250	0.250	2.0	120	12.22%	75.37%	24.63%
80	0.007	180	0.180	2.5	90	9.17%	84.54%	15.46%
120	0.0049	125	0.125	3.0	70	7.13%	91.67%	8.33%
200	0.0029	74	0.074	3.8	70	7.13%	98.80%	1.20%
270	0.0021	53	0.053	4.2	10	1.02%	99.82%	0.18%
Base					1.4	0.14%	99.96%	
Tapa					0.4	0.04%	100.00%	
Total					981.8	100.00%		

Tabla 6.7 Datos granulométricos de Navenchauc

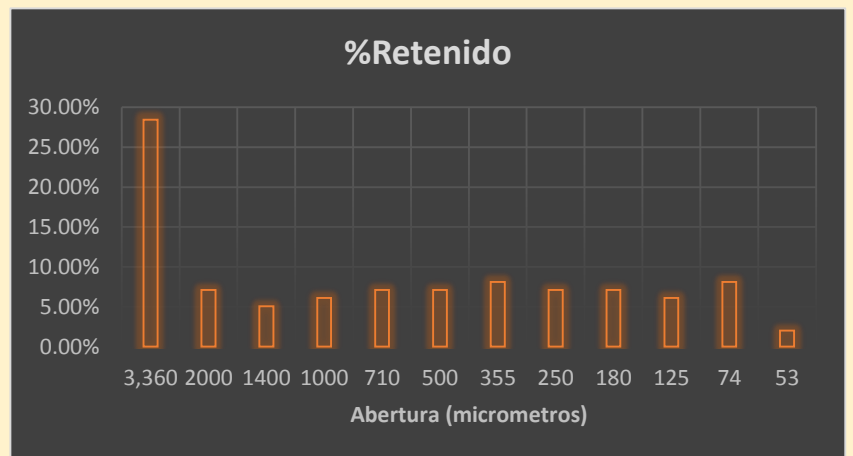
GRÁFICAS GRANULOMÉTRICAS DE APAS

Se observa el porcentaje que pasa en cada malla del tamiz, teniendo un comportamiento de decaimiento de la malla más grande a la de menor tamaño. El 71.54% pasa la abertura de 3,360, lo que indica que este material contiene partículas más pequeña que la grava. La siguiente malla que es la de abertura de 2,000, deja pasar el 64.42% de material que tiene un tamaño de ceniza.



Se puede apreciar que después que el material ha pasado por las aberturas de 3,360 a la 710 ya ha perdido aproximadamente más del 50% del material, donde encontramos gravas y arenas, mientras que en las aberturas 180 a la 53 tenemos aproximadamente el 20% teniendo gran parte presencia de arcillas y limos, siendo que el 30% se deposita en las aberturas de la parte intermedia.

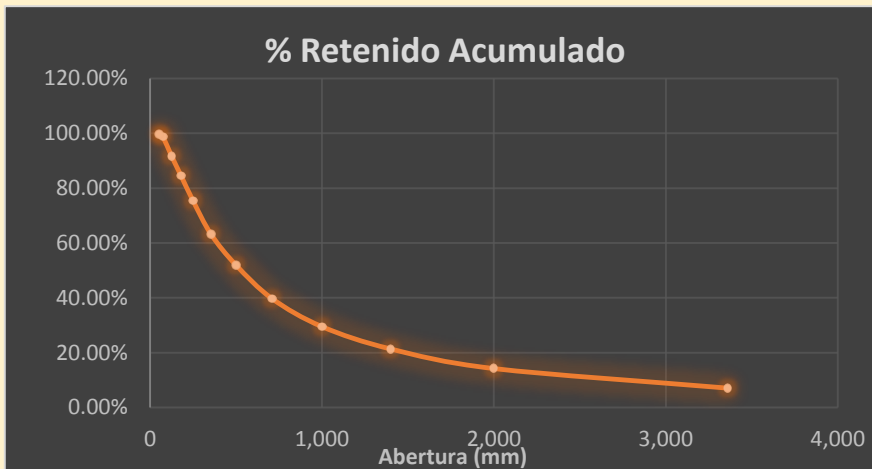
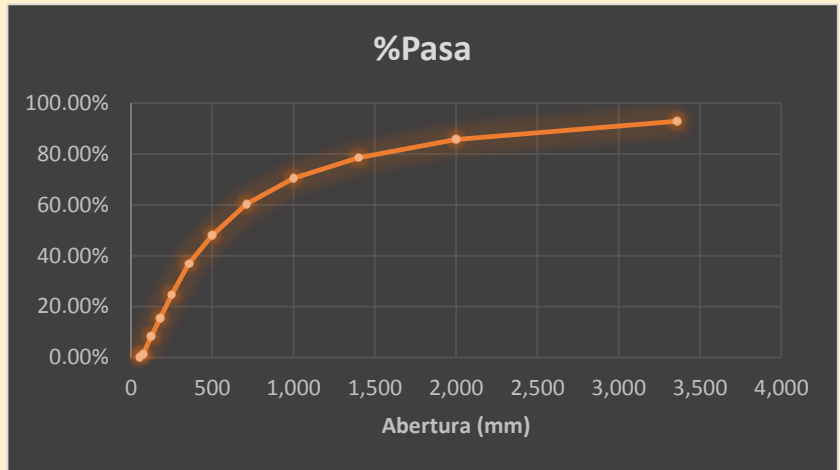
En el material retenido tenemos el 28.46% en la abertura de 3,360, indicándonos material como es la grava, mientras que el 7.12% en la abertura 2,000 podemos encontrar material como lapilli, siendo que el material restante tenemos materiales como son la ceniza, si fuera una muestra de suelo encontraríamos arenas, arcillas y limos.



Cuadro 6.5 Graficas granulométricas de Apas

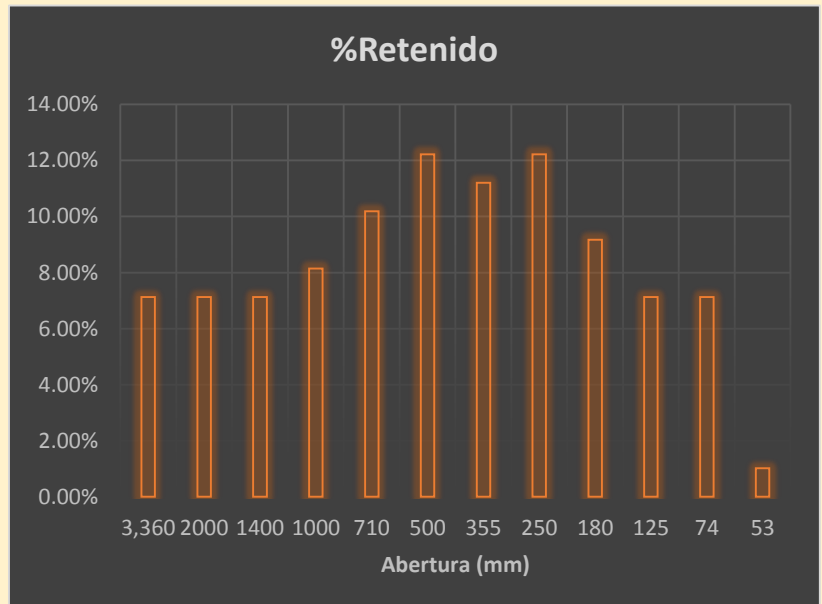
GRÁFICAS GRANULOMÉTRICAS DE NAVENCHAUC

Tenemos un comportamiento de decaimiento de la malla más grande a la de menor tamaño. El 92.87% que pasa la abertura de 3,360, lo que indica que este material contiene partículas más pequeña que la grava. En la siguiente malla que es la de abertura de 2,000, deja pasar material que tiene un tamaño de ceniza el cuál es el 85.74%.



Se puede apreciar que después que el material ha pasado por las aberturas de 3,360 y 2000 ya ha perdido solo el 14.26% del material en donde encontramos gravas y arenas, mientras que en las aberturas 1400 a la 53 se acumula 85.74% teniendo gran parte presencia de arenas, arcillas y limos.

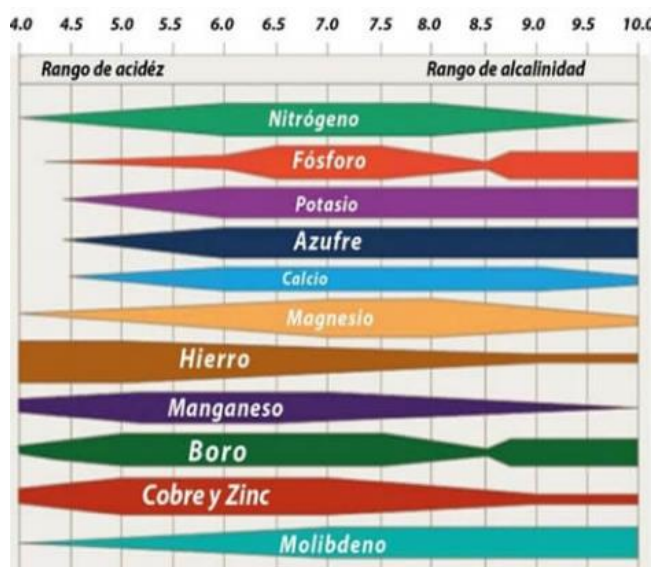
En el material retenido tenemos el 7.13% en la abertura de 3,360, indica material como es la grava, mientras que el 7.13% en la abertura 2,000 podemos encontrar material como lapilli. Encontramos dos picos en las en las mallas de abertura 500 y 250 teniendo una composición granular intermedia-fina, en donde encontramos cenizas, arenas limos y arcilla, siendo que solo el 1.02% se encuentra en la malla de abertura 53 por lo que nos indica un material muy fino.



Cuadro 6.6 Graficas de granulometría de Navenchauc

Análisis químicos

La determinación del pH es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dado que la solución del suelo es donde las raíces de las plantas toman los nutrimentos necesarios para su crecimiento y desarrollo. La escala de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0.



El pH también es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y

Ilustración 6.5 Disponibilidad de nutrimentos respecto al pH del suelo (INTAGRI, 2018).

biológicas del suelo que influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas. El pH dentro de un rango específico permite que la mayoría de los nutrientes mantengan su máxima disponibilidad. Por debajo de dicho rango se pueden presentar problemas de deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre o magnesio; mientras que por encima de este mismo rango la disponibilidad de micronutrientes (hierro, manganeso, cobre o zinc) se reduce (ilustración 6.5) (INTAGRI, 2018).

Como análisis preliminar, se midió el pH de las cenizas de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, para lo cual se tuvo que calibrar el potenciómetro con solución buffer pH 7, teniendo un pH de 5.45 de las cenizas de Apas, mientras que en Navenchauc encontramos un pH de 5.40, por lo que ambas muestras entran en un rango de pH ácido.

La descomposición de la materia orgánica aporta al suelo diferentes minerales y gases: amoníaco, nitratos, fosfatos, etc. Los cuales tienen en su mayoría un pH ácido. Estos son elementos esenciales para el metabolismo de los seres vivos y conforman la reserva trófica del suelo para las plantas, además de garantizar su estabilidad. La materia orgánica se determina mediante procesos como centrifugación de las muestras y titulación. Como análisis

preliminar se hizo el análisis de materia orgánica a las muestras de cenizas de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, por lo que se obtuvieron los gastos de sulfato ferroso (FeSO_4), para poder aplicar la fórmula para determinar la materia orgánica (cuadro 6.7), por lo que nos damos cuenta que ambos tienen muy poca cantidad de materia orgánica, esto se debe a que el punto de extracción fue en la parte central de cada flujo y no en los horizontes superficiales.

$\% \text{ de M.O} = 5 - (\text{ml de FeSO}_4 * \text{N Real}) / \text{gr de muestra} * 0.69$	
5 = Dicromato agregado	N= Normalidad real del sulfato ferrosos.
0.69 = Contante	N real = $10 * 0.5 / \text{ml. De FeSO}_4$ (gastados de blanco)
10 = Volumen teórico	0.5 = normalidad teórica
$\% \text{ de Materia Orgánica de Apas}$ $\% \text{ de M.O} = 5 - (9.5 \text{ de FeSO}_4 * 0.49) / 0.2 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 5 - (4.65) / 0.2 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 0.35 / 0.2 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 1.75 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 1.20$	$\% \text{ de Materia Orgánica de Navenchauc}$ $\% \text{ de M.O} = 5 - (9.8 \text{ de FeSO}_4 * 0.49) / 0.2 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 5 - (4.80) / 0.2 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 0.2 / 0.2 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 1 * 0.69$ $\% \text{ de M.O} = 0.69$

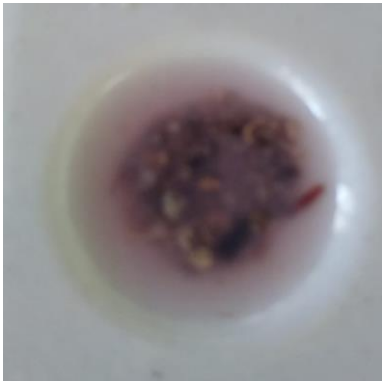
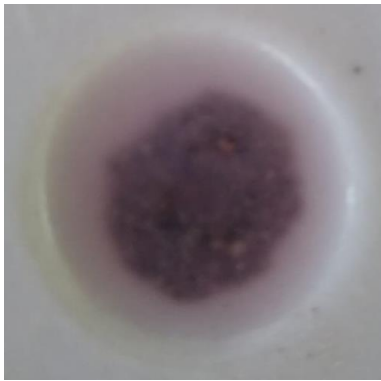
Cuadro 6.7 Determinación de Materia orgánica de Apas y Navenchauc

El alófono es un aluminosilicato no cristalino que no tiene una composición química definida, pero presenta una relación atómica Al/Si entre 1 y 2. Los minerales arcillosos no cristalinos o paracristalinos, como el alófono, se presentan en suelos derivados de cenizas volcánicas.

Están constituidos por partículas esféricas muy pequeñas ($100-500 \text{ \AA}$), que generalmente se aglomeran para formar agregados de mayor tamaño. Los alófonos contienen cantidades muy variables de K pero generalmente presentan muy bajo contenido. El alófono se forma en ambientes edáficos que presentan pH entre 4.9 y 7.0 y es importantes para identificar las propiedades ándicas de los suelos. Para determinarlo, se utilizan las reacciones de Fieldes y Perrotl, colocando un poco de suelo en la placa de porcelana y agregando 6 gotas de fluoruro

de sodio y 2 gotas de fenolftaleína y se observa que vire de rosa a morado, dejar reposar 5 min y mover con un agitador, para así poder evaluar el nivel de alófono.

Este proceso se realizó con las cenizas de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, por lo que se puede visualizar la cantidad presente de alófono en las cenizas (cuadro 6.8). El nivel bajo de alófono puede estar dado a la erosión que presento por varios años al estar expuesto al ambiente.

Alófono																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">APAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo color de rosa</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>XX</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>XXX</td> </tr> <tr> <td>Muy alto moderado</td> <td>XXXX</td> </tr> </tbody> </table> 	APAS		Bajo color de rosa	X	Medio	XX	Alto	XXX	Muy alto moderado	XXXX	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NAVENCHAUC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo color de rosa</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>XX</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>XXX</td> </tr> <tr> <td>Muy alto moderado</td> <td>XXXX</td> </tr> </tbody> </table> 	NAVENCHAUC		Bajo color de rosa	X	Medio	XX	Alto	XXX	Muy alto moderado	XXXX
APAS																					
Bajo color de rosa	X																				
Medio	XX																				
Alto	XXX																				
Muy alto moderado	XXXX																				
NAVENCHAUC																					
Bajo color de rosa	X																				
Medio	XX																				
Alto	XXX																				
Muy alto moderado	XXXX																				

Cuadro 6.8 Resultados de pruebas de Alófono de cenizas de Apas y Navenchauc

Análisis mineralógicos

Por otro lado, el reconocimiento de las rocas se puede hacer a partir de la identificación de los minerales que las conforman, partiendo de sus características distintivas que pueden observarse a simple vista y con un microscopio. La ilustración 6.6 muestra un ejemplo de una roca andesítica del domo de Navenchauc con diferentes minerales como plagioclasa, anfíbol y micas que se pueden observar a simple vista.



Ilustración 6.6 Muestra de rocas andesítica extraída del domo de Navenchauc

En cuanto a la interpretación de los análisis de los resultados de las mediciones en el laboratorio, encontramos que las muestras de ambos flujos se localizan en la misma zona textural, teniendo variación en los porcentajes de arena lo que significa que uno tiene material más fino que el otro, confirmándolo en la prueba de granulometría. Ambas muestras tienen un rango de pH ácido y poseen poca materia orgánica, debido muy probablemente a que las muestras se extrajeron en la zona central de los flujos, y no en los horizontes superficiales, lo cual también está relacionado al poco alófono que presentan.

Los análisis preliminares presentados aquí corresponde únicamente al material parental constituido por las cenizas de los flujos piroclásticos, pero este mismo análisis debe hacerse en los diferentes horizontes, para poder saber la composición física, química y mineralógica de los suelos correspondientes a los diferentes puntos de muestreos sugeridos en el cuadro 6.1 para poder evaluar las diferencias que se observan entre suelos asociados al material volcánico y los que se encuentran sobre roca caliza o en transición de ambos materiales. Con este análisis, se podrán ver también la influencia que tiene cada uno de los tipos de suelo en la agricultura, específicamente del maíz y determinar la influencia que la actividad volcánica de estos volcanes tiene asentadas actualmente en la zona.

La última etapa corresponde a la socialización que se realizan a través de intervenciones comunitarias, para ello se realiza una planificación, en donde se seleccionó otra zona volcánica, debido a las condiciones que se presentaron en la zona en estudio. Para ello se

realizó una la ficha de trabajo (tabla 6.9). Esta fue hecha de acuerdo al público al que nos estábamos dirigiendo el tiempo que se quería tener con su atención, así ellos puedan obtener la información impartida.

Ficha descriptiva de actividades para intervenciones comunitarias				
Fecha: 24 a 27 de septiembre de 2018	Duración : 2hrs	Lugar: Talquián, Chiapas	Dirigido a: Niños de 1ero y 2do de primaria	
Temas a impartir:				
<ul style="list-style-type: none"> • Generalidades (lava, magma, por qué hace erupción) y tipos de erupciones • Peligros Volcánicos • Síntomas (Señales de alerta) – sismos, fumarolas, vegetación • Antes, durante y después de erupción volcánica • Mochila • Plan de reencuentro familiar 				
Ponentes: María Fernanda Pascasio Narcia, Liliana Guadalupe Nájera Matías y Jesús Ernesto Velázquez López				
Materiales:				
Material didáctico: Pellón (Volcán con peligros) y tabloides (tipo de erupciones).				
Material dinámicas:				
Dinámica rompe hielo				
Cocodrilito loco //superhéroe				
Dinámica Aros: 17 aros “roca, lava, fuga”				
Material Experimentos:				
Experimento 1: Lava-Magma				
Material: Maizena, agua y sobre de Jamaica				
Experimento 2: Erupción				
Material: 3 peñafiel de fresa , y 3 pastillas efervescentes, pintura café				
Cronología de taller				
Tiempo	Duración (min)	Actividades	Responsables	Recursos
0:00-0:05	5	Presentación		
0:05-0:15	10	Dinámica rompe hielo Primaria: Cocodrilito loco	Fernanda y Liliana	N/A
0:15-0:25	10	Superhéroe volcán	Fernanda	Hojas y colores

0:25-0:30	5	Generalidades y tipos de erupciones	Equipo	N/A
0:30-0:40	10	Experimento 1: Lava-Magma	Equipo	Maizena, agua y sobre de Jamaica
0:40-0:45	5	Peligros volcánicos		PELLON
0:45-0:50	5	Síntomas (Señales de alerta) – sismos, fumarolas, vegetación	Equipo	N/A
0:50-1:00	10	Experimento 2: Erupción	Equipo	3 peñafiel de fresa, y 3 pastillas efervescentes, pintura café
1:00-1:05	5	Antes, durante y después de erupción volcánica	Equipo	NA
1:05-1:10	5	Ruta de evacuación: marearlos y seguir el camino	Equipo	Maskin
1:10-1:15	5	Mochila de emergencia e importancia	Equipo	N/A
1:15-1:25	10	Cartero trajo cartas: Mochila de emergencia	Equipo	Dibujos
1:25-1:30	5	Plan de reencuentro familiar	Equipo	N/A
1:30-1:40	10	Plan de reencuentro familiar: teléfono descompuesto	Equipo	N/A
1:40-1:45	5	Conclusiones	Equipo	N/A
1:45-1:55	10	Juego final Dinámica Aros: 17 aros “roca, lava, fuga”	Equipo	Aros
1:55-2:00	5	Cierre y despedida	Equipo	N/A

Tabla 6.9 Ficha descriptiva de actividades para intervenciones comunitarias

Este taller realizado, da paso al análisis, en donde encontramos que niños de primero y segundo de primaria, tienen los conocimientos esenciales sobre alertas y cómo actuar ante una situación de emergencia volcánica, en el desarrollo del taller los niños tenían claro todos los momentos que se les daba, e incluso hubo alguno el cual se fastidió al saber lo que se le impartía, una buena elección fueron los experimentos los cuales hacían que prestaran más interés.

Es por ello que si esta parte de la metodología se realiza en Apas y Navenchauc ayudara a entender como los habitantes de las comunidades de la zona en estudio realizan sus procesos de siembra y con base a los resultados obtenidos podríamos saber que métodos utilizan para que la poca fertilidad del suelo no tenga un impacto negativo para sus cosechas, al igual que hacer conciencia del lugar de donde viven actualmente.

Finalmente última parte es al análisis en conjunto de los laboratorios e intervenciones, se podrá entender de mejor manera como afecta los flujos piroclásticos y los suelos, con respecto a las siembras que ellos realiza, al igual de conocer y sugerir técnicas o métodos, para cultivar si en dado lo requieran.

7. RESULTADOS OBTENIDOS.

Se elaboró una propuesta metodológica para la caracterización de los suelos volcánicos asociados a los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc, que consiste en tres etapas: planeación, desarrollo y socialización. Para validar la aplicabilidad de esta propuesta, en la etapa de planificación se determinó la mejor ruta y se hizo una caracterización de la zona en estudio. En la etapa de desarrollo, se hizo una salida de campo de reconocimiento del sitio, en la cual se determinaron diferentes puntos de muestreos de los suelos con diferentes características (solo flujos piroclásticos, en roca caliza y en zona de transición), con los cuales se pudieron identificar las propiedades de cada tipo y determinar la posibles influencia del material volcánico en la fertilidad de los suelos. Así mismo, se recolectaron muestras de los flujos piroclásticos de Apas y Navenchauc y se hicieron análisis preliminares de laboratorio

para determinar las características físicas y químicas de este material parental, y validar los procedimientos de laboratorio. Finalmente, en la parte de Socialización, se hace una propuesta metodológica de intervenciones comunitarias en las comunidades para conocer sus técnicas agrícolas y darles a conocer los resultados obtenidos, para que en conjunto con la comunidad, se identifiquen las mejores técnicas para el mayor aprovechamiento del suelo.

La última etapa se ha podido llevar a cabo en otra zona volcánica, donde se han realizado intervenciones comunitarias, estas tienen como fin, dar a conocer los riesgos que implican vivir cerca de un volcán activo, por lo que se les enseña cómo actuar ante una situación de emergencia, obteniendo como resultado un conocimiento de ambas partes. Por lo que nos da un indicador de que mediante charlas las personas pueden cambiar, para mejorar su calidad de vida.

La última etapa se ha podido llevar a cabo en otra zona volcánica, donde se han realizado intervenciones comunitarias, estas tienen como fin, dar a conocer los riesgos que implican vivir cerca de un volcán activo, por lo que se les enseña a cómo actuar ante una situación de emergencia, en este caso las intervenciones fueron realizadas a nivel primaria, como diagnóstico se observó que los niños al tener charlas por varios años consecutivos de temas relacionados con riesgo volcánicos, tiende a adoptar los conocimientos al punto en donde se pueden explicar con claridad de cómo actuar en situaciones de riesgo tanto de volcanes como sísmicas. Por lo que nos da un indicador que mediante pláticas, actividades o talleres las personas pueden cambiar, para mejorar su calidad de vida.

Cabe mencionar, que en este trabajo no se pudo desarrollar la propuesta metodológica como tal debido a la contingencia sanitaria por el COVID-19 que afectó a México en los años 2020 y 2021, limitando la movilidad, el acceso a las comunidades y el trabajo de laboratorio. Sin embargo, se considera que la descripción teórica-práctica de esta metodología y los análisis preliminares presentados en este trabajo, faciliten su implementación y pueda llevarse a cabo esta importante y relevante investigación para el beneficio de las comunidades las cuales están rodeadas de una historia volcánica que en la actualidad esto ha traído repercusiones en su vida diaria.

8. ANEXOS, GRÁFICAS Y APÉNDICE.

8.1. Apéndice A: Formato de información de campo

DESCRIPCIÓN DEL PEDON									
NOMBRE DE LA INSTITUCION:									
PEDON ID :		NOMBRE DEL DESCRIPTO(ES):							
ID DEL SITIO					COORDENADAS				
Año :	País:	Pedón :			Latitud:	Longitud:	Datum:		
Estado:					Cuadrángulo Topográfico:				
Municipio:					Zona de estudio				
ESTADO DE TIEMPO					intervalo :	Elevación:	N° de Foto:		
Clima :					Método de Observación:				
Temperatura del suelo :					Material parental:				
Profundidad:					Lecho rocoso /roca madre:				
DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA									
Paisaje:					Forma de relieve:				
Micro-rasgo:					Rasgo Antropogénico:				
LOCALIZACIÓN FISIAGRÁFICA									
División Fisiográfica:					Sección Fisiográfica:				
Provincia fisiográfica:					Área fisiográfica del estado:				
Fisiografía local/ Nombre Geográfico:									
VEGETACIÓN									
Descripción (Rasgos representativos)					Dibujo (opcional)				
HORIZONTES DEL PERFIL									
ID	Dificultad de excavación	Profundidad (cm)	Horizonte	Color de Matriz		Textura	pH	Olor	Efervescencia
				Seco	Húmedo				
1									
2									
3									
4									

Tabla 10.1 Ficha descriptiva del pedón modificada, Shoeneberger (2002).

8.2 Apéndice B: Manual de llenado de formato

Estos datos fueron seleccionados según nuestras necesidades de la guía de campo para muestreo y descripción de suelos V.2 2002 de Schoeneberger (2002).

Descripción del sitio

- Nombre de la persona que describe.

Nombre (iniciales).- Registre el nombre de la persona que realizó la descripción. Ej., Erling E. Gamble o EEG.

- Fecha.

Mes/día/año. Registre fecha de la observación. Ej., 05/21/2002 (Mayo, 21, 2002).

- Estado del Tiempo.

Registre las condiciones climáticas predominantes el día de la observación. Ej., Lluviosos, 27°C.

Condiciones climáticas	Soleado/ despejado	Parcialmente nublado	Nublado	Lluvioso	Aguanieve	Nevando
código	SU	PC	OV	RA	SL	SN

- Temperatura del suelo

Registre la temperatura del suelo y la profundidad a la que fue determinada; Ej., 22°C, 50cm. (Nota: La taxonomía de suelos generalmente requiere que la temperatura sea tomada a 50cm de profundidad) La temperatura del suelo solo puede ser determinada de un pozo recién excavado que refleje las condiciones ambientales del suelo. Evite las superficies equilibradas con la temperatura del aire.

- Localización

Registre la localización geográfica del punto o área de interés tan precisa como sea posible. Las coordenadas geográficas de latitud y longitud son las preferidas (registre en grados, minutos, segundos (decimas de segundos), dirección y datum de referencia).

Latitud - Ej., 46°10'19.38" Latitud Norte.

Longitud –Ej., 95°23'47.16" Longitud Oeste.

- Nombre del datum (llamado nombre del datum horizontal en NASIS).

Muy importante: Registre el datum de referencia para latitud y longitud de cualquier mapa topográfico o del GPS usado; Ej. NAD 1983 (North América Datum, 1983) para la mayor parte de los Estados Unidos de América. Para México se usa el WGS84.

- Cuadrángulo Topográfico

Registre el nombre apropiado para el cuadrángulo topográfico (Ej. Nombre del cuadrángulo) en el cual se encuentra el sitio (Comúnmente use un mapa topográfico del USGS, en el caso de México la carta de impresión: Ej., Pollar Creek –NW;1:24,000;1972, Para el caso de México, Ej., Cherán E14 A21.

- Número de parada

Si la muestra/pedón son parte de un transecto, ingrese los dos dígitos de la parada o lo largo del transecto; ejemplo, 07.

- Intervalo.

Registre las distancias entre los puntos de observación, la orientación con brújula, y las coordenadas GPS; o dibuje un mapa de localización en las Notas de campo (Sección Definida por el Usuario). En PDP, si la observación es parte de un transecto, ingrese la distancia (en pies o metros) entre los puntos; ejemplo, 30m.

Información Geomorfológica

Localización fisiográfica

- División Fisiográfica
Ej., Planicies interiores o IN
- Provincia Fisiográfica
Ej., Tierras Bajas Centrales o CL
- Sección Fisiográfica
Ej., Sección DRIFTLESS de Wisconsin o WDS
- Área Fisiográfica de Estado (Opcional)
Ej., Wisconsin Dells
- Fisiografía Local/ Nombre Geográfico (opcional)
Ej., Cresta de Bob

Descripción Geomorfológica

- Paisaje
Ej., Estribaciones o FH
- Forma de relieve
Ej., Cresta o RI
- Micro-rasgo
Ej., Montículo o M
- Rasgo Antropogénico
Ej., Montículo de desechos o H

Vegetación/cubierta terrestre

Cubierta terrestre

- Tipo

Registra la cubierta terrestre dominante en el sitio; Ej., maderas duras y coníferas intercalados.

Tipo	Código	Tipo	Código
CUBIERTA ARTIFICIAL (A) – Cubierta sin vegetación; debido a la actividad humana.			
Transporte rural-caminos y vías férreas.	ARU	Urbano y edificaciones –ciudades, granjas e industrias.	AUR
TIERRA ESTERIL (B)- < 5% Cubierta natural vegetal o de construcciones.			
Culturalmente introducidos-filtraciones salinas, minas, excavaciones y áreas de desperdicio de petróleo	BCI	Otras tierras estériles-salinas, marisma, derrames de petróleo (slickpots), páramos.	BOB
Hielo o nieve permanente	BPS	Roca, arena o grava	BRK
CUBIERTA DE CULTIVO (c) – Incluye el ciclo entero de cultivo (preparación de la tierra, cosecha o los residuos de la cosecha) para plantas herbáceas anuales o perenes.			
Cultivos de hileras o al voleo – trigo, arroz, avena y centeno; granos pequeños.	CCG	Cultivos en surcos-maíz, algodón, soja, tomates y similares, tulipanes.	CRC
Cubierta Herbácea (G)/Hierba - > 50% hierba, similar hierba (juncos), o cubierta herbácea, musgos, líquenes, helechos; no leñosas.			
Tierras de heno-alfalfa, festuca	GHL	Pradera, sabana - 10 a 20% de cubierta arbórea.	GRS
Pantanos – gramíneas y similares	GML	Pradera arbustiva - 20 a 50% de cubierta arbustiva.	GRH
Pastura introducidas - Festuca	GPL	Pradera, tundra	GRT
Pradera Graminosa: < 10% de árboles, < 20% de arbustos; Campo ganadero empleado para heno como pastura	GRG	Otra cubierta de pastos y herbáceas	GOH
Arbustos (s) - > 50% de arbusto o vid o cobertura de dosel.			
Arbustos de cosecha – avellana, zarzamora y viveros para plantas ornamentales.	SCS	Arbustos silvestres, encinos – gobernadura, juniperus, mezquite; pradera con > 50% de cobertura arbustiva.	SNS
Cultivo de vides – uvas, zarzamora, frambuesas.	SCV	Otra cobertura arbustiva	SOS
Cobertura arbórea (T) - > 25% de cobertura de copas por plantas maderables, naturales o plantadas.			
Coníferas – pino, picea, abeto.	TCO	Pantanos – árboles, arbustos.	TSW
Árboles cultivables – nogales ,frutales, vivero, árboles navideños	TCR	Tropicales – manglares y palmas reales	TTR
Maderas duras – roble, nogal, olmo.	THW	Coberturas arbóreas	TOC
Mezclado entre maderas duras y coníferas – sistemas encino –pino	TIM		
Agua (w) – agua en la superficie terrestre; incluye agua congelada estacionalmente.			

Material parental

Registre los Tipo(s) y Unidades Litoestratigráficas de material no consolidado (regolita) del cual el suelo es derivado. Propuesta en NASIS – actualmente registrado como Notas Miscelaneas de campo. Si el suelo es derivado directamente del lecho rocoso subyacente (ejemplo, granito), identifique el Material Parental como granito meteorizado, saprolita, o residuo y registre el apropiado Tipo de Lecho Rocosos. En Caso de que se múltiples Materiales Parentales deben ser señalados; ejemplo, loess, sobre colluvio, sobre residual. Utilice prefijos numéricos en los campos designados Horizonte para indicar Materiales Parentales diferentes (discontinuidades litológicas); Ejemplo. A, BE, 2Bt, 3C; Peoria Loess, o formación Calvert.

Tipo	Código		Tipo	Código	
DEPÓSITOS VOLCANICOS (no consolidados; eólicos y de movimiento en masa)					
Ceniza (<2mm)	H	ASH	Ceniza (2-64 mm) “brazas”	-	CIN
Ceniza, ácida	-	ASA	Lahar (flujo vulcanoclástico de barro)	-	LAH
Ceniza, andesítica	-	ASN	Lapilli (2-64 mm, 2.0gs) 5	-	LAP
Ceniza, basáltica	-	ASB	Flujo piroclástico	-	PYF
Ceniza, básica	-	ASC	Oleada piroclástica	-	PYS
Flujo de ceniza (Piroclástico)	-	ASF	Pumita (<1.0 s gs) 5	-	SCO
Bombas (>64mm)	-	BO M	Escoria (> 2.00gs) 5	-	SCO
			Tefra (eyectos diverso)	-	TEP

Lecho rocoso

Describe la naturaleza de la roca dura continua subyacente al suelo. Especifica el Tipo, Intervalo de fracturas, Dureza y Clase de Meteorización. También registre las unidades litológicas, si es posible; ejemplo., Formación de Dakota. Propuesta de NASIS; actualmente se registra bajo notas Miscelaneas de campo.

Tipo	Código		Tipo	Código	
	PD	NASI		PD	NASI
	P	S		P	S
IGNEA – INTRUSIVA					
Anortosita	-	ANO	Piroxenita	-	PYX
Diabasa	-	DIA	Diorita de cuarzo	-	QZD
Diorita	-	DIO	Monzonita de cuarzo	-	OZM
Gabro	-	GAB	Sienita	-	SYE
Granito	IA	GRA	Sienodiorita	-	SYD
Granodiorita	-	GRD	Tachilita	-	TAC
Monzonita	-	MON	Tonalita	-	TOC
Peridotita	-	PER	Roca Ultramáfica	-	UMU
IGNEA – EXTRUSIVA					
Lava a'a	P8	AAL	Lava pahoehoe	P6	PAH
Andesita	I7	AND	Espuma (pillow)	-	PIL
Basalto	I6	BAS	Pumita (Flujo,coherente)	E6	PUM
Lava en bloque	-	BLL	Riolita	-	RHY
Dacita	-	DAC	Escoria (masa coherente)	E7	SCO
Latita	-	LAT	Traquita	-	TRA
Obsidiana	-	OBS			
IGNEA – PIROCLASTICA					
Ignimbrita	-	IGN	Toba,soldada	-	TFW
Piroclásticos (consolidados)	PO	PYR	Toba, brecha	P7	TBR
Flujo piroclásticos	-	PYF		P4	VBR
Oleada piroclásticos	-	PYS		P5	AVB
Toba	P1	TUF	Arenisca volcánica	P6	BVB
Toba, ácida	P2	ATU	Piedra de arena volcánica	-	VST
Toba, básica	P3	BTU			
METAMÓRFICA					
Anfibolita	-	AMP	Metavolcánica	-	MVO
Gneis	M1	GNE	Mica Esquisto	-	MSH

Granofels	-	GRF	Migmatita	-	MIG
Granulita	-	GRL	Miolonita	-	MYL
Esquisto verde	-	GRE	Filita	-	PHY
Hornfels	-	HOR	Esquisto	M5	SCH
Mármol	L2	MAR	Serpentinita	M4	SER
Metaconglomerado	-	MCN	Pizarra	M8	SLA
Metacuarcita	M9	MQT	Esteatita (talco)	-	SPS
Roca metasedimentaria	-	MSR			
SEDIMENTARIAS – CLÁSTICAS					
Arenita	-	ARE	Fangolita	-	MUD
Argilita	-	ARG	Ortoquarcita	-	OQT
Arcosa	A2	ARK	Pircelanita	-	POR
Brecha, no volcánica (fragmentos angulares)	-	NBR	Arenisca	AO	SST
Brecha, no volcánica, acida	-	ANB	Arenisca, calcárea	A4	CSS
Brecha, no volcánica, básica	-	BNB	Lutita	HO	SST
Arcilita	-	CST	Lutita acida	-	ASH
Conglomerado (fragmentos redondeados)	CO	CON	Lutita calcárea	H2	CSH
Conglomerado, calcáreo	C2	CCN	Lutita arcillosa	H3	YSH
Fanglomerado	-	FCN	Limolita	TO	SIS
Arcilla glauconítica	-	-	Limolita, calcárea	T2	CSI
Graucava	-	GRY			
EVAPORITAS, ORGANICAS Y PRECIPITADOS					
Creta	L1	CHA	Caliza, arenosa	L5	ALS
Ftanita	-	CHE	Caliza, arcillosa	L6	RLS
Carbón	-	COA	Caliza, ftanítica	L7	CLS
Dolomita	L3	DOL	Caliza, fosfática	L4	PLS
Yeso	-	GYP	Travertino	-	TRV
Caliza	LO	LST	Toba (tuff)	-	TUA
INTERESTRATIFICADAS (capa alternativa de distintas litologías sedimentarias)					
Caliza-arenisca-lutita	B1	LSS	Arenisca – lutita	B5	SSH
Caliza-arenisca	B2	LSA	Arenisca – limolita	B6	SSI
Caliza-lutita	B3	LSH	Lutita -limolita	B7	SHS
Caliza-limolita	B4	LSI			

Método de observación

Tipo	Código	Criterio :Tipos (tamaños comunes o rangos)
PARED (cara de perfil)/Piso.- Área o Exposición sin perturbar		
Hoyo pequeño	SP	EJ., cavado manualmente (<1m x 2m)
Pozo pedológico (trinchera)	TR	Retroexcavadora, zanja profunda (>1 m x 2)
Corte biselado o en ángulo	BC	EJ., corte de camino, talud de rio, pared de banco de préstamo de tamaño medios >60% de pendiente (Ej., >4m,>33m)
Pozo muy grande o cantera	LP	Banco de préstamo grande o cantera con bancos irregulares (ej.,> 33 m)

Nomenclatura de horizontes

Use letras mayúsculas para identificar horizontes principales; ej. A, B.

Profundidad del horizonte

Registre la profundidad superior e inferior de cada horizontes; especificando las unidades (cm preferentemente); ej., 15-24 cm, empiece a medir (valor cero) desde la superficie del terreno, el cual no es necesariamente la superficie del suelo mineral.

	Datum cero para los mismos horizontes		
Horizonte	Oe 0-5 cm	A 5-15 cm	E 15-24 cm

Color de la matriz de suelo

Identificar el color de la matriz del suelo usando la notación Münsell.

Condición de humedad, registre la condición de humedad al momento de la descripción; ej., húmedo (no confundir con el estado del agua en el suelo).

Condición de humedad	Seco	Húmedo
Código	D	M

Si el suelo está húmedo, obviamente no se podrá describir el color en seco.

Textura del suelo

Es la proporción relativa de arenas, limos y arcillas en el suelo. El arena, limo y arcilla es estimado al tacto en campo (o medido en laboratorio o gabinete mediante hidrómetro o pipeta) y después se ingresa al triangulo textural y se determina la clase textural.

Dificultad de excavación

Fuerza o energía relativa requerida para cavar en el suelo. Describa la clase de dificultad de excavación y la condición de humedad (húmedo o seco, pero no mojado); utilice la tabla de selección “(suelo) estado del agua”; ejemplo, moderado, húmedo o M, M. Las estimaciones se pueden realizar para la capa más limitante o para cada horizonte.

Clase	Código	Criterio
Bajo	L	La excavación con pala requiere solo la presión del brazo; no es necesaria la energía de impacto ni la presión de pie.
Moderado	M	La excavación a paleo libre requiere energía de impacto o presión del pie; la presión de brazo no es suficiente.
Alto	H	La excavación con pala es difícil, pero se facilita utilizando un pico, golpeando con largo envión.
Muy alto	VH	La excavación con pico, golpeando con largo envión es de moderada a marcadamente difícil. La excavación con arado de cincel impulsado con un tractor de 50-80 hp puede realizarse en un tiempo moderado.
Extremadamente alto	EH	La excavación con pico es prácticamente imposible. La excavación con arado de cincel impulsado por un tractor de 50-80hp no se realiza en un periodo razonable.

Respuestas químicas

Las respuestas químicas es el grado de respuestas que tienen una muestra de suelo a la aplicación de alguna solución química o a la medición de un valor químico. La respuesta se utiliza para identificar la presencia o ausencia de algunos materiales; para hacer una evaluación cualitativa de la cantidad presente; para medir la intensidad del parámetro químico o para identificar la presencia de especies químicas en el suelo.

Reacción (pH)

Registre pH y método; registre el valor del pH en el límite más preciso del método. El método preferido es como un pH-metro de 1:1 (agua: suelo).

Términos descriptivos	Código	Criterio : Rango de pH
Ultra ácido	#	<3.5
Extremadamente ácido	#	3.5 a 4.4
Muy fuertemente ácido	#	4.5 a 5.0
Fuertemente ácido	#	5.1 a 5.5
Moderadamente ácido	#	5.6 a 6.0
Ligeramente ácido	#	6.1 a 6.5
Neutral	#	6.6 a 7.3
Ligeramente alcalino	#	7.4 a 7.8
Moderadamente alcalino	#	7.9 a 8.4
Fuertemente alcalino	#	8.5 a 9.0
Muy fuertemente alcalino	#	< 9.0

Olor

Registre la presencia de cualquier olor fuerte, por horizonte. De no haber entrado implica que no hubo olor.

Tipo de Olor	Código	Criterio
Ninguno	N	Ningún olor detectado
Petroquímico	P	Presencia de gasolina sólida o líquida, aceites, chapopote, etc.
Sulfuroso	S	Presencia de H ₂ S (ácido sulfhídrico): “huevo podrido”; comúnmente relacionado con suelos fuertemente reducidos y con compuestos de sulfuro.

Efervescencia

Respuesta gaseosa (visto como burbujas) del suelo a la aplicación de HCl, H₂O₂ u otros químicos. Comúnmente se utiliza HCl con concentración 1N o 10%. Aplique el químico en la matriz del suelo. Registre la respuesta observada (clase de efervescencia) y al agente químico empleado.

Clase de efervescencia	Código		Criterio
	PDP	NASIS	

No efervescente	4	NE	No hay formación de burbujas
Efervescencia muy ligera	0	VS	Poca formación de burbujas
Efervescencia Ligera	1	SL	Formación de numerosas burbujas
Efervescencia Fuerte	2	ST	Las burbujas forman espuma pequeña
Efervescencia Violenta	3	VE	Las burbujas forman espuma gruesa

8.2 Apéndice C: Formato intervenciones comunitarias

Ficha descriptiva de actividades para intervenciones comunitarias				
Fecha:	Duración:	Lugar:	Dirigido a:	
Temas a impartir:				
Ponentes:				
Materiales:				
Cronología de taller				
Tiempo	Duración(min)	Actividades	Responsables	Recursos

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Libros

Cosío, J. J. (2011). Los Andosoles (WRB 1998): Suelos Volcánicos. Un Universo invisible bajo nuestros pies.

INTAGRI (2018). Disponibilidad de Nutrientes y el pH del suelo. Serie Nutrición Vegetal. Núm.113, 4.

Llinares, M., Ortiz, R., & Marrero, J. (2004). Riesgo Volcánico. Dirección general de protección civil y emergencias. Ministerio del interior. España. (pp. 07-100).

Lippert, A., Sevillano Reimers, C., & Millán Fraile, R. (2011). Estudio de los volcanes (pp. 03-18).

Molist, J. (2011). ¿Qué sabemos de? Lo Volcanes. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la Catarata. (p. 144).

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (2008). Base referencial mundial del recurso suelo (103). Roma, Italia: NP.

Shoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D (2002). Field Book for describing and sampling soils, versión 2.0. Natural Resources Conservation service. National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Tarbut, F. (2005). Ciencias de la Tierra: Introducción a la geología física. Madrid: Person Educación S.A.

Artículos y Tesis

Damon, P., & Montesinos, E. (1978). Late Cenozoic Volcanism and Metallogenesis over an active Benioff zone in Chiapas, México. In Arizona Geological Society Digest 11: 155-168

Mora Chaparro, J., Jaimes-Viera, M., Garduño-Monroy, V., Layer, P., Pompa-Mera, V., & Godínez, M. (2007). Geology and geochemistry characteristics of the Chiapanecan Volcanic Arc (Central Area), Chiapas Mexico. Journal of Volcanology and Geothermal Research (162 p. 43-72).

Mora, J., Layer, P., & Jaimes-Viera, M. (2012). New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages from the Central Part of the Chiapanecan Volcanic Arc, Chiapas, México. Geofísica Internacional 51 p. 39-49.

Nencetti, v., Tassi, F., Vaselli, O., Macías, J., Magro, G., & Capaccioni, B. et al. (2004). Chemical and isotopic study of thermal springs and gas discharges from Sierra de Chiapas, Mexico. *Geofísica Internacional*. 44 p. 39-48.

Viera, M. d. (2006). *Geología y Geoquímica de la parte central del Arco volcánico chiapaneco, México* (Tesis de Maestría). CDMX: UNAM.

Páginas de internet

Alvarado Induni, G. E. (1990). Los relieves de las rocas ígneas: génesis, clasificación y aplicabilidad (1a ed, Vol. 1). Recuperado de https://revistas.tec.ac.cr/public/libros-gratis/Los_Relieves_de_las_Rocas_Igneas.pdf

Arndt, N., & Leshner, C. M. (2004). Komatiite. Recuperado 12 de abril de 2021, de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00101712/document>

Ávila, G. D. (2021, 13 enero). Qué es el granito y cómo se forma. Recuperado 11 de abril de 2021, de <https://geolodiaavila.com/2017/03/03/que-es-el-granito-y-como-se-forma/>

CEIEG. (2006). Edafología (Serie II). Obtenido de <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb>

CEIEG. (2006). Fallas y fracturas obtenido de <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb>

CEIEG. (2006). Ríos. Obtenido de <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb>

CEIEG. (2006). Geología. Obtenido de <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb>

CEIEG. (2006). Municipios. Obtenido de <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb>

CENAPRED-UNAM. (08 de Octubre de 2018). Calibración de datos de nubes de ceniza para los Volcanes Mexicanos. Obtenido de http://www1.cenapred.unam.mx/SUBCUENTA/30a%20SESI%C3%93N%20ORDINARIA/V.%20GOES_16/Ceniza/Actividad%2031%20Recopilaci%C3%B3n%20de%20publicaciones%20cient%C3%ADficas.pdf

C. (2020, 31 octubre). Definición de Suprayacente · Qué es, Significado y Concepto. Recuperado 9 de abril de 2021, de <https://definicionesdepalabras.com/definicion-de-suprayacente/#:%7E:text=La%20definici%C3%B3n%20de%20suprayacente%20es,debajo%20de%20algo%20en%20particular.>

Chiapas, C. (2006). Geoweb Chiapas. Recuperado de <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb/>

Conociendo la Riolita, sus características, propiedades y usos. (2018, 7 junio). Recuperado 12 de abril de 2021, de <http://www.geoseismic.cl/riolita/>

Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (2014a, agosto 23). DIORITA. Recuperado 11 de abril de 2021, de <https://petroigne.wordpress.com/tiposrocosos/afloramientos-en-rocas-plutonicas/diorita/>

Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (2014, 23 agosto). PERIDOTITAS. Recuperado 11 de abril de 2021, de <https://petroigne.wordpress.com/tiposrocosos/afloramientos-en-rocas-plutonicas/peridotita/>

Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (S.F). LACOLITOS Y LOPOLITOS. Recuperado 4 de julio de 2021, de <https://petroigne.wordpress.com/lacolitos-y-lopolitos/>

González Cárdenas, E. (2020). GLOSARIO, from <http://previa.uclm.es/profesorado/egcardenas/glosario.htm>

INEGI. (2021, 25 febrero). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado 26 de febrero de 2021, de <https://censo2020.mx/actualizacion-de-los-sistemas-de-consulta/>

Instituto Nacional de Ecología. (s. f.). Recuperado 24 de junio de 2021, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/421/cap3.html>

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA. (s.f). TIPOS DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS. Obtenido de <http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/TIPOS%20DE%20ERUPCIONES%20VOLC%C3%81NICAS.pdf>

INSUGEO. (2010). Capítulo 5 - Cuerpos intrusivos o plutónicos - Elementos Básicos De Petrología Ignea - Miscelanea 18 - INSUGEO. Recuperado 9 de abril de 2021, de http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/05.htm

INSUGEO. (2010). Capítulo 5 - Cuerpos intrusivos o plutónicos - Elementos Básicos De Petrología Ignea - Miscelanea 18 - INSUGEO. Recuperado 9 de abril de 2021, de http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/05.htm

Lamenca, M. B. (1976). Suelos agrícolas volcánicos de América Central | Anuario de Estudios Centroamericanos. Recuperado 30 de abril de 2021, de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/3850>

López, P. (2016, 3 mayo). EL SUELO, RECURSO RENOVABLE FRÁGIL | LÓPEZ | Gaceta UNAM (2010–2019). Recuperado 22 de junio de 2021, de <http://www.acervo.gaceta.unam.mx/index.php/gum10/article/view/80292>

Maldonado, Y. (2020a, agosto 5). ▷ Basalto [Características] Propiedades ópticas, usos. Recuperado 12 de abril de 2021, de <https://geologiaweb.com/rocas-igneas/basalto/>

Maldonado, Y. (2020, 10 agosto). ▷ Gabro Roca [Características] Tipos, Propiedades y Usos. Recuperado 11 de abril de 2021, de <https://geologiaweb.com/rocas-igneas/gabro/>

Maldonado, Y. (2020e, octubre 10). ▷ Granito [Tipos] Características, Propiedades y Usos. Recuperado de <https://geologiaweb.com/rocas-igneas/granito/>

Maldonado, Y. (2021, 22 mayo). ▷ Andesita [características] Propiedades ópticas, usos. Recuperado de <https://geologiaweb.com/rocas-igneas/andesita/>

Perez, R. (2012). Contacto » VOLCANPEDIA, from <http://www.volcanpedia.com/contacto/>

R.E.A.D.E.R.'S.D.I.G.E.S.T.M.É.X.I.C.O.(2017, 13 enero). ¿Qué es el limo? Recuperado 30 de abril de 2021, de <https://selecciones.com.mx/que-es-el-limo/>

Rocas y Minerales. (2018, 11 junio). Riolita | Características, propiedades, localización, uso, información | Roca. Recuperado de <https://www.rocasyminales.net/riolita/>

SEMARNAT. (s. f.). Suelos. Recuperado 12 de abril de 2021, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

Servicio Geológico Mexicano. (2017, 22 marzo). Rocas ígneas. Recuperado 9 de abril de 2021, de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html>

Servicio Geológico Mexicano. (2017b, marzo 22). Rocas sedimentarias. Recuperado 9 de abril de 2021, de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-sedimentarias.html>

Sieron, K. (2013). Vulcanismo. Obtenido de <https://www.uv.mx/apps/vulcanismo/>

Toselli, A. J. (2010). Elementos básicos de petrología. Obtenido de http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/pdf/toselli_misclanea_18_elementos_basicos_de_petrologia_ignea.pdf

Unidad de Microrregiones. (2015). NAVENCHAUC. Recuperado de <http://www.microrregiones.gob.mx/cedulas/localidadesDin/c1a.asp?micro=MICRORREGION%207&clave=071110010&nomloc=NAVENCHAUC>

Universidad de Alicante. (s.f). dacita. Atlas Digital de Petrología Ígnea y Metamórfica. Recuperado 4 de junio de 2021, de <https://web.ua.es/es/pim/roca-volcanicas/dacita.html>

W.G. (s. f.). Introducción: El magma y las rocas ígneas - Apuntes Geología General. Recuperado 9 de abril de 2021, de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04.htm>