

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS



**PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DEL PARQUE NACIONAL VOLCÁN DE PACAYA**

ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS



**PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DEL PARQUE NACIONAL VOLCÁN DE PACAYA**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRÓNOMO EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR MAGNIFICO
MÉDICO VETERINARIO LUIS ALFONOSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	ING. AGR. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ
VOCAL PRIMERO:	ING. AGR. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO:	ING. AGR. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA
VOCAL TERCERO:	ING. AGR. DANILO ERNESTO DARDON AVILA
VOCAL CUARTO:	MA. ELMER ANTONIO ALVAREZ CASTILLO
VOCAL QUINTO:	PER. MIRIAM EUGENIA ESPINOZA PADILLA
SECRETARIO:	ING. AGR. PEDRO PELAEZ REYES

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

Guatemala, Noviembre de 2005

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DEL PARQUE NACIONAL VOLCAN DE PACAYA.**

como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

Estuardo Enrique Lira Prera

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Quien me ha guiado por el camino del bien y ha llenado de bendiciones mi vida.
- MIS PADRES:** Miguel Angel y Hilda, a quienes debo lo que soy por su ejemplo, formación y amor.
- MIS ABUELOS:** Abuelo Juan, Abuelita Argentina (QEPD) y Abuelita Cata, ejemplos de amor y de vida.
- FAMILIA LIRA GRACIAS:** Juan José, Paty e Isabella.
- MIS HERMANOS:** Miguel y Marlon, que me han acompañado en todos los momentos.
- MI ESPOSA:** Marlen Rojas Alvarez, de quien me enamoré en el primer momento y completó mi vida con felicidad.
- MIS TIOS MATERNOS:** Carlos y Tía Albita, quienes han sido mis otros padres.
- MIS PRIMOS:** Juan Carlos y José David, quienes han sido mis otros hermanos.
- MIS TIOS PATERNOS:** Benedicto, Aura, Emigdio, Meme, Rolando, Betty y Dora; quienes siempre han estado allí para apoyarme.
- MIS AMIGOS:**
Los de siempre: Glenda Lee, Eduardo Táger, Carlos Soto y Gabriela Castillo.
Los del Fútbol: Alfredo Suárez y Claudia, Pablo Balanyá y María José.
Los USGS: Manolo Barillas, Lorena Aguilar, Alfredo Arévalo, Gaby Juárez, Willy Rodríguez y Xavier Carrillo.
Los de Holanda: Giovanni, Mario y Ana.
Los Esprede: Juan Carlos Argueta, German, Jorge Mario, Jorge Cabrera, Alexander González, Javier Saborío.
Los de la FAUSAC: Mynor Díaz, Rodrigo González, Roberto Samayoa, Yves Paiz, Mariela Melendez, Baudilio Jordán, Adolfo García.
Las del colegio: Lucía Escobar, Lily Barrera.
- FAUSAC:** Mi Casa de estudios y lugar de formación no solo académica, sino como persona.

TESIS QUE DEDICO

A MI ABUELITA ARGENTINA (QEPD) CON QUIEN ESTARE EN ETERNA DEUDA POR NO HABERSELA DEDICADO EN VIDA, PERO IGUAL ETERNAMENTE AGRADECIDO POR SER EL MEJOR EJEMPLO DE TERNURA, SACRIFICIO Y AMOR FRATERNAL.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Hugo Antonio Tobías por asesorarme en esta tesis y en la academia.

Ing. Agr. Gilberto Alvarado, mi supervisor de EPS.

Juan Carlos Rosito, por su apoyo en esta investigación.

Gonzalo González, Edgar Duarte Pineda, Carlos Malín Morales por acompañarme en el trabajo de campo.

INAB, INSIVUMEH y CONRED, por proveerme de la información necesaria para realizar este trabajo.

FAUSAC, USGS, ITC, ESPREDE que me brindaron los conocimientos para hacer esta tesis.

Ing. Agr. Aníbal Sacbaja y Laboratorio de Suelos, por los análisis de suelos.

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 Marco conceptual	3
3.1.1 Ordenamiento territorial	3
3.1.2 Plan de ordenamiento territorial	4
3.1.3 Proceso ordenador	4
3.1.4 Implementación del plan de ordenamiento territorial	6
3.1.5 Estructura metodológica	6
3.1.6 Áreas protegidas	10
3.1.7 Amenaza volcánica	12
3.2 Marco referencial	22
3.2.1 Ubicación del Volcán de Pacaya	22
3.2.2 Tipos y características generales del Volcán de Pacaya	22
3.2.3 Forma, estructura e historia del Volcán	25
3.2.4 Recursos naturales	27
3.2.5 Centros poblados afectados	30
4. OBJETIVOS	31
4.1 General	31
4.2 Específicos	31
5. METODOLOGIA	32
5.1 Primera fase de gabinete	35
5.1.1 Caracterización biofísica	35
5.1.2 Estudios socioeconómicos	36
5.1.3 Amenazas naturales	36
5.2 Primera fase de campo	37
5.2.1 Caracterización biofísica	37
5.2.2 Amenazas naturales	37
5.3 Segunda fase de gabinete	37
5.3.1 Caracterización biofísica	37
5.3.2 Caracterización socioeconómica	37
5.3.3 Amenazas naturales	37
5.4 Segunda fase de campo	37
5.5 Fase de laboratorio	38
5.6 Tercera fase de gabinete	38
5.7 Fase final de gabinete	38
5.8 Procesado de la información	38
6. Resultados	42
6.1 Fisiografía	42

6.1.1 Paisaje Microcuenca Calderas	42
6.1.2 Paisaje Cerro Chino	43
6.1.3 Paisaje Cerro Grande	44
6.1.4 Paisaje Cono Mackenny	45
6.1.5 Paisaje Cono Parasítico	46
6.1.6 Paisaje Flujos de Lava	47
6.1.7 Paisaje Rellenos de Pómez	48
6.1.8 Paisaje Cono Original Residual	49
6.2 Clima	53
6.2.1 Precipitación pluvial y temperatura	53
6.2.2 Vientos	54
6.3 Pendientes	59
6.4 Suelos	62
6.4.1 Andisoles	62
6.4.2 Entisoles	64
6.5 Capacidad del uso de la tierra	67
6.6 Cobertura vegetal y uso de la tierra (año 2004)	70
6.6.1 Asociación de flujos de lava y piroclastos con pastos	70
6.6.2 Flujos de lava y piroclastos	70
6.6.3 Cultivo de café	71
6.6.4 Tierra con cultivos	72
6.6.5 Bosque de latifoliadas	72
6.6.6 Asociación de flujos de lava y piroclastos con coníferas	73
6.6.7 Asociación cultivos con arbustales	73
6.6.8 Arbustales	73
6.6.9 Centros poblados	74
6.6.10 Asociación de cultivo de café con otros cultivos	75
6.6.11 Bosque secundario (arbustal)	75
6.6.12 Asociación de latifoliadas con cultivos	75
6.6.13 Cuerpo de agua (Laguna Calderas)	75
6.6.14 Asociación de pastos con cultivos	76
6.6.15 Asociación de arbustales con pastos	76
6.6.16 Tierras con pastos naturales	76
6.7 Amenazas naturales	79
6.7.1 Caída de ceniza	79
6.7.2 Flujos de lava	81
6.7.3 Actividades para la prevención de los efectos de las erupciones volcánicas	81
6.8 Análisis del marco legal vigente para el Parque Nacional Volcán de Pacaya	86
6.9 Propuesta de límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya	88
6.10 Consideraciones socioeconómicas	91
6.10.1 Población	91
6.10.2 Educación	94
6.10.3 Salud	97
6.10.4 Servicios de aguas, drenajes y energía eléctrica	97

6.10.5 Infraestructura y servicios	98
6.10.6 Seguridad	100
6.10.7 Etnias	100
6.10.8 Religión	100
6.10.9 Organización social	101
6.10.10 Población económicamente activa	101
6.10.11 Actividades productivas	102
6.10.12 Situación del turismo en el Volcán de Pacaya	105
6.11 Intensidad de uso de la tierra	109
6.12 Propuesta de ordenamiento territorial	112
6.12.1 Bases para la propuesta de ordenamiento territorial	112
6.12.2 Propuesta de usos de la tierra en el Parque Nacional Volcán de Pacaya	113
6.12.3 Programa de ordenamiento territorial del Parque Nacional Volcán de Pacaya	113
7. CONCLUSIONES	120
8. RECOMENDACIONES	121
9. BIBLIOGRAFIA	122
10. ANEXOS	124

ÍNDICE DE CUADROS	
Cuadro 1. Clasificación de la tefra de acuerdo a su tamaño	15
Cuadro 2. Análisis de laboratorio realizados a las muestras de suelos	39
Cuadro 3. Leyenda de interpretación Fisiográfica aplicada al Volcán de Pacaya y su área de influencia	50
Cuadro 4. Direcciones de los vientos superiores en Guatemala, 1982 – 1986. Porcentajes de vientos provenientes de cada dirección.	54
Cuadro 5. Áreas (ha) para Rangos de Capacidad de Uso de la Tierra, de acuerdo a la escala de la Metodología de USDA	59
Cuadro 6. Áreas (ha) para Rangos de Capacidad de Uso de la Tierra, de acuerdo a la escala de la Metodología de INAB (Región Fisiográfica Tierras Altas Volcánicas)	59
Cuadro 7. Unidades de Suelos encontradas en el área de estudio	65
Cuadro 8. Unidades de Capacidad de Uso de la tierra, Metodología INAB	67
Cuadro 9. Unidades de Capacidad de Uso de la tierra, Metodología USDA	67
Cuadro 10. Cobertura de la tierra y áreas (ha)	77
Cuadro 11. Acumulación de Ceniza para la erupción del 20 de mayo de 1998	79
Cuadro 12. Láminas de ceniza esperada en los poblados (Junio a Octubre)	79
Cuadro 13. Láminas de ceniza esperada en los poblados (Enero a Marzo)	80
Cuadro 14. Coberturas amenazadas en la época de junio a octubre	80
Cuadro 15. Coberturas amenazadas en la época de enero a marzo	81
Cuadro 16. Cobertura amenazada por los flujos de lava	81
Cuadro 17. Comparación de las tres propuestas de límites para el Área Protegida Volcán de Pacaya	89
Cuadro 18. Información poblacional según el Censo 2002	92
Cuadro 19. Información poblacional según el Censo 1994	92
Cuadro 20. Diferencias de la población entre el censo del año 2002 y el año 1994	93
Cuadro 21. Diferencias en la población entre los censos, expresadas en % respecto al censo de 1994	93
Cuadro 22. Información educacional según el Censo 2002	95
Cuadro 23. Información educacional según el Censo 1994	95
Cuadro 24. Diferencias en educación entre el censo del año 2002 y el año 1994	96
Cuadro 25. Porcentaje de viviendas con acceso a servicios de agua, drenajes y energía eléctrica	97
Cuadro 26. Población Indígena y No Indígena según el Censo 2002	100
Cuadro 27. Población Económicamente Activa según el Censo 2002	101
Cuadro 28. Visitas e ingresos al Parque Nacional Volcán de Pacaya (1999 al 2004)	105
Cuadro 29. Ponderación de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra	109
Cuadro 30. Ponderación de las Coberturas de la Tierra	109
Cuadro 31. Percentiles para los valores de intensidad	110
Cuadro 32. Valores máximos y mínimos de intensidad utilizados para la clasificación	110
Cuadro 33. Área para cada intensidad de uso en el área de estudio	110
Cuadro 34. Bonificaciones por Ha en el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR)	115
Cuadro 35. Monto de incentivos para el manejo de Bosques Naturales con fines de producción	116
Cuadro 36. Monto de incentivos para el manejo de Bosques Naturales con fines de protección	116
Cuadro 37A. Boleta de recopilación de información	125
Cuadro 38A. Combinaciones de unidades de capacidad de uso, cobertura y valor cuantitativo de intensidad de uso de la tierra	126
Cuadro 39A. Combinaciones de capacidad de uso de la tierra, cobertura de la tierra, valor cualitativo de intensidad y categoría de intensidad asignada	128

ÍNDICE DE FIGURAS	
Figura 1: Ubicación y acceso al Volcán de Pacaya	23
Figura 2: Mapa topográfico del área de influencia del Volcán de Pacaya	24
Figura 3: Flujograma de la metodología	33
Figura 4: Modelo para la formulación del plan de Ordenamiento Territorial	40
Figura 5: Análisis de información para la generación de la Propuesta de Ordenamiento Territorial	41
Figura 6: Mapa de Interpretación Fisiográfica (Paisajes Fisiográficos)	51
Figura 7: Mapa de Interpretación Fisiográfica (SubPaisajes Fisiográficos)	52
Figura 8: Mapa de Precipitación Promedio Anual	56
Figura 9: Mapa de Temperatura Promedio Anual	57
Figura 10: Mapa de Patrones de los vientos superiores por época	58
Figura 11: Mapa de Rangos de Pendiente del Terreno de acuerdo con la escala de la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra USDA	60
Figura 12: Mapa de Rangos de Pendiente del Terreno de acuerdo con la escala de la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra INAB (Tierras Altas Volcánicas)	61
Figura 13: Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos	66
Figura 14: Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra (Metodología del INAB)	68
Figura 15: Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra (Metodología de USDA)	69
Figura 16: Foto de Flujos de lava, piroclastos y pastos asociados	70
Figuras 17, 18, 19: Fotos de flujos de lava y piroclastos	71
Figura 20: Foto de Cultivo de Café	72
Figura 21: Foto de Parcela de Maíz	72
Figura 22: Foto de Arbustales	74
Figura 23: Foto de Viviendas en San Francisco de Sales	74
Figura 24: Foto de Pozo Geotérmico	75
Figuras 25, 26 y 27: Fotos de Vista de la Laguna Calderas, Contaminación en la laguna, Contaminación visual por la liberación de gases del pozo geotérmico	76
Figura 28: Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (año 2004)	78
Figura 29: Mapa de Amenaza por Caída de Ceniza	84
Figura 30: Mapa de Amenaza por Flujos de Lava	85
Figura 31: Propuesta de Límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya	90
Figura 32: Población por género y edad	94
Figura 33. Situación de la educación en porcentajes	96
Figura 34: Foto de Casa de Habitación en El Patrocinio	98
Figura 35: Foto de Casas de habitación en el Cedro	99
Figuras 36 y 37: Fotos de la Escuela e Iglesia de El Patrocinio	99
Figura 38: Foto de Caseta de equipo de antena de Radio	99
Figura 39. Población Económicamente Activa	102
Figura 40: Mapa de División Política	103
Figura 41: Mapa de Intensidad de Uso de la Tierra	111
Figura 42: Mapa de Propuesta de Ordenamiento Territorial	118
Figura 43: Mapa de Senderos y Puntos de Interés Turístico	119

PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL PARQUE NACIONAL VOLCAN DE PACAYA
LAND PLANNING PROPOSAL FOR THE PACAYA VOLCANO NATIONAL PARK

RESUMEN

El Volcán de Pacaya es uno de los volcanes más activos de Guatemala y el mundo. Su actividad es una amenaza constante a los pobladores, pero también hace que sea un fenómeno geológico único que condiciona el ambiente natural y las actividades socio económicas en su área de influencia.

En 1956, mediante un acuerdo gubernativo, la mayoría de conos volcánicos de Guatemala fueron declarados como zonas de veda, incluyendo el Volcán de Pacaya. El 20 de julio de 1963, mediante Acuerdo Gubernativo fue declarado como Parque Nacional el Volcán de Pacaya y la Laguna Calderas. Sin embargo, el Parque no se ha delimitado oficialmente, y los límites utilizados actualmente por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas no tienen un sustento técnico, ni científico.

Con el objetivo principal de realizar una propuesta de ordenamiento territorial, se realizaron los estudios biofísicos y socioeconómicos que dieran sustento a esta propuesta. Con la cartografía existente en escala 1:50,000 o mayor (topográfica y temática), los productos de los sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes satelares), el soporte de los Sistemas de Información Geográfica y un intenso trabajo de campo y de recopilación de información existente, generándose los mapas siguientes: Fisiográfico-Geomorfológico, Temperatura Promedio Anual, Precipitación Pluvial Promedio Anual, Vientos Superiores por época, Clasificación taxonómica de suelos, Capacidad de Uso de la Tierra, Cobertura vegetal y Uso de la Tierra para el año 2004, Mapa de Amenaza por Caída de Ceniza, Mapa de Amenaza por Flujos de Lava. Con base en toda la información anterior y la información socioeconómica recopilada se procedió a preparar los mapas de: Propuesta de Límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya, Intensidad de Uso de la Tierra, Centros poblados e información socioeconómica, Propuesta de Ordenamiento Territorial, Senderos y Puntos de Interés Turístico.

La ejecución de este estudio se realizó con base en una metodología conformada por diferentes fases de investigación de gabinete y de campo, que permitieron recopilar, generar y analizar la información necesaria para hacer la propuesta de ordenamiento territorial y dentro de esta las medidas de prevención ante los desastres naturales.

Se recomienda oficializar los límites del Área Protegida, tomando en consideración la propuesta de límites que se hace en este estudio; para luego implementar la propuesta de ordenamiento territorial del Parque Nacional Volcán de Pacaya por medio de un Programa, en el cual se desarrollen cuatro proyectos: Proyecto de Turismo; Proyecto Forestal; Proyecto de Desarrollo Agrícola (Producción de Café con tecnología Orgánica); Proyecto de Administración. Así como realizar la prevención de los desastres naturales en el área protegida por medio de la concienciación a la población, fortalecimiento del monitoreo de la actividad del volcán, cambio gradual del uso de la tierra de acuerdo a la capacidad de uso, y en un largo plazo reubicar los asentamientos humanos de mayor exposición a la amenaza.

1. INTRODUCCIÓN

Parte del territorio de Guatemala se ve amenazado por la actividad volcánica de al menos cinco volcanes. En general, esta amenaza volcánica en Guatemala se puede manifestar en el cinturón Volcánico, comprendido en la Región Fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas. Uno de los volcanes que se encuentra activo es el "Volcán de Pacaya"; el cual libera continuamente lava, ceniza y gases, constituyéndose en una amenaza constante para las áreas cercanas.

El Volcán de Pacaya está ubicado dentro del Parque Nacional Volcán de Pacaya aproximadamente a 40 kms al suroeste de la Ciudad de Guatemala, y la posición de su cono activo es de 14 grados 23 minutos Latitud Norte y 90 grados 36.2 minutos Longitud Oeste (Proyección UTM Zona 15 NAD27 - X = 758771, Y = 1591072).

El Parque Nacional Volcán Pacaya fue coadministrado por el INAB y la Municipalidad de San Vicente Pacaya del año 1998 al 2003. De acuerdo al marco legal vigente gran parte de la responsabilidad de la coordinación y manejo del parque es del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Sin embargo, los límites oficiales del Parque no están definidos, lo que dificulta su administración. Además del INAB, existe presencia de diferentes instituciones y organizaciones que realizan distintas actividades dentro de los límites (no oficiales) del parque. De éstas cabe mencionar al Instituto Nacional de Sismología Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), que monitorea y registra la actividad del Volcán; el Instituto Nacional de Electrificación (INDE), que realiza actividades de generación de energía geotérmica en el lugar; la Coordinadora Nacional para la Reducción de los Desastres (CONRED), por tratarse de un área de eventuales desastres.

El Ordenamiento Territorial, como un instrumento de planificación que busca el desarrollo de las personas conjuntamente con la preservación del ambiente, se hace necesario para un Parque Nacional tan particular como el Volcán de Pacaya. Como parte del proceso metodológico se generó una propuesta de Ordenamiento Territorial para el Parque Nacional Volcán de Pacaya, sustentada en estudios técnicos y científicos de cada uno de los aspectos biofísicos y socioeconómicos.

Se espera que este documento sirva de apoyo a las entidades públicas y privadas para alcanzar el desarrollo y fines del área protegida.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En 1956, mediante acuerdo gubernativo, la mayoría de conos volcánicos de Guatemala fueron declarados zonas de veda, incluyendo el volcán Pacaya; luego en 1963, también por acuerdo gubernativo, se declaró al Volcán de Pacaya como Parque Nacional. Por último, la Ley de Áreas Protegidas de Guatemala indica que "...se declaran áreas de protección para la conservación... Reservas Ecológicas y Monumentos naturales constituidos en los conos volcánicos del país" (Artículo 90, inciso 22, Ley de Áreas Protegidas).

A pesar de que el Volcán de Pacaya es un área protegida, no cuenta con límites oficiales que permitan una adecuada reglamentación y desarrollo del área protegida como tal. Los objetivos de conservación no han sido un criterio para su zonificación. Como tampoco lo han sido estudios técnicos y científicos, que den lineamientos específicos de como debe de ser el uso del territorio dentro de esta área protegida.

La actividad eruptiva del Volcán de Pacaya está definida por el INSIVUMEH (8) como "... un proceso eruptivo del tipo Estromboliano, que se manifiesta por explosiones más o menos regulares de moderada intensidad, que lanza al aire lava pastosa en estado incandescente, acompañadas de vapores blancos, produciéndose coladas de lava y gran cantidad de piroclastos." Esta actividad del Volcán de Pacaya afecta el paisaje de la superficie geográfica; así como las condiciones socioeconómicas de los pobladores aledaños. Esta actividad lo hace muy atractivo al turismo. Sin embargo, el área cercana al Volcán se encuentra en constante amenaza por la actividad del mismo, ya que afecta a los cultivos (principalmente el café), la infraestructura habitacional y vial, así como a los pobladores del lugar que se considera como una población en riesgo.

El Ordenamiento Territorial en la superficie geográfica del Volcán de Pacaya es fundamental, considerando diferentes factores que condicionan el desarrollo del área. Y es que por ser un área protegida sin límites oficiales, no existen políticas de manejo a largo plazo del Parque Nacional. Además, existe una degradación constante de los Recursos Naturales debido a la actividad del Volcán, que aunada a las condiciones socioeconómicas de los pobladores, hacen que se ejerza una alta presión sobre dichos recursos, al no existir alternativas para la satisfacción de las necesidades económicas. Y por último se debe considerar la amenaza de las erupciones volcánicas y la vulnerabilidad de los centros poblados cercanos a éstas.

Por lo tanto, la formulación y elaboración de una propuesta de ordenamiento territorial es necesaria para que permita establecer los límites oficiales del parque y caracterizar el espacio geográfico; ya que solo el mejor conocimiento ayudará a manejar de forma adecuada el área protegida y dar los lineamientos de manejo en el corto, mediano y largo plazo, considerando alternativas económicas para los pobladores, así como medidas de prevención de desastres, tomando en cuenta la vulnerabilidad de los centros poblados.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Ordenamiento territorial

Según Andrade (1994), (citado por 9, 1997) (...) “el ordenamiento territorial es una política de estado y un instrumento de planificación que permite una apropiada organización político administrativa de la nación y la proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y conservación del ambiente”.

El ordenamiento territorial considera los problemas territoriales desde un punto de vista global, involucrando una perspectiva espacial de los aspectos económicos, sociales, culturales y ambientales. Así como plantea directrices de acción a corto, mediano y largo plazo para diseñar un futuro deseable, dando participación a la población en el proceso de toma de decisiones (9).

El ordenamiento territorial involucra tres estrategias básicas:

3.1.1.1 La planificación del uso de la tierra

Que esta orientada a indicar y proponer alternativas sostenibles de utilización del ambiente, identificando planes, programas y proyectos en su dimensión tanto espacial como temporal. Por uso de la tierra debe entenderse el conjunto de actividades desarrolladas por el hombre en un área determinada, bajo ciertas condiciones sociales, económicas y culturales. Se refiere a actividades de tipo agrícola, pecuario, industrial, forestal, conservacionista, urbano, recreacional (9).

3.1.1.2 El equilibrio espacial en los proyectos de inversión social y económica

Se fundamenta en el análisis, la valoración y el modelamiento espacial de la problemática socioeconómica del territorio, para detectar áreas críticas que requieren de la atención prioritaria del Estado (9).

3.1.1.3 La organización funcional y administrativa óptima del territorio

Se fundamenta en la búsqueda de una estructura de relaciones espaciales (expresadas mediante vínculos funcionales ciudad-campo, inter-urbanos, urbanos-regionales, entre otros) que equilibren las posibilidades de acceso de la población a los bienes y servicios, mercados, empleo y que a su vez propicien la gobernabilidad y la competitividad territorial (9).

El ordenamiento territorial procura la descentralización y desconcentración del desarrollo para la ampliación de la base territorial y la redistribución de sus beneficios en la búsqueda de una mayor cobertura social (9).

Del mismo modo, favorece y potencia el desarrollo de cada porción territorial con base en sus posibilidades, crea estímulos que apoyan la formación empresarial propia, induce cambios tecnológicos y el uso de instrumentos que propicien la maximización de los recursos de que se disponga y de las ventajas comparativas propias (9).

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el Ordenamiento Territorial también propende por el equilibrio en la dotación de infraestructura física y social, el mejoramiento de la calidad de la vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo, la preservación de un ambiente sano y de la biodiversidad, el acceso a los bienes y servicios básicos, en especial de las personas de menores ingresos y el desarrollo armónico de las regiones (9).

3.1.2 Plan de ordenamiento territorial

El plan de ordenamiento territorial es el instrumento, mediante el cual las entidades pueden planificar los usos del territorio y orientar previsoramente los procesos de ocupación del mismo (9).

El plan debe tener carácter participativo, democrático y prospectivo; en él se articulan en el espacio tanto los aspectos sectoriales a través de la proyección espacial de las políticas ambientales, sociales, culturales y económicas, como los aspectos territoriales –uso y ocupación- (9).

El plan se debe sustentar en un diagnóstico preciso de los principales conflictos y problemas de uso y ocupación sobre el territorio, las oportunidades y aptitud del mismo, así como en una serie de escenarios alternativos, bien para solucionar estos problemas, o para el aprovechamiento idóneo de sus oportunidades (9).

En síntesis, el plan como instrumento racionalizador de la toma de decisiones sobre los procesos de uso y ocupación del territorio, debe proponer una estrategia de desarrollo ambiental, económico, social y cultural, expresada en un conjunto de actividades y usos a localizar (9).

De igual forma, el plan debe contener una propuesta concertada para la distribución ordenada de las actividades en el espacio, tomando en cuenta sus oportunidades, limitantes y problemas, la mejor organización funcional del territorio y la posibilidad de usos múltiples (9).

3.1.3 Proceso ordenador

El Plan de Ordenamiento Territorial como instrumento de planificación se divide en dos grandes fases: La formulación y la implementación. A continuación se describen cada una de estas fases (9) .

3.1.3.1 Formulación

La formulación tiene como propósito final la obtención de un documento y mapas que representan el conjunto de alternativas y escenarios para el mejoramiento integral de las condiciones y calidad de vida de la población, expresados territorialmente. La formulación la componen las etapas de diagnóstico, evaluación y prospectiva (9).

3.1.3.2 Diagnóstico

Consiste en la identificación y evaluación de las oportunidades, limitantes y problemas de los diferentes componentes y dimensiones del territorio (biofísicos, usos, sistemas de producción y extracción, condiciones socioeconómicas, organización funcional del espacio). El resultado más importante del diagnóstico es la jerarquización de las oportunidades, limitantes y problemas. Para ello se debe tener una aproximación integral al conocimiento de los procesos y estructuras que integran el territorio (biofísicas, sociales, económicas, culturales, administrativas), así como las causas y efectos de las actuaciones en él. Los resultados del diagnóstico orientarán las etapas de evaluación y prospectiva (9).

3.1.3.3 Propuesta y evaluación de alternativas

Con base en el diagnóstico se elabora una propuesta de alternativas de uso y orientación de los procesos de ocupación previa determinación de la capacidad del territorio (9).

En esta etapa del proceso se realiza la compatibilización de las oportunidades, limitantes y problemas del territorio con las expectativas sociales, la viabilidad institucional y los objetivos de desarrollo, así como las necesidades actuales y futuras de la población y las instituciones (9).

Esta etapa viabiliza ó restringe el desarrollo de las diferentes alternativas, y esta viabilidad debe ser evaluada con base en los criterios de aceptación sociocultural, competitividad, sostenibilidad ambiental y factibilidad política, administrativa e institucional (9).

En general la evaluación consiste en una ponderación de ventajas y desventajas de cada alternativa para poder decidir sobre ellas (9).

3.1.3.4 Prospectiva

La prospectiva del plan se basa en la observación del comportamiento futuro de las alternativas identificadas, para lo cual se apoya en el diseño y concertación de una imagen objetivo, que se materializa en alternativas de uso y ocupación del territorio. La imagen objetivo se constituye en un escenario compatible y concertado del desarrollo territorial, basado en la intervención o modificación de tendencias no deseables y la exploración de nuevas alternativas (9).

El producto de esta fase es una serie de escenarios expresados en un conjunto de modelos territoriales futuros, que luego de un proceso de consenso, compatibilización y análisis de viabilidad se expresan como categorías de ordenamiento (9).

3.1.4 Implementación del plan de ordenamiento territorial

La fase de implementación tiene como finalidad expresar el conjunto de escenarios y alternativas de la fase de formulación en un conjunto realizable de programas, proyectos y acciones en el territorio, así como el diseño de estrategias para alcanzar los objetivos de Ordenamiento (9).

La implementación debiera ser una fase operativa en la que se alcanzan los objetivos concretos planteados en el plan. La implementación se constituirá en la instrumentación (metodologías, programas y proyectos), la aprobación, ejecución y el control y seguimiento (9).

3.1.5 Estructura metodológica

De acuerdo a la experiencia que tiene Colombia, la estructura metodológica se desarrolla en cuatro módulos: a) Planificación del uso de la tierra, b) competitividad, c) desarrollo social y d) gobernabilidad y participación civil. Cada uno de estos módulos se describen a continuación (9).

3.1.5.1 Planificación del uso de la tierra

Andrade (citado en 9, 1997), indica que (...) “la planificación del uso de la tierra se define como el proceso mediante el cual se señalan formas óptimas de uso y manejo de la tierra, considerando las condiciones biofísicas, tecnológicas, culturales, económicas y políticas de un país, un departamento, un municipio o un área particular”.

El objetivo fundamental de la planificación del uso de la tierra es influir, controlar o dirigir cambios en el uso de ésta, de tal forma que se dedique el uso más beneficioso, mientras que se mantiene la calidad del ambiente y se promueve la conservación de los recursos. Lográndose un uso adecuado de los recursos limitados de los distintos territorios a partir de las necesidades presentes y futuras de la población y de la capacidad de la tierra para suplirlas. Orientándose así la solución de conflictos relacionados con los usos, a la identificación de alternativas de uso sostenible y la selección de los tipos de uso de la tierra que mejor satisfaga las necesidades de la sociedad (9).

3.1.5.1.1 Zonificación ecológica

El proceso de zonificación ecológica se realiza a través del análisis-síntesis sobre imágenes de sensores remotos de manera integral, delimitando áreas homogéneas que se asumen como unidades preliminares de paisaje (9).

Para lograr la delimitación de estas unidades, que se refieren a las geoformas, tipos de cobertura, usos y procesos ecológicos dominantes, se requiere además:

- A. Validación en campo y de ser necesario redefinirlas.
- B. Paralelamente realizar los análisis y levantar los mapas de fisiografía, cobertura, uso de la tierra, amenazas naturales, áreas protegidas, actividades y sistemas productivos y extractivos.
- C. Caracterizar las unidades de paisaje con base en el predominio e importancia de: clima, relieve y litología, suelo, cobertura y uso, actividades de sistemas de producción y extracción.
- D. Clasificar las unidades de paisaje y realizar la síntesis cartográfica.

3.1.5.1.2 Análisis fisiográfico

El análisis fisiográfico tiene como objetivo principal contar con un sistema de clasificación del terreno multicategorico que involucra a la mayoría de los elementos ambientales comprometidos en la génesis de las geoformas; jerarquizando y caracterizando una zona (9).

Se utiliza la geoforma (morfología de la superficie terrestre) ya que es un indicador externo de síntesis del paisaje y se refiere a todos los aspectos que tienen que ver con la morfología del terreno: a) relieve, b) forma y longitud de las pendientes, c) tipo y grado de disección, d) litología, e) patrón de drenaje y f) procesos actuales.

El método de clasificación utiliza un sistema de categorías jerarquizadas aplicables a diferentes escalas de trabajo y niveles de detalle. Estas unidades van de lo general a lo específico, de un nivel de detalle del más bajo al más alto y de una escala pequeña a una escala grande. En este orden, las categorías del análisis fisiográfico son:

- A. Provincia fisiográfica
- B. Unidad climática
- C. Gran paisaje
- D. Paisaje
- E. Subpaisaje
- F. Elementos del paisaje

3.1.5.1.3 Análisis de cobertura y uso de la tierra

La cobertura de la tierra se define como los diferentes rasgos que cubren la tierra tales como: agua, bosque, otros tipos de vegetación, rocas desnudas, o arenas y estructuras hechas por el hombre. En general estos rasgos pueden ser observados directamente en las fotografías aéreas y frecuentemente en las imágenes de satélite (9).

El concepto de uso de la tierra se aplica al empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, cíclica o permanente para satisfacer sus necesidades (9).

Los análisis de cobertura y uso de la tierra se realizan utilizando los productos de los sensores remotos combinados con las observaciones de campo y otros datos (9).

3.1.5.1.4 Análisis de las actividades y de los sistemas productivos y extractivos

Las actividades y sistemas productivos y extractivos son la expresión del uso de la tierra, por tanto reflejan las formas de apropiación del territorio (tecnologías de producción, recursos empleados, infraestructura productiva, mercados, áreas de territorio ocupadas) (9).

El análisis de estas actividades y sistemas es un componente del módulo de planificación del uso de la tierra y sus resultados se utilizan para complementar los procesos de zonificación ecológica, la evaluación de la aptitud de la tierra y los conflictos de uso (9).

Este análisis persigue identificar, espacializar y caracterizar las actividades y sistemas de producción y extracción. De esta forma los resultados se convierten en un insumo para el análisis de los factores de competitividad (9).

3.1.5.1.5 Procesos ecológicos

Los procesos ecológicos al ser generados por la interacción de los factores formadores del paisaje, originan propiedades emergentes reconocibles y zonificados al interior de las unidades del paisaje. Estas propiedades le imprimen una dinámica propia al paisaje que está representada en la redistribución de materia y energía y originando cambios en su estructura que se deben tener en cuenta al planificar y ordenar el territorio (9).

Dentro de los procesos ecológicos más representativos y que pueden ser zonificados se enumeran los siguientes:

- A. Climatológicos
- B. Geológicos
- C. Geomorfológicos
- D. Hidrológicos
- E. Pedológicos
- F. Bióticos
- G. Culturales
- H. Función ecosistema

Los procesos pueden surgir como una limitante o restricción del uso de la tierra de tipo permanente o temporal en su manifestación. Las amenazas naturales y las áreas protegidas se consideran limitantes y restricciones del uso en el ordenamiento territorial (9).

3.1.5.2 Competitividad

La competitividad se concibe como el esfuerzo concertado entre los sectores público y privado orientado a diseñar estrategias tecnológicas, productivas, comerciales y de infraestructura, que permitan aumentar y utilizar eficientemente los recursos productivos, aprovechar todo el potencial de las ventajas comparativas existentes y generar ventajas competitivas sostenibles al interior de sus empresas (9).

La competitividad de un territorio está dada por la forma como éste logra insertarse en los mercados mundiales. El ordenamiento territorial es importante en este proceso en la medida que contribuye a la realización del análisis-síntesis subregional, teniendo como referencia los factores de competitividad en sus distintos niveles (9).

Estos factores de competitividad se agrupan en tres categorías:

- A. Factores metaeconómicos: Se refieren a los valores culturales, la estructura general de la relación Estado/sociedad civil y los valores sociales.
- B. Factores macroeconómicos: Incluyen las políticas de inversión nacional, las tasas de interés, los precios relativos y la tasa de cambio. Comprende los precios fundamentales de la economía y los agregados nacionales.
- C. Factores mesoeconómicos: Se refieren a la infraestructura física y de comunicaciones, las redes para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, los conglomerados industriales, el conjunto de políticas sectoriales y la formación del capital humano. Los factores meso de la competitividad son limitantes o dinamizadores de la integración de un territorio y de la sociedad productiva en el mercado. El diagnóstico de los factores de la competitividad a este nivel, permite establecer la capacidad de las regiones y sus subregiones para enfrentar los retos de la internacionalización de la economía (9).

3.1.5.3 Desarrollo social

Se entiende por desarrollo social el resultado que a nivel de las condiciones de vida de la población han producido los distintos factores asociados al desarrollo (vivienda, salud, educación, comunicación y empleo) (9).

El desarrollo social y el crecimiento económico están interrelacionados. Los logros económicos hacen factible el mejoramiento del ingreso y el bienestar de los ciudadanos, siendo a su vez el desarrollo humano condición para aumentar la productividad. Esta interrelación debe ser construida, teniendo el Estado la obligación de atender las necesidades de todos sus integrantes (9).

Para caracterizar el desarrollo social, se pueden considerar cuatro categorías de análisis:

- A. Análisis demográfico
- B. Análisis laboral

C. Análisis de servicios públicos

D. Análisis cultural

3.1.5.4 Gobernabilidad y participación de la sociedad civil

La gobernabilidad se ha redefinido como el funcionamiento del Estado y la sociedad civil, su interacción y los procesos, normas e instituciones por medio de los cuales, los mismos operan a varios niveles, desde el internacional hasta el nacional, regional y local, y en todas las esferas de importancia para la sociedad, es decir, los aspectos social, cultural y políticos (9).

Para el ordenamiento territorial, se deben evaluar los principios y objetivos de la gobernabilidad, así como las bases, autonomía y descentralización (participación ciudadana). Para realizar el análisis de gobernabilidad, se deben evaluar la coordinación y complementariedad de los actores en la intermediación del desarrollo, la normativa sobre el uso de la tierra y los recursos naturales, así como la capacidad de gestión política, gestión administrativa y participación ciudadana (9).

Para lograr los objetivos de gobernabilidad se recomienda garantizar:

- A. La descentralización y autonomía política, administrativa y fiscal
- B. La participación ciudadana
- C. El mejoramiento de gestión pública

3.1.6 Áreas protegidas

“Son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación , el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas, de los ríos, de las zonas protectoras de los suelo agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible.” (Artículo 7 de la Ley de Áreas Protegidas) (4).

Las áreas protegidas son tierras que se dedican a la conservación, manejo racional y restauración de los Recursos Naturales y culturales de alta significancia.

Dentro de las áreas protegidas se busca la preservación del estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes de suministro de agua de las cuencas críticas; manteniendo opciones de desarrollo sostenible .

En un estudio del CONAP (2) indica que el 21 de junio de 1956, el Presidente de la República acordó declarar Zonas de Veda Definitivas a “los volcanes de toda la República desde su cráter hasta los desniveles del 30 %. En consecuencia no se podrán efectuar descombro para fines agropecuarios ni explotaciones forestales y debe favorecerse la restauración de sus bosques mediante la regeneración natural.” (Junio de 1956, Castillo Armas). Además, el acuerdo manda al Ministerio de Agricultura por conducto de la Dirección General Forestal (hoy INAB) elaborar la reglamentación que considere pertinente para su buen manejo.

3.1.6.1 Parque nacional

Un Parque Nacional es un área relativamente extensa, administrada por el Gobierno nacional, que contenga rasgos de carácter singular, mostrar un ecosistema de significación nacional, así como poca evidencia de actividad humana, con los objetivos de proteger y conservar unidades de valores naturales o culturales, desarrollar la educación ambiental y de dar oportunidades de recreación pública e investigación (4).

3.1.6.2 Monumento natural

Área con por lo menos un rasgo natural sobresaliente de interés nacional como formaciones geológicas, con potencial para la recreación o educación. Por lo que debe tener valor escénico, científico y educativo (4).

3.1.7 Amenaza volcánica

3.1.7.1 Amenaza volcánica: Probabilidad de ocurrencia de un proceso Volcánico potencialmente destructivo. Se define en función de las características del evento (magnitud e intensidad) y la probabilidad de su ocurrencia (basado en la historia geológica) (10). La amenaza Volcánica se puede dividir en:

- A. Amenazas volcánicas directas: Se consideran como amenazas directas las siguientes: Flujos de lava; flujos piroclásticos; caída de ceniza y bloques; emisión de gases (10).
- B. Amenazas volcánicas indirectas: La actividad de un Volcán puede “disparar” otros fenómenos con capacidad de destrucción como lo son los lahares, los deslizamientos y los tsunamis (10).

3.1.7.2 Riesgo volcánico: Posibilidad de pérdidas de vida o daños a las propiedades y a la herencia cultural en un área expuesta a la amenaza de una erupción Volcánica. El riesgo Volcánico es el producto de las características del evento por la probabilidad de ocurrencia del mismo, por el daño que pueda ocasionar (10).

3.1.7.3 Caracterización de las amenazas volcánicas

La amenaza Volcánica se puede representar matemáticamente con la fórmula siguiente (10):

$$P = P_t * P_s$$

Donde: P es la probabilidad de ocurrencia, P_t es la probabilidad temporal y P_s es la probabilidad espacial.

La caracterización de la amenaza Volcánica está en función de los siguientes factores (10):

- A. el tipo de Volcán,
- B. la historia eruptiva,
- C. el tipo de procesos Volcánicos esperados,
- D. el ambiente geológico, geomorfológico e hidrológico.

3.1.7.4 Los tipos de erupciones volcánicas

A. Hawaiano: Está representado por los volcanes de la Isla Hawai, estos presentan abundante extrusión de lava basáltica, en la cual los gases se liberan más o menos en forma tranquila. Las erupciones explosivas son muy raras, pero fuentes de lava impulsadas por los gases que escapan pueden alcanzar hasta 500 metros de altura y son muy frecuentes. El producto de estos volcanes son lavas basálticas y pequeñas cantidades de ceniza y escoria, es corriente la formación de conos de escorias, cabellos de pele y lágrimas de pele (lava que toma la forma de cabellos y gotas de agua al ser lanzadas al aire) (8).

B. Estromboliano: Su nombre proviene de la actividad existente desde hace varias centurias en el Volcán Estromboliano, situado en una de las Islas Eólicas en el Mar Mediterráneo. Se caracteriza por explosiones más o menos regulares de moderada intensidad, que lanzan al aire lava pastosa en estado incandescente, acompañados de

vapores blancos, se producen coladas de lava y gran cantidad de piroclastos. Ejemplo: El Volcán Pacaya en Guatemala (8).

C. Vulcaniano: Las erupciones son menos frecuentes y más violentas. La lava en este tipo de Volcán es más viscosa que la de los tipos anteriores, ya que al solidificarse dentro del cráter forma una gruesa corteza bajo la cual se acumulan grandes cantidades de gases. En cierto momento, cuando la columna de magma se satura de gases, ocurre una fuerte explosión, capaz de destruir parte del cono. Las obstrucciones dentro de la chimenea son expulsadas con el tapón y junto con porciones de lava incandescente y la escoria es proyectada al aire. Tales erupciones van acompañadas por una gran nube de gases cargados de ceniza, que toma la forma de una enorme coliflor y alcanza gran altura. Después de ocurrida la explosión que limpia la chimenea, una corriente de lava puede tener lugar ya sea saliendo por el cráter principal, por uno secundario o una fisura lateral. Muchos autores creen que para este tipo de actividad es más conveniente usar el nombre de Vesubiano, ya que este famoso Volcán italiano tipifica este tipo de explosión. Ejemplo: Volcán de Fuego (8).

D. Peleano: Recibe este nombre debido a la erupción que tuvo lugar en el Volcán Pele en la Isla Martinica (1902), producen magma de alta viscosidad y se caracteriza por su gran explosividad. La erupción se distingue por la formación de una nube ardiente, la cual es en realidad una masa o emulsión lo suficientemente densa para mantener contacto con la superficie del terreno a medida que viaja a gran velocidad por las faldas. Ejemplo: Volcán Santiaguito (8).

E. Pliniano: Generan erupciones paroxísmicas (período de máxima intensidad eruptiva) de gran violencia, caracterizadas por la expulsión en forma explosiva de pómez y flujos piroclásticos. La extrusión de grandes cantidades de magma es a menudo acompañada del colapso de la parte superior del edificio Volcánico y la formación de una depresión Tecto-Volcánica. Ejemplo la erupción del Volcán Santa María el 24 de octubre de 1902, considerada como una de las 10 erupciones mayores de tiempos históricos (8).

F. Tipo Islándico: En este tipo no existe un cono con su cráter, como en los otros, la característica principal de sus erupciones es la extrusión de enormes volúmenes de lava a través de fisuras. Algunas forman coladas de poco espesor que recorren grandes distancias y cubren áreas enormes, en ocasiones miles de millas cuadradas. Coladas de este tipo forman la meseta de Columbia, que cubre parte de los estados de Washington, Oregon e Idaho (E.E.U.U.) (8).

G. Estado Solfatarico: Su nombre hace alusión a la fase de una erupción en la cuál solo hay producción de gases. Un Volcán puede permanecer por cientos de años en este estado, después de su última actividad (8).

Además, un volcán se puede clasificar con base a su “grado” de actividad, considerándose un Volcán como Activo cuando existen reportes de erupciones o erupción demostrable en los últimos 10,000 años, Inactivo cuando no se ha reportado ninguna erupción histórica, pero que es capaz de hacer erupción en algún momento, y Extinto cuando es incapaz de erupciones extensas (8).

3.1.7.5 Los tipos de amenazas volcánicas

Los principales tipos de amenaza volcánica se pueden enumerar en los siguientes (27):

- A. Los gases volcánicos
- B. Los terremotos volcánicos
- C. Caída de Tefra
- D. Colapso del edificio: derrumbamiento, colapso de la pendiente, explosión lateral
- E. La efusión de la lava
- F. Las corrientes piroclásticas: Oleadas piroclásticas, Flujos piroclásticos.
- G. Lahares

Sin embargo, por la naturaleza de este estudio, en este apartado se describen únicamente cinco de las amenazas enumeradas. Cuatro de ellas (caída de tefra, flujos de lava, corrientes piroclásticas, lahares) porque son las amenazas probables en el área de estudio, y de estas las primeras dos las más recurrentes. La otra amenaza (los terremotos volcánicos) se considera necesaria su descripción en lo referente a la prevención y alerta temprana de la amenaza volcánica, sin embargo, está poco estudiada a nivel nacional.

3.1.7.5.1 Los terremotos volcánicos

Los terremotos relacionados a la actividad Volcánica pueden producir efectos como grietas o deformación en el terreno, y dañar la infraestructura. Existen dos categorías generales para los terremotos que pueden ocurrir en un Volcán (27):

- A. Terremotos volcano-tectónicos
- B. Terremotos de largo período

Los terremotos volcano-tectónicos se producen por cambios de esfuerzos en la roca sólida debidos a la inyección o la salida de magma (roca fundida). Estos terremotos pueden causar el hundimiento de la tierra y pueden producir grandes grietas en el terreno. Estos terremotos pueden ocurrir cuando la roca se mueve para llenar los espacios de dónde se desplazó el magma. Los terremotos volcano-tectónicos no indican que un Volcán vaya a hacer erupción, pero pueden ocurrir en cualquier momento (27).

La otra categoría de terremotos Volcánicos, los terremotos de largo período, son producidos por la inyección del magma en la roca circundante. Estos terremotos son el resultado de los cambios de presión durante el transporte inestable del magma. Cuando la inyección del magma es sostenida, muchos terremotos se producen. Este tipo de actividad indica que el Volcán está a punto de hacer erupción. Los científicos utilizan sismógrafos para registrar la señal de estos terremotos. Esta señal es conocida como “temblor volcánico” (27).

Los terremotos que presentan “temblor volcánico” advierten sobre una erupción inminente, por lo que la gente puede ser evacuada hacia áreas seguras. Por esto el monitoreo del “temblor volcánico” ha sido utilizado para predecir erupciones. Los terremotos volcano-tectónicos pueden causar daños a la infraestructura humana y disparar deslizamientos. Para prevenir que ocurran daños, las construcciones se deben realizar de acuerdo a estándares para terremotos, en lugares donde no exista material no consolidado que pueda amplificar la intensidad del terremoto y con pendientes estables (27).

3.1.7.5.2 Caída de tefra

Cuando un Volcán hace erupción, en algunas ocasiones expulsa material como fragmentos de roca en la atmósfera. Este material es conocido como tefra. Las piezas más grandes (superiores a los 64 mm. de diámetro) son llamadas bloques o bombas. Los bloques o bombas normalmente son disparados balísticamente del Volcán. Debido a que estos fragmentos son demasiado grandes caen cerca de su lugar de origen. Los bloques y las bombas de 8 a 30 toneladas, generalmente, caen a menos de 1 kilómetro de distancia de su origen. Se sabe que bombas y bloques pequeños se han desplazado de 20 hasta 80 kilómetros. Algunos de estos bloques y bombas pueden llegar a tener velocidades de 75 a 200 m/s. El lapilli, con diámetros de 2 a 64 mm, y la ceniza, con diámetros menores a los 2 mm, son materiales que son enviados hacia arriba por el calor de la erupción y que generalmente caen lejos del Volcán. La mayoría de partículas mayores a un milímetro de tamaño caerán dentro de los 30 minutos posteriores a la erupción. Las partículas más pequeñas (< 0.01 mm) pueden mantenerse en la atmósfera por dos o tres años después de la erupción (27). En el Cuadro 1 se presenta la clasificación de la tefra de acuerdo a su tamaño según el USGS (27).

Cuadro 1. Clasificación de la tefra de acuerdo a su tamaño

Nombre	Tamaño
Ceniza	<2 mm
Lapilli	2–64 mm
Bloques y bombas	> 64 mm

El tamaño de la partícula es inversamente proporcional a la distancia que puede recorrer. Esto es, que las partículas más grandes se encontrarán más cerca del Volcán, y las partículas más pequeñas más lejos (27).

La distancia recorrida por la tefra depende del tamaño de la partícula (relacionado con el peso), la altura de columna de erupción y las condiciones atmosféricas (dirección, velocidad y distribución vertical del viento, y la temperatura del aire). Estos tres factores definirán la distancia y velocidad de caída de la tefra (27).

La caída de tefra implica muchas amenazas. Por ejemplo, materiales grandes “disparados” balísticamente del Volcán amenazan a la gente que están muy cerca del Volcán. La tefra depositada en la superficie puede provocar la ruptura

de líneas de electricidad y comunicación, obstrucción del sistema de drenaje, entierro de carreteras y otra infraestructura. Además, se puede tener una visibilidad pobre, problemas respiratorios, derrumbes de construcciones debido la acumulación de ceniza en los techos planos (27).

La tefra es una fuerte amenaza para el tráfico aéreo, por lo que se deben de suspender vuelos en los casos de que se reporte tefra en la atmósfera, para evitar daños a los aviones, o en casos extremos accidentes aéreos que cobren vidas humanas. En Mayo de 1998, una erupción del Volcán de Pacaya (Guatemala), obligó al cierre temporal del Aeropuerto Internacional La Aurora durante 3 días, para luego ser reabierto con restricciones (8).

La tefra puede destruir la vegetación natural y los cultivos, lo que incide en aspectos ambientales, pero principalmente en aspectos económicos de la población, ya que se pueden tener pérdidas de hasta el 100% posteriormente a una erupción (27).

En caso de caída de tefra, los pobladores deben de estar preparados. Abastecerse con agua y alimentos, mantenerse dentro de sus casas para evitar quemaduras o irritaciones de piel debidas a los ácidos de la tefra, evitar salir sin algún tipo de filtro para la boca y nariz (pañó mojado), mantenerse en áreas dónde la probabilidad de caída abundante de tefra sea baja. Se deben evitar las construcciones de techo plano (27).

A pesar de las múltiples amenazas de la tefra, también tiene beneficios. Siendo uno de los principales que puede producir suelos bastante fértiles para cultivos y bosques, lo que hace que mucha gente viva cerca de los volcanes (27).

3.1.7.5.3 Flujos de lava

La lava fluida forma coladas o flujos largos y delgados sobre las pendientes, mientras en el terreno plano y superficies cóncavas forma rellenos rocosos. El desplazamiento de los flujos de lava está determinado por la temperatura del flujo, el contenido de sílice, la tasa de liberación (volumen), la viscosidad y la topografía del terreno (27).

Los flujos de lava están catalogados como la menor de las amenazas Volcánicas, ya que su ocurrencia es bastante localizada y generalmente su velocidad de desplazamiento no es grande. Sin embargo, debido a sus altas temperaturas puede provocar quemaduras y daños a la gente ubicada cerca de un flujo. Los flujos de lava pueden provocar daños y destrucción de la propiedad debido a incendios, aplastamientos o soterramientos, así como la desertificación de los suelos (27).

El principal interés con los flujos de lava es que tan lejos pueden llegar. Y así, se han generado ecuaciones y modelos que estiman la distancia de avance de la lava. Para la mitigación de los efectos de la lava se han utilizado diferentes métodos: la desviación del flujo, construcción de barreras, e incremento de la viscosidad del flujo. Este último método

consiste en aplicar agua al flujo, lo que incrementa la liberación de gases del mismo, aumentándose la viscosidad del flujo al hacerlo menos denso (27).

3.1.7.5.4 Las corrientes piroclásticas

A. Oleadas piroclásticas: Las oleadas piroclásticas son flujos de baja densidad de material piroclástico. La baja densidad se debe a la relativa baja concentración de partículas y el alto contenido de gases. Los flujos de este tipo son muy turbulentos y rápidos. Ocurren en lugares altos y no están confinados a los valles. Generalmente, las oleadas piroclásticas no se desplazan tanto como los flujos piroclásticos (27).

B. Flujos piroclásticos: Los flujos piroclásticos son masas fluidas de fragmentos de rocas y gases que se mueven rápidamente en respuesta a la gravedad. Se pueden formar en muchas formas diferentes: por el colapso de una columna eruptiva, como el resultado del colapso gravitacional o la explosión de un domo o flujo de lava (27).

Estos flujos son más densos que las oleadas piroclásticas, y contienen hasta un 80 % de material no consolidado. El flujo es fluido debido a que contiene agua y gas de la erupción, y aire de los flujos de aire que se forman mientras el flujo piroclástico se mueve pendiente abajo (27).

Los flujos piroclásticos pueden desplazarse muy rápido. Los flujos pequeños se pueden mover a velocidades de 10 a 30 m/seg, mientras los flujos más grandes pueden alcanzar velocidades de 200 m/seg. Dependiendo del tipo del flujo, pueden alcanzar distancias grandes, reportándose desplazamientos de 50 hasta 200 Km (27).

Respecto a la temperatura de los flujos, esta puede ser muy elevada. Se han reportado temperaturas de 350 °C, 750 °C e incluso superiores a los 1075 °C. Estas temperaturas tan elevadas pueden quemar la infraestructura humana, la vegetación y causar quemaduras graves a los humanos, que el flujo pueda alcanzar (27).

Los lahares y los flujos piroclásticos son consideradas las más grandes amenazas Volcánicas. Esto se debe a que mucha gente ha muerto debido a la ocurrencia de estos fenómenos. Los flujos piroclásticos pueden incinerar, quemar y asfixiar a las personas. Los gases dentro del flujo piroclástico pueden explotar y causar lluvia de cenizas. Además, estos flujos pueden viajar grandes distancias, por lo que son una amenaza de alto alcance. Lo más peligroso de los flujos piroclásticos es que se pueden transformar en lahares, los cuales pueden alcanzar distancias mayores y producir desastres más grandes (27).

Dada la alta amenaza de los flujos piroclásticos, los científicos han realizado muchos estudios respecto a estos fenómenos. Estudios importantes relacionados con la prevención de estos desastres son los de los depósitos pasados de los flujos piroclásticos. Áreas en las que se reportan depósitos viejos de flujos piroclásticos tienen mayor probabilidad de recibir flujos piroclásticos nuevos en caso de que el Volcán haga erupción. La población de mayor

exposición a esta amenaza es aquella que vive cerca del cráter, especialmente en las áreas de los valles. La mejor opción para estas personas, en caso de erupción, es evacuarlas de los valles y llevarlas a tierras altas lejos del volcán (27).

3.1.7.5.5 Lahares

Los lahares son una de las amenazas Volcánicas más grandes. Cuando cantidades grandes del material Volcánico dispuesto durante ó después de una erupción se mezcla con agua, y es transportado por la pendiente o en los cauces de los ríos, se producen los lahares. El lahar se define como un flujo de mezcla de material Volcánico saturado con agua que se forma en las pendientes de un Volcán, y se mueve pendiente abajo por la fuerza de la gravedad. Muchas veces el lahar es referido al flujo de debris (escombros) o corrientes de lodo (27).

El lahar tiene una zona de captación , una zona de conducción y una zona de deposición. La zona de captación es el área donde se “recogen” los materiales Volcánicos y se mezclan con agua proveniente de la precipitación pluvial, el colapso de un lago ó la fundición de la nieve. La zona de conducción está referida a los canales, cauces o barrancos de las corrientes hídricas por donde se desplaza la mezcla. La zona de deposición son áreas de baja pendiente, donde el lahar pierde su energía cinética y se deposita (27).

El contenido de sedimentos Volcánicos condiciona la naturaleza de los lahares. Los lahares que contienen de 20 a 60 por ciento de sedimentos, generalmente, son muy turbulentos. Aquellos lahares que contienen más del 80 por ciento de sedimentos, generalmente fluyen más suavemente (flujo laminar). Estos últimos pueden viajar más rápido que los turbulentos (27).

Los lahares viajan hacia los valles, y tienen un amplio rango de velocidades variando de 1 metro por segundo hasta 40 m/seg. La velocidad de lahar depende del ancho del canal, la pendiente del mismo, el volumen de flujo y el tamaño de los sedimentos. Los lahares pueden viajar grandes distancias, hasta cientos de kilómetros lejos de su origen (27).

Los lahares pueden ocurrir durante la erupción (por fundición de nieve, por la eyección de un lago del cráter); después de la erupción (una fuerte lluvia, el colapso de un lago); o sin erupción (los deslizamientos en un edificio Volcánico pueden disparar lahares) (27).

Los lahares pueden implicar la destrucción por el impacto directo, el incremento de la deposición de sedimentos o inundaciones, el bloqueo de los sistemas tributarios o el entierro completo de los valles con los materiales. Los lahares son extremadamente peligrosos especialmente para aquellas personas que viven en las áreas de los valles cercanas al Volcán (27).

La mejor forma de combatir un lahar es por medio de medidas preventivas. Esto es, estableciendo sistemas de alerta que permitan advertir la posible formación de un lahar. Estos sistemas pueden incluir sismómetros que caractericen el movimiento del lahar y pluviómetros que indiquen la presencia de la cantidad de agua suficiente para que se forme el lahar. Sin embargo, el sistema de alerta se debe complementar con el establecimiento de planes y líneas de comunicación (27).

3.1.7.6 Mapeo de la amenaza volcánica

El tipo y las proporciones de una posible erupción futura deben ser caracterizadas por las erupciones ocurridas en el pasado. El análisis de la historia Volcánica de un edificio Volcánico activo o inactivo se puede hacer a través de la cartografía geológica y el estudio de archivos Volcánicos (10).

La magnitud de los depósitos Volcánicos recientes o históricos puede ser la medida para la magnitud de depósitos Volcánicos futuros. Así, se hace necesario el mapeo de los depósitos Volcánicos más recientes para tener una idea sobre el área potencialmente afectada en el futuro. Con base a esto se puede diseñar el escenario más probable de erupción, el cual estará caracterizado por (10):

- A. Tipo de la erupción
- B. La magnitud de la erupción
- C. Las amenazas involucradas

Posteriormente, con base al “escenario de erupción”, se puede preparar un programa de zonificación de amenaza volcánica (10).

Los mapas de amenaza volcánica tradicionales tienden a crear una zona de peligro circular alrededor del cráter activo. Sin embargo, algunas áreas lejanas a las zonas de peligro circulares pueden estar sujetas a un peligro más alto que las áreas dentro de la vecindad de cráter activo (10).

Es importante analizar individualmente las diferentes amenazas volcánicas, esto es, crear mapas diferentes para cada amenaza volcánica. Para el análisis y generación de mapas se debe obtener, al menos, la información del ambiente alrededor del edificio volcánico siguiente (10):

- A. Geológica: los recientes depósitos volcánicos
- B. Geomorfológica: la topografía y rasgos geomorfológicos
- C. Hidrológica: los modelos del drenaje y las cuencas hidrológicas
- D. El Modelo de elevación del terreno (MET)

Con esta información se puede hacer un análisis estadístico-determinístico. El análisis estadístico se apoya en la distribución de los depósitos volcánicos, con la asunción de que las áreas con mayor cobertura de depósitos volcánicos,

tendrán una probabilidad más alta de recurrencia. Así, se interpreta que la magnitud máxima de los depósitos volcánicos antiguos estarán relacionados con la magnitud de los depósitos futuros. En combinación con el análisis determinístico de los factores ambientales que gobiernan la magnitud de la amenaza, se puede tener un acercamiento con bastante certeza de las áreas amenazadas por eventos Volcánicos. Dentro de los factores en mención se pueden considerar los siguientes (10):

- A. La pendiente
- B. La elevación
- C. Distancia del centro volcánico
- D. Distancia de los canales de drenaje
- E. El espesor de recientes depósitos volcánicos

Hecho el análisis estadístico-determinístico, y con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se puede hacer la modelación de la Amenaza Volcánica para cada uno de los tipos de esta (10).

Los SIG se pueden constituir en una fuerte herramienta para realizar, entre otros, los siguientes análisis (10):

- A. El análisis de las direcciones de flujo, que indica las rutas que tienden a seguir los lahares, los flujos piroclásticos y los flujos de la lava.
- B. El análisis de la cuenca hidrológica: qué áreas se afectarán.

Un ejemplo de alta aplicabilidad, es el del Modelo de Cono de Energía, utilizado para el mapeo de amenaza por flujos piroclásticos. Este modelo trabaja con los supuestos de que la energía tiene una disipación lineal desde el centro volcánico y que el límite de un cierto tipo de erupción son los depósitos más recientes de flujos de piroclásticos. Considerando estos supuestos, y utilizando la topografía (MET), se obtienen la magnitud de los flujos piroclásticos (10).

3.1.7.7 La amenaza volcánica en Guatemala

En general, la amenaza Volcánica en Guatemala se puede señalar en el cinturón Volcánico, referido generalmente a la Región Fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas. Sin embargo, la amenaza por lahares se puede extender a la Pendiente Volcánica Reciente y parte de la Llanura Costera del Pacífico. A continuación se presenta la descripción general de la geología reportada para dichas regiones (16).

3.1.7.7.1 Cinturón volcánico (Terciario-Cuaternario)

Estas rocas constituyen en su totalidad el Cinturón Volcánico de Guatemala y han sido derivadas de la actividad Volcánica relacionada con la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placas Norte América y Caribe, proceso que continúa activo y generando depósitos en los principales focos eruptivos de Guatemala (Tacaná, Santiaguito, Fuego y Pacaya) (16).

En estos depósitos se encuentra una amplia gama de variaciones Volcánicas, las cuales son producto de los diferentes estilos eruptivos que varían desde actividad ultra-pliniana histórica, pliniana y estromboliana, por lo que se pueden mencionar: tobas, coladas de lava, cenizas, lapilli, lahares y depósitos volcanoclásticos secundarios (16).

Las tobas son principalmente de composición riolítica como se ha determinado al estudiar los depósitos de Toba Los Chocoyos, derivados de actividad ultraplíniana terciaria del Volcán Santa María (Rose Jr. et al., 1977). También se reportan ignimbritas riolíticas en los alrededores del Lago de Atitlán (Newhall, 1987) y en las mesas lávicas en el flanco sur del complejo Volcánico Fuego-Acatenango-Agua (16).

Mientras tanto, las coladas de lava son predominantemente de composición andesítica-basáltica lo cual es característico de los cinturones Volcánicos curcum-pacíficos, y se les puede encontrar relacionadas a los principales estratovolcanes del país (Tacaná, Tajumulco, Santa María-Santiaguito, Fuego, Acatenango y Agua) (Rose et al., 1977; Martin y Rose, 1981; y otros) (16).

3.1.7.7.2 Depósitos de planicie

Los más grandes y ampliamente distribuidos son los abanicos aluviales que forman la Planicie Costera del Pacífico y que están principalmente compuestos por aquellos fragmentos erosionados por los ríos en las partes altas del Cinturón Volcánico y que luego son arrastrados hacia las partes bajas (16).

En este grupo también pueden incluirse los depósitos volcanoclásticos propiamente dichos como lo son los lahares, aludes Volcánicos y flujos de lodo Volcánico que son característicos en los períodos de alta precipitación pluvial posteriores a las grandes erupciones (16).

3.2 Marco referencial

3.2.1 Ubicación del Volcán de Pacaya

El Volcán de Pacaya está ubicado aproximadamente a 40 kms al suroeste de la Ciudad de Guatemala, siendo la posición del cono activo del Volcán de Pacaya de 14 grados 23 minutos Latitud Norte y 90 grados 36.2 minutos Longitud Oeste (Proyección UTM Zona 15 NAD27 - $X = 758771$ mts, $Y = 1591072$ mts), está dentro de lo que se ha definido como el Parque Nacional Volcán de Pacaya. El área de estudio se puede ubicar entre las coordenadas UTM Zona 15 NAD27 de $X = 750000$, $Y = 1587000$ (Inferior izquierda) y $X = 764000$, $Y = 1597000$ (Superior derecha). Ver figuras 1 y 2.

3.2.2 Tipo y características generales del Volcán de Pacaya

El conjunto está constituido por varias cúspides fuertemente fracturadas y de estructuras complicadas, existen ahí dos conos de escorias recientes que han estado activos en tiempos históricos, los cuales lo componen: El Cerro Chino, el Inactivo, y el cono Mackenney (que se encuentra activo desde 1966) (8).

- A. Tipo de actividad: Explosión normal de cráter central
- B. Tipo de erupción: Estromboliana
- C. Índice explosividad volcánica: 4 (1775)
- D. Índice peligrosidad: 13 (Yokohama et. al., 1984)

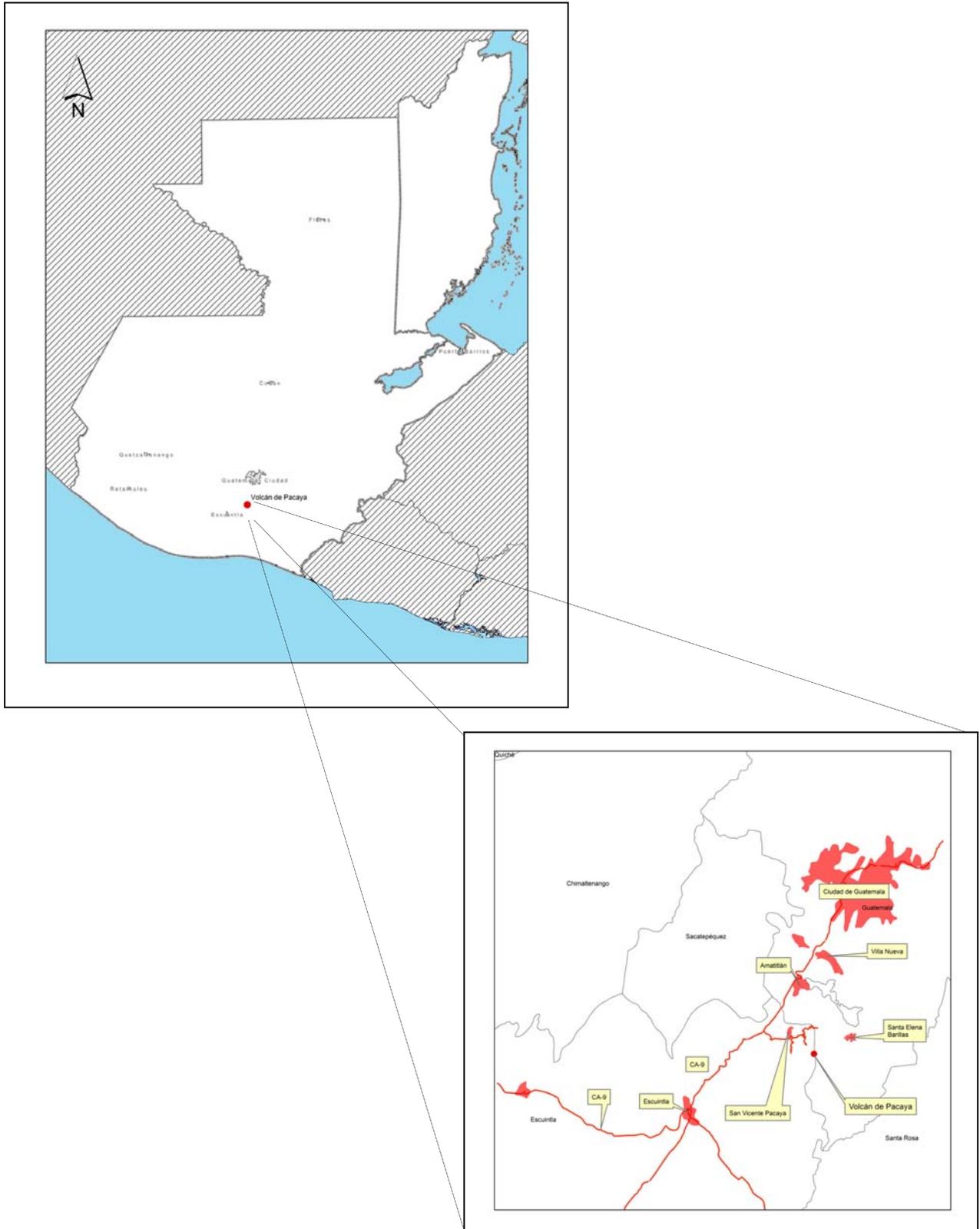


Figura 1: Ubicación y acceso al Volcán de Pacaya

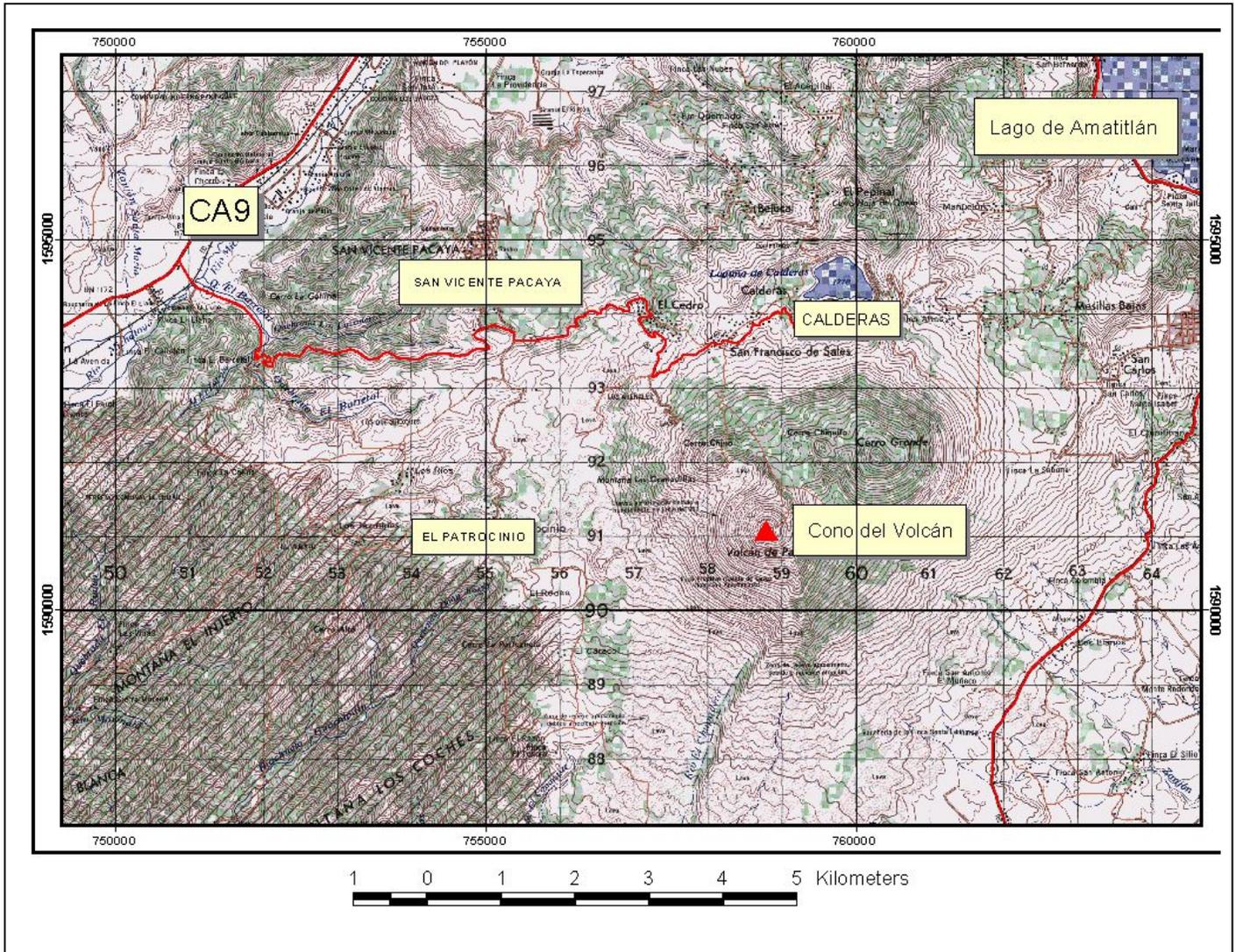


Figura 2: Mapa topográfico del área de influencia del Volcán de Pacaya
(Fuente: Instituto Geográfico Nacional Hoja Amatitlán 2059 II)

3.2.3 Forma, estructura e historia del volcán

El conjunto que constituye el Volcán de Pacaya es un macizo relativamente complicado. La montaña propiamente dicho está fuertemente fracturada y fallada, donde merece especial atención la descripción de un sector cónico al suroeste del borde de la antigua caldera, cuyo asentamiento se demarca en proporciones extraordinarias (8).

En la superficie de este sector cónico bordeado por escalones de fallas radiales se encuentran varias corrientes de lava recientes, la penúltima de las cuales se ha originado o en el fondo de la antigua caldera o al pie norte del cono últimamente activo, de ahí se extendió por en medio de los dos conos y se propagó hacia abajo a la par del borde de la falla que limita el sector hundido del sur (8).

Hacia el este de esta falda, es decir en la pendiente sur del macizo, se encuentran, aproximadamente a media altura relativa, cuatro bocas que produjeron una corriente de lava de época muy reciente (8).

En el sector NW del macizo debe haber existido hace mucho tiempo una fuerte actividad explosiva que originó varios cráteres enormes, tales como el cráter en cuyo fondo se encuentra el pueblo de San Vicente Pacaya, así como la depresión llamada Laguna de Calderas. Con referencia a esta laguna, varios investigadores indican la existencia de dos cráteres de explosión, uno al occidente con unos 250 m. de diámetro y el otro al oriente con unos 450 m. El eminente geólogo y vulcanólogo Seebach cree que estos cráteres estaban en actividad en el año de 1,560 pero los geólogos Dolfus y Montserrat opinan que aquel período de actividad formó el cono noroccidental de los dos más jóvenes situados en la cima del Volcán (8).

Desde el año 1,560 hasta el mes de julio de 1775 en que se verificó una fuerte erupción de prolongada actividad, la acción de este Volcán se redujo a una actividad fumarólica y algunas veces a aparente actividad sísmica (8).

En el mes de febrero de 1846 se estima que ocurrió una de las últimas acciones importantes de este Volcán, con afluencia de lavas y cenizas (8).

Transcurrida la mitad del presente siglo, no se había tenido conocimiento de ninguna actividad apreciable del Volcán de Pacaya. En todo este tiempo, únicamente se notaron en diferentes épocas ligeras fumarolas en diversas regiones del cono principal, hasta que en la madrugada del día 10 de marzo de 1961 se tuvo la noticia de que sobre la falda SSW, precisamente sobre la depresión que forma el hundimiento de sector a que se hace referencia anteriormente y presumiblemente por las antiguas bocas situadas más o menos a una altura de 1,800 m., sobre dicha ladera, se había iniciado la afluencia de una apreciable correntada de lava que se extendió rápidamente hacia ese rumbo (8).

La efusión de estas lavas estaban acompañadas de regular actividad explosiva, sobre todo al salir de las 3 ó 4 bocas a que se ha hecho referencia (8).

La constitución de las mismas sobre todo en el momento de salir por las fisuras inmediatas a las bocas, aparentemente tenía una fluidez, cuya temperatura determinada cuidadosamente, en múltiples observaciones dieron valores comprendidos entre los 850 a 970 grados centígrados (determinados con un pirómetro óptico y en condiciones óptimas de observación) (8).

Por la fluidez inicial de estas lavas, la corriente de las mismas se propagó ladera abajo con gran rapidez, aunque se dividió en varios ramales, según la configuración topográfica del terreno. En el término de cinco a ocho días alcanzó una longitud de 8 a 9 Km (8).

Las características de estos productos efusivos del Volcán, deducidas de investigaciones de densidad específica, pueden considerarse como de constitución neutral en las cuales el porcentaje de sílice puede oscilar entre el 55 a 60%, la densidad media determinada fue de 2.78 (8).

La corriente de lava, actualmente solidificada aunque todavía con una temperatura en su interior de 35 a 40 grados centígrados, tiene una anchura de 250 a 300 m., y un espesor que alcanza en algunos puntos a los 3.5 m (8).

Este período de actividad duró por termino medio desde marzo hasta mediados de julio de 1961 en que sobrevino la calma y aparentemente desapareció todo indicio de actividad (8).

A mediados del año de 1963 (junio) se produjo en el cono principal un apreciable hundimiento que afectó un pequeño sector del cono muy cerca del cráter del mismo (8).

Este hundimiento que aparentemente no tuvo en un principio trascendencia alguna, vino a ser con el transcurso de los días una fuente de actividad fumarólica que aumentaba de intensidad semanalmente. Esta actividad comenzó a originar derrumbes apreciables dentro del propio hundimiento, modificándose constantemente su aspecto y en esa forma se inició la aparición de material incandescente en el fondo del mismo. Este aspecto se fue intensificando paulatinamente hasta que entraron los meses de agosto y diciembre de 1965 en los cuales se produjo la primera colada de lava relativamente viscosa que se deslizó sobre las laderas del SW del Volcán (8).

Actualmente la actividad del mismo (desde abril de 1966) tiene períodos de mayor o menor intensidad en lo que se refiere a efecto fumarólico en gran escala, sin dejar de cuando en cuando, de expulsar pequeños contingentes de lavas más o menos viscosos que se deslizan en el mismo sentido de las originales (8).

3.2.3.1 Depósitos volcánicos

Posee conos de ceniza basálticos y capas de pómez dacíticas, flujos piroclásticos y coladas de lava y lahares, se ha identificado la presencia de un alud de detritos en el río Metapa, el cual avanzó al SSO del Volcán de Pacaya donde se originó (8).

3.2.3.2 Amenaza volcánica (8)

- A. Flujos de lava, moderadamente fluidas que pueden alcanzar en ocasiones avances hasta 12 m/hora.
- B. Caída de material piroclástico y bombas volcánicas
- C. Caída de cenizas
- D. Flujos de detritos

3.2.3.3 Petrografía

Andesitas basálticas (con piroxenos, horblenda y olivino), domos riódacíticos y basaltos olivínicos (8).

3.2.3.4 Geoquímica

De acuerdo con la Geoquímica, las rocas se han clasificado como típicas Andesitas y riódacitas, los valores promedios de sílice en las rocas del Volcán Pacaya son de 50.86% y 70.30% (8).

3.2.4 Recursos naturales

3.2.4.1 Geología y formas de la tierra

Koch & McLean; Wunderman & Rose, citados por Kitamura & Matías (1995) (13), indican que el Volcán de Pacaya es un gran complejo volcánico situado en el límite sur de la zona de fallamiento de la Caldera de Amatitlán. El Complejo Volcánico del Pacaya comprende un estratovolcán ancestral andesítico, domos de riódacita y andesita, y el moderno volcán basáltico compuesto. Es el moderno volcán compuesto el que muy activo y ha causado repetidas erupciones en la época histórica.

El complejo tiene una caldera con forma de herradura que abre hacia el sur-oeste, forma que resultó del colapso del edificio volcánico. La avalancha de debris y las subsiguientes blast producidas por el colapso se desplazaron hacia el sur y el oeste del volcán. Un cono formado después de la caldera, llamado cono MacKenney, se ha desarrollado en la caldera, y un pequeño cono parasítico, llamado Cerro Chino, descansa en el límite norte de la caldera (13).

Con base en análisis geológicos y petrológicos Eggers (1971 MS), citado por Kitamura & Matías (1995), dividió el vulcanismo Cuaternario en el cuadrángulo de Amatitlán en tres fases eruptivas. El volcán ancestral andesítico se formó en la Fase I y erupciones voluminosas de pómez de dacita y domos son incluidos en la Fase II. El vulcanismo en la fase tardía (Fase III) continúa hasta estos días, y ha formado el moderno volcán basáltico compuesto.

3.2.4.2 Suelos

De acuerdo al MAGA (15), y según la Taxonomía de Suelos de 1998, para el área se reportan los subórdenes de suelo siguientes:

- A. Orthents
- B. Psamments
- C. Vitrandis
- D. Ustands
- E. Ustalfs

Pereira (1990) (22) reporta para la microcuenca de la Laguna de Calderas (que es parte del área en estudio) de acuerdo a la clasificación taxonómica de 1975, los grandes grupos siguientes:

- A. Vitrandepts
- B. Eutrandepts
- C. Ustipsamments

3.2.4.3 Hidrografía

El cuerpo de agua más importante de la región es la Laguna de Calderas, con una extensión superficial de 32.48 hectáreas. El agua de la laguna es utilizada principalmente para consumo humano por los habitantes de los centros poblados aledaños (22).

Existen además un número no especificado de nacimientos de agua, de los cuales también se abastecen los pobladores eventualmente (22).

La red de drenaje del área se caracteriza por corrientes efímeras formadas durante la ocurrencia de precipitaciones, siendo la más importante la que se conoce como río El Chupadero (22).

3.2.4.4 Características climáticas

Según el sistema de clasificación de Thornthwaite el carácter del clima es templado, sin estación fría bien definida, húmedo con invierno seco y vegetación natural característica de bosque (22).

Los datos obtenidos de una estación tipo B del INSIVUMEH, que estuvo ubicada en la Aldea San José Calderas indican los valores promedios (22):

- A. Temperatura media 17.5 ° C

B. Precipitación anual	1309 mm
C. Evaporación	1249 mm

3.2.4.5 Zonas de vida

De acuerdo a lo reportado por el MAGA, en sus mapas digitales a escala 1:250,000 (14) en el área del Volcán de Pacaya se pueden identificar dos zonas de vida según la Clasificación de Holdridge: El Bosque húmedo Sub Tropical (templado) y el Bosque muy húmedo Sub Tropical (cálido). La primera de estas zonas se reporta para la parte ocupada por el cono, y la segunda hacia el sur del volcán, más orientado a la boca costa.

3.2.4.6 Vegetación natural

La vegetación natural se caracteriza por comunidades de tipo de hoja ancha (Cerro Grande y Cerro Chino), que incluyen *Quercus spp.*, *Chiranthrodendron sp.*, *Annona sp.*, *Alnus sp.*, *Cedrela pacayana*, entre las más importantes (22).

En los viejos flujos de lava, al lado sur del volcán, se encuentra un bosque relictual de *Pinus oocarpa*, sumamente deteriorado por la actividad volcánica y la extracción de madera, principalmente para leña (22).

Las comunidades vegetativas principales son (22):

- A. Comunidades primitivas de litofitas en los flujos de lava
- B. Comunidades de pinares asociados con pastizales naturales en los flujos de lava.
- C. Comunidades de matorrales en las áreas de suelo no bien desarrollados.
- D. Bosque climax bastante perturbado en una zona que se extiende desde Cerro Grande hasta Cerro Chino, y otro en Cerro Hoja de Queso.
- E. Comunidades de plantas acuáticas en el agua poco profunda de la Laguna de Calderas.

Se considera que el bosque más importante para el parque es el Bosque perturbado que se encuentra entre el Cerro Grande y el Cerro Chino. Sin embargo, el grado de deterioro de este bosque es muy grande (22).

3.2.4.7 Cobertura y uso de la tierra (año 1999)

Las coberturas principales en el área son:

- A. Bosque
- B. Cultivo de Café
- C. Cultivos anuales (Hortalizas, Maíz y frijol)
- D. Geotermia

- E. Tierras Improductivas (arenales)
- F. Guamil
- G. Centros poblados

3.2.5 Centros poblados afectados

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-, en el año 2000 (18) diagnosticó a las comunidades más expuestas al peligro de erupciones del Volcán de Pacaya; indicando que los centros poblados más expuestos son:

- A. Aldea El Patrocinio
- B. Caserío el Rodeo
- C. Caserío el Caracol
- D. Caseríos los Ríos

Del año 1997 a la fecha se han registrado 33 erupciones del Volcán, arrojando bombas y bloques, ceniza escorácea y lava. Lo que ha obligado a la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres –CONRED-, a evacuar en más de nueve ocasiones a habitantes de la Aldea El Patrocinio y a los Caseríos el Rodeo y el Caracol. Sin embargo, se han reportado por lo menos diez defunciones de personas afectadas por las erupciones del Volcán de Pacaya (18).

Así mismo, la caída de ceniza ha afectado a la agricultura principalmente los sembradillos de café y de milpa, estimándose pérdidas de setenta mil quetzales en la erupción del 14 de junio de 1998 (MAGA, 1998).

4. OBJETIVOS

4.1 General

Formular una propuesta de Ordenamiento Territorial en el área de influencia del Volcán de Pacaya, sustentada en estudios biofísicos y socioeconómicos.

4.2 Específicos

- 4.2.1 Caracterizar los aspectos biofísicos de geomorfología, génesis, clasificación de suelos y cobertura vegetal y uso de la tierra del Parque Nacional Volcán de Pacaya.
- 4.2.2 Definir el área de influencia la actividad del Volcán de Pacaya y sus efectos biofísicos y socioeconómicos.
- 4.2.3 Determinar las implicaciones sociales y económicas de la actividad volcánica en los principales centros poblados dentro del área de influencia.
- 4.2.4 Caracterizar las principales amenazas volcánicas en el área de influencia del Volcán de Pacaya.
- 4.2.5 Proponer los límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya, con base en los aspectos biofísicos, socioeconómicos y legales.
- 4.2.6 Priorizar dentro del proyecto de ordenamiento territorial, las recomendaciones y planificación de actividades para la prevención de desastres, especialmente los de naturaleza volcánica.

5. METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio se consideraron tres componentes: el primero de ellos el biofísico, el segundo el socioeconómico y el tercero sobre las amenazas naturales. Por lo anterior se realizaron diferentes fases de campo y gabinete, que permitieron recopilar, generar y analizar la información necesaria para plantear el proyecto de ordenamiento territorial, y dentro de él las medidas de prevención necesarias a los desastres naturales; partiendo de los tres componentes indicados.

En la primera fase de gabinete se hizo una recopilación y análisis preliminar de toda la información existente para cada uno de los tres componentes. En la primera fase de campo se verificó esta información y se generó otra información complementaria para el estudio.

En la segunda fase de gabinete se generó la cartografía preliminar y se realizaron los análisis correspondientes de la información recopilada y generada; el primero producto fue la propuesta preliminar de ubicación de los límites del Parque. Por la naturaleza del estudio, la cartografía fue un componente muy importante del mismo, la cual se trabajó con el soporte de los sistemas de información geográfica, a una escala 1:50,000. Toda la información se georeferenció al sistema de coordenadas proyectadas UTM Zona 15, Datum NAD 1927.

La segunda fase de campo, la fase de laboratorio y la tercera fase de gabinete se dedicaron principalmente al estudio de suelos y tierras. Por lo que estas fases consistieron en la apertura de calicatas para el estudio de pedones y los muestreos de suelos, los análisis de laboratorio de las muestras recolectadas y la clasificación Taxonómica de Suelos (Según el Soil Survey Staff, 2000) y de capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Por estar a cargo del INAB la co-administración de este parque, también se realizó la clasificación de capacidad de uso de la tierra de acuerdo al INAB, para tener una clasificación de referencia que pueda ser utilizada en estudios posteriores.

En la tercera fase de campo se realizó la verificación y la corrección de la información generada, principalmente la cartográfica.

La cuarta fase de gabinete consistió en la edición final de los mapas y la elaboración del documento final, en la cual se hizo la propuesta del Ordenamiento Territorial del Parque Nacional Volcán de Pacaya, considerando su delimitación con base a los criterios técnicos que aportaron los aspectos biofísicos.

En la Figura 3 se presenta el flujograma de la metodología y posteriormente se describen detalladamente cada una de estas fases.

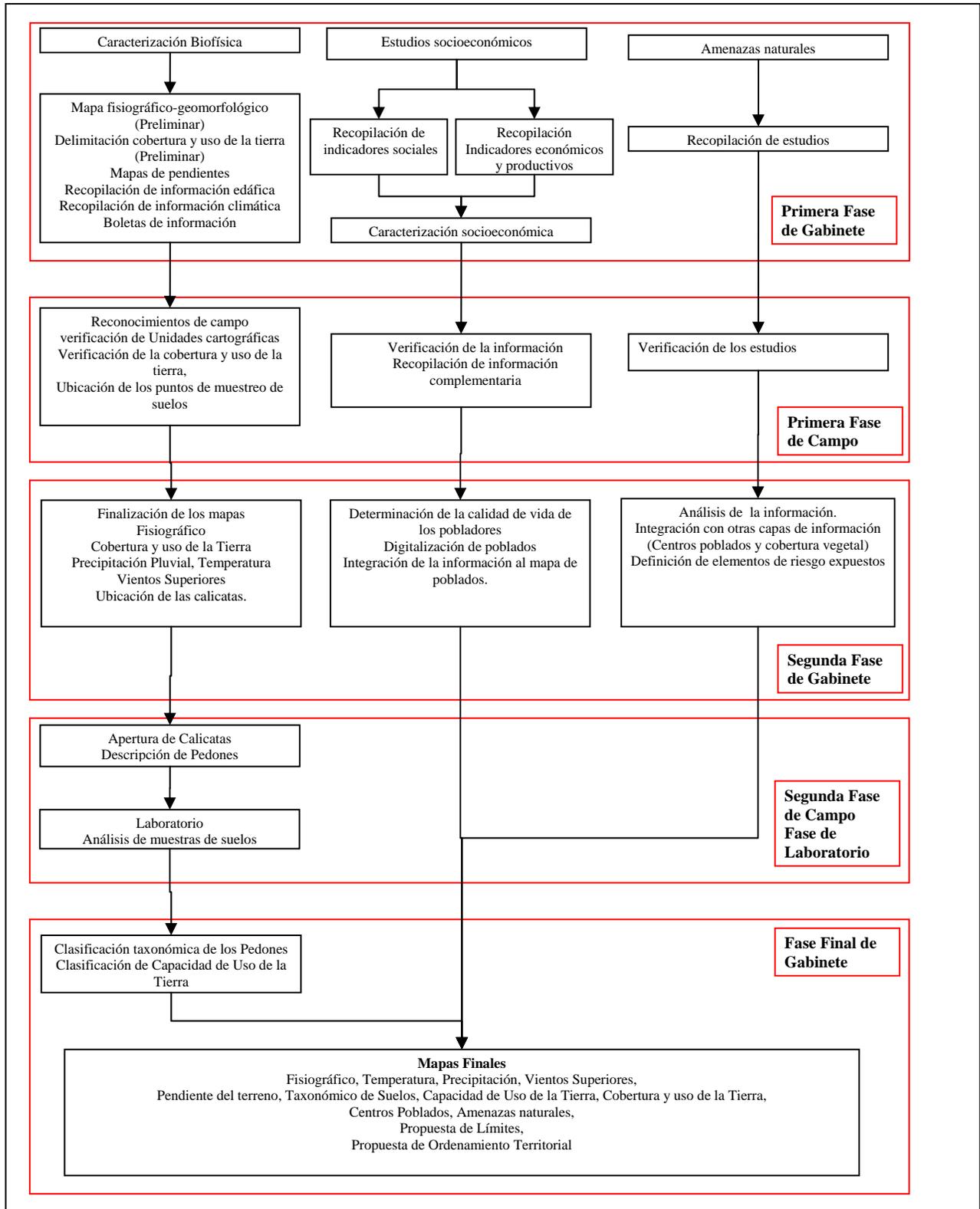


Figura 3: Flujograma de la metodología

5.1 Primera fase de gabinete

5.1.1 Caracterización biofísica

La caracterización biofísica, en su primera fase de gabinete se trabajó con el soporte de los productos de los sensores remotos; siendo estos la fotografía aérea del año 2000 y 2002, así como imagen satelar Landsat TM de 7 bandas del año 1999 y 2003. Para esta caracterización preliminar se utilizaron los programas ArcView, ILWIS y ERDAS Imagine, ya que toda la información se trabajó en formato digital. Las fotografías aéreas se escanearon y se procesaron digitalmente con el objeto de generar orthofotos del área de estudio. A continuación se describen los aspectos biofísicos que se caracterizaron en esta fase.

5.1.1.1 Definición preliminar del mapa fisiográfico-geomorfológico

El mapa fisiográfico se elaboró a partir de tres insumos básicos: las fotografías aéreas, el modelo de elevación del terreno y la geología.

En el programa ILWIS, se generó el modelo de elevación del terreno a partir de las curvas de nivel cada 20 metros, digitalizadas previamente. Con este modelo de elevación del terreno y las fotografías aéreas en formato digital (extensión tif), se generaron las Orthofotos del área del Volcán de Pacaya.

Una vez generadas las orthofotos y apoyándose en el modelo de elevación del terreno, se hizo la interpretación de las formas de la tierra, y se digitalizó en pantalla las delimitaciones que se hicieron, generándose así el mapa morfológico.

El mapa de geología, también en formato digital, se sobrepuso sobre el mapa morfológico, produciéndose así el mapa fisiográfico-geomorfológico.

5.1.1.2 Delimitación preliminar de la cobertura vegetal y uso de la tierra

Sobre la orthofoto se digitalizó la cobertura de la tierra, interpretando los diferentes aspectos de textura y tonalidad de grises de la orthofoto. Así mismo, se utilizó la imagen satelar, principalmente para diferenciar las zonas entre vegetación y lava, que en la orthofoto no se apreciaba mucho la diferencia, pero si en la banda 4 de la imagen satelar.

5.1.1.3 Elaboración de mapas de pendientes

En el programa ILWIS, a partir del modelo de elevación del terreno se derivó el mapa de pendientes del área, el cual se reclasificó de acuerdo a los grupos de pendiente de las metodologías para la clasificación de la capacidad de uso de la tierra propuesta por el INAB y por el USDA. Se utilizaron los rangos de estas metodologías ya que son las que se aplicaron para la clasificación de capacidad de uso de la tierra.

5.1.1.4 Recopilación de información edáfica

La información existente de suelos del área de estudios se recopiló y se almacenó en formato digital. Para ello se recopilaron y almacenaron los estudios previos de trabajos de tesis y estudios a nivel nacional. Encontrándose estudios realizados por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, ANACAFE y MAGA.

5.1.1.5 Recopilación de información climática

En el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) se consultó respecto a las estaciones climáticas cercanas del área de estudio. Con esta información se elaboró un mapa de puntos de estaciones meteorológicas del cual se generaron mapas de isolíneas de las variables climáticas de precipitación y temperatura.

En el caso de la precipitación se realizó una interpolación lineal para obtener el mapa de isoyetas del área. Esta interpolación se realizó digitalmente utilizando el programa ArcView.

En el caso de la temperatura se determinó la ecuación de regresión entre los valores de altitud y temperatura de las estaciones meteorológicas, tomándose el valor de altitud como variable independiente y la temperatura como variable dependiente. Los valores que se encontraron de la regresión fueron los siguientes:

$r^2 = 0.96830206$ Valor de correlación lineal

$m = -0.00580384$ Pendiente de la ecuación

$b = 27.7823737$ Intercepto con el eje y

Con estos valores se construyó la ecuación de temperatura siguiente:

$$Y = -0.00580384 * X + 27.7823737$$

Donde Y es la temperatura en grado centígrados, X es el valor de altitud en metros sobre el nivel del mar.

A esta ecuación se aplicó el modelo de elevación del terreno (que sustituye los valores X o de altitud) y se obtuvo una capa raster de temperatura, de la cual se derivaron las isotermas.

Para los vientos, se localizó el estudio “Riesgo por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales de los vientos superiores en Guatemala”, realizado por Michigan Technological University, el USGS y el INSIVUMEH (20). En este estudio se describe el comportamiento de los vientos superiores en Guatemala en el Período de 1982-1986. Entendiéndose por vientos superiores los vientos que ocurren a alturas entre 10,000 y 50,000 pies de altura (aproximadamente entre 3,000 y 15,000 metros de altura). Y con base a este estudio se generaron las rosetas de los vientos superiores.

5.1.1.6 Boletas de información

Se diseñó una boleta para recopilar información de las unidades cartográficas y las unidades de cobertura de la tierra durante el chequeo en campo. Esta boleta se incluye en los anexos.

5.1.2 Estudios socioeconómicos

Se recopiló la información más importante existente generada por instituciones que han trabajado en el área del Volcán de Pacaya: Instituto Nacional de Estadística (Censos 1994 y 2002), Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Municipalidad de San Vicente Pacaya, Instituto Nacional de Bosques, ANACAFE. Obteniéndose la información siguiente:

5.1.2.1 Recopilación de estudios referentes a indicadores sociales de:

- Población: cantidad, distribución por género, población económicamente activa.
- Educación: tasa de analfabetismo, nivel de escolaridad.
- Salud: centros de atención, cantidad de médicos, enfermedades
- Servicios: Alcantarillado, energía eléctrica, teléfono, agua potable.
- Infraestructura: Habitacional, gubernamental.
- Etnias: Cantidad de grupos étnicos.
- Religión
- Organización social: Grupos sociales organizados, funcionalidad.

5.1.2.2 Recopilación de información de los componentes económicos y productivos

- Población económicamente activa
- Actividades productivas
- Sistemas de producción
- Factores de competitividad

5.1.2.3 Caracterización socioeconómica

Con base en la información recopilada se realizó la caracterización socioeconómica de los centros poblados en el área de influencia del volcán, considerando características cualitativas y cuantitativas.

5.1.3 Amenazas naturales

Se recopiló la información existente referente a las amenazas volcánicas en el área. El estudio más importante y actualizado, del cual se extrajeron los mapas de amenazas naturales, fue “El estudio para el establecimiento de los mapas básicos y los mapas de amenaza para SIG en la Republica de Guatemala” (11) realizado por la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) conjuntamente con el IGN, el INSIVUMEH y SEGEPLAN.

5.2 Primera fase de campo

5.2.1 Caracterización biofísica

En la caracterización biofísica se realizaron reconocimientos de campo y con la ayuda de un GPS se hizo la verificación de la delimitación las unidades cartográficas y de la cobertura de la tierra, además se aprovechó para hacer la ubicación preliminar de los puntos de muestreo de suelos con base a criterios fisiográficos.

Para esta caracterización se realizaron una serie de caminamientos, recorriéndose todo el área bajo estudio, registrando lo observado en las boletas de campo diseñadas en la fase de gabinete anterior.

5.2.2 Amenazas naturales

Se verificó la información disponible recopilada respecto a la Zonificación de Superficies bajo amenaza.

5.3 Segunda fase de gabinete

5.3.1 Caracterización biofísica

Con la información recopilada y verificada en campo, se elaboraron los mapas siguientes:

- Fisiográfico
- Cobertura vegetal y uso de la tierra
- Mapas de las variables climáticas de Precipitación Pluvial, Temperatura y Vientos Superiores.

Además, se definieron los puntos definitivos para el muestreo de suelos, es decir la ubicación de las calicatas.

5.3.2 Caracterización socioeconómica

En la caracterización socioeconómica se hizo el análisis de información para determinar la calidad de vida de los pobladores del área. Así como se integró la información recopilada a un mapa de centros poblados digitalizado sobre la fotografía aérea.

5.3.3 Amenazas naturales

Se analizó la información de los mapas de Amenazas Naturales. Y se integró con otras capas de información (centros poblados y cobertura vegetal) para definir las superficies expuestas y afectas por las amenazas naturales.

5.4 Segunda fase de campo

En la segunda fase de campo se trabajó exclusivamente en la descripción de pedones, para lo cual se hizo la apertura y lectura de calicatas de acuerdo a la Guía para descripción de suelos (1997) (24), realizándose además el muestreo (muestras de 1 a 2 libras) de los horizontes observados y el registro de las características morfológicas en el campo. Así mismo se efectuaron chequeos de las unidades por medio de microcalicatas.

5.5 Fase de laboratorio

Las muestras de los horizontes de los pedones se ingresaron al Laboratorio de Agua y Suelo “Salvador Castillo”, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. Donde se realizaron los análisis necesarios para la clasificación taxonómica de suelos. En el Cuadro 2 se muestran los análisis realizados a las muestras de suelos.

Cuadro 2. Análisis de laboratorio realizados a las muestras de suelos

Prueba	Metodología
pH en NaF	1 g de suelo 50 ml de NaF
Granulometría	Dispersión con hexametafosfato, agitación mecánica, escala USDA modificada
Materia orgánica	Dicromato ácido
CIC y Bases Cambiabiles	Extracción con NH ₄ OAc pH 7.0
Retención de Humedad	33 y 1500 Kpa en plato de cerámica y olla de presión
Retención de Fosfatos (Muestras de profundidad < 35 cms)	5 g de suelo 5 ml de agua destilada 5 ml de solución de 35, 70, 140, 280 y 560 ppm de fosfatos.
Densidad Aparente	Método de la probeta

5.6 Tercera fase de gabinete

Con la descripción de pedones y los resultados de laboratorio se realizó la clasificación taxonómica de los pedones de acuerdo a las Claves para Clasificación Taxonómica del Soil Survey Staff en su versión del 2000 y la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra de acuerdo a la Metodología del INAB y USDA.

5.7 Fase final de gabinete

Concluida las fases de gabinete y de campo anteriores se realizó la edición final de los mapas siguientes:

- 5.7.1 Fisiográfico
- 5.7.2 Variables climáticas de temperatura, precipitación, vientos superiores
- 5.7.3 Pendiente del terreno
- 5.7.4 Taxonomía de suelos
- 5.7.5 Capacidad de uso de la tierra por metodología de USDA
- 5.7.6 Cobertura vegetal y uso de la tierra
- 5.7.7 Amenazas naturales
- 5.7.8 Propuesta de límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya
- 5.7.9 Propuesta de ordenamiento territorial

5.8 Procesado de la información

El análisis de la información llevó una secuencia lógica y sistemática que se ilustran en los diagramas de proceso que se presentan en las Figuras 3 a la 6. Con la información generada en cada una de las fases se realizaron los análisis y

sobre posiciones de mapas necesarios para hacer la propuesta de ordenamiento territorial del Parque Nacional Volcán de Pacaya; y dentro de éste las medidas de prevención de desastres a corto, mediano y largo plazo. Así, para la propuesta de ordenamiento territorial se siguió el esquema que se incluye en la figura 4. Mientras que en las figura 5 se muestra tanto la información insumo, como el flujo que tuvo esta para llegar a la propuesta del Ordenamiento Territorial.

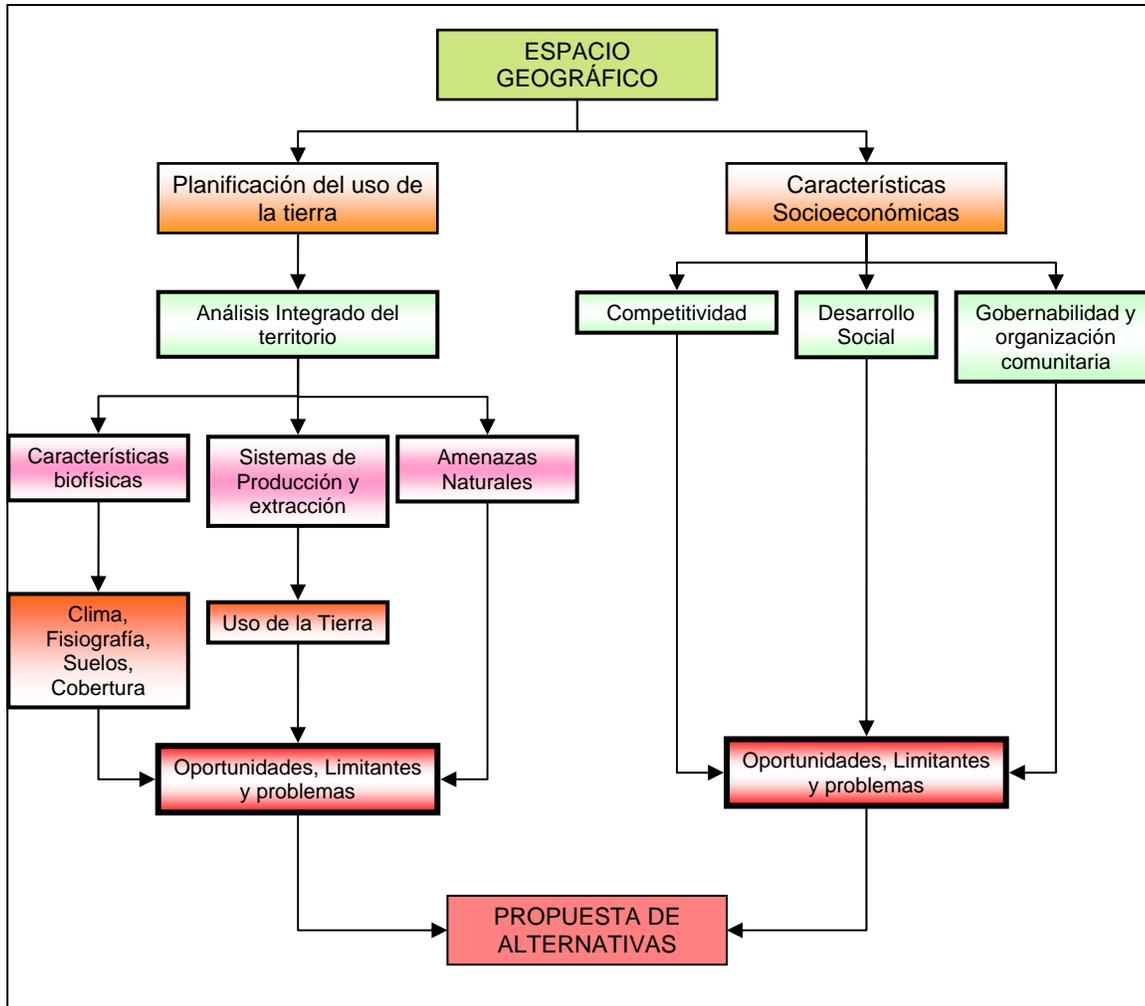


Figura 4: Modelo para la formulación del plan de Ordenamiento Territorial

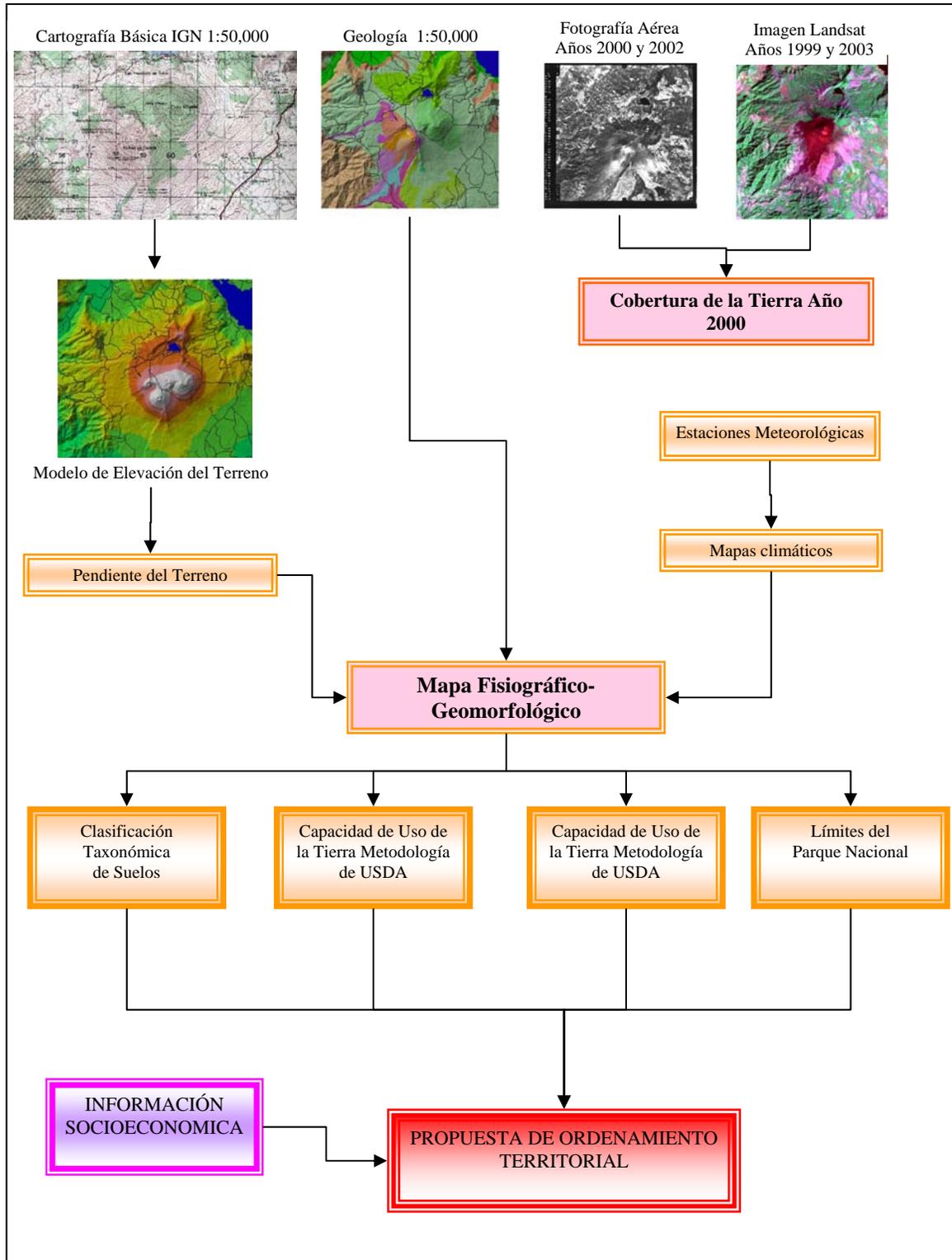


Figura 5: Análisis de información para la generación de la Propuesta de Ordenamiento Territorial

6. RESULTADOS

6.1 Fisiografía

La fisiografía del Volcán de Pacaya es complicada. De acuerdo a estudios preliminares de menor escala el Volcán de Pacaya pertenece a las Tierras Altas Volcánicas y pertenecería a dos Grandes Paisajes: La Caldera del Lago de Amatitlán y la Pendiente Volcánica del Pacífico. Sin embargo, en este estudio, que es de mayor escala, se considera que el complejo del Volcán de Pacaya se ubica en un único Gran Paisaje: Estrato Volcán de Pacaya. Dentro de este gran paisaje se encuentran varios paisajes que se han ido diferenciando con la influencia de la actividad del Volcán de Pacaya. El Cerro Grande y el Cerro Chino son dos paisajes que se caracterizan por ser antiguos conos donde existieron cráteres eruptivos del volcán. Actualmente, es en el paisaje Cono Mackenny donde se encuentra el cráter activo. El paisaje denominado Microcuenca Calderas es una caldera antigua en la que se encuentra la Laguna Calderas. Además, se encuentran el paisaje Flujos de Lava (comprendido por flujos de distintas edades), el paisaje Rellenos de Pómez (comprendido por depósitos de tefra), el paisaje Cono Original Residual (que es un remanente del Cono Original del Volcán de Pacaya) y el paisaje Cono Parasítico (un cono de actividad previa al Mackenny, y parasítico al Cono Original). Cada uno de estos paisajes se divide en subpaisajes. A continuación se describe cada paisaje y sus subpaisajes asociados.

6.1.1 Paisaje Microcuenca Calderas – Mc –

Este paisaje esta conformado por la Microcuenca de la Laguna Calderas. La microcuenca como tal, es cerrada y con una extensión total de 480.30 hectáreas. La laguna posee un espejo de agua de 35.25 hectáreas, es el único cuerpo de agua superficial dentro del área de estudio. En la parte suroeste de la microcuenca, existen irrupciones de flujos de basalto producidos por el volcán, mientras que toda la parte norte esta conformada por depresiones de gran escarpe formadas en el momento de la explosión de la caldera, y posee también una planicie interna que rodea al cuerpo de agua. Una parte de la microcuenca es parte del Cerro Grande, y probablemente esté mas relacionada morfológica y genéticamente con el Cerro que con la Microcuenca. Este paisaje esta compuesto por los subpaisajes siguientes:

6.1.1.1 Subpaisaje Escarpe del Cerro Grande (108.23 hectáreas) – Mce –

Con geología definida como cúpulas de andesita y dacita. Las pendientes varían en un rango de 5% a 60%. Con una pendiente media del 29%, la pendiente más frecuente es de 30%. Presenta un relieve principalmente inclinado de sur a norte. Esta unidad es un escarpe del Cerro Grande hacia la Laguna de Caldera. Presenta suelos jóvenes y profundos. La cobertura de la tierra principal es el cultivo de Café (53.40 ha), además de otros cultivos (42.13) y una pequeña porción por latifoliadas (2.08 ha). Una parte del centro poblado Calderas (10.61 ha) se ubica dentro de esta unidad.

6.1.1.2 Subpaisaje Pared Principal de la Caldera (98.90 hectáreas) – MCP –

La geología de esta unidad pertenece al volcán ancestral andesítico, formado en la explosión de la caldera. Presenta pendientes muy altas que alcanzan valores hasta de 120%, presentando una pendiente media en la unidad del 54% y

una pendiente modal del 50%, es la unidad dentro de la microcuenca con mayores pendientes y relieve mas escarpado. Sin embargo, los suelos son jóvenes y profundos, con más desarrollo que los suelos de otras unidades dentro del área de estudio. La principal cobertura vegetal de esta unidad es la asociación de pastos con cultivos (29.74 ha), luego se encuentra el cultivo del café (25.31 ha), las latifoliadas (14.56 ha) y los bosques secundarios asociados con arbustos (20.47) suman un área de 35.03 ha. Además de estas coberturas se reconoce una pequeña porción del centro poblado San Francisco de Sales (1.96 ha).

6.1.1.3 Subpaisaje Flujos Antiguos de Basalto (84.43 hectáreas) – Mcf –

Esta unidad esta conformada por flujos de basalto antiguos con avanzado grado de meteorización, en pendientes que van de 0% a 63%, con una pendiente promedio en la unidad del 25% y una pendiente modal del 11%, el relieve va de ondulado a plano. Los suelos son jóvenes, pero todavía se observa la presencia de las rocas de basalto, sobre las que los suelos se han desarrollado. Esta unidad esta cubierta principalmente por el cultivo de café (29.45 ha) y otros cultivos (35.01 ha), y en las partes altas de la unidad (al sur) se encuentran latifoliadas (9.40 ha). Partes de los centros poblados de San Francisco de Sales y Calderas se reportan para esta unidad (10.56 ha).

6.1.1.4 Subpaisaje Parte Alta del Cerro Grande en la Microcuenca (90.10 has) – Mcg –

Geología definida como cúpulas de andesita y dacita. Las pendientes van de 0% al 99% con una pendiente promedio dentro de la unidad del 46% y una pendiente modal del 50%, el relieve es mas inclinado que en el Escarpe del Cerro Grande – Mcd –. Los suelos son jóvenes y profundos. Los bosques de latifoliadas constituyen la cobertura dominante de esta unidad (77.54 ha), las otras coberturas vegetales encontradas acá son las asociaciones de bosques secundarios con arbustales (5.98 ha) y cultivos (6.57 ha).

6.1.1.5 Subpaisaje Planicie Interna de la Caldera (98.64 hectáreas) – Mci –

La geología de esta unidad pertenece al volcán ancestral andesítico, formado en la explosión de la micro-caldera. Con una pendiente promedio del 8% en la unidad el relieve es casi completamente plano. En esta unidad se encuentra el cuerpo de agua mas importante de la zona, la laguna calderas, que ocupa 35.25 ha. El resto de la unidad esta cubierto por el cultivo de café (29.15 ha), cultivos (2.05) y asociaciones de cultivos con pastos (3.08 ha), bosque principalmente secundario (2.11 ha), y un pozo para la generación de energía geotérmica (1.44 ha). La mayor parte del centro poblado San Francisco de Sales se reporta en esta unidad (25.55 ha).

6.1.2 Paisaje Cerro Chino – Ch –

El Cerro Chino esta conformado por piroclastos y flujos de lava, sin embargo la parte baja del Cerro Chino ya tiene un grado de meteorización más alta en relación con la parte alta. Se asume que este cerro estuvo activo previo a la formación del Cono Mackenny. Es por esto que su geología es reciente, y el desarrollo de los suelos muy incipiente.

Se incluye en este paisaje una colada de lava que se origino de este cerro probablemente en el año 1565 D.C. Incluida esta colada este paisaje cubre un área de 369 ha. Este paisaje esta compuesto por los siguientes subpaisajes:

6.1.2.1 Subpaisaje Cono Superior del Cerro Chino (55.85 hectáreas) – Chs –

Flujo de Basalto y tefra sin dividir originada del Cerro Chino, con pendientes que alcanzan hasta el 82%, siendo la pendiente promedio de la unidad 49% y la pendiente mas frecuente del 55%. El relieve de esta unidad se caracteriza por ser muy escarpado. Los suelos son muy poco profundos cuando existen, la mayor parte de la unidad esta cubierta por materiales ígneos con poca o ninguna meteorización (tefra y lava). En la parte más baja de la unidad y con exposición hacia el norte, se encuentra un bosque de latifoliadas (36.49 ha), el resto de la unidad es tierra cubierta por lavas y piroclastos (15.34 ha) y latifoliadas en asociación con cultivos (4.02 ha)

6.1.2.2 Subpaisaje Cono inferior del Cerro Chino (156.12 hectáreas) – Chi –

A pesar de que la geología, al igual que en la parte alta, esta caracterizada como flujo de basalto y tefra sin dividir, en esta unidad el grado de meteorización es mayor, y por lo tanto la presencia de los suelos y vegetación también. A pesar de que la pendiente máxima alcanzada es del 81%, la pendiente promedio es del 33% y la modal del 30%, evidenciando esto que el relieve va de muy inclinado a medianamente inclinado. Los suelos en esta unidad son jóvenes y profundos, sin embargo, dentro de esta unidad aparecen algunos suelos muy poco desarrollados. Los bosques de latifoliadas cubren 57.33 ha de esta unidad, que también tiene mucha cobertura de cultivos (40.10 ha) y cultivos asociados a latifoliadas (37.40 ha), incluso se reporta una pequeña parte de café (solo o asociado a otros cultivos) de 2.74 ha. El resto (18.56 ha) es tierra cubierta por lava y piroclastos asociada a pastos o arbustales.

6.1.2.3 Subpaisaje Flujos de Lava del Cerro Chino (157.03 hectáreas) – Chf–

Los flujos de lava que se relacionan con el Cerro Chino, son flujos de basalto, probablemente formados en el año 1565. Este flujo se origina en el cerro chino e irrumpe la morfología no solo del propio cerro, sino de otras unidades por las que pasa. La pendiente máxima de la unidad es del 77%, sin embargo por ser un área de deposición de la lava el relieve tiende a lo plano, siendo la pendiente media de 15% e incluso la pendiente con mayor frecuencia es del 5%. Los suelos en esta área son inexistentes o muy poco desarrollados. La cobertura dominante de esta unidad es una asociación de tierra cubierta por lava y piroclastos con arbustales (100.76 ha) y la tierra cubierta por lava y piroclastos asociada con pastos (17.96 ha). En las partes donde la lava ya esta meteorizada o bien no afectó mucho, se encuentras cultivos (5.02 ha), café (7.91 ha), café asociado con otros cultivos (8.51 ha), latifoliadas (4.33 ha) y latifoliadas asociadas con cultivos (12.54 ha).

6.1.3 Paisaje Cerro Grande – Cg –

El cerro grande probablemente es una de las unidades más antiguas y con mayor desarrollo de suelos dentro los limites del parque. Presenta actividad agrícola en la parte baja del cerro, y cobertura de latifoliadas, arbustales y pastos en la

parte alta. Caracterizado geológicamente como una cúpula de andesita y dacita, tiene una extensión de 589 ha. El cerro grande presenta suelos profundos, con diferentes horizontes de piroclastos intercalados con horizontes A y C. El Cerro Grande esta conformado por:

6.1.3.1 Subpaisaje Cono Superior del Cerro Grande (407.93 hectáreas) – Cgs –

La pendiente máxima de la unidad es de 110%, la pendiente promedio del 53% y la pendiente modal del 50%, por lo que el relieve se considera muy inclinado. Presenta suelos jóvenes y profundos. Una parte muy importante de esta unidad está cubierta por bosques, ya sea de latifoliadas (87.92 ha) o bosque secundario (26.13 ha). Sin embargo, son los cultivos asociados con arbustales los que cubren la mayor parte de la unidad (105.98 ha) y los arbustales solos cubren 105.32 ha. Hay una parte importante de cultivos (45.40 ha) y otra de arbustales asociados a pastos (23.19 ha). El resto esta cubierto por flujos de lava y piroclastos asociados a arbustales (4.18 ha) y cultivo de café (8.82 ha).

6.1.3.2 Subpaisaje Cono Inferior del Cerro Grande (182.37 hectáreas) – Cgi –

Con una pendiente máxima del 69%, una pendiente promedio en la unidad del 33% y una pendiente modal del 30%, es este factor, principalmente, el que diferencia la parte baja de la parte alta del cerro. En la parte baja la inclinación del relieve es menor, en comparación con la parte alta. En esta unidad la actividad agrícola es muy intensa. 89.02 ha están ocupadas por cultivos limpios, 25.46 ha por café, y 37.79 ha por una asociación de cultivos y arbustales. El resto es una asociación de tierra cubierta por lava y piroclastos con pastos (29.58 ha) y una pequeña unidad de arbustos (0.51 ha).

6.1.4 Paisaje Cono Mackenny – Mk –

El cono MacKenny y su geomorfología asociada (flujos de lava derivados de él) tiene una extensión de 1165.95 ha y es la unidad más dinámica en relación a la deposición de nuevos materiales. Por lo mismo, la presencia de vegetación y el desarrollo de los suelos son prácticamente inexistentes, por lo que se ha caracterizado en otros estudios como tierras cubiertas por flujos de lava y piroclastos. A pesar de que sus pendientes van de muy inclinadas a planas, la principal característica que permite delimitar esta unidad es la presencia de flujos de lava muy recientes y tefra de diferentes tamaños (ceniza, lapilli, bloques), es decir los nuevos depósitos de piroclastos y de lavas. Este paisaje lo conforman los siguientes subpaisajes:

6.1.4.1 Subpaisaje Flujos de Basalto (Pendiente Alta) (417.78 hectáreas) – Mkfa –

Flujos de lava más recientes del cono Mackenny. En esta unidad se encuentran pendientes muy altas (hasta 103%) debido a que esta conformada principalmente por el Cono, y por esto el relieve es muy inclinado. La pendiente promedio es del 52%, pero la pendiente más frecuente es de 60%. Los suelos son inexistentes o muy poco profundos (Lithic ustorthents). La mayor parte de la unidad esta cubierta por flujos de lava y piroclastos (393.14 ha). El resto son

asociaciones de tierra cubierta por lava y piroclastos y arbustos (21.15 ha) o bien tierra cubierta por lava y piroclastos y pastos (1.05 ha). El resto son latifoliadas (2.43 ha).

6.1.4.2 Subpaisaje Flujos de Basalto (Pendiente Baja) (685.60 hectáreas) – Mkfb–

Conformado también por flujos de lava recientes del cono Mackenny, en esta unidad se han depositado los flujos de lava, ya que son terrenos con menor pendiente. La pendiente promedio es del 17% y la pendiente modal del 15%. Al igual que en la unidad anterior los suelos son inexistentes o muy poco profundos (Lithic ustorthents). La mayor parte de la unidad está cubierta por flujos de lava y piroclastos (631.01 ha) y flujos de lava y piroclastos asociados con pastos (46.78 ha). El resto son pastos (3.63 ha), arbustales (2.54 ha), latifoliadas (0.48 ha), café (0.44 ha) y cultivos (0.73 ha).

6.1.4.3 Subpaisaje Cono Residual (62.57 hectáreas) – Mkr –

Este subpaisaje es un remanente del cono inicial y se integran a él nuevos depósitos o aportes de piroclastos. La pendiente máxima es de 120%, la pendiente promedio del 43%, sin embargo la pendiente más frecuente es del 20%. En esta unidad también influye la presencia del Cono Mackenny. Los suelos son inexistentes o, cuando los hay, muy poco profundos. La mayor parte de la unidad es tierra cubierta por lava y piroclastos (47.30 ha), el resto está caracterizado por asociaciones de tierra cubierta por lava y piroclastos con arbustales o pastos (15.27 ha).

6.1.5 Paisaje Cono Parasítico – Cp –

Dentro de los paisajes delimitados, principalmente por su geología, se encuentra un cono parasítico y los flujos de basalto asociados a este, con una actividad previa al MacKenny y al Cerro Chino, este cono parasítico tienen una altitud menor y su morfología de cono no es tan notoria como estos. Sin embargo, presenta un flujo de lava importante, que evidencia su mayor antigüedad por la presencia de vegetación. Este paisaje tiene una extensión de 178.61 ha.

6.1.5.1 Subpaisaje Cono (18.36 hectáreas) – Cpc –

Este subpaisaje se definió con base a la geología que lo describe como Cono parasítico, presenta pendientes que van del 10 al 68%, siendo la pendiente promedio de esta unidad del 36% y la modal del 35%. El relieve es menos inclinado que el cono Mackenny y el cerro grande. En esta unidad la tierra cubierta por lava y piroclastos está asociada con coníferas (14.40 ha) o bien con pastos (3.96 ha).

6.1.5.2 Subpaisaje Flujos Basálticos (160.25 hectáreas) – Cpf –

Esta subpaisaje está conformado por flujos de lava surgidos del cono parasítico, el relieve de esta unidad es bastante plano. La pendiente máxima es del 53%, sin embargo la pendiente promedio es del 10% y la pendiente más frecuente del 5%. Esto se explica porque es la parte donde se depositaron los flujos de lava del cono parasítico. La mayor parte de la unidad se compone de una asociación de tierra cubierta por lava y piroclastos con coníferas (146.06 ha). Otras

pequeñas unidades de tierra cubierta por lava y piroclastos y pastos alcanzan a cubrir 5.94 ha. Parte de la Aldea Los Pocitos se encuentra reportada para esta unidad (8.25 ha).

6.1.6 Paisaje Flujos de Lava – Fl –

El paisaje que se ha definido como Flujos de lava, es tal vez una de las unidades mas variable en cuanto a sus características, debido principalmente por el tiempo en que fueron depositados estos flujos de lava. Estos flujos se asocian al Volcán previo a la destrucción primaria de su cono, y en los más antiguos la formación de suelos es tal vez la más avanzada de todo el parque. Sin embargo, en los flujos mas recientes esta formación es muy incipiente, y por lo tanto la profundidad de los suelos muy poca, existiendo la "cama de lava" a unos pocos centímetros por debajo de los suelos. La extensión de esta unidad de 1194.38 ha, siendo la unidad mas grande que existe en el área de estudio. Los Flujos de Lava se dividen en:

6.1.6.1 Subpaisaje Flujos Antiguos (210.65 hectáreas) – Fla –

Los flujos de lava más antiguos presentan una pendiente media del 24%, siendo más plana en las partes mas alejadas del cono, y aumenta conforme se acerca a este último, encontrándose pendientes máximas del 93%. Sobre estos flujos, los suelos jóvenes son bastante profundos y mas desarrollados que en las otros subpaisajes. En esta unidad se encuentran los suelos mas desarrollados del área de estudio. En su parte mas distal tiene suelos bastante desarrollados y fértiles en un relieve relativamente plano, por lo que se han utilizado para cultivos en general (70.65 ha) y el cultivo del café asociado a otros cultivos (49.52 ha). Conforme se acerca al cono activo, las pendientes se incrementan, lo que limita su uso agrícola, siendo la cobertura bosques de latifoliadas (74.95 ha). El centro poblado El Cedro se encuentra en esta unidad (15.34 ha). Una pequeña parte se reporta como flujos de lava y piroclastos asociados a pastos (0.20 ha)

6.1.6.2 Subpaisaje Flujos Recientes (273.32 hectáreas) – Flr –

Los flujos de basalto de esta unidad se asume tienen una edad intermedia entre los flujos más antiguos (con suelos desarrollados) y los flujos de lava más recientes asociados al cono Mackenny. Esta unidad esta separada espacialmente por la irrupción de los flujos de lava mas recientes. El relieve de esta unidad tiende a ser relativamente plano, con una pendiente promedio del 18%, siendo la pendiente mas frecuente del 15%. Sin embargo en las partes que se acerca al Cono Mackenny, la pendiente es alta, alcanzando valores de hasta 77%. Los suelos en esta unidad son inexistentes o muy poco profundos. La mayor parte de esta unidad reporta tierra cubierta por lava y piroclastos asociada con pastos (259.09 ha) o bien la tierra cubierta por lava y piroclastos sin asociación (12.54 ha). Se incluye en esta unidad una parte del centro poblado El Caracol (1.69 ha).

6.1.6.3 Subpaisaje Flujos Recientes (Pendiente Alta) (402.09 hectáreas) – Flra –

Debido a la variabilidad en la pendiente, algunas unidades de los flujos recientes se agruparon dentro de la unidad Flujos Recientes (Pendiente Alta). En esta unidad, al igual que en la anterior los flujos de basalto tienen una edad

intermedia entre los flujos más antiguos (con suelos desarrollados) y los flujos de lava más recientes del cono Mackenny. La pendiente es alta, alcanzando valores de hasta 85%. Los suelos en esta unidad son inexistentes o muy poco profundos. Esta unidad esta cubierta por flujos de lava y piroclastos asociados con pastos (273.40 ha), flujos de lava y piroclastos asociados con arbustales (117.01 ha), flujos de lava y piroclastos asociados con coníferas (4.75 ha).

6.1.6.4 Subpaisaje Flujos Recientes (Pendiente Baja) (258.45 hectáreas) – Flrb –

Con las mismas características geológicas que la unidad anterior, pero con una pendiente menor, para este subpaisaje se reportan pendientes máximas del 52%, con una pendiente media del 17% y una pendiente modal del 14%. Los suelos en la parte mas distal (al oeste) son ligeramente mas profundos, por lo que se dedican a cultivos (58.14 ha). El resto de la unidad esta cubierta por flujos de lava y piroclastos asociados ya sea con pastos (198.26 ha) o con coníferas (2.05 ha).

6.1.6.5 Subpaisaje Meseta (49.67 hectáreas) – Flm –

La Meseta del Volcán de Pacaya esta conformada por flujos de lava y depósitos piroclásticos, al pie del Cono Mackenny en la parte norte. En la parte central de la meseta la pendiente es muy baja, siendo la pendiente modal en la unidad del 11%, sin embargo en las partes más externas de esta unidad (en los límites con el cerro grande y el cono Mackenny) la pendiente se eleva, y esto afecta la pendiente promedio de la unidad que se reporta en 38%. Los suelos son inexistentes o muy poco profundos. La mayor parte de la unidad se reporta como tierra cubierta por lava y piroclastos (29.52 ha), o bien la tierra cubierta por lava y piroclastos asociada con arbustos (9.28 ha). Otras partes se encuentra cubierta por latifoliadas (6.19 ha) y bosque secundario arbustal (4.70 ha).

6.1.7 Paisaje Rellenos de Pómez – Rp –

Este paisaje está de alguna forma aislado de los flujos de lava, y está mas influenciado por la caída de piroclastos, principalmente pómez. Debido a esta influencia, por ser materiales, de alguna forma, más meteorizables, la velocidad de desarrollo de los suelos puede ser mayor. Se asocia a esta unidad una avalancha de debris, que habría recubierto los flujos de lava originales. La extensión de esta unidad es de 406.54 ha.

6.1.7.1 Subpaisaje Rellenos Profundos (258.01 hectáreas) – Rpp –

Rellenos de pómez de dacita y riodacita. Es un área relativamente plana, con pendiente promedio del 24%, pero pendiente modal del 5%. Los suelos de esta unidad están bien desarrollados y son bastante fértiles. La mayor parte de la unidad es utilizada para la siembra del café (213.29 ha). Es importante señalar que en esta unidad se encuentra el centro poblado El Patrocinio (28.71 ha). En el resto de la unidad se encuentran otros cultivos (3.07 ha) y tierra cubierta por lava y piroclastos asociada con arbustos o pastos (12.94 ha).

6.1.7.2 Subpaisaje Rellenos Someros (148.53 hectáreas) – Rps –

Rellenos de pómez de dacita y riocacita más expuestos que los profundos. Es un área relativamente plana, con un pendiente media del 22% y una pendiente modal del 5%. Los suelos son menos desarrollados que la unidad de rellenos profundos. La mayor parte de esta unidad esta cubierta por una asociación de tierra cubierta por lava y piroclastos con pastos (108.25 ha) y tierra cubierta por lava y piroclastos sin pastos (4.30 ha). Una buena parte de la unidad es utilizada para café (19.67 ha). Se reporta además latifoliadas (6.26 ha), el centro poblado El Rodeo y una parte de El Caracol ocupan un total de 10.04 ha.

6.1.8 Paisaje Cono Original Residual – Co –

Esta una unidad se define por su geología, y esta asociada con el cono inicial del Volcán, previo a la explosión del mismo. En algunas partes de esta unidad se encuentran los aportes hechos por erupciones anteriores de lava (el Escarpe Suave sin nuevos aportes), sin embargo otras unidades (pequeños cerros y partes altas) no se han visto afectados por los recubrimientos de lava, sino mas bien por las caídas recurrentes de piroclastos, existiendo una mayor formación de suelos. El Cono Original Residual ocupa un área de 241.58 ha.

6.1.8.1 Subpaisaje Conos Recubiertos (23.57 hectáreas) – Cor –

En esta unidad esta conformada por tres pequeños cerros que no han sido afectados por la lava, pero si por la caída de piroclastos. Los tres presentan suelos profundos. La pendiente máxima en estos cerros es del 77 %, el promedio de la pendiente alcanza el 27 %, pero la moda es el 10%. Un cerro esta cubierto por latifoliadas (3.31 ha), otro por pastos (7.13 ha) y el otro por arbustales (8.19 ha). Al pie de los cerros, en las partes de transición a las coladas de lava, se reporta tierra cubierta por lava y piroclastos (4.94 ha).

6.1.8.2 Subpaisaje Escarpe Suave (Pendiente Alta) (30.41 hectáreas) – Coea –

Esta unidad la pendiente es mayor que la de Pendiente Suave. La pendiente promedio es de 23%, siendo la moda del 15% y la pendiente máxima del 60%. Los suelos son inexistentes o muy poco profundos. Para toda la unidad se reporta tierra cubierta por lava y piroclastos asociada con pastos.

6.1.8.3 Subpaisaje Escarpe Suave (Pendiente Suave) (187.60 hectáreas) – Coeb –

Esta unidad es bastante plana, teniendo una pendiente promedio de 12% y una pendiente modal del 5%. Los suelos son inexistentes o muy poco profundos. Para la mayor parte de la unidad se reporta tierra cubierta por lava y piroclastos asociada con pastos (169.79 ha), con coníferas (14.52 ha) o sin ninguna asociación (1.00 ha). Una pequeña parte del centro poblado Los Pocitos se incluye en esta unidad (2.29 ha).

En el cuadro 3 se presenta la leyenda de interpretación fisiográfica que resume todos los subpaisajes encontrados.

Cuadro 3. Leyenda de interpretación Fisiográfica aplicada al Volcán de Pacaya y su área de influencia

Región Fisiográfica	Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Código	Area (ha)
Tierras Altas Volcánicas	Estrato Volcán de Pacaya	Cerro Grande	Cono Inferior del Cerro Grande	Cgi	1823750.00
			Cono Superior del Cerro Grande	Cgs	4069310.00
		Cerro Chino	Flujos de lava del Cerro Chino	Chf	1570340.00
			Cono Inferior del Cerro Chino	Chi	1561252.10
			Cono Superior del Cerro Chino	Chs	558505.10
		Cono Original Residual	Escarpe Suave (Pendiente Alta)	Coea	304094.30
			Escarpe Suave (Pendiente Baja)	Coeb	1876020.00
			Conos Recubiertos	Cor	235708.58
		Cono parasítico	Cono	Cpc	183546.58
			Flujos Basálticos	Cpf	1602460.00
		Flujos de Lava	Flujos Antiguos	Fla	2106530.00
			Meseta	Flm	496737.80
			Flujos Recientes	Flr	2733211.11
			Flujos Recientes (Pendiente Alta)	Fra	4022860.00
			Flujos Recientes (Pendiente Baja)	Flrb	2584470.00
			Cuerpo de Agua	Mca	352530.30
		Microcuenca Calderas	Escarpe del Cerro Grande	Mce	1082250.00
			Flujos de Antiguos de Basalto	Mcf	844323.00
			Parte Alta del Cerro Grande en la Microcuenca	Mcg	900992.40
			Planicie Interna de la Caldera	Mci	633889.90
			Pared Principal de la Caldera	Mcp	988961.00
		Cono MacKenny	Flujos de Basalto (Pendiente Alta)	Mkfa	4177850.00
			Flujos de Basalto (Pendiente Baja)	Mkfb	6855986.56
			Cono Residual	Mkr	625690.80
		Rellenos de Pomez	Rellenos Profundos	Rpp	2580090.00
			Rellenos Someros	Rps	1485310.00

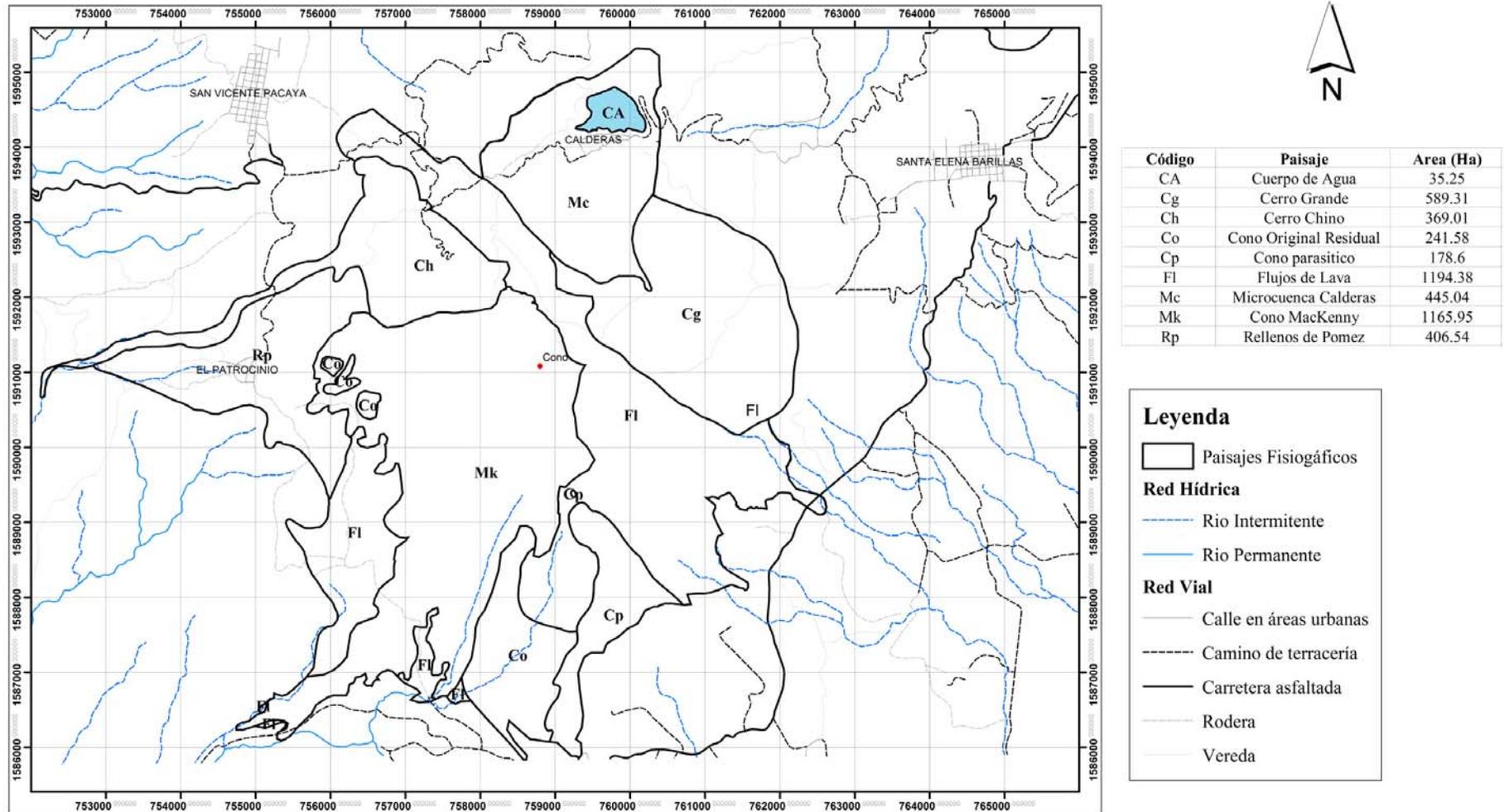
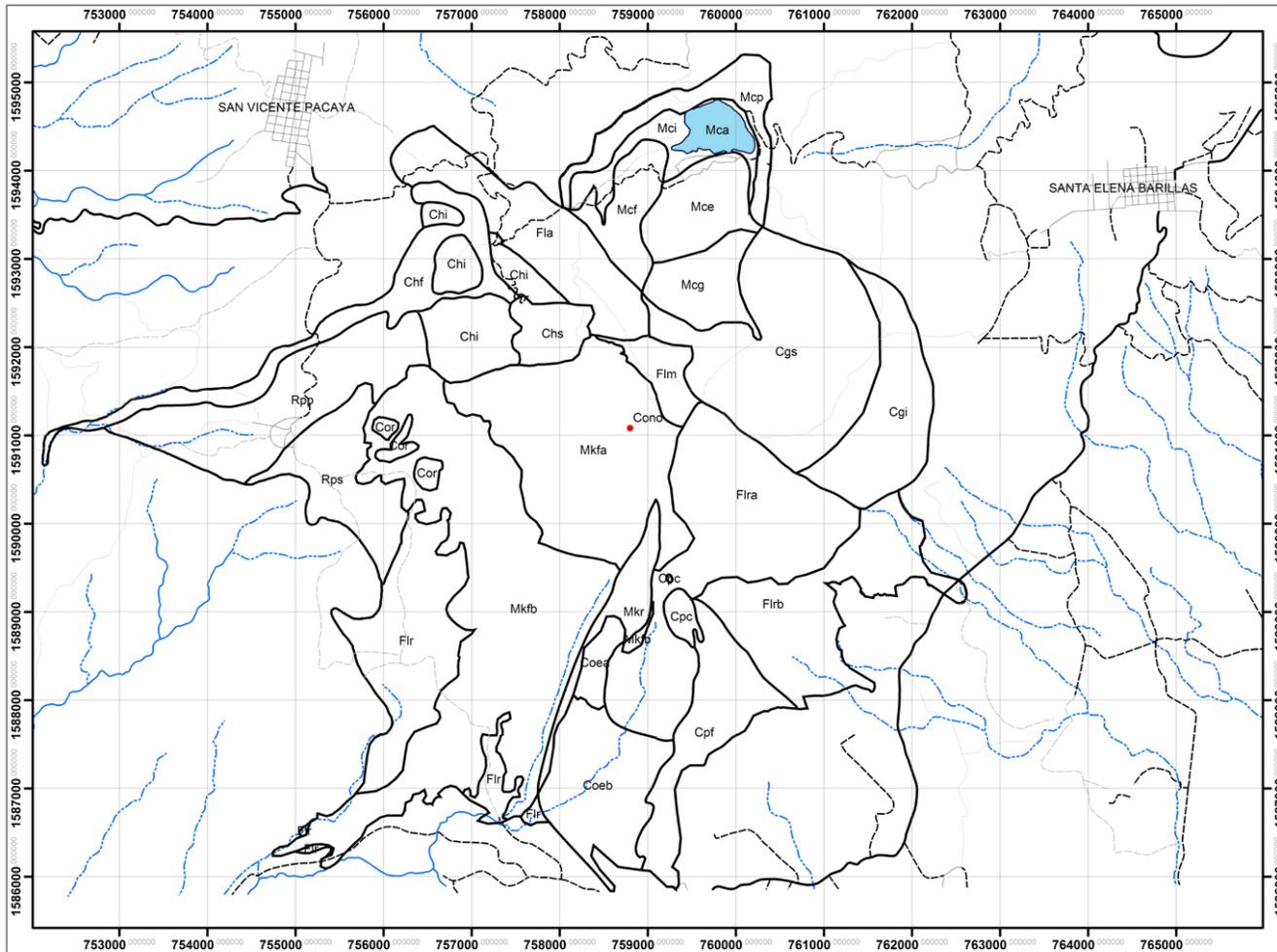


Figura 6: Mapa de Interpretación Fisiográfica
(Paisajes Fisiográficos)

Fuente:
Interpretación y verificación de campo a partir de
Orthofotos - IGN - JICA (Año 2002)
Información Cartográfica Básica - IGN
Imagen Landsat TM 7 Bandas Año 2000 y 2003 - INAB y MAGA

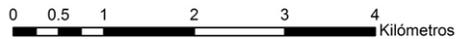


Código	Paisaje	Subpaisaje	Area (Ha)
Cgi	Cerro Grande	Cono Inferior del Cerro Grande	1823750.00
Cgs	Cerro Grande	Cono Superior del Cerro Grande	4069310.00
Chf	Cerro Chino	Flujos de lava del Cerro Chino	1570340.00
Chi	Cerro Chino	Cono Inferior del Cerro Chino	1561252.10
Chs	Cerro Chino	Cono Superior del Cerro Chino	558505.10
Coea	Cono Original Residual	Escarpe Suave (Pendiente Alta)	304094.30
Coeb	Cono Original Residual	Escarpe Suave (Pendiente Baja)	1876020.00
Cor	Cono Original Residual	Conos Recubiertos	235708.58
Cpc	Cono parasítico	Cono	183546.58
Cpf	Cono parasítico	Flujos Basálticos	1602460.00
Fla	Flujos de Lava	Flujos Antiguos	21060530.00
Flm	Flujos de Lava	Meseta	496737.80
Flr	Flujos de Lava	Flujos Recientes	2733211.11
Fira	Flujos de Lava	Flujos Recientes (Pendiente Alta)	4022860.00
Firb	Flujos de Lava	Flujos Recientes (Pendiente Baja)	2584470.00
Mca	Microcuenca Calderas	Cuerpo de Agua	352530.30
Mce	Microcuenca Calderas	Escarpe del Cerro Grande	1082250.00
Mcf	Microcuenca Calderas	Flujos de Antiguos de Basalto	844323.00
Meg	Microcuenca Calderas	Parte Alta del Cerro Grande en la Microcuenca	900992.40
Mci	Microcuenca Calderas	Planicie Interna de la Caldera	633889.90
Mcp	Microcuenca Calderas	Pared Principal de la Caldera	988961.00
Mkfa	Cono MacKenny	Flujos de Basalto (Pendiente Alta)	4177850.00
Mkfb	Cono MacKenny	Flujos de Basalto (Pendiente Baja)	6855986.56
Mkr	Cono MacKenny	Cono Residual	625690.80
Rpp	Rellenos de Pomez	Rellenos Profundos	2580090.00
Rps	Rellenos de Pomez	Rellenos Someros	1485310.00

Leyenda

- Sub-Paisajes Fisiográficos
- Red Vial**
- Calle en áreas urbanas
- Camino de terracería
- Carretera asfaltada
- Rodera
- Vereda
- Red Hídrica**
- Río Intermitente
- Río Permanente

Figura 7: Mapa de Interpretación Fisiográfica (Identificación de Sub-Paisajes Fisiográficos)



Fuente:
 Interpretación y chequeos de campo a partir de
 Orthofotos - IGN - JICA
 Información Cartográfica Básica - IGN
 Imagen Landsat TM 7 Bandas, Año 2000 - INAB

6.2 Clima

Los componentes climáticos considerados fueron:

6.2.1 Precipitación pluvial y temperatura

De acuerdo a los análisis digitales hechos a partir de los datos aportados por las estaciones del INSIVUMEH más cercanas al área de estudio, se tienen, dentro del área de estudio, los siguientes valores de temperatura anual media y precipitación anual media:

- A. Temperatura media menor: 13 Grados Centígrados
- B. Temperatura media mayor: 22 Grados Centígrados
- C. Rango de la temperatura media: 9 Grados Centígrados
- D. Promedio dentro del área de estudio de la temperatura media: 18 Grados Centígrados
- E. Precipitación media menor: 1189 mm al año
- F. Precipitación media mayor: 2012 mm
- G. Rango de la precipitación media: 823 mm
- H. Promedio dentro del área de estudio de la precipitación media: 1518 mm

El rango de temperatura en el área de estudio es relativamente alto debido a los cambios de altitud. En las cimas del Cerro Grande, Cerro Chino y Cono Mackenny es donde se encuentran las temperaturas más bajas. Mientras que en las partes más bajas (al sur del área) se encuentran las temperaturas más elevadas.

Las precipitaciones encontradas en el área de estudio se pueden considerar como precipitaciones en un rango medio-bajo en relación con otras precipitaciones encontradas en el país.

En las figuras 8 y 9 se presentan los mapas de isotermas e isoyetas.

A.

6.2.2 Vientos

No se encontraron registros históricos (de 30 años o más) que permitieran la caracterización de los vientos. Sin embargo, en el proceso de recopilación de información climática se localizó el estudio “Riesgo por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales de los vientos superiores en Guatemala” (19), realizado por Michigan Technological University, el USGS y el INSIVUMEH. En este estudio se describe el comportamiento de los vientos superiores en Guatemala en el Período de 1982-1986. Entendiéndose por vientos superiores los vientos que ocurren a alturas entre 10,000 y 50,000 pies de altura (aproximadamente entre 3,000 y 15,000 metros de altura).

El estudio expone el porcentaje de vientos provenientes de cada dirección para las alturas indicadas para cada mes, así como el porcentaje de calma en cada mes. Estos datos se presentan en el cuadro 4.

*Cuadro 4. Direcciones de los vientos superiores en Guatemala, 1982 – 1986.
Porcentajes de vientos provenientes de cada dirección.*

Mes	N	N-NE	E-NE	E	E-SE	S-SE	S	S-SO	O-SO	O	O-NO	N-NO	Calma
Enero	5.00	6.00	5.00	5.00	4.00	3.00	3.00	12.00	20.00	17.00	6.00	3.00	11.00
Febrero	3.09	4.12	3.09	1.03	3.09	4.12	4.12	10.31	27.84	17.53	6.19	3.09	12.37
Marzo	3.00	3.00	4.00	5.00	4.00	2.00	2.00	7.00	24.00	22.00	10.00	4.00	10.00
Abril	8.00	7.00	7.00	5.00	2.00	1.00	2.00	5.00	15.00	20.00	9.00	8.00	11.00
Mayo	6.00	5.00	6.00	7.00	3.00	3.00	3.00	6.00	13.00	13.00	11.00	8.00	16.00
Junio	5.21	8.33	13.54	17.71	12.50	5.21	5.21	1.04	4.17	4.17	4.17	4.17	14.58
Julio	6.06	8.08	14.14	25.25	13.13	3.03	3.03	3.03	2.02	3.03	3.03	5.05	11.11
Agosto	5.15	6.19	14.43	23.71	11.34	4.12	3.09	3.09	3.09	4.12	4.12	4.12	13.40
Septiembre	6.06	9.09	16.16	19.19	11.11	4.04	3.03	3.03	3.03	4.04	4.04	6.06	11.11
Octubre	8.91	12.87	16.83	11.88	4.95	1.98	2.97	3.96	4.95	3.96	5.94	8.91	11.88
Noviembre	1.98	2.97	10.89	17.82	9.90	8.91	7.92	6.93	9.90	7.92	3.96	1.98	8.91
Diciembre	1.98	1.98	5.94	12.87	9.90	4.95	10.89	17.82	16.83	7.92	1.98	0.99	5.94

Fuente: Rose, et al. 1988. Riesgos por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales de los vientos superiores en Guatemala. Informe preliminar.

Con base en este estudio, se digitalizaron las rosetas de vientos con los porcentajes de vientos provenientes de 12 direcciones. Y de las rosetas se derivaron los polígonos que muestran la tendencia de la dirección de los vientos para cada mes. Estas rosetas pueden servir de base para determinar la probabilidad de la dirección para donde se podrá dispersar las cenizas en caso de ocurrencia de una erupción.

En el estudio se concluye que en la República de Guatemala predominan los vientos superiores provenientes del este y el oeste, siendo los vientos provenientes del norte y del sur relativamente raro. Se relaciona esto con la caída de cenizas, indicando que los poblados ubicados al oeste y el este de los volcanes tendrán mayor probabilidad de ser afectados por este fenómeno.

De acuerdo al estudio, los patrones de viento superiores se clasifican en cuatro categorías:

- 1) Vientos con dirección del oeste hacia el este, que ocurren de enero a marzo.
- 2) Vientos con dirección del este hacia el oeste, que ocurren de junio a octubre.
- 3) Transición de vientos provenientes del oeste (hacia el este) a los vientos provenientes del este (hacia el oeste), que ocurre en abril y mayo.
- 4) Transición de vientos provenientes del este (hacia el oeste) a los vientos provenientes del oeste (hacia el este), que ocurre en noviembre y diciembre.

Los polígonos que representan la tendencia de la dirección de los vientos, se integraron de acuerdo a esta clasificación y se muestran en el mapa de Patrones de los Vientos Superiores por época (Figura 10).

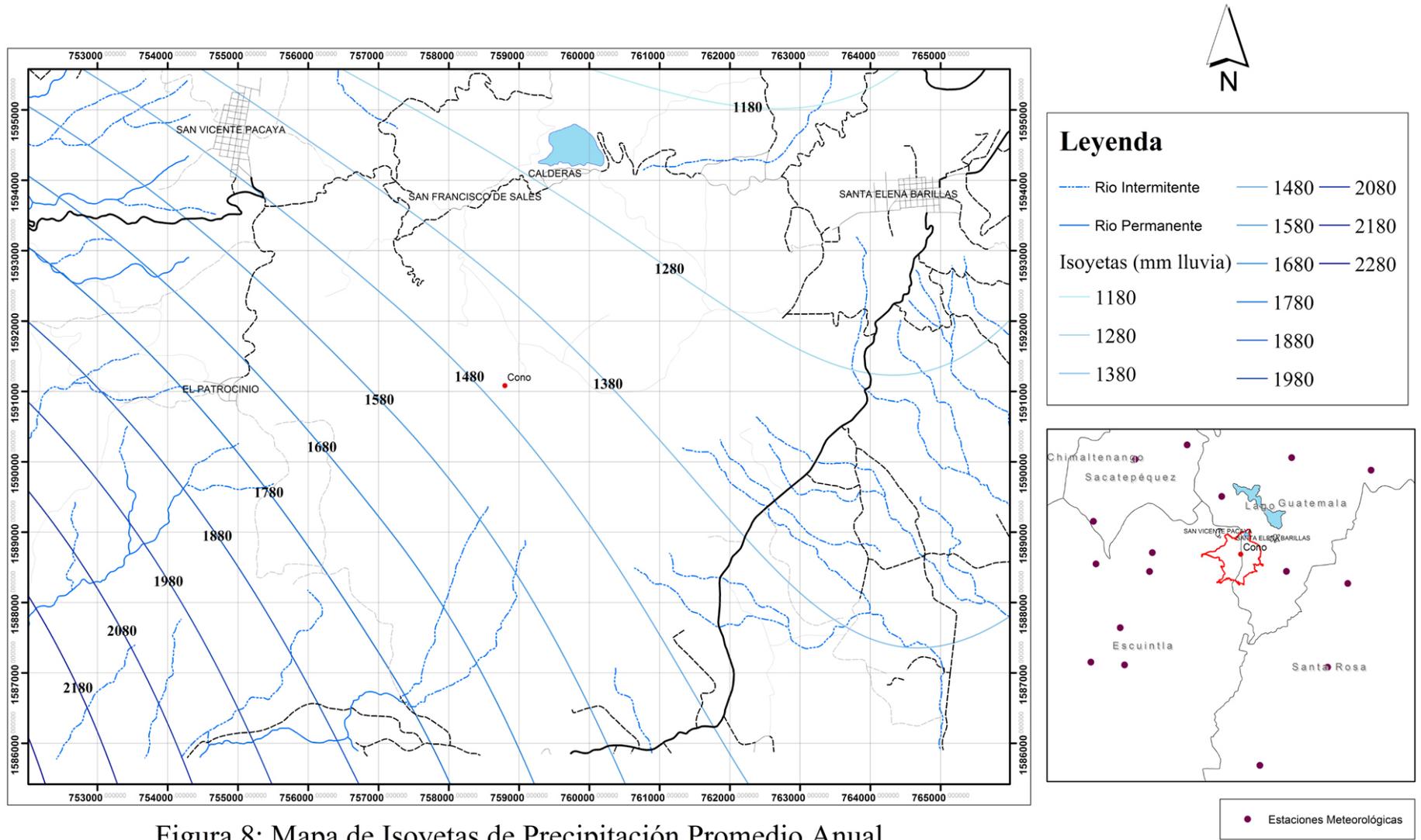
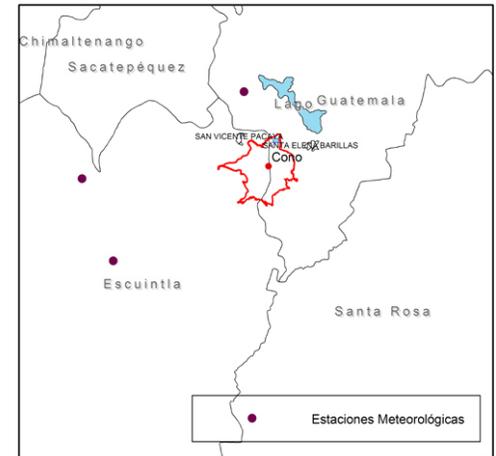
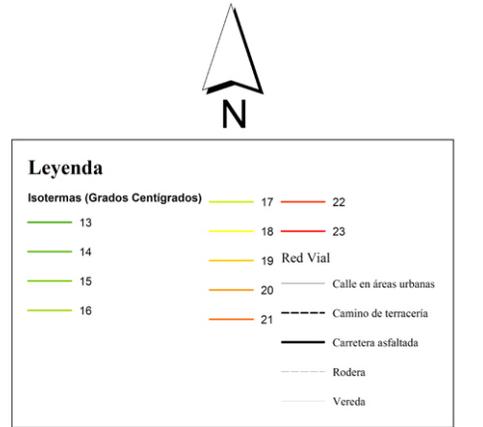
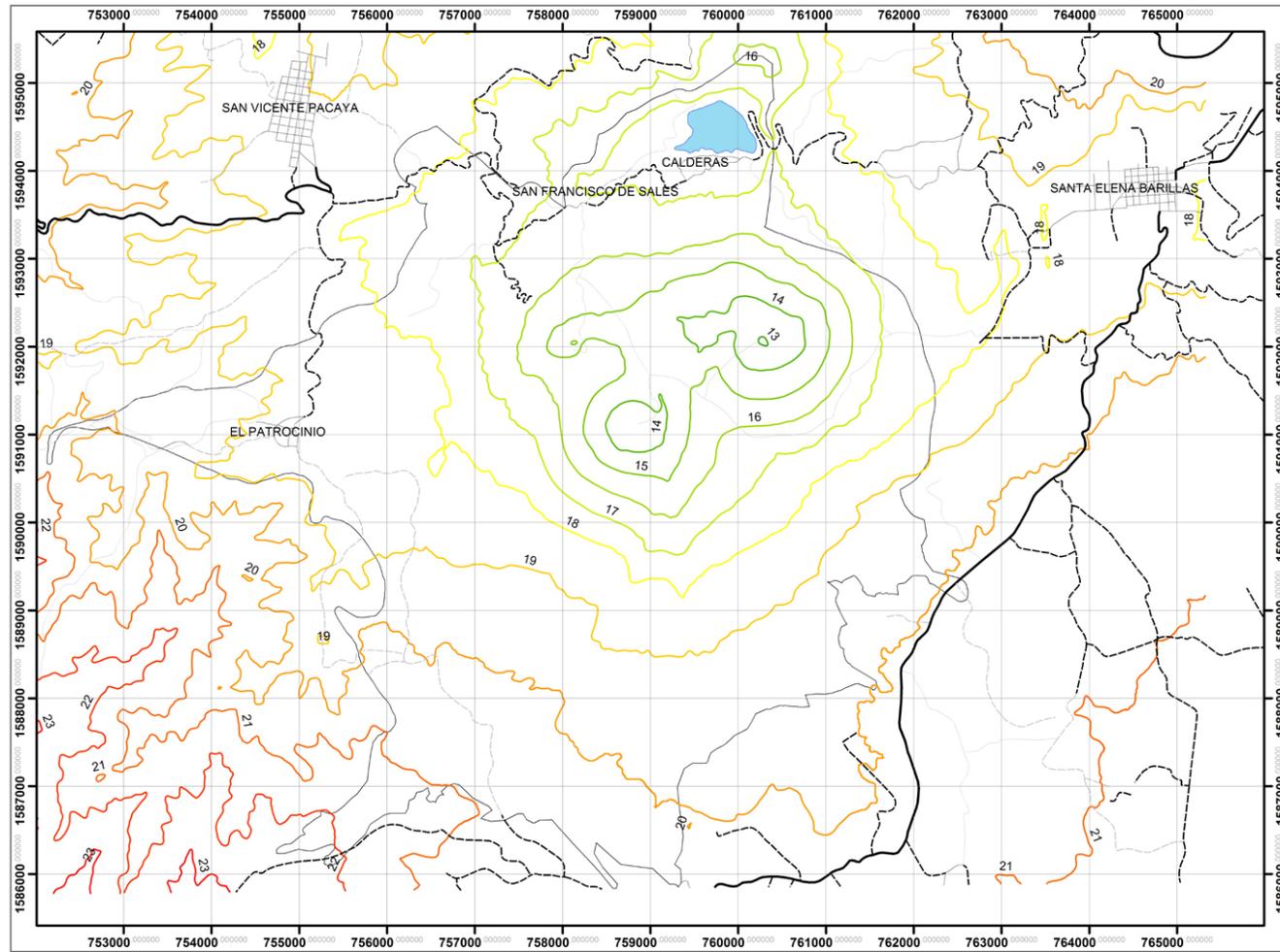


Figura 8: Mapa de Isoyetas de Precipitación Promedio Anual

Fuente: Interpolación lineal a partir de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH



r2 0.96830206 Valor de correlación lineal
 m -0.00580384 Pendiente de la ecuación
 b 27.7823737 Intercepción con el eje y

$$Y = -0.00580384 * X + 27.7823737$$

Fuente:
 Regresión lineal a partir de las
 estaciones meteorológicas del INSIVUMEH
 y la altitud

Figura 9: Mapa de Isotermas de Temperatura Promedio Anual

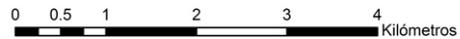
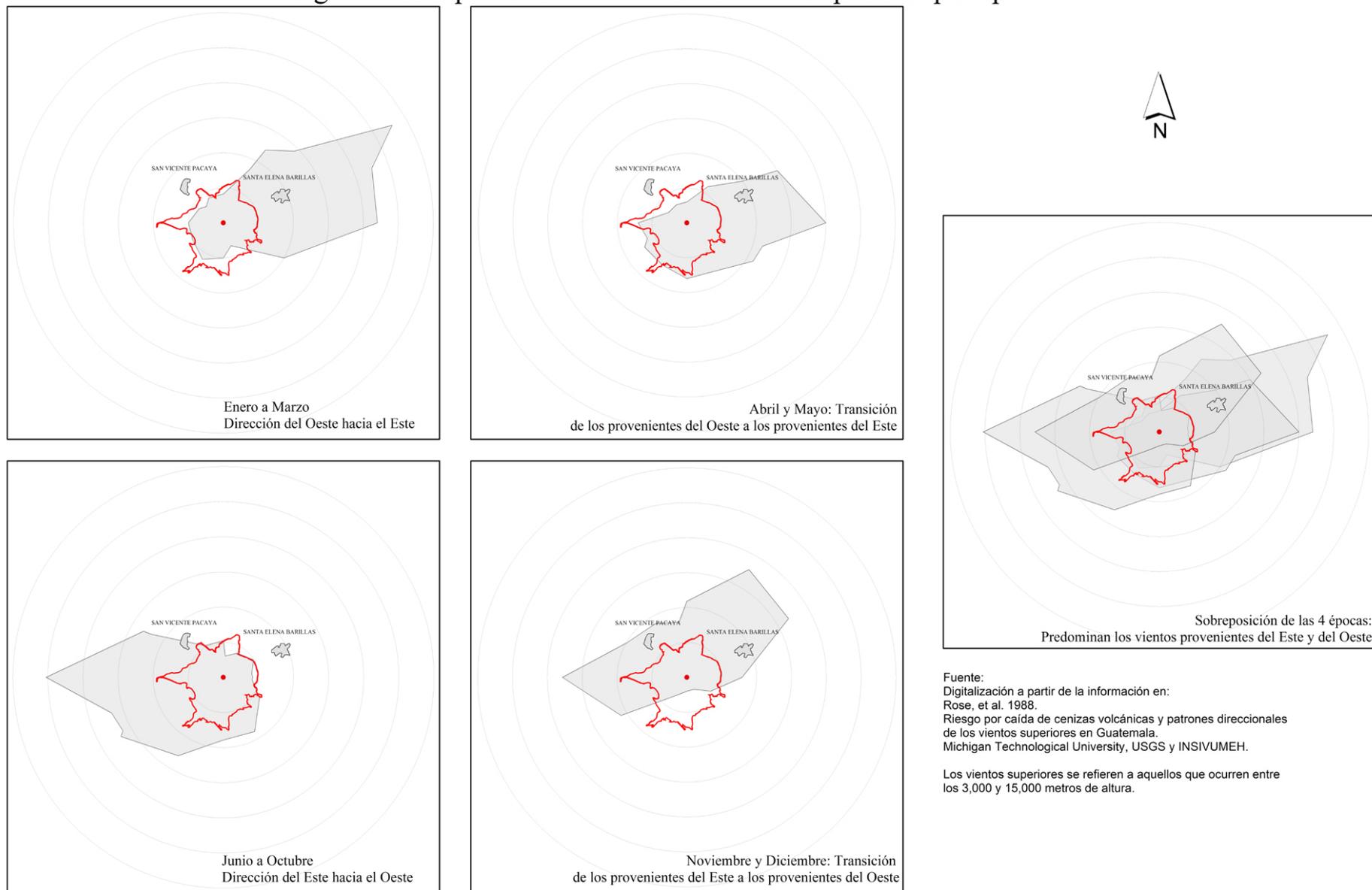


Figura 10: Mapa de Patrones de los Vientos Superiores por época



Fuente:
 Digitalización a partir de la información en:
 Rose, et al. 1988.
 Riesgo por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales
 de los vientos superiores en Guatemala.
 Michigan Technological University, USGS y INSIVUMEH.

Los vientos superiores se refieren a aquellos que ocurren entre
 los 3,000 y 15,000 metros de altura.

6.3 Pendientes

Las pendientes en el área de estudio son muy variables. Esto se debe a la naturaleza de los procesos del vulcanismo, lo cual ha generado el cono Mackenney, el Cerro Grande y el Cerro Chino combinado con la existencia de las partes planas (Meseta, Áreas de deposición de las coladas de lava).

Se encuentran pendientes del 0 % hasta del 120% (equivalente a un ángulo de 50°), por lo que se observan lugares completamente planos a lugares con inclinaciones muy elevadas. La pendiente promedio esta en 28.75% (equivalente a un ángulo 16°), la pendiente modal es del 5% (Equivalente a un ángulo de 3°) y la desviación estándar de los valores de la pendiente del 19.25% (11°). Estas estadísticas dan idea de lo variable que es la pendiente dentro del área de estudio.

En los cuadros 5 y 6 se presentan las clasificaciones de las pendientes observadas, dándose a conocer de acuerdo con 2 escalas de valores de las metodologías utilizadas para la capacidad de uso de la tierra, así como las áreas para cada rango. En las figuras 11 y 12 se presentan los mapas de estos rangos de pendientes.

Cuadro 5. Áreas (ha) para Rangos de Capacidad de Uso de la Tierra, de acuerdo a la escala de la Metodología de USDA

Valor	Rango	Área en ha
1	0 a 4 %	130.08
2	4 a 8 %	369.65
3	8 a 12 %	537.74
4	12 a 24 %	1246.03
5	24 a 32 %	653.34
6	Mayor de 32 %	1688.66
Área Total		4625.50

Cuadro 6. Áreas (ha) para Rangos de Capacidad de Uso de la Tierra, de acuerdo a la escala de la Metodología de INAB (Región Fisiográfica Tierras Altas Volcánicas)

Valor	Rango	Área en ha
1	0 a 12 %	1037.47
2	12 a 26 %	1416.79
3	26 a 36 %	734.33
4	36 a 55 %	867.83
5	Mayor de 55 %	569.08
Área Total		4625.50

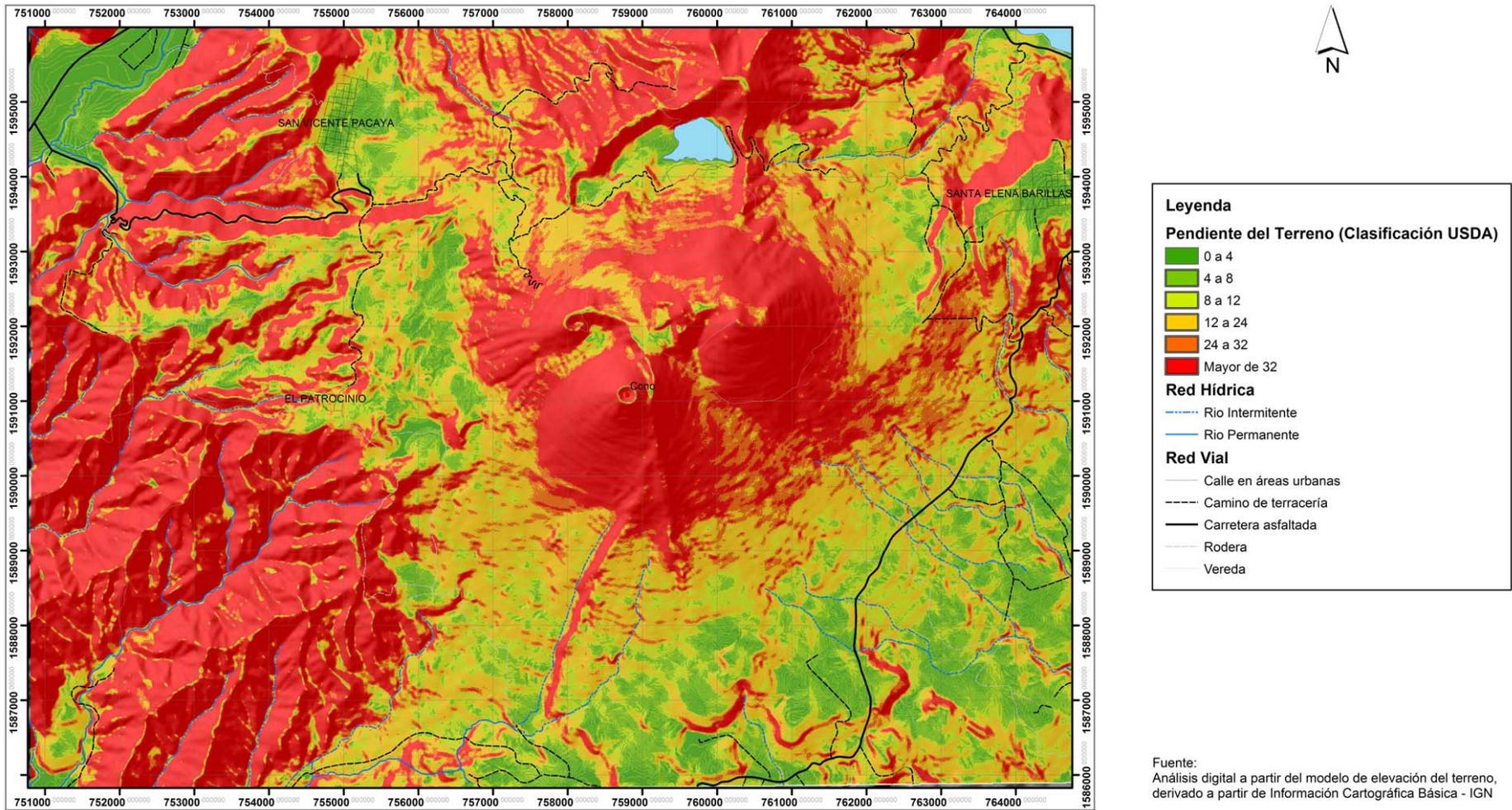


Figura 11: Mapa de Rangos de Pendiente del Terreno, de acuerdo con la escala de la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra USDA



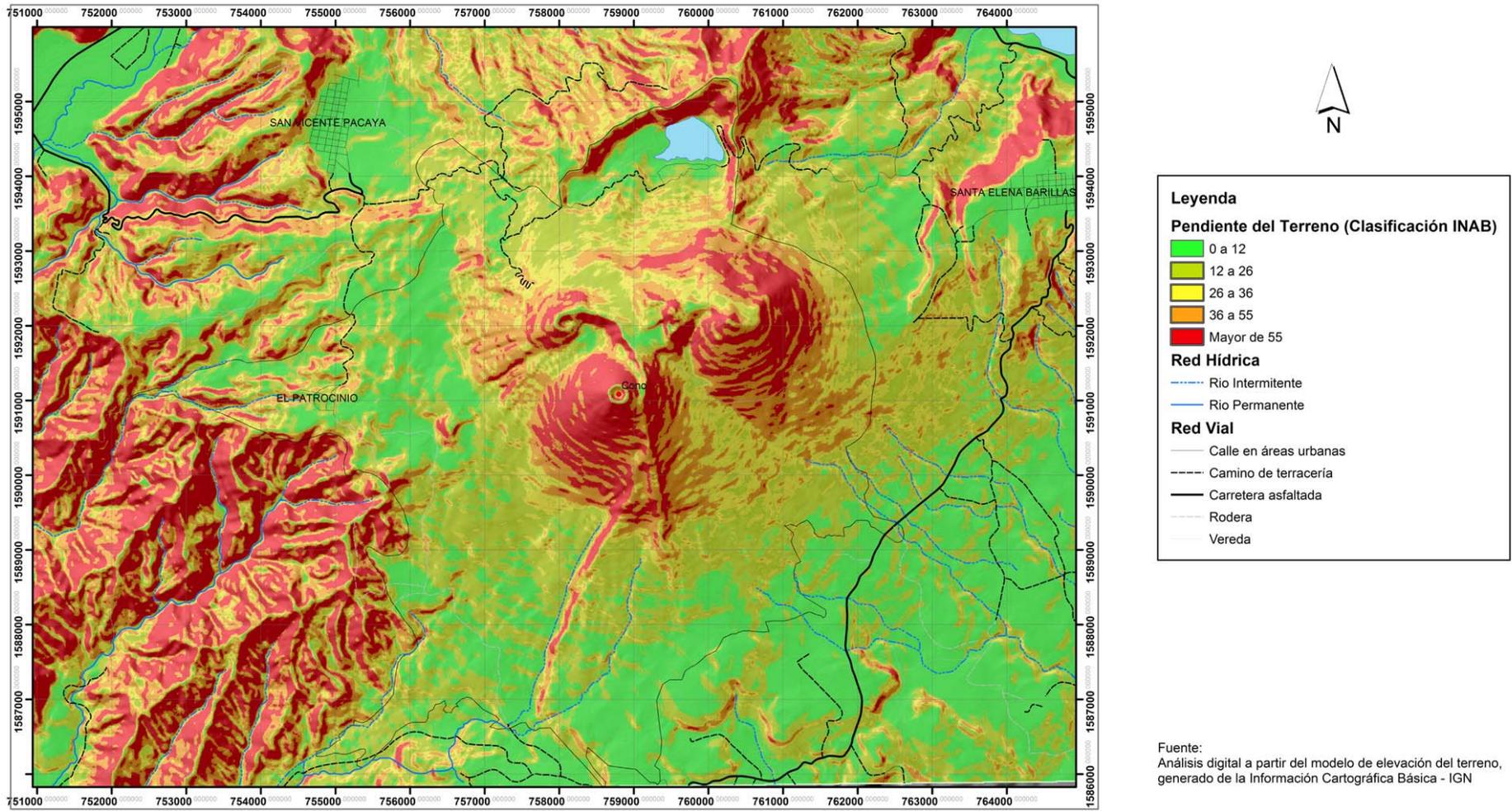
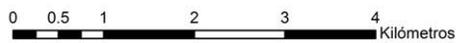


Figura 12: Mapa de Rangos de Pendiente del Terreno, de acuerdo a la escala de la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra INAB (Región Fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas)



6.4 Suelos

Los suelos del Volcán de Pacaya, cuando existen, son suelos jóvenes poco desarrollados. Sobre los flujos de lava recientes la presencia de suelos es muy pequeña por el proceso genético. Sin embargo, en los lugares donde los flujos son más antiguos o los materiales son rellenos de pómez, se han desarrollado suelos de baja densidad aparente, alta retención de fosfatos, poca retención de humedad y alto potencial de fertilidad. Son suelos sueltos o bastante friables, con estructura poco desarrollada. Desde el punto de vista de manejo, estos suelos son fácilmente labrables, pero con una alta erodabilidad. La poca retención de humedad hace que la disponibilidad de agua en la matriz del suelo sea una limitante. La retención de fosfatos en el suelo puede ser otra limitante para la productividad de los cultivos. Sin embargo, la alta capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de bases intercambiables hacen que los suelos sean potencialmente bastante fértiles. Es por esto que en las áreas que estos suelos jóvenes se han desarrollado estén ocupadas principalmente por el cultivo del café o por otros cultivos.

Así, según la clasificación taxonómica en el área de estudio se encuentran dos Ordenes de suelos: Andisoles y Entisoles.

6.4.1 Andisoles

Los andisoles son suelos que se desarrollan sobre eyecciones volcánicas (ceniza, pómez, lava) o volcanoclásticos o materiales volcánicos. Estos suelos son bastante jóvenes y normalmente los procesos de meteorización y transformación de minerales son los que ocurren más en estos suelos, mientras que la acumulación y translocación de compuestos son mínimos.

Una de las características más interesantes de los andisoles es su productividad natural, favorecida por sus propiedades físicas que contribuyen con el crecimiento de las plantas, combinado con que normalmente se observan importantes niveles de humedad por precipitación pluvial.

El régimen de humedad de los suelos estudiados y clasificados es ústico. Lo que implica que son suelos de humedad limitada. Estos suelos tienen poca humedad en la sección de control de humedad por 90 o más días acumulados al año, pero están húmedos por más de 180 días al año, o por 90 días consecutivos. Esto se puede interpretar como que los suelos pueden tener poca humedad una cuarta parte del año pero no más de medio año. Los suelos con este régimen de humedad son secos buena parte del tiempo, pero mantienen humedad por el suficiente tiempo para un adecuado crecimiento de las plantas.

6.4.1.1 Vitrandis

Los andisoles encontrados en las cercanías del Volcán de Pacaya son en su mayoría del suborden Vitrandis. Los suelos clasificados en este suborden son andisoles jóvenes, bien drenados con texturas gruesas y baja retención de humedad.

La mayoría de los andisoles del Volcán de Pacaya se clasifican en el gran grupo Ustivitrands. Sin embargo, es en la siguiente categoría de la taxonomía, el subgrupo, donde se separan, encontrándose los subgrupos de suelos siguientes:

Humic Ustivitrands – Cuando tienen un horizonte mólico, estos suelos son los más fértiles y con mayor potencial de productividad. Si están en lugares de poca pendiente pueden ser utilizados para agricultura, tratando de protegerlos de la erosión eólica e hídrica.

Thaptic Ustivitrands - Poseen un horizonte con las características del mólico enterrado entre 25 y 100 cms de profundidad. Suelos bastante fértiles, pero de menor productividad que los Humic Ustivitrands.

Typic Ustivitrands – Ustivitrands sin ninguna otra característica especial. En productividad son muy parecidos a los Thaptic Ustivitrands. Dependerá de la pendiente para recomendarlos para agricultura u otros usos; independientemente de la inclinación los sistemas agroforestales puede ser el mejor uso de las tierras con estos suelos.

Lithic Ustivitrands – Ustivitrands de poca profundidad, en contacto con lava. En estos suelos la limitante es la profundidad. Son los menos aptos para agricultura. Se recomienda pastos y sistemas agroforestales.

6.4.1.2 Ustands

Los ustands, en comparación con los vitrands, tienen una retención de humedad mayor y sus texturas no son tan gruesas. Sin embargo, mantienen el régimen ústico.

En el área de estudio, se encontraron Ustands en la Microcuenca calderas. Los ustands, sin dejar de ser suelos jóvenes, tienen un poco mayor desarrollo que los vitrands, y esto probablemente tiene relación con la geología de la Microcuenca, que esta relacionada más con el volcán ancestral, que con la actividad reciente. Es decir, la edad de estos suelos es mayor.

Dada las condiciones en que se han desarrollado estos suelos muestran dos características: El desarrollo de sus horizontes de diagnóstico es mínimo y poseen un horizonte mólico. Estas dos características hacen que estos suelos clasifiquen al subgrupo: Humic Haplustand.

Humic Haplustands – El gran grupo Haplustands (Hapl – simple) indica que el desarrollo de los horizontes es mínimo (mólico y cámbico solamente), el subgrupo Humic se debe a la presencia de un horizonte mólico. Estos suelos son fértiles y con un potencial de productividad alto. Para el área en estudio, estos suelos se encuentran en el escarpe principal de la Microcuenca de la Laguna Calderas, por lo que su limitante será la pendiente en que se encuentran.

6.4.2 Entisoles

Los Entisoles tienen muy poca o ninguna evidencia de horizontes pedogenéticos. Por lo que son suelos muy jóvenes o incipientes, o muy degradados. En el caso del área del Volcán de Pacaya son suelos muy jóvenes asociados con coladas de lava principalmente o cenizas volcánicas poco meteorizadas. Los Entisoles encontrados son poco profundos (menos de 50 cms), con un horizonte ócrico (Horizonte A incipiente).

En el volcán de Pacaya se encuentran los subórdenes de los Orthents y los Psamments. Los Orthents son considerados los Entisoles primarios, y en el caso del volcán de Pacaya se encuentran, principalmente, en las áreas de deposición de los flujos de lava o materiales piroclásticos grandes (bloques). Los Psamments son los Entisoles arenosos, y son muy parecidos a los Vitrandis en sus características físicas (Poca retención de humedad, texturas gruesas), sin embargo el contenido de alófono y la retención de fosfatos son las características que separan a estos grupos.

El régimen de humedad es ústico para todos los casos, por lo que se encuentran dos grandes grupos: los Ustorthents y los Ustipsamments. El régimen ústico implica que los suelos pueden estar secos una cuarta parte del año pero no más de medio año, por lo que además de tener poca profanidad o ser muy arenosos, estos suelos, tendrán alguna deficiencia de humedad.

6.4.2.1 Ustorthents

Su régimen de humedad ústico aunado a su poca profundidad y poco desarrollo, hace que estos suelos sean los menos recomendados para usos agrícolas. Están asociados a coladas de lava recientes.

Lithic Ustorthents - Ustorthents que están sobre los flujos de lava, siendo los suelos menos profundos y desarrollados del área de estudio.

6.4.2.2 Ustipsamments

Son más profundos que los anteriores, pero sus índices de fertilidad son bajos y su régimen de humedad, hacen que sus usos agrícolas sean limitados.

Typic Ustipsamments – Son Ustipsamments sin ninguna otra característica de clasificación. Estos suelos son libremente drenados, y soportan diferente tipo de vegetación (pastos, arbustos o árboles tolerantes a sequías). Muchas veces la humedad se acumula en los estratos inferiores a la sección de control de humedad. Por sus características físicas son propensos a la erosión eólica. En el caso del Volcán de Pacaya estos suelos se encuentran relacionados con los Lithic Ustorthents, y con los Typic Ustivitrands. Si se intensifica el muestreo y se aumenta el detalle del estudio, probablemente se encontrarán Typic Ustipsamments en unidades clasificadas como Ustivitrands o al contrario, algunas unidades clasificadas como Ustivitrands pasarán a Ustipsamments.

Lithic Ustipsamments – Muy parecidos a los Typic Ustipsamments, diferenciándose en la profundidad, ya que los Lithic Ustipsamments son de poca profundidad. En el área de estudio estos psamments descansan sobre lava, y están asociados con Typic Ustipsamments. Como en el caso del subgrupo anterior, si se intensifica el muestreo, algunas unidades podrán cambiar de Lithic Ustipsamments a Lithic Ustivitrands o viceversa.

En el cuadro 7 se exponen las unidades encontradas y el área en hectáreas de cada unidad y en la figura 13 el mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos para el área de estudio.

Cuadro 7. Unidades de Suelos encontradas en el área de estudio

Código	Clasificación Taxonómica	Area (ha)	Tipo de Unidad
HHH	Humic Haplustands	98.90	Consociación
HUV	Humic Ustivitrands	274.04	Consociación
HUVLUO	Humic Ustivitrands - Lithic Ustorthents	84.43	Asociación
LUPTUP	Lithic Ustipsamments - Typic Ustipsamments	23.57	Asociación
LUV	Lithic Ustivitrands	699.27	Asociación
LUVLUO	Lithic Ustivitrands - Lithic Ustorthents	425.53	Asociación
LUOTUP	Lithic Ustorthents - Typic Ustipsamments	156.12	Asociación
LUO	Lithic Ustorthents	1361.05	Consociación
LUOLUV	Lithic Ustorthents - Lithic Ustivitrands	394.98	Asociación
ThUV	Thaptic Ustivitrands	605.26	Consociación
TUPTUV	Typic Ustipsamments - Typic Ustivitrands	284.87	Asociación
TUV	Typic Ustivitrands	182.37	Consociación

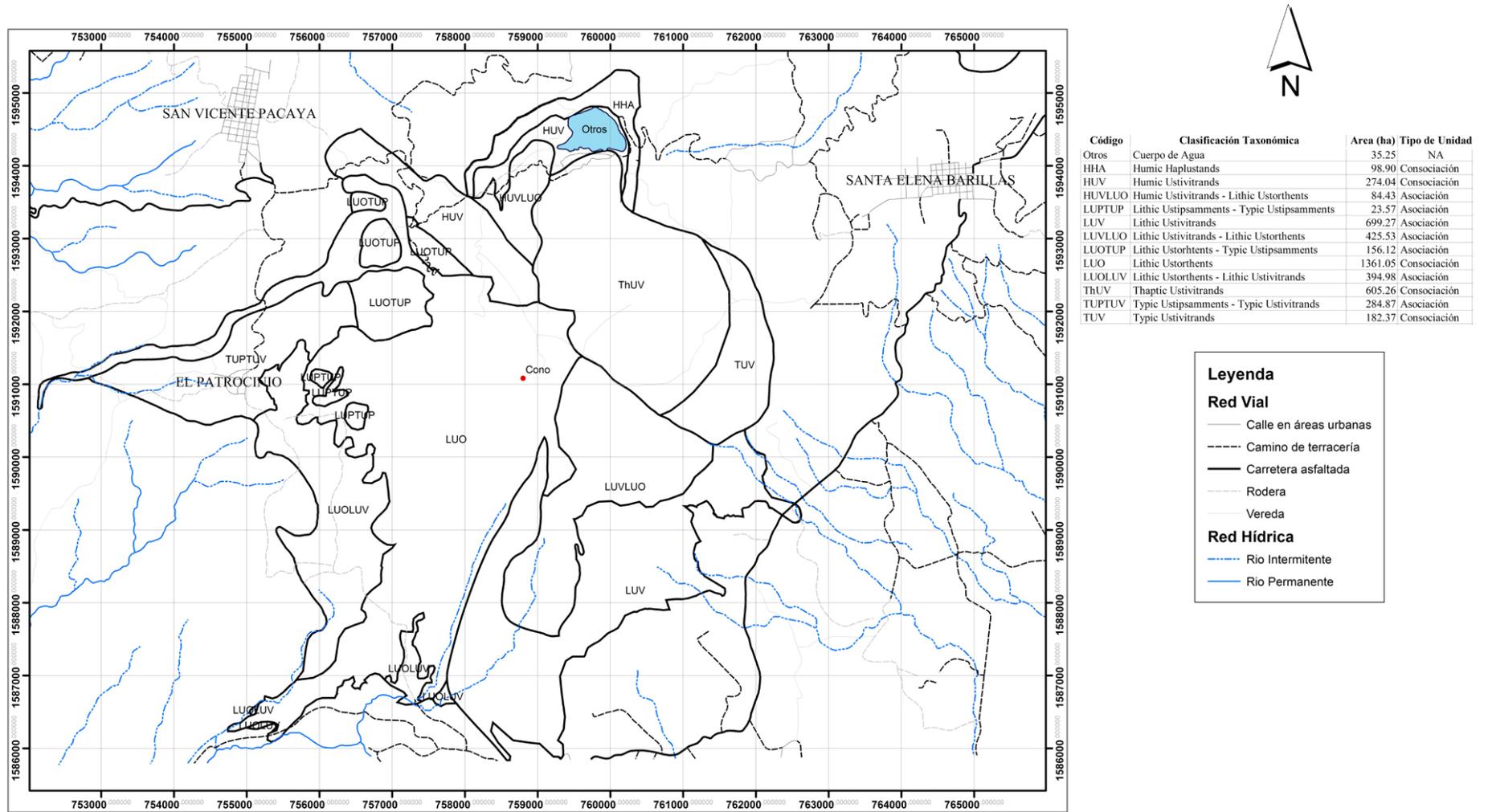


Figura 13: Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos



Fuente:
 Análisis de Laboratorio: FAUSAC
 Clasificación: Estuardo Lira,
 de acuerdo a Soil Taxonomy del Soil Survey Staff.

6.5 Capacidad del uso de la tierra

La capacidad de uso de la tierra se determinó con base a 2 metodologías (USDA e INAB). Sin embargo, en ambos casos los criterios principales que se utilizaron para discriminar hacia una u otra clase fueron la pendiente, profundidad y pedregosidad. Ya que otros factores como la textura, drenaje, fertilidad, estructura, contenido de materia orgánica se encuentran en parámetros aceptables.

En los cuadros 8 y 9 se presentan las categorías determinadas y las áreas para cada categoría de acuerdo a cada metodología. En las figuras 14 y 15 se presentan los mapas de estas clasificaciones de capacidad de uso de la tierra.

Cuadro 8. Unidades de Capacidad de Uso de la tierra, Metodología INAB

Clase	Área (ha)	Nombre
A	195.58	Agricultura sin limitaciones
Am/Aa	447.26	Agricultura con mejoras / Agroforestería con cultivos anuales
Ap/F	446.13	Agroforestería con cultivos permanentes / Tierras forestales para producción
F/Fp	1003.85	Tierras forestales para producción / Tierras forestales de protección
Fp	866.75	Tierras forestales de protección
Fp/F	566.18	Tierras forestales de protección / Tierras forestales para producción
Ss	764.41	Sistemas silvopastoriles
Ss/Ap	335.33	Sistemas silvopastoriles / Agroforestería con cultivos permanentes

Cuadro 9. Unidades de Capacidad de Uso de la tierra, Metodología USDA

Clase	Área (ha)	Recomendación de Uso
Clase I	14.16	Agricultura anual intensiva
Clase II	113.1	Agricultura con prácticas de conservación
Clase III	92.51	Agricultura anual con prácticas de conservación, Agricultura Perenne
Clase IV	333.18	Pastos, Agricultura Perenne, Bosques
Clase VI	963.96	Agricultura Perenne, Bosques
Clase VII	1146.37	Bosques, Conservación
Clase VIII	1962.21	Conservación y Recreación de Bajo Impacto

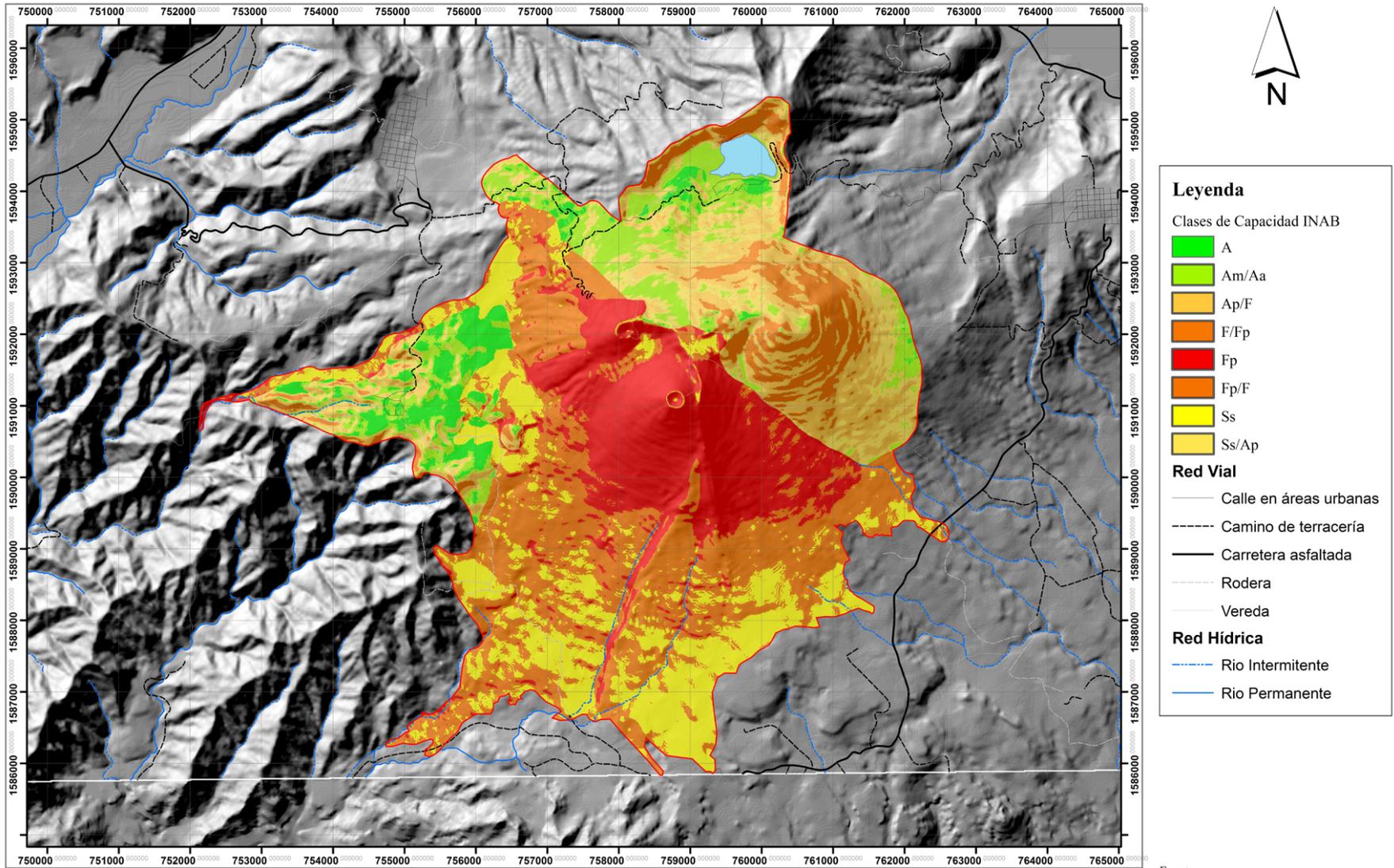
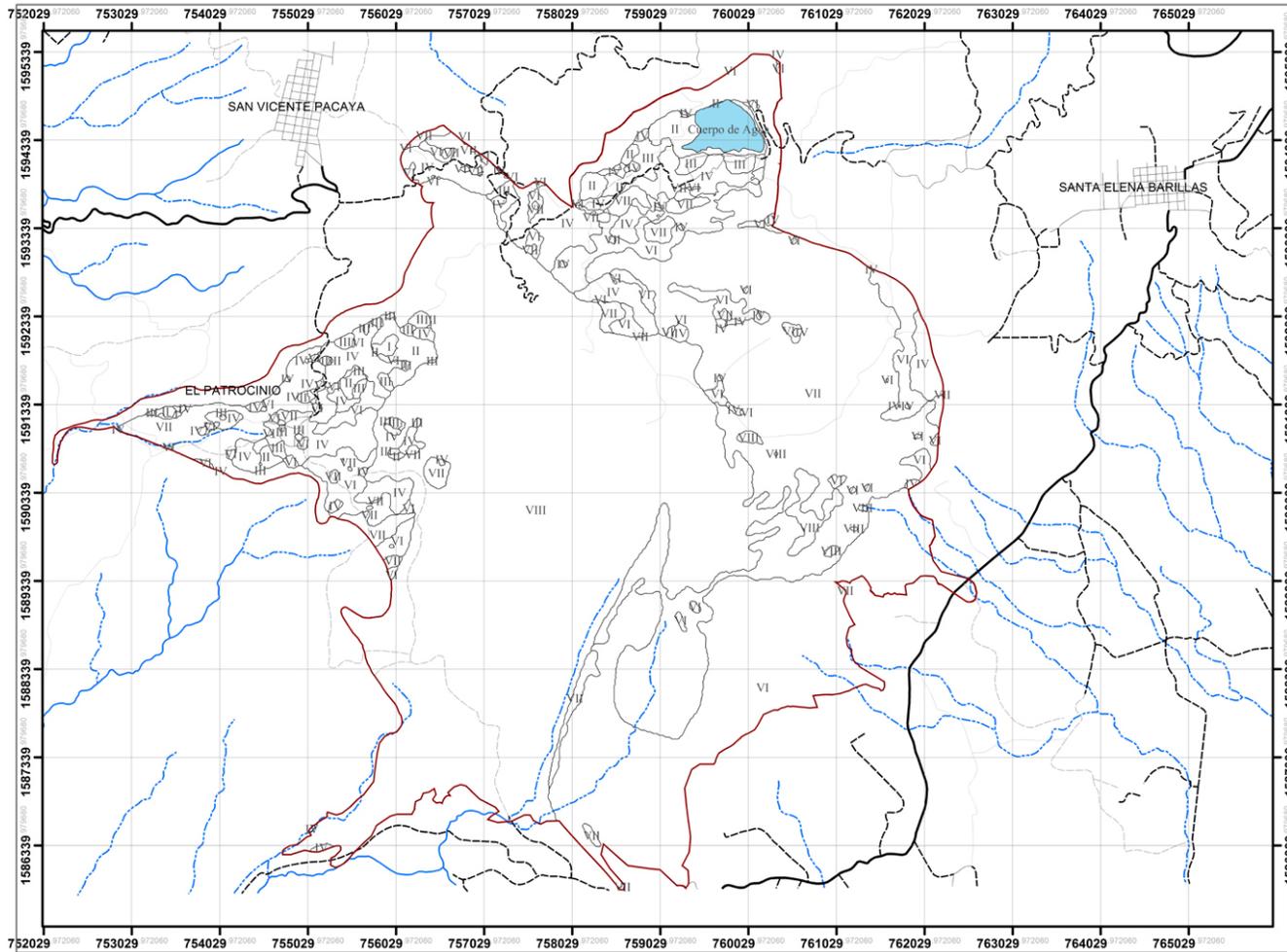


Figura 14: Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra (Metodología de INAB)

Fuente:
Interpretación y trabajo de campo con base a
Cartografía Básica - IGN
Orthofotos - JICA
Imagen Satelar - INAB

0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros



Clase	Area (Ha)
Cuerpo de Agua	35.25
I	5.5
II	79.86
III	61.29
IV	347.01
VI	924.92
VII	1197.18
VIII	1974.59

Leyenda

Red Vial

- Calle en áreas urbanas
- - - Camino de terracería
- Carretera asfaltada
- Rodera
- Vereda

Red Hídrica

- - - Río Intermitente
- Río Permanente

Figura 15: Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra (Metodología de USDA)



Fuente:
 Interpretación y trabajo de campo con base a
 Cartografía Básica - IGN
 Orthofotos - JICA
 Imagen Satelar - INAB

6.6 Cobertura vegetal y uso de la tierra (año 2004)

La cobertura de la tierra del área del Volcán de Pacaya esta influenciada por los factores y procesos geomorfológicos que afectan la formación de suelos y su productividad. En aquellos lugares donde estos factores (Pendiente, geología principalmente) y procesos (actividad eruptiva y aporte de nuevos materiales por flujos de lava y deposiciones piroclásticas) han permitido un mayor desarrollo de los suelos, las comunidades humanas se han asentado y cambiado la cobertura de la tierra a cultivos e infraestructura habitacional y social. El crecimiento demográfico, las condiciones socioeconómicas y la falta de alternativas ocupacionales provocan una fuerte presión sobre los recursos naturales, principalmente el bosque. La frontera agrícola ha ido avanzando hacia tierras de vocación forestal, y en la actualidad se cultivan tierras de alta pendiente propensas a la erosión sustituyéndose el uso forestal por usos agrícolas, en muchos casos sin aplicar técnicas de conservación de los recursos naturales.

Así, la cobertura de la tierra en el área de estudio se distribuye de la forma siguiente:

6.6.1 Asociación de flujos de lava y piroclastos con pastos

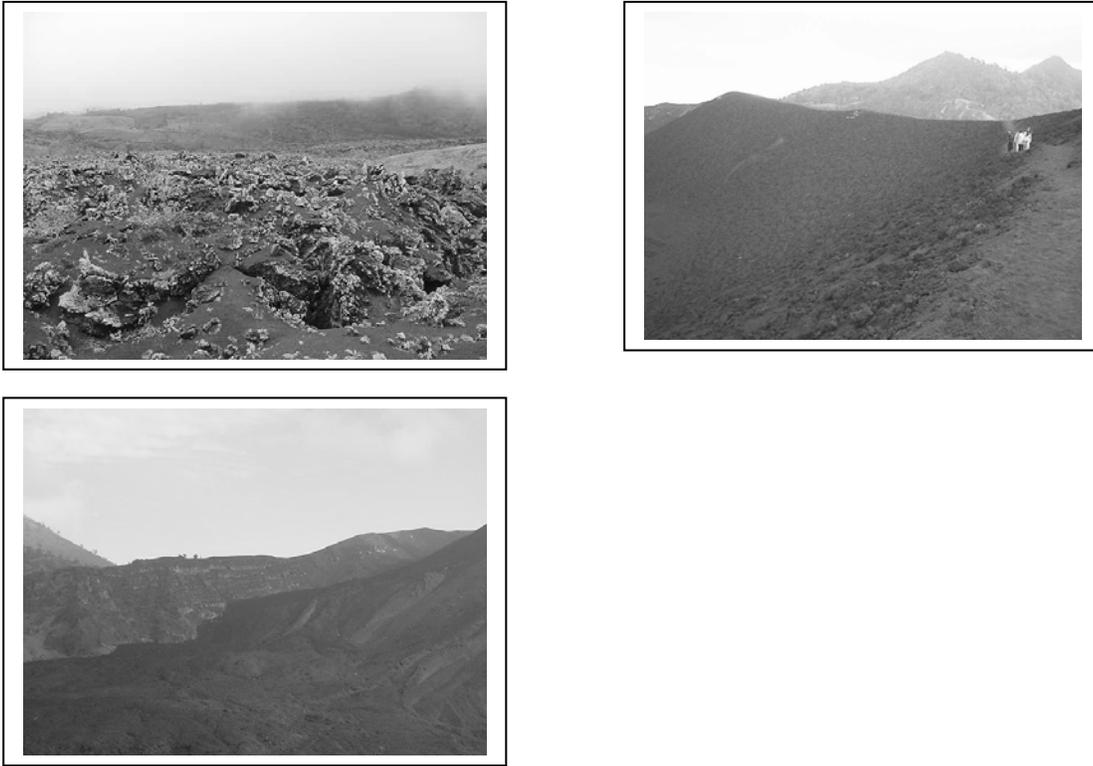
Con una extensión de 1,165.75 ha, esta asociación representa un 25.20% del área total estudiada. En las áreas donde existen pastos, la tierra es utilizada para el pastoreo de ganado. Las especies reportadas como pastos son *Gaultheria cummingii* y *Myrica cerifera*. En las áreas donde ha existido sobre pastoreo se reporta el arbusto *Mimosa albidia*. Los flujos de lava y piroclastos no son utilizados para fines agrícolas ni forestales, sino más bien para la extracción de materiales (materiales de construcción y jardinería). Ver figura 16.



Figura 16: Foto de Flujos de lava, piroclastos y pastos asociados

6.6.2 Flujos de lava y piroclastos

Con una extensión de 1,140.68 ha, representa un 24.66% del área total, en esta unidad no se encuentra vegetación significativa, a excepción de líquenes y musgos que están poblando las coladas de lava. La extracción de materiales puede afectar esta cobertura. El uso más adecuado de las tierras con esta cobertura es la recreación y la investigación, debiéndose tener cuidado con la capacidad de carga, la cual es baja. Ver figuras 17,18 y 19.



Figuras 17, 18, 19: Fotos de Flujos de lava y piroclastos

6.6.3 Cultivo de café

El cultivo del café es la principal actividad económica del área. Con una extensión de 413.64 ha, lo que representa 8.94% del área, es un uso de relativamente bajo impacto en los recursos naturales, ya que el café se maneja con sombra en la mayoría de los casos. Sin embargo, el beneficio económico de este cultivo se ve afectado por los precios internacionales, la caída de ceniza en los eventos del Volcán y la cadena de comercialización. Los productores venden el café a intermediarios que lo transportan a beneficios en Amatitlán o uno pequeño que se encuentra en los Jazmines (Caserío que pertenece al Municipio de San Vicente Pacaya). El café es vendido en maduro por los productores a precios que oscilan entre 80 y 160 quetzales por quintal, reportándose una producción de 100 quintales por hectárea. En el ejercicio cafetalero del 2001 al 2002 (para San Vicente Pacaya) se reportaron 10,963 quintales de café oro, siendo la producción más baja de los últimos cinco ejercicios. En ese ejercicio (2001 al 2002) coincidió una erupción y la caída del precio del café.

La producción media anual de café en quintales por hectárea se estima en 179, siendo la máxima producción obtenida en los últimos 10 años de 250 qq/ha/año. Es de hacer notar que la producción del año 1999 (posterior a la erupción del 1998) prácticamente se perdió, obteniéndose hasta 30 quintales por hectárea (el 17% de la producción promedio).

El manejo del cultivo es tradicional, con café de sombra realizándose dos fertilizaciones al año con productos de fórmula 20-20 y/o urea, y una vez al año se aplica gallinaza o broza. El control de plagas y enfermedades generalmente se hace por medios químicos, con los productos comunes en el mercado. Ninguno de los agricultores tiene labranza mecanizada. Se estima que los costos de producción están alrededor de los 4860 quetzales/ha/año.

En la figura 20 se presenta el cultivo de café en el área.



Figura 20: Foto de Cultivo de Café

6.6.4 Tierra con cultivos

En el área de estudio se reportan cultivos anuales y perennes. Los principales cultivos anuales son el maíz, el frijol y las hortalizas. Los principales cultivos perennes son el aguacate y los cítricos (Ver figura 21). La mayor parte de estos cultivos (tantos los anuales como los perennes) es para autoconsumo por lo que los márgenes para su comercialización son muy bajos. Cultivos de piña son encontrados en el lado Este del Volcán (al sur de Santa Elena Barillas). Los campos de cultivo tienen una extensión de 404.76 ha (8.75%). En lo que se refiere a la tenencia de la tierra de las campos de cultivo, prevalece el minifundio (propiedades con 3.5 ha de extensión promedio), existiendo pocas personas (aproximadamente 20) con propiedades de extensiones mayores de 1 caballería (54 ha). Los agricultores no están organizados de tal forma que puedan obtener un mayor beneficio económico de sus cultivos.



Figura 21: Foto de Parcela de Maíz

6.6.5 Bosque de latifoliadas

Los bosques de latifoliadas abarcan una extensión de 383.60 ha (8.29%). El cuerpo boscoso mas importante del área esta ubicado del Cerro Grande al Cerro Chino, reportándose las especies arbóreas: Cedros (*Cedrella pacayana*,

Cedrella imparipinata), Encinos (*Quercus oocarpa*, *Quercus pacayana*, *Quercus* spp), *Chiranthodendron* sp, Anonas (*Annona diversiflora*, *Annona purpurea*, *Annona lutescens*), Aliso (*Alnus arguta*, *Agnus jorullensis*). Estos árboles sirven de hospederos para diferentes especies de orquídeas, bromelias, aráceas, helechos y lianas.

Es importante resaltar la importancia de *Cedrella pacayana* y *Quercus pacayana* por su naturaleza de especies endémicas, por lo que se recomienda su recolección y estudio de su ecología para favorecer su conservación. Siendo un objetivo de conservación del Parque.

Estos bosque son utilizados para la extracción de leña (principalmente los *Quercus*). Esto aunado con la caída de la ceniza, provocan la defoliación o daño físico en ramas, hojas y troncos.

El cambio de la cobertura boscosa a cultivos o tierras de pastoreo es otro factor importante de presión. El bosque no reporta ningún beneficio directo e inmediato a los pobladores, por lo que optan al cambio. Probablemente el poco desarrollo de los suelos y las altas pendientes contribuyan a limitar el uso de estas tierras, y por ende de las masas boscosas.

6.6.6 Asociación de flujos de lava y piroclastos con coníferas

En algunos lugares donde los flujos de lava están un poco más meteorizados, se encuentran asociados con coníferas, principalmente *Pinus pseudostrobus* y *Pinus oocarpa*. Estos pinos se han desarrollado sobre los conos volcánicos y flujos de lava antiguos. En esta asociación los procesos eruptivos también condicionan el desarrollo vegetativo de los pinos. Se estima que esta asociación cubre 181.79 ha (3.93%).

6.6.7 Asociación cultivos con arbustales

Con una extensión de 143.77 ha (3.11%), esta unidad se localiza en la parte suroeste del Cerro Grande. La unidad se caracteriza por encontrarse cultivos de maíz, frijol y piña asociados con los arbustos naturales del Cerro Grande. Esta unidad evidencia el avance de la frontera agrícola en lugares que, por la pendiente, no son aptos para usos agrícolas, y los arbustos naturales se mantienen en las zonas inaccesibles o con un pendiente aun mayor.

6.6.8 Arbustales

En la parte alta del Cerro Grande y en uno de los cerros del Cono Original Residual, se encuentran arbustos. Esta unidad se diferencia del bosque porque el hábitat de la vegetación lo constituyen arbustos de 2 a 3 metros de altura. Probablemente la actividad volcánica (principalmente la caída de la ceniza) es lo que ha impedido el desarrollo de masas arbóreas en estos lugares. Estos arbustales cubren una extensión de 123.49 ha (2.67%). Ver figura 22.



Figura 22: Foto de Arbustales

6.6.9 Centros poblados

En el área se encuentran 7 centros poblados importantes, ocupando un área estimada de 115.01 ha (2.49%). A pesar de que en los centros poblados existe mucha actividad agrícola en forma de huertos familiares (café, maíz, frijol, hortalizas, cítricos, aguacate), la infraestructura habitacional y social esta creciendo. Sin embargo, las casas de block o adobe con techos de lámina de zinc son muy vulnerables a las erupciones de ceniza y de bloques debido a la carga que generan las cenizas y los bloques y porque pueden penetrar la lámina, lo que incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones. Los centros poblados más afectados por las erupciones son El Patrocinio, El Rodeo y El Caracol, sin embargo El Cedro, San Francisco de Sales y Calderas también están expuestos a la caída de cenizas. Por lo que debe considerarse traslado de los centros poblados a áreas más seguras o fomentar las medidas de prevención de desastres como organización comunitaria, fortalecimiento del monitoreo, viviendas de paredes y techo de concreto. Ver figura 23.

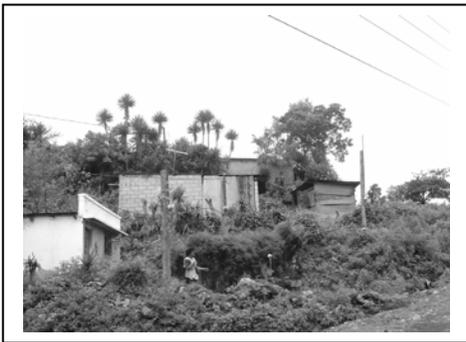


Figura 23: Foto de Viviendas en San Francisco de Sales

En la vecindad de la Laguna Calderas se encuentra un Pozo de Geotermia del INDE, con fines de investigación. En los pozos geotérmicos se aprovecha la energía de los flujos magmáticos, para su transformación en energía eléctrica. Liberándose al ambiente los gases (los mismos que libera el volcán) y generando fluidos de desechos que son depositados en una pileta y reinyectados al subsuelo por una tubería especial. Este pozo es experimental y la producción de energía no se comercializa. A pesar de que esta es una energía relativamente limpia, la liberación de gases fuera del entorno del volcán provoca una contaminación visual, así como los olores no son agradables a los visitantes del lugar. El área de las instalaciones del pozo ocupa 1.44 ha (0.03%). Ver figura 24.



Figura 24: Foto de Pozo Geotérmico

6.6.10 Asociación del cultivo de café con otros cultivos

Con una extensión de 60.01 ha (1.30%) en esta unidad se encuentra indistintamente parcelas cultivadas con café o parcelas cultivadas con maíz, frijol, aguacate, cítricos y hortalizas. Esta unidad esta ubicada en los flujos de lava antiguos al oeste del área.

6.6.11 Bosque secundario (arbustal)

En el Cerro Grande y en el Cerro Hoja de Queso (Pared Principal de la Microcuenca de la Laguna de Calderas) se reporta esta cobertura. Muy parecido a los arbustales pero se detecta la regeneración de algunas de las especies arbóreas. Esta unidad cubre una extensión de 59.09 ha (1.28%).

6.6.12 Asociación de latifoliadas con cultivos

Esta unidad se presenta exclusivamente en la parte baja del Cerro Chino, se observa en lugares con avance de la frontera agrícola, y en este momento se encuentran algunas latifoliadas asociadas con cultivos. Probablemente en el futuro esta unidad sea exclusiva de cultivos. Esta asociación cubre una extensión de 53.97 ha (1.17%).

6.6.13 Cuerpo de agua (Laguna Calderas)

Constituye el único cuerpo de agua importante en el área, la Laguna Calderas esta viéndose afectada por la contaminación (drenaje de los centros poblados y detergentes utilizados en el lavado de ropa) que esta fomentando el crecimiento de la vegetación acuática. El potencial turístico de esta laguna para recreación y descanso se esta desaprovechando. Muy cerca de esta laguna esta el pozo de geotermia que significa una contaminación visual por la emanación de gases. Esta laguna tiene un espejo de 35.25 ha (0.76%). Ver figuras 25, 26 y 27.



Figuras 25, 26 y 27: Fotos de Vista de la Laguna Calderas, Contaminación en la laguna, Contaminación visual por la liberación de gases del pozo geotérmico

6.6.14 Asociación de pastos con cultivos

En la Pared Principal de la Microcuenca del lado oeste se encuentra una asociación de pastos con cultivos. Probablemente la liberación de gases del pozo geotérmico y la pendiente es lo que obliga a esta asociación. Esta asociación tiene una extensión de 32.81 ha (0.71%)

6.6.15 Asociación arbustales con pastos

Esta asociación está ubicada en la cima del Cerro Grande ocupando una extensión de 23.19 (0.50%). Probablemente la deposición de cenizas en la parte más alta del Cerro Grande, ha favorecido el desarrollo de los pastos y limitado de alguna forma la presencia de los arbustos. No se reportan para esta unidad las latifoliadas encontradas en otras partes del Cerro Grande.

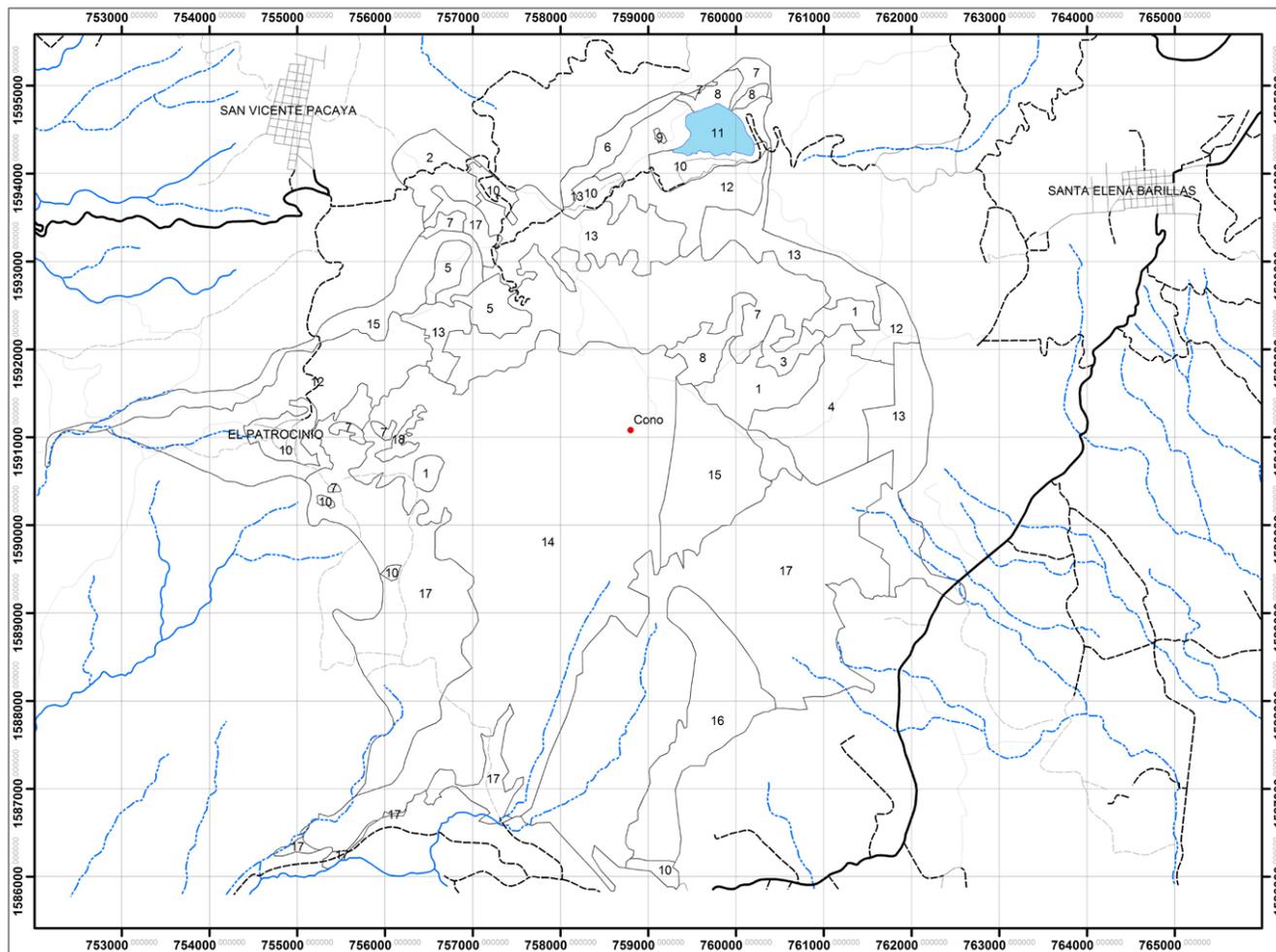
6.6.16 Tierras con pastos naturales

Sobre uno de los cerros del Cono Original Residual, al sureste del Cono Mackenney se encuentra esta clase de cobertura condicionada por la actividad volcánica. Tienen una extensión de 10.75 ha (0.23%).

En el cuadro 10 se presenta un cuadro que resume las unidades de cobertura de la tierra encontradas y el área en hectáreas para cada unidad. En la figura 28 se presenta el mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra generado.

Cuadro 10. Cobertura de la tierra y áreas (ha)

No.	Cobertura	Area (ha)
1	Asociación Flujos de lava y piroclastos-pastos	1165.75
2	Flujos de lava y piroclastos	1140.68
3	Cultivo de café	413.64
4	Cultivos anuales	404.76
5	Bosque de latifoliadas	383.6
6	Asociación Flujos de lava y piroclastos-arbustales	276.67
7	Asociación Flujos de lava y piroclastos-coníferas	181.79
8	Asociación cultivos-arbustales	143.77
9	Arbustales	123.49
10	Centros Poblados	115.01
11	Asociación Café-Cultivos	60.01
12	Bosque secundario/arbustal	59.09
13	Asociación latifoliadas-cultivos	53.97
14	Cuerpo de agua	35.25
15	Asociación pastos-cultivos	32.81
16	Asociación arbustales-pastos	23.19
17	Pastos	10.75
18	Campo geotérmico	1.44



Código	Cobertura	Area (Ha)
1	Arbustales	123.49
2	Asociación café-cultivos	60.01
3	Asociación arbustales-pastos	23.19
4	Asociación cultivos-arbustales	143.77
5	Asociación latifoliadas-cultivos	53.97
6	Asociación pastos-cultivos	32.81
7	Bosque de latifoliadas	383.6
8	Bosque secundario/arbustal	59.09
9	Campo geotérmico	1.44
10	Centro Poblado	115.01
11	Cuerpo de agua	35.25
12	Cultivo de café	413.64
13	Cultivos anuales	404.76
14	Flujos de lava y piroclastos	1140.68
15	Asociación Flujos de lava y piroclastos-arbustales	276.67
16	Asociación Flujos de lava y piroclastos-coníferas	181.79
17	Asociación Flujos de lava y piroclastos-pastos	1165.75
18	Pastos	10.75

Leyenda

Red Vial

- Calle en áreas urbanas
- - - Camino de terracería
- Carretera asfaltada
- Rodera
- Vereda

Red Hídrica

- - - Río Intermitente
- Río Permanente

Figura 28: Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra



Fuente:
 Interpretación y trabajo de campo a partir de
 Imagen Satelar - INAB
 Clasificación Preliminar - INAB
 Orthofoto - JICA - IGN

6.7 Amenazas naturales

A pesar de que en los estudios de amenaza del Volcán de Pacaya se han considerado 6 amenazas volcánicas (caída de ceniza, caída de bloques, flujos de lava, lahares, colapso del edificio volcánico y emisión de gases) para la propuesta de ordenamiento territorial solo se consideran las dos amenazas más recurrentes: Flujos de lava y caída de ceniza. Se presentan dos mapas: Mapa de amenaza por flujo de lava, Mapa de amenaza por caída de cenizas.

El primero es un mapa generado por la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa en el cual se representan las áreas que tienen probabilidad de ser afectados por flujos de lava de acuerdo a un estudio morfológico. El segundo, también generado por JICA, es un mapa de probabilidad de caída de ceniza, de acuerdo a la época del año, que se realizó con base al estudio de vientos “Riesgo por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales de los vientos superiores en Guatemala”. En este segundo mapa se presentan las láminas que puede alcanzar la ceniza en caso de una erupción.

6.7.1 Caída de ceniza

Como evento de referencia se toma el ocurrido el 20 de mayo de 1998. Se indica que para este evento se acumuló ceniza volcánica en relación con la distancia como se describe en el cuadro 11.

Cuadro 11. Acumulación de Ceniza para la erupción del 20 de mayo de 1998

Lámina de Ceniza	Distancia al Cráter
10 cms	Menos de 5 kms
5 cms	Entre 5 y 7.5 kms
1 cms	Entre 7.5 y 15 kms
0.1 a 0.5 cms	En distancias superiores a los 15 kms

En el estudio se indica que dependerá la época del año y la predominancia de los vientos superiores. Se hace énfasis en las épocas de enero a marzo (vientos del Oeste hacia el Este) y de Junio a Octubre (vientos del Este hacia al Oeste). En las otras épocas del año como se consideran épocas de transición los vientos superiores no son tan fuertes por lo que no se incluyen en los mapas de amenaza.

6.7.1.1 Caída de ceniza y centros poblados

En la época de junio a octubre los centros poblados que se verían afectados serían El Rodeo, El Patrocinio, El Caracol y Los Jazmines. Los poblados afectados y la lámina de ceniza que se espera caiga en cada poblado se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Láminas de ceniza esperada en los poblados (Junio a Octubre)

NOMBRE	Láminas de Ceniza (cms)			
	Mínima	Máxima	Rango	Media
EL PATROCINIO	0.14	1.15	1	0.49
EL RODEO	3.73	5.25	1.51	4.43
EL CARACOL	10	10	0	10
LOS JAZMINES	0.1	0.42	0.32	0.24

En la época de enero a marzo, la cantidad de centros poblados es mayor, como se observa en el cuadro 13.

Cuadro 13. Láminas de ceniza esperada en los poblados (Enero a Marzo)

NOMBRE	Láminas de Ceniza (cms)			
	Mínima	Máxima	Rango	Media
MESILLAS BAJAS	0.53	2.3	1.77	1.04
CALDERAS	1.65	3.4	1.75	2.46
MESILLAS ALTAS	1.09	2.55	1.46	1.84
EL CEDRO	0.28	0.62	0.34	0.42
SAN FRANCISCO DE SALES	0.97	2.58	1.6	1.77
SAN ANTONIO	0.32	0.49	0.16	0.42
LOS DOLORES	0.1	0.27	0.17	0.14
EL PERICON	0.1	0.21	0.11	0.13
SANTA ELENA BARILLAS	0.37	1.13	0.75	0.64
SAN CARLOS	0.9	1.58	0.68	1.13
EL PEPINAL	0.23	0.62	0.38	0.41
BEJUCAL	0.22	0.57	0.35	0.36

6.7.1.2 Caída de ceniza y cobertura de la tierra

En el cuadro 14 se presentan las láminas de ceniza esperadas en cada cobertura en la época de junio a octubre.

Cuadro 14. Coberturas amenazadas en la época de junio a octubre

Cobertura	Lámina de Ceniza (cms)			
	Mínima	Máxima	Rango	Media
Bosque de latifoliadas	0.1	4.27	4.17	0.67
Café	0.1	1.97	1.87	0.39
Centro Poblado	0.14	10	9.85	1.3
Cultivos	0.1	0.39	0.29	0.19
Flujos de lava y piroclastos-pastos	0.1	10	9.89	5.46
Flujos de lava y piroclastos-arbustales	0.1	1.84	1.74	0.4
Arbustales	5.12	10	4.87	7.47
Flujos de lava y piroclastos	0.1	10	9.89	6.29
Pastos	0.67	4.18	3.5	2.41

En el Cuadro 15 se presentan las láminas de ceniza esperadas en cada cobertura en la época de enero a marzo.

Cuadro 15. Coberturas amenazadas en la época de enero a marzo

Cobertura	Lámina de ceniza (cms)			
	Mínima	Máxima	Rango	Media
Bosque de latifoliadas	0.1	10	9.89	6
Bosque secundario/arbustal	0.53	10	9.46	6.35
Asociación pastos-cultivos	0.73	1.34	0.61	0.93
Café	0.1	8.75	8.65	3.23
Cuerpo de agua	0.87	2.24	1.37	1.48
Pozo Geotermia	0.99	1.6	0.6	1.3
As. Café-Cultivos	0.1	0.38	0.28	0.2
Centro Poblado	0.28	3.4	3.11	1.81
Cultivos	0.1	10	9.89	4.54
Flujos de lava y piroclastos-pastos	0.1	10	9.89	1.75
Flujos de lava y piroclastos-arbustales	0.1	10	9.89	4.84
As. latifoliadas-cultivos	0.17	1.57	1.39	0.48
Arbustales	4.7	10	5.29	9.17
As. arbustales-pastos	7.75	10	2.24	9.41
As. cultivos-arbustales	6.47	10	3.52	9.73
Flujos de lava y piroclastos	0.1	10	9.89	4.41
Flujos de lava y piroclastos-coníferas	0.1	0.1	0	0.1

6.7.2 Flujos de lava

Los centros poblados que se podrían ver afectados por un flujo de lava serían: El Patrocinio, El Rodeo y El Caracol. Respecto a la cobertura de la tierra, en el cuadro 16 se presenta el tipo de cobertura y el área expuesta ante la amenaza de flujos de lava.

Cuadro 16. Cobertura amenazada por los flujos de lava

Cobertura Amenazada	Área (ha)
Arbustales	15.28
As. cultivos-arbustales	0.23
Bosque de latifoliadas	24.16
Café	28.33
Centro Poblado	1.1
Cultivos	13.13
Flujos de lava y piroclastos	778.42
Flujos de lava y piroclastos-arbustales	72.06
Flujos de lava y piroclastos-pastos	122.36
Pastos	10.75

6.7.3 Actividades de para la prevención de los efectos de las erupciones volcánicas

La amenaza en las áreas cercanas al volcán de Pacaya es alta, principalmente en lo que se refiere a la caída de tefra y los flujos de lava. Dado que ya existe un estudio que caracteriza esta amenaza, y en este estudio se integra esta amenaza para definir como los elementos en riesgo (cobertura y poblaciones) se verán afectados por esta amenaza. Sin embargo, mientras no se trasladen estos elementos en riesgo a otro espacio geográfico libre de la amenaza del Volcán de Pacaya (lo cual es de un costo económico muy elevado) se propone que se tomen las siguientes medidas de prevención ante un eventual desastre por la actividad del volcán:

6.7.3.1 Monitoreo – Para el año 2005 existe una estación de monitoreo visual y de alerta temprana (se cuenta con un radio para notificar de la situación) en El Patrocinio (Municipio de San Vicente Pacaya) por parte de CONRED, además de una estación meteorológica y otra sismológica del INSIVUMEH que transmite datos desde el año 2000. El registro de datos generados por las estaciones del INSIVUMEH no es sistemático y existen ciertos períodos en los que por problemas técnicos no se registró ningún dato. Las observaciones realizadas tanto por la estación de CONRED como por las estaciones del INSIVUMEH se consolidan en un reporte diario que se comunica a las oficinas centrales de estas dependencias. Sin embargo, para que un monitoreo sea realmente efectivo, y si pueda predecir con algún tiempo de anticipación un evento se hace necesario una red de sismógrafos (cuatro o cinco sismógrafos) localizados alrededor del Volcán; así como observaciones más especializadas, en las cuales se registre con la ayuda de aparatos mayor información de la actividad del volcán.

6.7.3.2 Concienciación - Un proceso de concienciación a los pobladores del lugar respecto a la amenaza a la que están expuestos es muy necesaria. CONRED realizó un simulacro de evacuación en el año 2003. Este tipo de actividades son importantes, sin embargo no se realizan con la periodicidad que se debiera. La distribución de documentos informativos, talleres participativos, rótulos describiendo y exponiendo la amenaza, charlas y conferencias en los centros educativos locales son algunas formas en las que se puede realizar esta concienciación.

6.7.3.3 Cambio gradual del uso de la tierra – Dado que al haber una erupción los cultivos de producción anual se ven afectados de forma parcial o total, lo que implica pérdidas directas para los pobladores, se propone un cambio gradual del uso de la tierra hacia usos forestales. Una vez establecidas las plantaciones forestales (5 a 8 años dependiendo las especies) las pérdidas en el largo plazo en caso de una erupción no serán tan dramáticas como han sucedido cuando se pierde un año de cosecha completo.

6.7.3.4 Reubicación de los pobladores mayormente expuestos – Sin embargo de las medidas anteriores, la verdadera solución a los problemas de los pobladores y para librarlos de la amenaza del volcán es la reubicación de los pobladores mayormente expuestos. Las limitantes a esta solución son: 1) el alto costo económico y 2) la negación de los pobladores a reubicarse.

Para realizar estas medidas se pueden considerar los siguientes plazos:

- A. Corto plazo (Un mes a dos años) – Concienciación a la población; fortalecimiento del monitoreo del volcán.
- B. Mediano plazo (dos a siete años) – Cambio del uso de la tierra, de acuerdo a la propuesta de uso de este estudio.
- C. Largo plazo (siete a diez años) – Reubicación de los asentamientos humanos de mayor exposición a la amenaza.

Las medidas propuestas deben implementarse por la Coordinadora Nacional para Reducción de Desastres (CONRED), e implementadas conjuntamente con el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), el Instituto Nacional de Bosques y las Municipalidades de San Vicente Pacaya, Villa Canales y Amatitlán.

En las figuras 29 y 30 se presentan los mapas de Amenaza por Caída de Ceniza y el de Amenaza por Flujos de Lava, respectivamente.

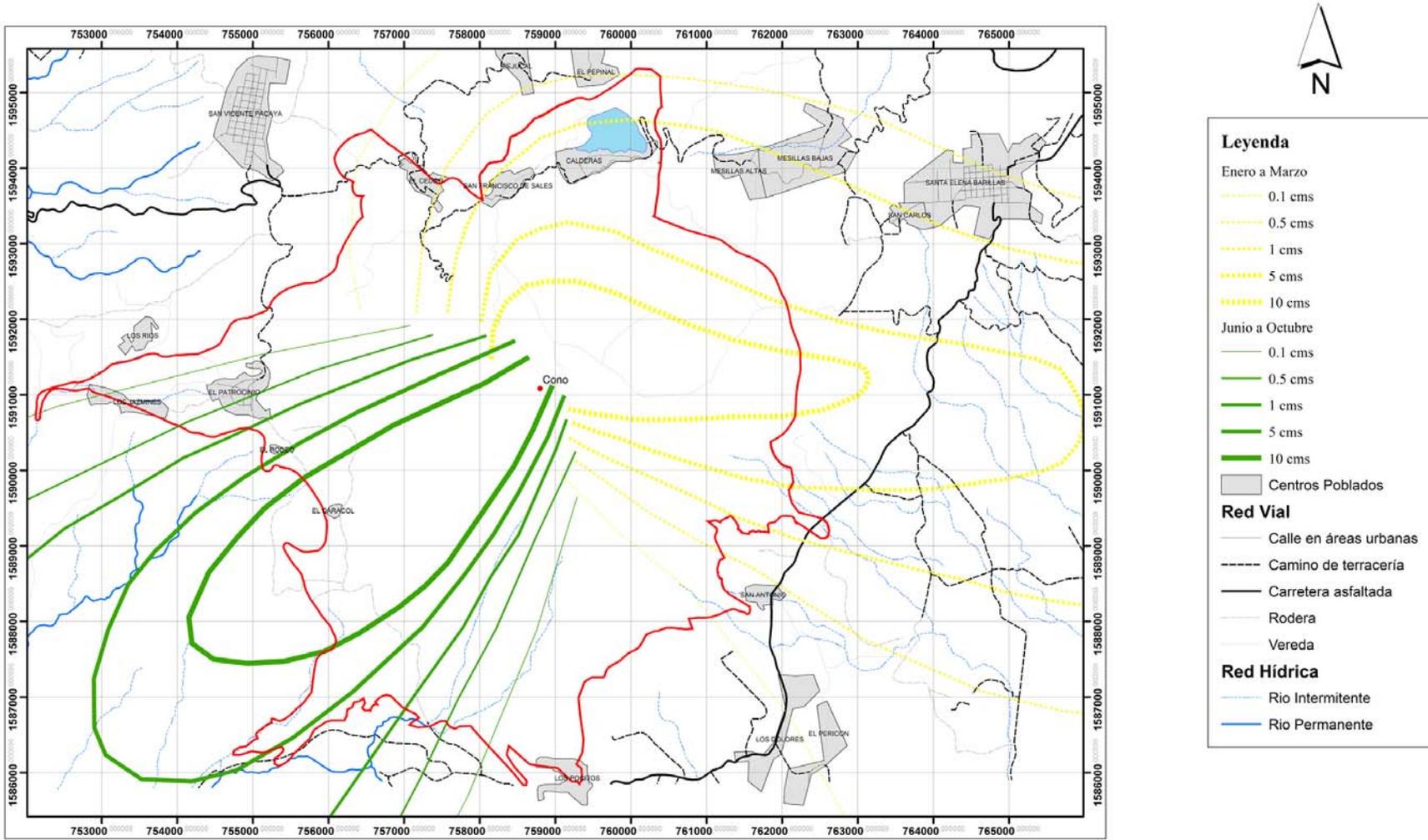


Figura 29: Mapa de Amenaza por Caída de Ceniza

0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros

Fuente:
 Información cartográfica básica - IGN
 Amenaza por caída de ceniza - JICA-INSIVUMEH

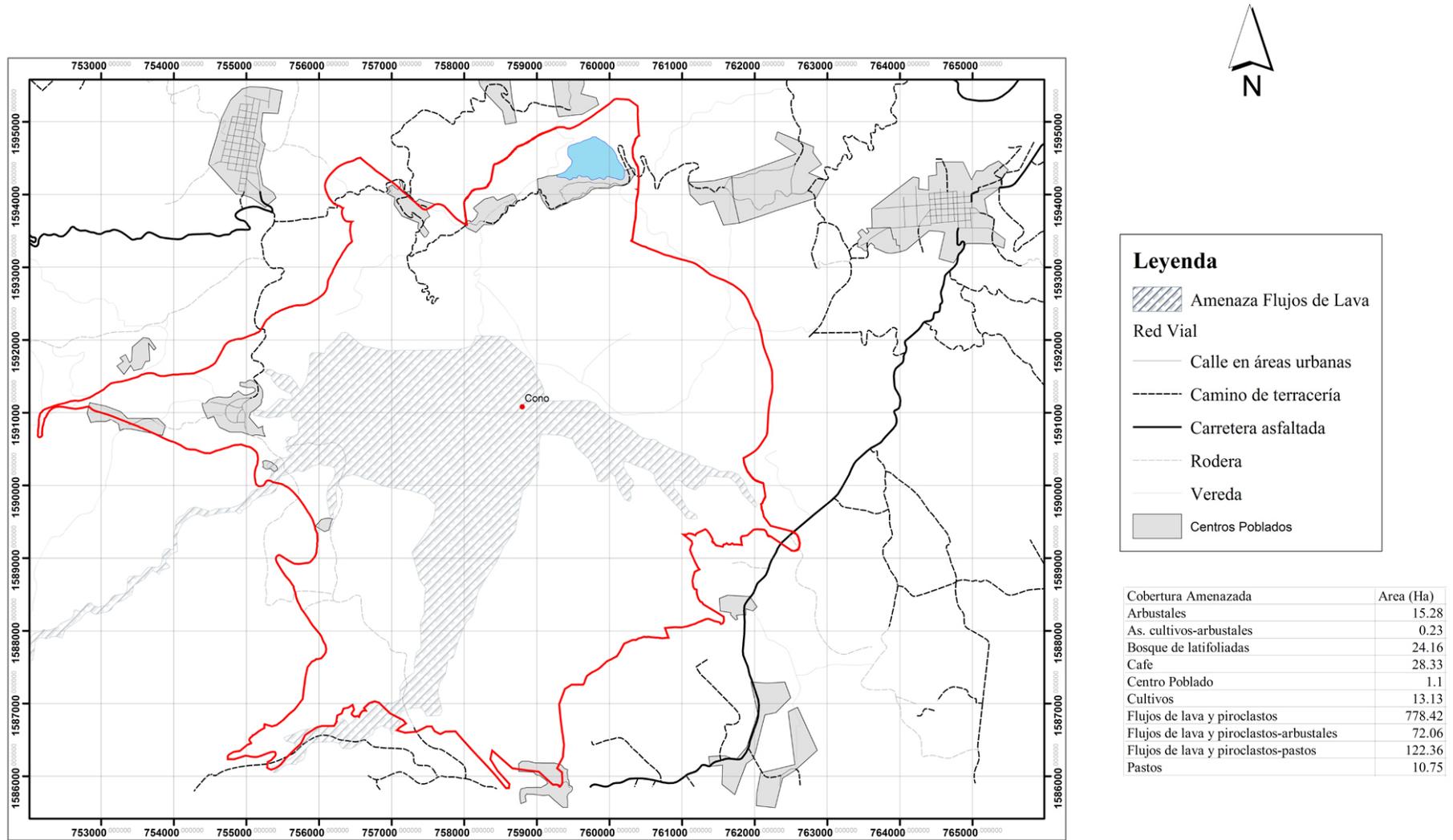


Figura 30: Mapa de Amenaza por Flujos de Lava

Fuente:
 Información cartográfica básica - IGN
 Amenaza de Lava - JICA-INSIVUMEH

6.8 Análisis del marco legal vigente para el Parque Nacional Volcán de Pacaya

En la Constitución Política de la República de Guatemala, en el artículo 64, se “... declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación...” (4), y este artículo constitucional es una de las razones para decretar la Ley de Áreas Protegidas (Decreto No. 4-89). Con esta ley se crea, entre otros el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas en donde se integran las áreas protegidas y las entidades que las administran (Artículo 2 de la Ley). Así mismo se declaran áreas de protección para la conservación “Reservas Ecológicas y Monumentos naturales constituidos en los conos volcánicos del país” (Artículo 90, inciso 22, Ley de Áreas Protegidas).

En el caso del Parque Nacional Volcán de Pacaya en el documento “Estudio de Caso de la Coadministración del Parque Nacional Volcán de Pacaya” (25) se indica lo siguiente respecto a la historia legal del Parque:

“Mediante el acuerdo gubernativo del 21-06-56, la mayoría de conos volcánicos de Guatemala fueron declarados zonas de veda, incluyendo el volcán Pacaya. El 20 de julio de 1963, mediante Acuerdo Gubernativo fue declarado como Parque Nacional el Volcán de Pacaya y la Laguna Calderas, ubicados en los municipios de San Vicente Pacaya y de Amatitlán, departamentos de Escuintla y Guatemala, respectivamente.”

En el Acuerdo Gubernativo de 1963 se establece que será el Ministerio de Agricultura, por conducto de la Dirección General Forestal, el administrador del Parque. En la actualidad es el Instituto Nacional de Bosques (INAB) la autoridad competente del Sector Público Agrícola en materia Forestal. Por lo que ha recaído sobre este Instituto la administración del Parque Nacional Volcán de Pacaya.

En el documento “Estudio de Caso de la Coadministración del Parque Nacional Volcán de Pacaya” (25) también se indica lo siguiente respecto a la historia del manejo del Parque:

“En 1974 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en forma conjunta con el Instituto Nacional Forestal –INAFOR-, presentan el Plan de Manejo para el Parque Nacional Volcán Pacaya, el cual no llegó a ejecutarse. Al año siguiente (1975) se desarrollaron estudios detallados acerca de los recursos naturales del área, realizados por un equipo de profesionales del Cuerpo de Paz. En 1988 se elaboró una tesis sobre planificación y arquitectura para el Monumento Natural Volcán Pacaya; en 1990 se formula un Plan Preliminar para el Manejo de la Microcuenca de la Laguna Calderas.

Sin embargo, transcurridos 34 años desde su creación, ninguna de estas propuestas fue ejecutada, ni tampoco se realizó intervención directa sobre la conservación y uso sostenible del Área Protegida.

En 1997 se formuló un proyecto de Fortalecimiento de la Gestión Ambiental, por CONAMA/BID, elaborando un Diagnóstico y un Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Vicente Pacaya y paralelamente, se inician

actividades conjuntas entre la Municipalidad de San Vicente, Instituto Guatemalteco de Turismo -INGUAT-, iniciativa privada y comunidades para el desarrollo turístico del Volcán Pacaya. Simultáneamente se establece una CARTA DE ENTENDIMIENTO, entre el INAB, representado por el Proyecto de Fortalecimiento Forestal Municipal y Comunal -BOSCOM-, la Oficina Regional IX del INAB y la Municipalidad de San Vicente Pacaya, firmada el día tres de julio de 1998. La Carta tiene como objetivo la definición de un marco de referencia general que especifica los compromisos aceptados por cada parte, para la implementación y seguimiento de la Unidad Municipal de Administración Forestal (UMAF).

Estas gestiones despertaron el interés local de contactar a la institución del Estado a cargo del área protegida, el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, para obtener la administración del Parque. Estas negociaciones concluyeron en el año 1998 con la firma EL CONVENIO DE COADMINISTRACIÓN del Parque Nacional Volcán Pacaya, en el cual se crea el arreglo institucional para la administración conjunta entre la Municipalidad de San Vicente Pacaya y el INAB. Este convenio delimita los propósitos del Convenio, las funciones de cada parte, el mecanismo de administración (el Consejo) y su período de vigencia (el cual fue establecido por un plazo de cinco años).

Para el cumplimiento de las asignaciones de responsabilidades y derechos que se hace referencia en el convenio de coadministración, se crea el Consejo de Administración del Parque, el cual está conformado por: el Alcalde Municipal o su representante (el concejal III, de Medio Ambiente), el Gerente de INAB o su representante y el Presidente de la Asociación de Manejo y Administración del Parque Nacional Volcán de Pacaya.

En este mismo año, luego de la firma del convenio de coadministración, se comienza con la construcción del centro de visitantes y la contratación de un técnico forestal, quien tiene a su cargo la Unidad Municipal de Administración Forestal (UMAF) y la administración del Parque Nacional. En mayo de 1998 se elabora un diagnóstico y una propuesta de Plan de Manejo para el Parque, en el cual se definen los programas de manejo que deberán ser ejecutados en el área del Volcán de Pacaya, además de servir como herramienta de comunicación para obtener apoyo público y de funcionarios estatales.”

Este convenio de coadministración fue firmado en el año de 1998 y expiró en el año 2003. Para el año 2005 el nuevo convenio de coadministración del Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna Calderas PNVP-LC esta a nivel de propuesta, y no se ha firmado. Por lo que la coadministración esta en suspenso. En ninguno de los documentos existentes se menciona la delimitación específica del Parque Nacional Volcán de Pacaya. La coadministración se ha realizado solamente con la Municipalidad de San Vicente Pacaya, a pesar de que el Volcán esta dividido por los municipios de San Vicente Pacaya (Escuintla), Villa Canales y Amatitlán (Guatemala).

6.9 Propuesta de límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya

Las áreas protegidas son tierras que se dedican a la conservación, manejo racional y restauración de los Recursos Naturales y culturales de alta significancia. En el caso del Área Protegida Volcán de Pacaya el objetivo de declararla como tal obedece a dos criterios fundamentales: Es un fenómeno geomorfológico único y posee una fuente y suministro de agua importante. Además, el motivo por declararlo monumento natural es por las formaciones geológicas que se derivan de su actividad.

Por lo tanto se considera que la delimitación de este Parque debe obedecer básicamente a estos criterios. Sin embargo, se deben tener en cuenta otros criterios, como lo son la actividad humana, la propiedad y las actividades socioeconómicas.

Los límites del Volcán de Pacaya que se definieron en esta propuesta se basan en los siguientes criterios:

- A. Criterios geológicos – Geología derivada de la actividad del Volcán de Pacaya, abarcando diferentes eventos y formaciones: Volcán Ancestral, Domos anteriores, Cono Inicial, Cono parasítico, los flujos de lava históricos y recientes.
- B. Criterios de relieve e hidrografía - Para la delimitación e inclusión de la Microcuenca Calderas.
- C. Criterios de cobertura – Se incluyeron las tierras cubiertas por bosques, flujos de lava y piroclastos, tanto antiguos como recientes, reflejando la actividad principal del volcán.

Esta no es la única propuesta que existe. Se conoce la existencia de dos propuestas de límites adicionales: La utilizada a la fecha por parte de CONAP (y que aparece en el mapa de áreas protegidas de esta institución) y otra que propone el Instituto Nacional de Bosques (que esta a nivel de propuesta). La primera se basa en criterios empíricos y la segunda en criterios ambientales y de infraestructura vial (que permitan límites fácilmente identificables).

Comparadas las tres propuestas, se puede decir que los límites utilizados hasta la fecha son los menos indicados para delimitar el área protegida, principalmente porque no se incluye todo el fenómeno de interés, en este caso el Volcán de Pacaya y su geomorfología asociada. Las otras dos propuestas, gozan de un mayor sustento técnico e incluyen de mejor forma el fenómeno, sin embargo se considera que la propuesta del INAB no incluye buena parte de las coladas de lava depositadas en este siglo, y en contraste se incluyen dos centros poblados más y mayor cantidad de áreas cultivadas, lo que implicaría una mayor complejidad en la administración del parque.

Al comparar las tres propuestas se encuentran varias diferencias fundamentales. Estas diferencias se enumeran en el cuadro 17. En la figura 31 se muestra un mapa donde se incluyen las tres delimitaciones.

Cuadro 17. Comparación de las tres propuestas de límites para el Área Protegida Volcán de Pacaya

Factor	Límites Utilizados a la fecha por CONAP	Límites a nivel de propuesta de INAB	Propuesta de Límites en este estudio	Consideraciones para cada factor
Criterios utilizados para definir los límites	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno, cobertura, caminos y otros límites identificables	Geología, Relieve, Cobertura	Los criterios utilizados para delimitar el área deben de obedecer al objetivo de declaración
Superficie reportada	2043.09 ha	4690.64 ha	4625.66 ha	Una mayor extensión implicará mayor dificultad de administración
Límites	La definición de los límites no tiene un sustento técnico o científico.	Los límites son fácilmente identificables.	Los límites fueron definidos con base a criterios ambientales	Cumplir con el objetivo de declaración
Poblaciones	Incluye 3 centros poblados	Incluye 10 centros poblados	Incluye 8 centros poblados	Presión sobre los recursos naturales dentro del parque
Geología y Actividad Volcánica	El área no incluye los materiales depositados en los eventos más recientes	El área no incluye algunos de los materiales de los eventos más recientes	El área si incluye los principales materiales de los eventos más recientes	Cumplir el objetivo de declaración
Uso de la tierra	Se incluyen pocas áreas de cultivos	Se incluyen mas áreas cultivadas	Se incluyen menos áreas cultivadas	Presión sobre los recursos naturales dentro del parque

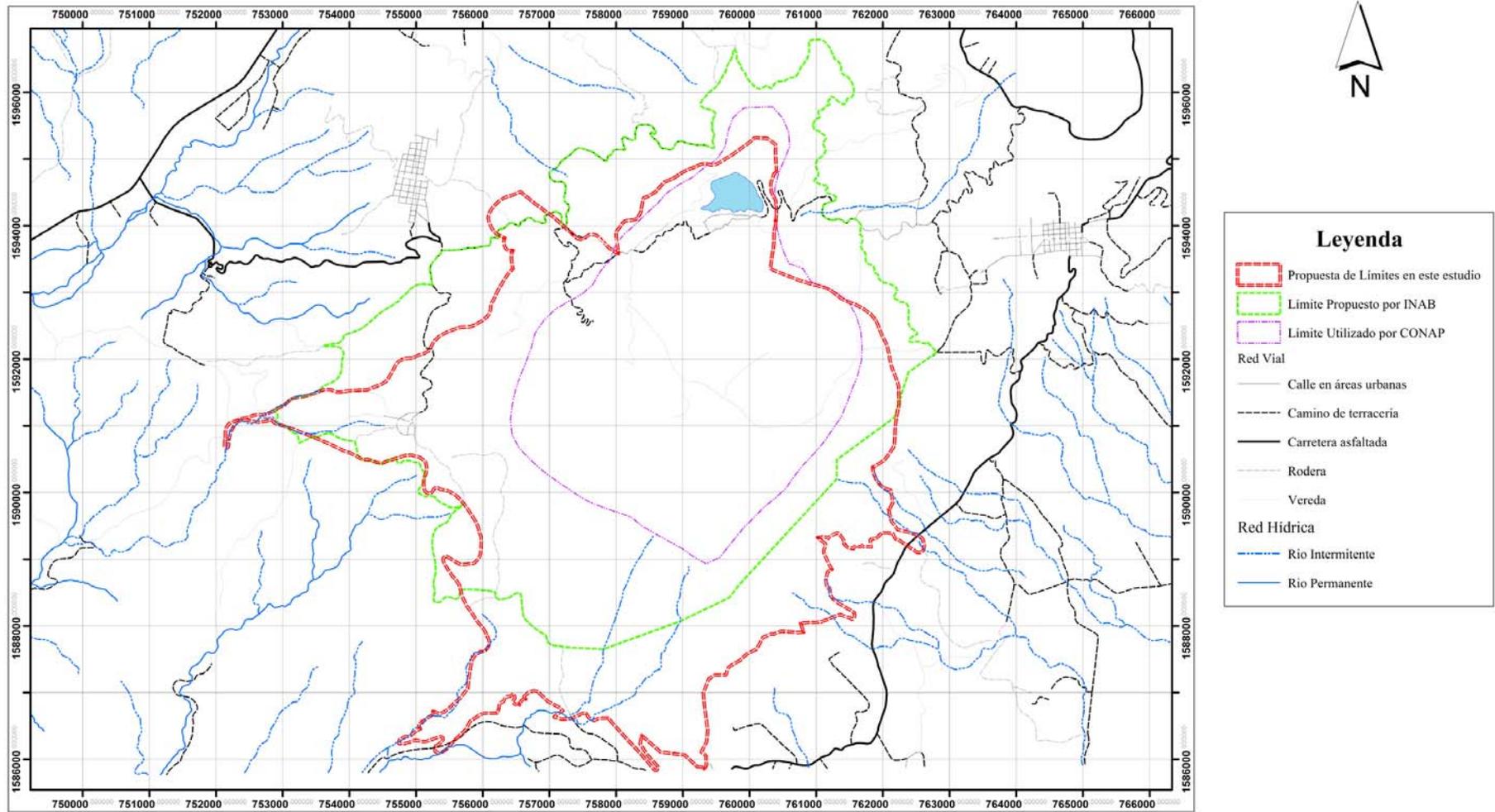


Figura 31: Propuesta de Límites del Parque Nacional Volcán de Pacaya

Fuente:
Propuesta de límites en este estudio - Estuardo Lira,
con base en análisis geomorfológico y de cobertura vegetal de la tierra
Límite Propuesto por INAB - Gerónimo Pérez SIG - INAB
Límite Utilizado por CONAP - Comisión Nacional de Areas Protegidas

6.10 Consideraciones socioeconómicas

La complejidad del área del Volcán de Pacaya no radica tan solo en los procesos geomorfológicos tan dinámicos, sino en las características socioeconómicas de los centros poblados cercanos al Volcán.

Una de las primeras consideraciones que debe hacerse es que el área de interés, políticamente, pertenece a tres municipios y dos departamentos: San Vicente Pacaya (Departamento de Escuintla), Villa Canales (Departamento de Guatemala) y Amatitlán (Departamento de Guatemala). Desde esta perspectiva, la administración del área se dificulta porque se tendrán que coordinar esfuerzos con tres Municipalidades y dos Gobernaciones Departamentales, debiéndose tomar en cuenta los Consejos de de Desarrollo Municipal y Departamental.

Los aspectos socioeconómicos se determinaron para los 19 asentamientos humanos (categorizados en caserío, aldea y pueblo) que, por su cercanía, están en el área de influencia de la actividad del volcán y a la vez utilizan los recursos naturales del área de Estudio. Se obtuvo la información que se expone a continuación:

6.10.1 Población

En el análisis de población se obtuvo información por centro poblado de acuerdo a los Censos del Instituto Nacional de Estadística para los años 1994 y 2002 (7). En los cuadros 18 al 21 se caracteriza la población cada uno de los centros poblados. En la cuadro 18 se expone las características de población de acuerdo al censo del año 2002. En el cuadro 19 de acuerdo al censo de 1994. En el cuadro 20 las diferencias entre el censo del año 2002 y el de 1994. Y en el cuadro 21 estas mismas diferencias como porcentaje respecto al censo de 1994. Las columnas expuestas en estos cuadros son las siguientes:

Código: Código censal del centro poblado, de acuerdo al INE

Categoría: Categoría del centro poblado en orden de importancia pueden ser Pueblo, Aldea, Caserío

Población: Población total en el centro poblado

Hombres: Cantidad de hombres en el centro poblado

Mujeres: Cantidad de mujeres en el centro poblado

0 a 06: Cantidad de personas en el rango de edad de 0 a 6 años

07 a 14: Cantidad de personas en el rango de edad de 7 a 14 años

15 a 64: Cantidad de personas en el rango de edad de 15 a 64 años

Más de 65: Cantidad de personas con más de 65 años

Cuadro 18. Información poblacional según el Censo 2002

Código	Nombre	Categoría	Población	Hombres	Mujeres	0 a 06	07 a 14	15 a 64	Más 65
114007	CALDERAS	ALDEA	800	414	386	175	185	407	33
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	1666	829	837	371	404	830	61
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	462	238	224	118	109	216	19
114053	EL PEPINAL	ALDEA	462	246	216	92	112	232	26
114060	SAN CARLOS	ALDEA	258	134	124	61	44	143	10
116059	LOS POCITOS	ALDEA	1305	665	640	245	262	724	74
116060	LOS DOLORES	ALDEA	807	394	413	142	156	469	40
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	7851	3949	3902	1629	1688	4240	294
116203	EL PERICON	CASERIO	1273	642	631	261	273	691	48
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	98	46	52	15	22	56	5
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	6552	3278	3274	1268	1251	3696	337
512002	BEJUCAL	ALDEA	344	172	172	81	65	186	12
512006	EL CEDRO	ALDEA	848	421	427	174	161	476	37
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	1351	708	643	295	289	691	76
512008	EL CARACOL	CASERIO	8	7	1	2	2	4	0
512010	EL RODEO	CASERIO	121	63	58	30	19	68	4
512019	LOS RIOS	CASERIO	312	154	158	66	66	169	11
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	27	15	12	9	8	8	2
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	687	377	310	155	126	363	43

Cuadro 19. Información poblacional según el Censo 1994

Código	Nombre	Categoría	Población	Hombres	Mujeres	0 a 06	07 a 14	15 a 64	Mas 65
114007	CALDERAS	ALDEA	654	333	321	169	137	320	28
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	922	465	457	216	202	460	44
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	249	140	109	56	51	130	12
114053	EL PEPINAL	ALDEA	487	249	238	125	108	228	26
114060	SAN CARLOS	ALDEA	214	113	101	43	50	111	10
116059	LOS POCITOS	ALDEA	825	404	421	151	181	451	42
116060	LOS DOLORES	ALDEA	441	212	229	82	93	245	21
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	4913	2461	2452	1078	1006	2650	179
116203	EL PERICON	CASERIO	879	444	435	205	174	466	34
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	54	27	27	12	14	28	0
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	4968	2540	2428	997	1006	2699	266
512002	BEJUCAL	ALDEA	265	134	131	58	65	132	10
512006	EL CEDRO	ALDEA	600	319	281	128	121	321	30
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	967	513	454	215	189	516	47
512008	EL CARACOL	CASERIO	34	22	12	5	3	21	5
512010	EL RODEO	CASERIO	87	46	41	19	23	42	3
512019	LOS RIOS	CASERIO	263	142	121	65	49	138	11
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	25	14	11	7	5	11	2
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	431	229	202	89	85	232	25

Cuadro 20. Diferencias de la población entre el censo del año 2002 y el año 1994

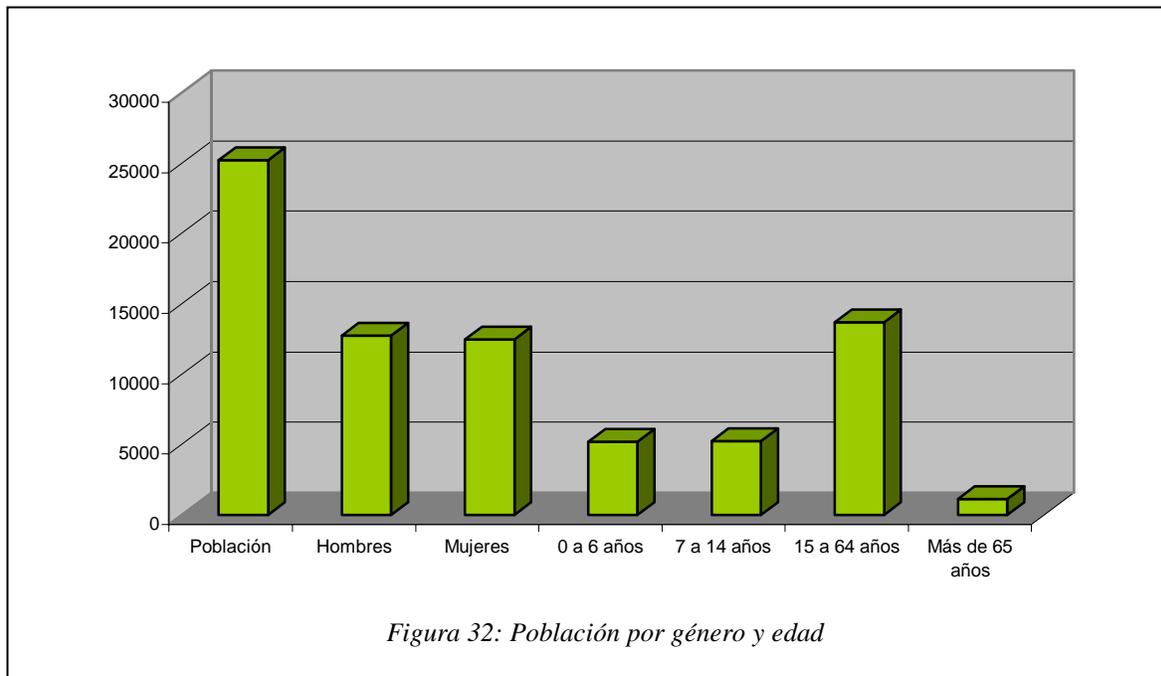
Código	Nombre	Categoría	Población	Hombres	Mujeres	0 a 06	07 a 14	15 a 64	Mas 65
114007	CALDERAS	ALDEA	146	81	65	6	48	87	5
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	744	364	380	155	202	370	17
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	213	98	115	62	58	86	7
114053	EL PEPINAL	ALDEA	-25	-3	-22	-33	4	4	0
114060	SAN CARLOS	ALDEA	44	21	23	18	-6	32	0
116059	LOS POCITOS	ALDEA	480	261	219	94	81	273	32
116060	LOS DOLORES	ALDEA	366	182	184	60	63	224	19
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	2938	1488	1450	551	682	1590	115
116203	EL PERICON	CASERIO	394	198	196	56	99	225	14
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	44	19	25	3	8	28	5
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	1584	738	846	271	245	997	71
512002	BEJUCAL	ALDEA	79	38	41	23	0	54	2
512006	EL CEDRO	ALDEA	248	102	146	46	40	155	7
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	384	195	189	80	100	175	29
512008	EL CARACOL	CASERIO	-26	-15	-11	-3	-1	-17	-5
512010	EL RODEO	CASERIO	34	17	17	11	-4	26	1
512019	LOS RIOS	CASERIO	49	12	37	1	17	31	0
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	2	1	1	2	3	-3	0
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	256	148	108	66	41	131	18

Cuadro 21. Diferencias en la población entre los censos, expresadas en % respecto al censo de 1994

Código	Nombre	Categoría	Población	Hombres	Mujeres	0 a 06	07 a 14	15 a 64	Mas 65
114007	CALDERAS	ALDEA	22	24	20	4	35	27	18
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	81	78	83	72	100	80	39
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	86	70	106	111	114	66	58
114053	EL PEPINAL	ALDEA	-5	-1	-9	-26	4	2	0
114060	SAN CARLOS	ALDEA	21	19	23	42	-12	29	0
116059	LOS POCITOS	ALDEA	58	65	52	62	45	61	76
116060	LOS DOLORES	ALDEA	83	86	80	73	68	91	90
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	60	60	59	51	68	60	64
116203	EL PERICON	CASERIO	45	45	45	27	57	48	41
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	81	70	93	25	57	100	0
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	32	29	35	27	24	37	27
512002	BEJUCAL	ALDEA	30	28	31	40	0	41	20
512006	EL CEDRO	ALDEA	41	32	52	36	33	48	23
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	40	38	42	37	53	34	62
512008	EL CARACOL	CASERIO	-76	-68	-92	-60	-33	-81	-100
512010	EL RODEO	CASERIO	39	37	41	58	-17	62	33
512019	LOS RIOS	CASERIO	19	8	31	2	35	22	0
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	8	7	9	29	60	-27	0
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	59	65	53	74	48	56	72

Cabe destacar de las diferencias de población entre los dos años de los censos que en El Caracol, el centro poblado más afectado por las erupciones de ceniza de los últimos 4 años, se manifiesta un decrecimiento en la población del 76% con respecto al censo del año de 1994. Para 1994 se reportaba una población en este centro poblado de 34 personas, mientras que para el año 2002 el número de personas es de 8.

En total para el año 2002, existen 25,232 habitantes en el área de influencia del Volcán de Pacaya, en porcentajes prácticamente iguales de hombres (12,752) y mujeres (12,480). El grueso de la población (13,669 habitantes) esta en la edad considerada productiva (15 a 64 años). Se evidencia un rápido crecimiento poblacional, ya que los estratos más jóvenes de la población (menores de 14 años) suman un total de 10,431 habitantes. Esto refleja que existe mucha población joven, y muy poca longeva (con más de 65 años). Por lo que se puede concluir que el número de habitantes se esta incrementando desproporcionadamente.



6.10.2 Educación

Se reporta al menos una escuela del Ministerio de Educación para cada centro poblado. Las escuelas trabajan con los programas básicos del ministerio de Educación y en su mayoría son de nivel Primario. Algunos de los estudiantes que logran avanzar más allá del nivel básico emigran a estudiar a Amatitlán o a la Ciudad Capital a otros Institutos y un porcentaje mínimo alcanza la educación superior.

En los cuadros siguientes se presentan los porcentajes de escolaridad para cada centro poblado de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística para los censos poblacionales de 1994 y 2002. Estos porcentajes se han estimado con base a la población en edad escolar (mayores de 6 años).

Cuadro 22. Información educacional según el Censo 2002

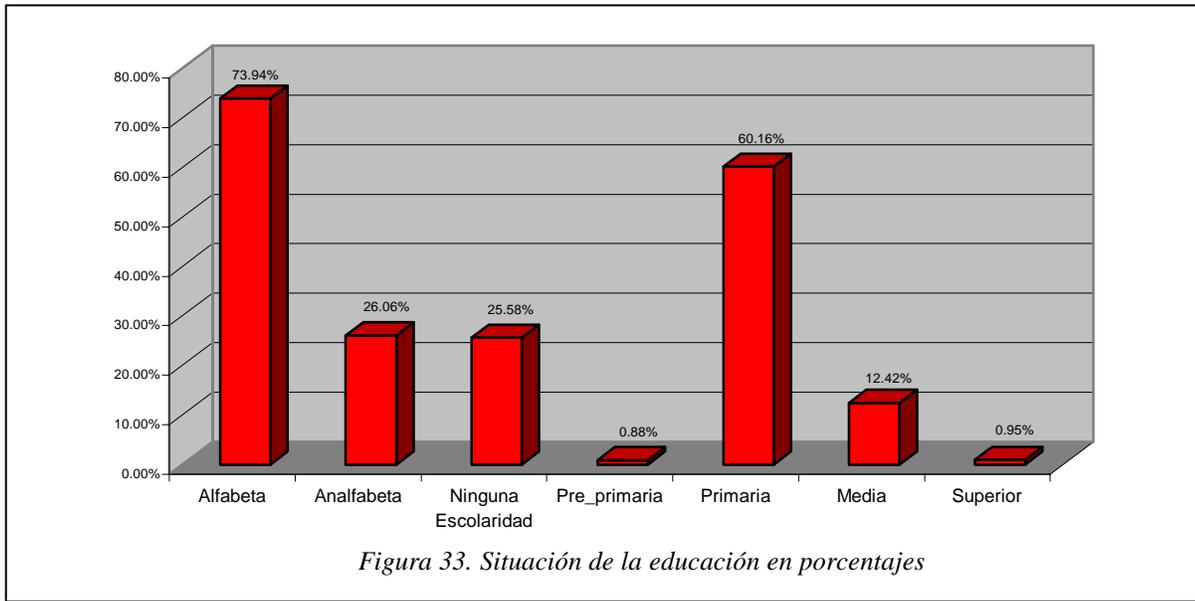
Código	Nombre	Categoría	Población en edad escolar	% Alfabetismo	% Analfabetismo	% con ninguna escolaridad	% Preprimaria	% Primaria	% Media	% Superior
114007	CALDERAS	ALDEA	625	60.96	39.04	38.88	0.16	55.04	4.96	0.96
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	1295	60.54	39.46	38.61	1.54	58.69	1.16	0.00
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	344	36.05	63.95	63.95	0.00	35.76	0.29	0.00
114053	EL PEPINAL	ALDEA	370	80.81	19.19	18.11	1.08	72.97	6.76	1.08
114060	SAN CARLOS	ALDEA	197	67.51	32.49	32.49	0.00	52.79	14.72	0.00
116059	LOS POCITOS	ALDEA	1060	65.57	34.43	33.68	0.75	54.81	10.57	0.19
116060	LOS DOLORES	ALDEA	665	66.02	33.98	33.68	0.90	46.47	14.44	4.51
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	6222	76.18	23.82	23.58	1.01	58.31	16.02	1.08
116203	EL PERICON	CASERIO	1012	66.01	33.99	33.60	0.59	58.30	7.31	0.20
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	83	60.24	39.76	38.55	2.41	45.78	13.25	0.00
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	5284	82.85	17.15	16.64	0.66	62.96	18.30	1.44
512002	BEJUCAL	ALDEA	263	67.30	32.70	31.56	1.14	66.16	1.14	0.00
512006	EL CEDRO	ALDEA	674	80.27	19.73	18.40	1.48	70.62	9.20	0.30
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	1056	72.44	27.56	26.89	0.76	68.75	3.50	0.09
512008	EL CARACOL	CASERIO	6	16.67	83.33	83.33	0.00	16.67	0.00	0.00
512010	EL RODEO	CASERIO	91	65.93	34.07	34.07	0.00	63.74	2.20	0.00
512019	LOS RIOS	CASERIO	246	78.86	21.14	21.14	0.41	76.42	2.03	0.00
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	18	83.33	16.67	22.22	0.00	77.78	0.00	0.00
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	532	70.49	29.51	28.57	1.88	65.23	4.14	0.19

Cuadro 23. Información educacional según el Censo 1994

Código	Nombre	Categoría	Población en edad escolar	% Alfabetismo	% Analfabetismo	% con ninguna escolaridad	% Preprimaria	% Primaria	% Media	% Superior
114007	CALDERAS	ALDEA	485	37.32	34.43	45.98	0.62	50.31	2.89	0.21
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	706	35.55	35.84	45.61	3.12	50.42	0.85	0.00
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	193	24.35	49.22	62.69	0.00	37.31	0.00	0.00
114053	EL PEPINAL	ALDEA	362	40.06	30.11	38.95	0.00	60.22	0.83	0.00
114060	SAN CARLOS	ALDEA	171	36.84	33.92	49.71	3.51	43.27	2.92	0.58
116059	LOS POCITOS	ALDEA	674	47.48	25.67	31.31	1.19	60.24	7.27	0.00
116060	LOS DOLORES	ALDEA	359	49.30	24.79	36.77	0.00	55.99	6.96	0.28
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	3835	52.39	21.38	30.51	1.83	55.54	11.19	0.94
116203	EL PERICON	CASERIO	674	42.73	31.45	42.58	0.15	54.75	2.52	0.00
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	42	21.43	45.24	57.14	7.14	30.95	4.76	0.00
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	3971	57.92	16.75	21.25	4.31	63.64	10.53	0.28
512002	BEJUCAL	ALDEA	207	43.96	24.64	41.55	1.45	56.04	0.97	0.00
512006	EL CEDRO	ALDEA	472	59.96	14.41	20.97	3.39	71.19	4.45	0.00
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	752	44.28	30.59	41.09	1.20	56.25	1.46	0.00
512008	EL CARACOL	CASERIO	29	41.38	48.28	48.28	0.00	51.72	0.00	0.00
512010	EL RODEO	CASERIO	68	29.41	36.76	54.41	7.35	38.24	0.00	0.00
512019	LOS RIOS	CASERIO	198	47.47	27.78	35.86	3.03	60.61	0.51	0.00
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	18	33.33	38.89	55.56	0.00	44.44	0.00	0.00
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	342	47.37	27.78	42.98	0.00	56.14	0.88	0.00

Cuadro 24. Diferencias en educación entre el censo del año 2002 y el año 1994

Código	Nombre	Categoría	Población en edad escolar	% Alfabetismo	% Analfabetismo	% con ninguna escolaridad	% Preprimaria	% Primaria	% Media	% Superior
114007	CALDERAS	ALDEA	140	23.64	4.61	-7.10	-0.46	4.73	2.07	0.75
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	589	24.99	3.62	-7.00	-1.57	8.26	0.31	0.00
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	151	11.69	14.73	1.26	0.00	-1.55	0.29	0.00
114053	EL PEPINAL	ALDEA	8	40.76	-10.92	-20.84	1.08	12.75	5.93	1.08
114060	SAN CARLOS	ALDEA	26	30.67	-1.43	-17.22	-3.51	9.52	11.80	-0.58
116059	LOS POCITOS	ALDEA	386	18.09	8.77	2.37	-0.43	-5.43	3.30	0.19
116060	LOS DOLORES	ALDEA	306	16.71	9.19	-3.08	0.90	-9.52	7.47	4.23
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	2387	23.80	2.44	-6.93	-0.81	2.77	4.84	0.14
116203	EL PERICON	CASERIO	338	23.28	2.54	-8.98	0.44	3.55	4.79	0.20
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	41	38.81	-5.48	-18.59	-4.73	14.83	8.49	0.00
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	1313	24.93	0.40	-4.62	-3.64	-0.67	7.77	1.16
512002	BEJUCAL	ALDEA	56	23.34	8.06	-9.99	-0.31	10.12	0.17	0.00
512006	EL CEDRO	ALDEA	202	20.31	5.33	-2.58	-1.91	-0.56	4.75	0.30
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	304	28.16	-3.03	-14.20	-0.44	12.50	2.04	0.09
512008	EL CARACOL	CASERIO	-23	-24.71	35.06	35.06	0.00	-35.06	0.00	0.00
512010	EL RODEO	CASERIO	23	36.52	-2.70	-20.35	-7.35	25.50	2.20	0.00
512019	LOS RIOS	CASERIO	48	31.39	-6.64	-14.72	-2.62	15.82	1.53	0.00
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	0	50.00	-22.22	-33.33	0.00	33.33	0.00	0.00
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	190	23.12	1.73	-14.41	1.88	9.09	3.26	0.19



En la figura 33 se grafica la situación educacional para todos los centros poblados para el año 2002. El 74 % de la población es alfabeto, mientras que el 26 % es analfabeto. Sin embargo, el grado de escolaridad dominante de la población es el Primario (60%). Es interesante observar que en el área de estudio solo 5,242 habitantes están en edad de recibir educación primaria, mientras que se reportan 12,058 habitantes con educación primaria. Esto indica que un

buen sector de la población (al menos 6,816 habitantes) no avanza más allá de la educación primaria. También es de considerar que menos del 1% de la población alcanza una educación superior.

Con base a los datos expuestos, y visitas realizadas a los centros educativos se puede indicar que el nivel educativo del área es deficiente y no esta orientado a las actividades productivas que se podrían realizar en el área (Turismo, Agricultura, Agroforestería).

6.10.3 Salud

San Vicente Pacaya cuenta con un centro de salud tipo B. En este centro laboran 2 médicos, uno de carácter administrativo y el otro en atención a pacientes. Este centro presta servicios 4 horas al día. Sus instalaciones son deficientes e inseguras. Además, en El Cedro y en la Aldea Los Chagüites se encuentran dos puestos de salud atendidos por auxiliares de enfermería. Las enfermedades más comunes detectadas por el Sistema Integral de Atención de Salud son los Daños de Ira, enfermedades diarreicas, parasitismo intestinal y conjuntivitis. El nivel de salud es bajo y la inversión en este rubro no parece ser suficiente para atender las necesidades de la población.

6.10.4 Servicios de aguas, drenajes y energía eléctrica

Según el Censo del 2002, se tienen los datos de servicios en las viviendas de cada centro poblado que se presentan en la cuadro 25.

<i>Cuadro 25. Porcentaje de viviendas con acceso a servicios de agua, drenajes y energía eléctrica</i>						
CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	No. Viviendas	% Agua	% Drenaje	% Energía Eléctrica
114007	CALDERAS	ALDEA	165	15.76	0.00	71.52
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	323	70.28	2.17	89.78
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	98	68.37	1.02	66.33
114053	EL PEPINAL	ALDEA	93	73.12	6.45	83.87
114060	SAN CARLOS	ALDEA	65	70.77	3.08	81.54
116059	LOS POCITOS	ALDEA	314	22.29	2.23	68.15
116060	LOS DOLORES	ALDEA	279	49.82	4.30	60.93
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	1788	65.72	8.56	84.23
116203	EL PERICON	CASERIO	324	59.88	0.93	66.36
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	19	73.68	0.00	21.05
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	1508	89.32	0.07	90.52
512002	BEJUCAL	ALDEA	72	79.17	1.39	88.89
512006	EL CEDRO	ALDEA	207	83.09	0.00	83.09
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	306	77.12	0.65	81.05
512008	EL CARACOL	CASERIO	6	33.33	0.00	0.00
512010	EL RODEO	CASERIO	29	72.41	0.00	75.86
512019	LOS RIOS	CASERIO	80	85.00	1.25	67.50
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	165	80.61	0.00	73.33
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	6	16.67	0.00	66.67

A pesar de que se esperarí que todas las viviendas contaran con los servicios de agua, drenajes y energía eléctrica, se observa que esto no ocurre así. Sin embargo, lo más preocupante es la carencia de drenajes. En el mejor de los casos

(Santa Elena Barillas), se alcanza un porcentaje de viviendas con drenaje del 8.56 %, pero en muchos de los centros poblados no se reporta la existencia de drenajes (Calderas, San Antonio, El Cedro, El Caracol, El Rodeo, San Francisco de Sales, Los Jazmines). San Vicente Pacaya reporta 0.07% de viviendas con drenajes. Esto implica que las aguas servidas corren sobre el terreno o las viviendas tienen fosas sépticas.

En San Vicente Pacaya se tienen 6 teléfonos comunitarios que sirven para toda la región. Sin embargo el uso de la telefonía celular se ha vuelto muy común en los centros poblados y esto ha favorecido la comunicación.

6.10.5 Infraestructura y servicios

La infraestructura social y productiva es deficiente. La carretera principal de acceso (Departamental 3) a San Vicente Pacaya ya está terminada, sin embargo, los demás caminos están deteriorados, y a pesar de ser transitables, están en muy malas condiciones.

La infraestructura de salud (Centro de Salud) también es deficiente e insuficiente. Las escuelas, a pesar de que son las más eficientes, ya presentan problemas de sobrepoblación y falta de comodidad para los estudiantes. Se cuenta con energía eléctrica en la mayoría de centros poblados (Excepto el Caracol y el Rodeo). No se tiene acceso a agua domiciliar, y el agua entubada está sumamente contaminada, y el sistema de bombeo es poco eficiente. En San Vicente Pacaya se tienen 6 teléfonos comunitarios que sirven para toda la región.

A pesar de que una de las actividades importantes en el volcán es el turismo, no se tiene acceso a servicios de hotelería ni restaurantes, que si se implementaran serían una fuente de trabajo para los pobladores, y atraería mayor afluencia de turistas.

Es importante señalar que las viviendas, son en su mayoría de block con techos de aluminio, generalmente planos. Esto incrementa la vulnerabilidad de las viviendas a la caída de tefra. En las figuras 34 y 35 se muestra la infraestructura habitacional típica del área en estudio.



Figura 34: Foto de Casa de Habitación en El Patrocinio



Figura 35: Foto de Casas de habitación en el Cedro

A pesar de que la mayoría de los centros poblados tienen al menos un parque, una iglesia, una escuela y un salón comunal, estos mantienen las estructuras de block y techo de lámina. Ver figuras 36 y 37.



Figuras 36 y 37: Fotos de la Escuela e Iglesia de El Patrocinio

Otra infraestructura que se encuentra en el área principalmente en el Cerro Chino, son las casetas de equipo de las antenas de radio. Estas casetas son pequeños módulos de aproximadamente 6 metros cuadrados de block y techo plano fundido, lo que hace que los materiales piroclásticos se acumulen en el techo de las mismas. Ver figura 38.



Figura 38: Foto de Caseta de equipo de antena de Radio

6.10.6 Seguridad

El área cuenta con una subestación de policía, que tiene 8 elementos activos diariamente, sin embargo, los asaltos a los turistas son comunes y es un temor que impide el desarrollo turístico del lugar, a pesar de que este tipo de abusos se han reducido.

6.10.7 Etnias

La mayoría de la población es no indígena (ladina). En el cuadro 26 se presentan los porcentajes para cada centro poblado.

Código	Nombre	Categoría	Población	Indígena	No indígena	% Indígena	% No indígena
114007	CALDERAS	ALDEA	800	5	795	0.63	99.38
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	1666	37	1629	2.22	97.78
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	462	1	461	0.22	99.78
114053	EL PEPINAL	ALDEA	462	0	462	0.00	100.00
114060	SAN CARLOS	ALDEA	258	2	256	0.78	99.22
116059	LOS POCITOS	ALDEA	1305	58	1247	4.44	95.56
116060	LOS DOLORES	ALDEA	807	16	791	1.98	98.02
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	7851	148	7703	1.89	98.11
116203	EL PERICON	CASERIO	1273	8	1265	0.63	99.37
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	98	0	98	0.00	100.00
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	6552	206	6346	3.14	96.86
512002	BEJUCAL	ALDEA	344	5	339	1.45	98.55
512006	EL CEDRO	ALDEA	848	12	836	1.42	98.58
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	1351	7	1344	0.52	99.48
512008	EL CARACOL	CASERIO	8	5	3	62.50	37.50
512010	EL RODEO	CASERIO	121	1	120	0.83	99.17
512019	LOS RIOS	CASERIO	312	0	312	0.00	100.00
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	27	0	27	0.00	100.00
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	687	0	687	0.00	100.00

Como se observa, los porcentajes de población indígena son mínimos, salvo en El Caracol, en donde dominan los indígenas. Si se analiza toda la población (25,232 habitantes), tan solo el 2.03% es indígena, mientras que el 97.97% es no indígena.

6.10.8 Religión

La mayoría de la población es católica. Se estima que un 80% de la población ejerce esta religión, mientras que un 20% son evangélicos.

En el caso de las iglesias católicas, se realizan rezos cada 3 días y una misa semanal cada domingo. En el caso de las iglesias evangélicas realizan servicios todos los días.

6.10.9 Organización social

Las comunidades, para su representación, se organizan en comités. La Municipalidad de San Vicente Pacaya reconoce los comités siguientes:

- A. Comité pro-mejoramiento, Aldea Concepción-El Cedro
- B. Comité pro-mejoramiento, Aldea Los Chagüites.
- C. Comité pro-mejoramiento, Caserío el Silencio
- D. Comité de desarrollo, Comunidad Nuevo México
- E. Comité de Desarrollo comunal San Vicente Pacaya (en reorganización)

Además se pudo constatar que en San Vicente Pacaya existe el comité de turismo, que es poco funcional.

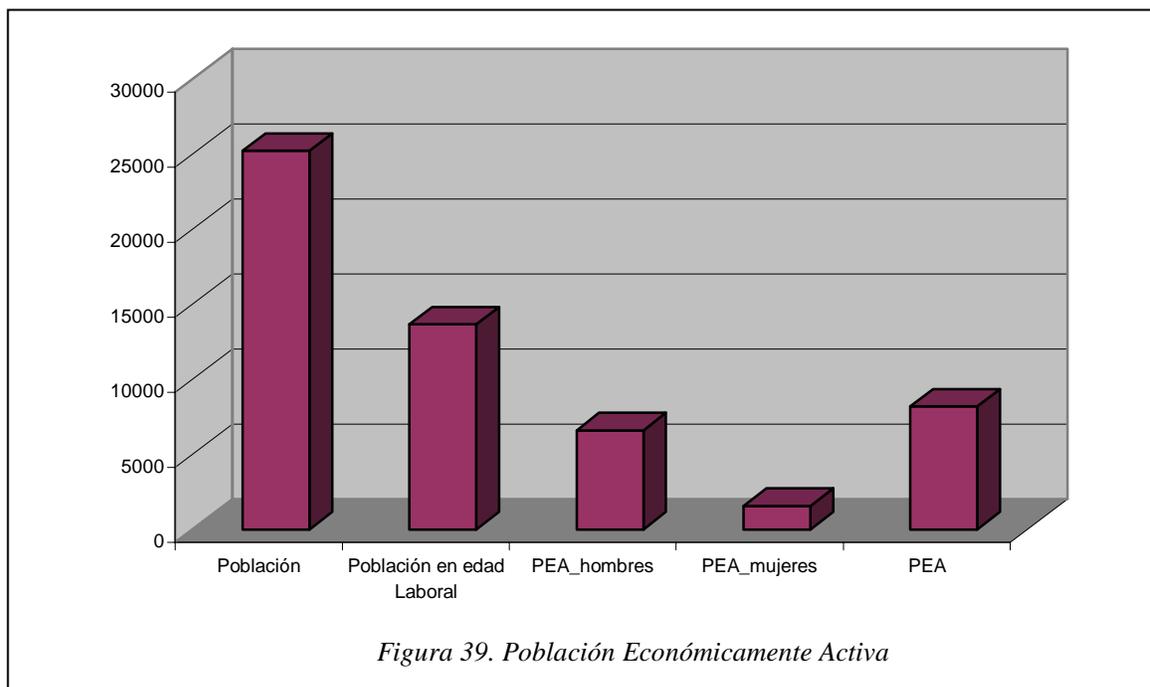
Es de resaltar que el funcionamiento de los comités no es el esperado y su influencia en la población es poco notable. Además de que existe falta de comunicación entre los mismos y no se tiene una visión común para orientar los esfuerzos.

6.10.10 Población económicamente activa

En el cuadro 27 se presenta la población económicamente activa para los centros poblados.

Código	Nombre	Categoría	Población	Hombres	Mujeres	Población de 15 a 64	PEA hombres	PEA mujeres	PEA Total	% PEA relacionada con Población de 15 a 64 años
114007	CALDERAS	ALDEA	800	414	386	407	242	57	299	73.46
114048	MESILLAS BAJAS	ALDEA	1666	829	837	830	454	68	522	62.89
114049	MESILLAS ALTAS	CASERIO	462	238	224	216	123	14	137	63.43
114053	EL PEPINAL	ALDEA	462	246	216	232	132	19	151	65.09
114060	SAN CARLOS	ALDEA	258	134	124	143	78	22	100	69.93
116059	LOS POCITOS	ALDEA	1305	665	640	724	304	65	369	50.97
116060	LOS DOLORES	ALDEA	807	394	413	469	174	27	201	42.86
116111	SANTA ELENA BARILLAS	ALDEA	7851	3949	3902	4240	1901	574	2475	58.37
116203	EL PERICON	CASERIO	1273	642	631	691	339	62	401	58.03
116232	SAN ANTONIO	CASERIO	98	46	52	56	31	6	37	66.07
512001	SAN VICENTE PACAYA	PUEBLO	6552	3278	3274	3696	1761	531	2292	62.01
512002	BEJUCAL	ALDEA	344	172	172	186	105	13	118	63.44
512006	EL CEDRO	ALDEA	848	421	427	476	228	36	264	55.46
512007	EL PATROCINIO	ALDEA	1351	708	643	691	400	54	454	65.70
512008	EL CARACOL	CASERIO	8	7	1	4	5	1	6	150.00
512010	EL RODEO	CASERIO	121	63	58	68	36	5	41	60.29
512019	LOS RIOS	CASERIO	312	154	158	169	89	8	97	57.40
512020	LOS JAZMINES	CASERIO	27	15	12	8	9	0	9	112.50
512033	SAN FRANCISCO DE SALES	ALDEA	687	377	310	363	201	10	211	58.13

En los poblados en el área de influencia del Volcán de Pacaya existe un total de 25,232 habitantes. De estos 13,669 habitantes están en lo que se considera edad laboral (15 a 64 años). La Población Económicamente Activa suma 8,184 habitantes, lo que representa que uno de cada tres habitantes participa en alguna actividad económica. Si se compara la PEA con la población en edad laboral, se observa que 3 de cada 5 habitantes en edad laboral esta activo económicamente. Ver figura 39.



6.10.11 Actividades productivas

Las principales actividades productivas detectadas en el área de estudio, en orden de importancia, son las siguientes:

6.10.11.1 Agricultura

- A. Caficultura
- B. Horticultura
- C. Granos Básicos

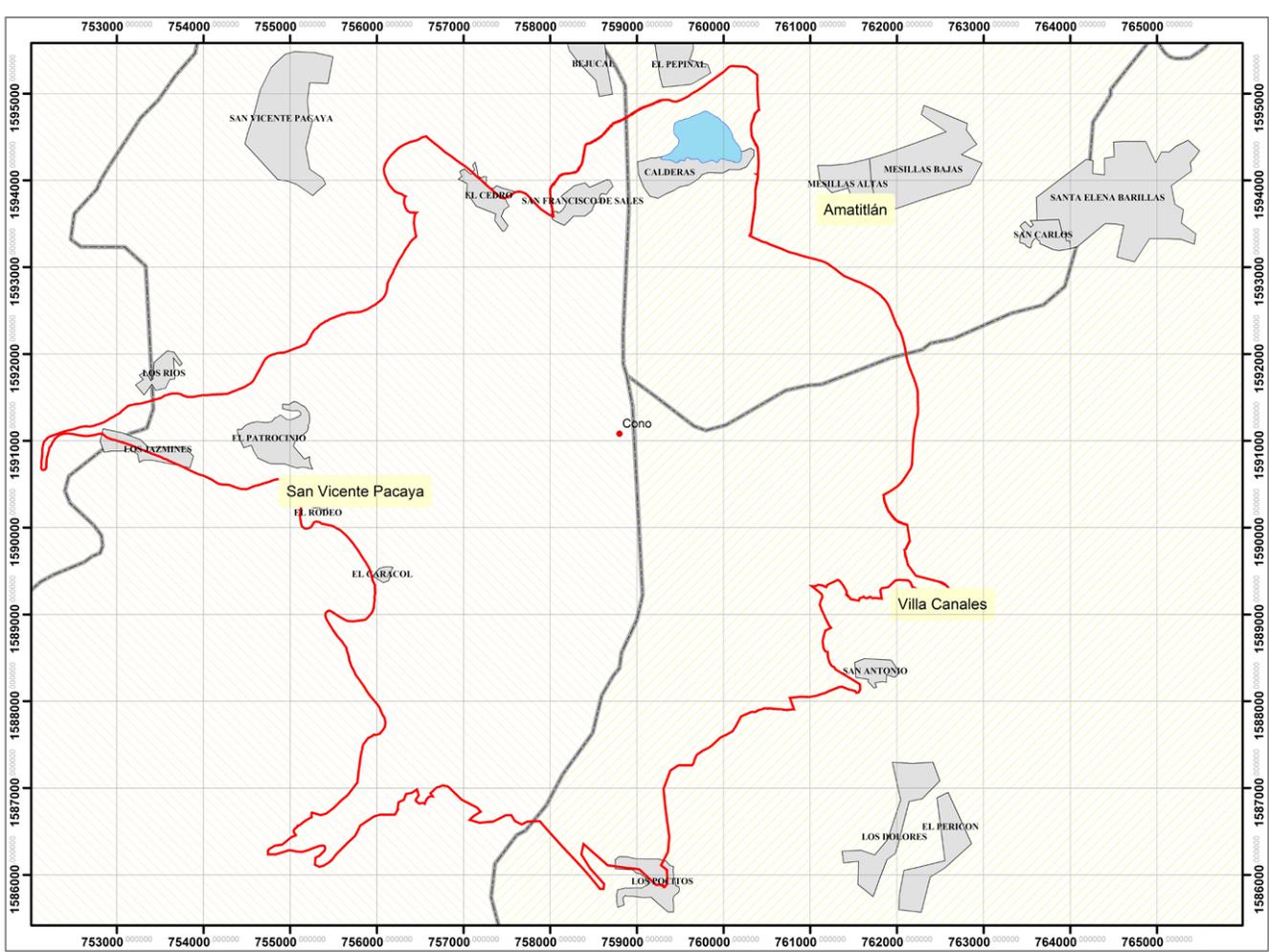
6.10.11.2 Servicios: Venta de fuerza de trabajo (Maquilas, fincas aledañas, Guarda Recursos)

6.10.11.3 Comercio: Tiendas

6.10.11.4 Turismo: Servicio de guías, Alquiler de caballos

Los ingresos mensuales promedios estimados para el año 2002 oscilan entre Q 400 y Q1300.

En la figura 40 se muestra el mapa de división política, en el cual se muestran los centros poblados descritos anteriormente.



Leyenda

- Límite Propuesto PNVP
- Centros Poblados
- División Municipal

Departamentos

- Escuintla
- Guatemala

Figura 40: Mapa de División Política



Fuente:
Información cartográfica básica - IGN
Digitalización de Poblados a partir de Orthofotos JICA

6.10.11.5 Tecnología de los cultivos

La tecnología de los cultivos es deficiente, no se practican actividades de manejo, además que es afectada por las erupciones perdiéndose gran parte o la totalidad de la cosecha cuando ocurre alguna erupción.

Por ser el café es el cultivo más importante del área se obtuvo información respecto a este cultivo. Se puede concluir lo siguiente:

- A. La mayoría de los caficultores utilizan una combinación de agricultura tradicional no mecanizada con aplicaciones de abonos orgánicos.
- B. ALTERTEC, una ONG ambiental, ha realizado algunas actividades de transferencia tecnológica sobre producción orgánica, y hasta un 25 % de los caficultores ha aceptado esta tecnología.
- C. En promedio cada agricultor posee 2.8 hectáreas, sin embargo son muchos los que poseen terreno de 1 o manzana o menos (casi el 50%).
- D. La producción media de café en quintales por hectárea por año se estima en 179, estimándose que la máxima producción obtenida en los últimos 10 años en 250 qq/ha/año. Es de hacer notar que para 1999 (la producción posterior a la erupción del 1998) prácticamente se perdió, obteniéndose hasta 30 quintales por hectárea.
- E. Respecto al manejo del cultivo, prácticamente todos los agricultores hacen una a dos fertilizaciones al año con productos de fórmula 20-20-0 y/o urea. Generalmente se hace una por año, aplicando gallinaza o broza. El control de plagas y enfermedades generalmente se hace por medios químicos, con los productos comunes en el mercado. Ninguno de los agricultores tienen labranza mecanizada. Se estima que los costos de producción están alrededor de los Q 4,860.00 por hectárea al año (datos para el año 2003).
- F. Se ha observado una disminución en el precio de venta del café, variando el precio de venta de 1997 al 2000 de casi 150 quetzales por quintal a 60 quetzales, es decir los precios cayeron en un 60 % en el año 2000 en relación al año 97. Con estos datos, se puede estimar que con los precios de venta del 97 los agricultores pudieron llegar a tener una ganancia al mes por hectárea de 1700 quetzales, sin embargo con los precios del 2000 estas ganancias se vieron reducidas a 1135 quetzales por mes por hectárea. Es de hacer notar que en el año 1999 los agricultores tuvieron pérdidas estimadas en promedio de 1571 quetzales por hectárea por el año (131 quetzales por hectárea por mes).
- G. La comercialización generalmente se hace por medio de un intermediario, salvo aquellos agricultores que están organizados y están asesorados por alguna institución (ALTERTEC por ejemplo), ya que en este último caso, la comercialización se hace por medio de la institución.
- H. Todos los agricultores se dedican a otra actividad, generalmente el manejo de otro cultivo, dentro de los que se menciona frijol, maíz y tomate.

6.10.11.6 Situación y características del manejo forestal

Existe un bosque bastante extenso, que es propiedad privada, sin embargo de allí se extrae madera, para leña principalmente. A pesar de que existe un conocimiento de las especies forestales presentes en el área, no existe una cuantificación de este recurso. No existe un manejo forestal sostenible, sino que simple extracción no planificada de madera para leña.

Además, no existe conocimiento de los usos de las diferentes especies forestales presentes en el área.

6.10.11.7 Comercialización y mercadeo de productos agropecuarios

El café se vende por intermediarios a un beneficio de Amatitlán, este beneficio es que le fija los precios, generalmente un más bajos de lo establecido en el mercado nacional. Los otros productos importantes, se colocan en el mercado local (hortalizas) o son para autoconsumo (maíz y frijol).

6.10.11.8 Canales de comercialización

El canal de comercialización, en el caso del café, que es la actividad agrícola más importante, es el siguiente:

Productor Local → Intermediario Local → Beneficio (Amatitlán)

6.10.12 Situación del turismo en el Volcán de Pacaya

En el cuadro 28 se presentan el número de visitas y los ingresos económicos al Parque Nacional Volcán de Pacaya en el período del año 1999 al 2004 de acuerdo a la Administración del parque. Este registro muestra un crecimiento tanto en el número de visitantes, como en los ingresos económicos.

Cuadro 28. Visitas e ingresos al Parque Nacional Volcán de Pacaya (1999 al 2004)

Año	Visitantes	Nacionales	Extranjeros	Estudiantes	Ingresos	Nacional	Extranjero	Promedio Diario de Visitantes
1999	8271	NR	NR	NR	NR	NR	NR	23
2000	22983	3313	18842	828	Q207,060	18.02%	81.98%	63
2001	29066	3960	23410	1696	Q633,330	19.46%	80.54%	80
2002	34174	8392	23023	2759	Q691,643	32.63%	67.37%	94
2003	31497	8266	20140	3091	Q601,615	36.06%	63.94%	86
2004 (Sept)	33000	NR	NR	NR	Q571,000	NR	NR	138
Totales	158991	23931	85415	8374	Q2,704,648			

Este crecimiento puede ser un efecto positivo de la Co-administración realizada por INAB y la Municipalidad en el período de 1998 al 2003. Los logros principales de la Co-administración son:

- A. El Centro de Atención al Turismo - A cargo de la Administración del Parque, se habilitó en el año 2002 (ubicado en San Francisco de Sales), prestando algunos servicios de alimentación, higiene y descanso. En este

centro se cuenta con equipo de radio comunicaciones, computadora, video, teléfono, botiquín de primeros auxilios.

- B. La conformación de un grupo de 8 guarda-recursos, pagados por la Municipalidad, que trabajan de 6:00 a las 19:00 horas, en el mantenimiento de los caminos, letrinas, acarreo de madera, limpieza del parque, control de boletos, cuidado de bodegas, monitoreo de talas ilícitas.
- C. Una mejor organización del servicio de “guiaje”, el cual se presta a partir de las 7.30 horas hasta el ultimo ascenso en la tarde, que generalmente es a las 3 de la tarde.
- D. Un incremento en la seguridad a los visitantes del parque.

Otro servicio es el de alquiler de caballos a un costo entre 50 y 60 quetzales (US\$ 6.18 a US\$ 7.42 aproximadamente).

Además, en la Finca ubicada en el cerro Hoja de Queso, a partir del 2004 se esta prestando el servicio de “Canopy”, el cual es un servicio de diversión en el que una persona se desliza por un cable a una altura considerable sobre el terreno pendiente abajo.

Sin embargo de estas mejoras, al comparar los atractivos naturales del Parque que no se ofrecen al visitante como alternativas con lo que se ofrece a la fecha de la realización del estudio, y los posibles beneficios económicos que se pueden obtener de los mismos, se observa que falta mucho por hacer. A continuación la explicación.

De acuerdo a estadísticas del INGUAT, un turista extranjero gasta en promedio US\$ 105.00 por día (en hospedaje y alimentación) cuando visita Guatemala. El turista tiene preferencia por los hoteles catalogados de 2 a 5 estrellas.

En el caso particular del Parque Nacional Volcán de Pacaya, los turistas gastan las siguientes cantidades:

- A. Tarifa de ingreso: Q25.00 turistas extranjeros, Q10.00 turistas nacionales
- B. Entre Q20.00 y Q30.00 principalmente para el consumo de bebidas.

Por lo que el gasto realizado por un turista en el parque oscila entre Q30 y Q55, que serían equivalentes a un gasto entre US\$ 4.00 y US\$ 7.00. La mayor parte de los turistas extranjeros arriban de Antigua Guatemala en paquetes ofrecidos por las agencias de viajes establecidas en esa localidad. Han existido algunos problemas respecto al cobro de ingreso al parque, y falta coordinación entre las agencias de viajes de la Antigua y las autoridades del Parque.

Esta cantidad podría incrementarse sustancialmente si existiese una mayor oferta de servicios, por enumerar algunos: Hospedaje, restaurante, venta de souvenir. No se tiene acceso a estos ni a otros servicios que, de implementarse, serían una fuente de trabajo para los pobladores, y haría el Parque más atractivo a los turistas.

Para el año 2004, la visita al Volcán de Pacaya se lleva a cabo en un tiempo 5 a 8 horas, si se considera el transporte desde la Antigua Guatemala (que es el origen más común de donde provienen los turistas), el ascenso al volcán y el descenso del mismo, y por último el regreso al lugar de origen.

El tiempo que pasan los visitantes en el volcán es poco, si se consideran los atractivos del Volcán. Son muy pocos los visitantes que pernoctan en el Volcán, o que hacen un recorrido adicional al único sugerido por la Administración del Parque. Entre los otros atractivos que se pueden ofrecer y motivar a los visitantes a permanecer en el parque mas de 8 horas están:

- A. Visita a la Laguna Calderas y escalar el escarpe de la laguna
- B. Realizar un recorrido por las coladas de lava,
- C. Escalar el Cerro Grande y el Cerro Chino,
- D. Visitar el Caracol (poblado destruido por la actividad Volcánica),
- E. Visitar del Parque ingresando desde el lado sur-este (accesando por Santa Elena Barillas),
- F. Pernoctar u ofrecer un recorrido nocturno en el parque para observar las erupciones por la noche.

Estas actividades atractivas para el turista y que pueden ser muy enriquecedoras si se realizan por medio de tours explicativos requieren de alguna inversión y de estudios mas detallados en lo referente a la capacidad de carga de los senderos y de la demanda de los mismos. Pero que de realizarse ampliarían el tiempo de estancia de los visitantes en el parque y con ello su consumo en el mismo, representando mayores ingresos para la Administración del parque.

El objetivo sería que los visitantes (tanto extranjeros como nacionales) permanecieran en el parque por lo menos de un día para el otro, y captar los US\$ 105.00 que según el INGUAT un turista extranjero gasta en su visita a Guatemala, y no los US\$ 7.00 que actualmente se gastan.

Sin embargo se deben solucionar las siguientes limitantes:

- A. Se ofrece un solo un sendero de visita
- B. Los servicios básicos son deficientes, y la oferta de estos (en cantidad y calidad) no es suficiente
- C. La capacidad técnica de los guías es baja (como se explicará en la caracterización del Grupos de Guías Turisticos)
- D. No existe venta de objetos de interés: Souvenirs, postales, fotografías, mapas, playeras.

6.10.12.1 Caracterización del grupo de guías turísticos

El Grupo de Guías Turísticos es un grupo importante que radica en el área de influencia del Volcán de Pacaya es el Grupo de Guías Turísticos. A la fecha existen 24 guías turísticos autorizados.

El ingreso promedio mensual de los guías de turismo es de Q893.00, el grupo tiene una edad promedio de 43 años en un rango de 23 a 78 años. El grado de escolaridad modal de tercero primaria y se estima alrededor del 22% de analfabetismo dentro del grupo. En promedio cada guía sostiene a una familia de 4 miembros, y se dedica a otras actividades (principalmente agricultura como jornaleros y caficultura).

El 39 % indica tener seguridad laboral todo el año, el 11% seguridad social. El 28 % tiene acceso a capacitación constante por instituciones como INAB y Cuerpos de Paz. El 100 % de los guías asiste al Centro de Salud de San Vicente Pacaya cuando tiene algún problema de salud.

Con estos datos se puede indicar que el grupo de guías de turismo, a pesar de su actividad tan importante, tiene bajos ingresos mensuales, alta carga familiar, bajo nivel educacional y poca estabilidad laboral.

6.10.12.2 La co-administración del Parque Nacional Volcán de Pacaya

El Parque Nacional Volcán Pacaya estuvo coadministrado por el INAB y la Municipalidad de San Vicente Pacaya del año 1998 al 2003.

Durante esta co-administración se estableció un Consejo de Administración en el cual son miembros los firmantes y la Asociación para el Manejo y Administración del Parque (conformada por representantes de las comunidades vecinas). Además de una Unidad Técnica Municipal a cargo de la administración del área y con un Equipo Técnico que analiza los proyectos y programas a realizarse en el Parque.

A juzgar por el incremento de visitantes e ingresos al Parque, se considera que la coadministración ha sido exitosa. En el 2001 recibió 32,000 visitantes generando ingresos por Q 633,000 a la municipalidad, a través del cobro del ingreso (Q 25.00 por extranjero y Q 10.00 por nacionales) por medio de una tasa municipal.

6.11 Intensidad de uso de la tierra

Para el mapa de intensidad de uso de la tierra se utilizaron dos mapas insumos: Capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología de USDA y el mapa de cobertura de la tierra. A cada uno de las categorías de los mapas se les asignó un valor cuantitativo que permita relacionar la categoría con la intensidad.

Para el caso de los valores asignados a la capa de Capacidad de uso de la tierra, estos representan en una escala de 1 a 100 que tan intenso puede ser el uso de la unidad con esa clase de capacidad. Así, para los cuerpos de agua y las tierras con una capacidad VIII, se les asigna el valor mínimo de la escala (14.29) dado que el uso que se haga de estas unidades debe ser de mínimo impacto o de conservación total. Mientras que a aquellas unidades con una capacidad de uso de I, se les asigna un valor de 100, ya que estas unidades permiten un uso mas intenso. Ver cuadro 29.

Cuadro 29. Ponderación de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra

Clase	Ponderación Capacidad
VIII	14.29
VII	28.57
VI	42.86
IV	57.14
III	71.43
II	85.71
I	100

En el caso de la cobertura este valor se asigno de acuerdo a que tan intenso es el uso, siendo los valores menores de una intensidad menor y los valores mas elevados de una intensidad mayor. Así, los cuerpos de agua tienen una intensidad menor (5.56) mientras que los centros poblados (94.44) y los campos geotérmicos (100) tienen una intensidad mayor. Ver cuadro 30.

Cuadro 30. Ponderación de las Coberturas de la Tierra

Cobertura	Peso_cob
Flujos de lava y piroclastos	11.11
Flujos de lava y piroclastos-coníferas	16.67
Flujos de lava y piroclastos-arbustales	22.22
Flujos de lava y piroclastos-pastos	27.78
Bosque de latifoliadas	33.33
Bosque secundario/arbustal	38.89
As. latifoliadas-cultivos	44.44
Pastos	50.00
Cultivo de café	55.56
Arbustales	61.11
As. arbustales-pastos	66.67
As. Cafe-Cultivos	72.22
As. cultivos-arbustales	77.78
As. pastos-cultivos	83.33
Cultivos anuales	88.89
Centro Poblado	94.44
Campo geotérmico	100.00

Una vez hecha esta clasificación y valoración de la intensidad (permitida para el caso de Capacidad de Uso y realizada para el caso de la cobertura), se utilizó la función de Intersección (Geoproceso de ArcView) se interceptaron estos

mapas para obtener la combinación de cobertura y capacidad. Luego se hizo la resta de la intensidad permitida (Capacidad de Uso de la tierra) y la intensidad realizada (Cobertura de la tierra). Para obtener un valor cuantitativo de la intensidad. A la serie de valores que se obtuvo de esta resta se le determinaron los valores percentiles para el 33%, 67% y 100%. Aquellos valores menores o iguales que el valor del percentil de 33% se clasificaron como “Sobre uso”. Los valores mayores del valor del percentil de 33% pero menores o iguales del valor del percentil del 67% se clasificaron como “Uso adecuado”. Los valores mayores del percentil 67% se clasificaron como “Sub uso”. Ver cuadros 31 y 32.

Cuadro 31. Percentiles para los valores de intensidad

Percentil 33%	Percentil 66%	Percentil 100%
-22.49	9.27	77.78

Cuadro 32. Valores máximos y mínimos de intensidad utilizados para la clasificación

Valor Mínimo	Valor Máximo	Categoría
-80.15	-22.49	Sobre Uso
-22.49	9.27	Uso Adecuado
9.27	77.78	Sub Uso

En resumen, de acuerdo a la clasificación realizada, se tienen los valores de superficie para cada categoría de intensidad presentados en el cuadro 33.

Cuadro 33. Área para cada intensidad de uso en el área de estudio

Intensidad de Uso	Área (ha)	Porcentaje
Sobre uso	1081.50	23.56%
Sub uso	928.39	20.22%
Uso adecuado	2580.53	56.22%

Del análisis se excluye la superficie de la Laguna Calderas (Extensión de 35.25 ha), dado que la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra por la metodología de USDA no considera los cuerpos de agua. Sin embargo, se debe considerar que la Laguna Calderas es el único cuerpo de agua dentro del parque y este recurso se utiliza para abastecimiento de agua a la población (incluido el aseo personal y lavado de ropa directamente en las orillas de la laguna), la pesca, y el aprovechamiento de la hidrófila *Scirpus californicus* (Nombre científico para el Tul).

Aparentemente los niveles de contaminación de la laguna van en aumento, evidenciándose esto por el crecimiento de vegetación dentro de la laguna. A las orillas de la Laguna se encuentra el poblado de Calderas, cultivo de café y muy cerca el área geotérmica. A pesar de que estas actividades inciden en la Laguna, no se ha cuantificado el efecto de las mismas en este cuerpo de agua. Se recomienda el monitoreo de la laguna por medio de análisis de agua, cuantificación del crecimiento de la vegetación acuática y medición de la extracción de agua.

En la figura 41 se presenta el mapa de Intensidad de Uso de la tierra generado.

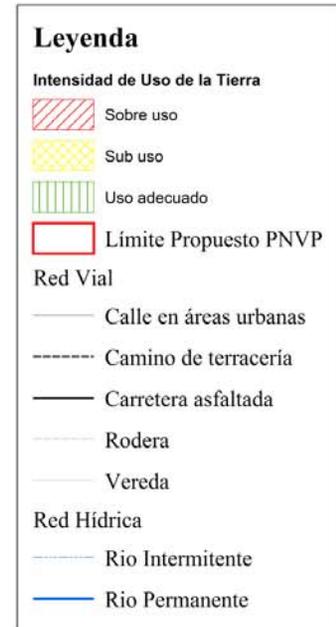
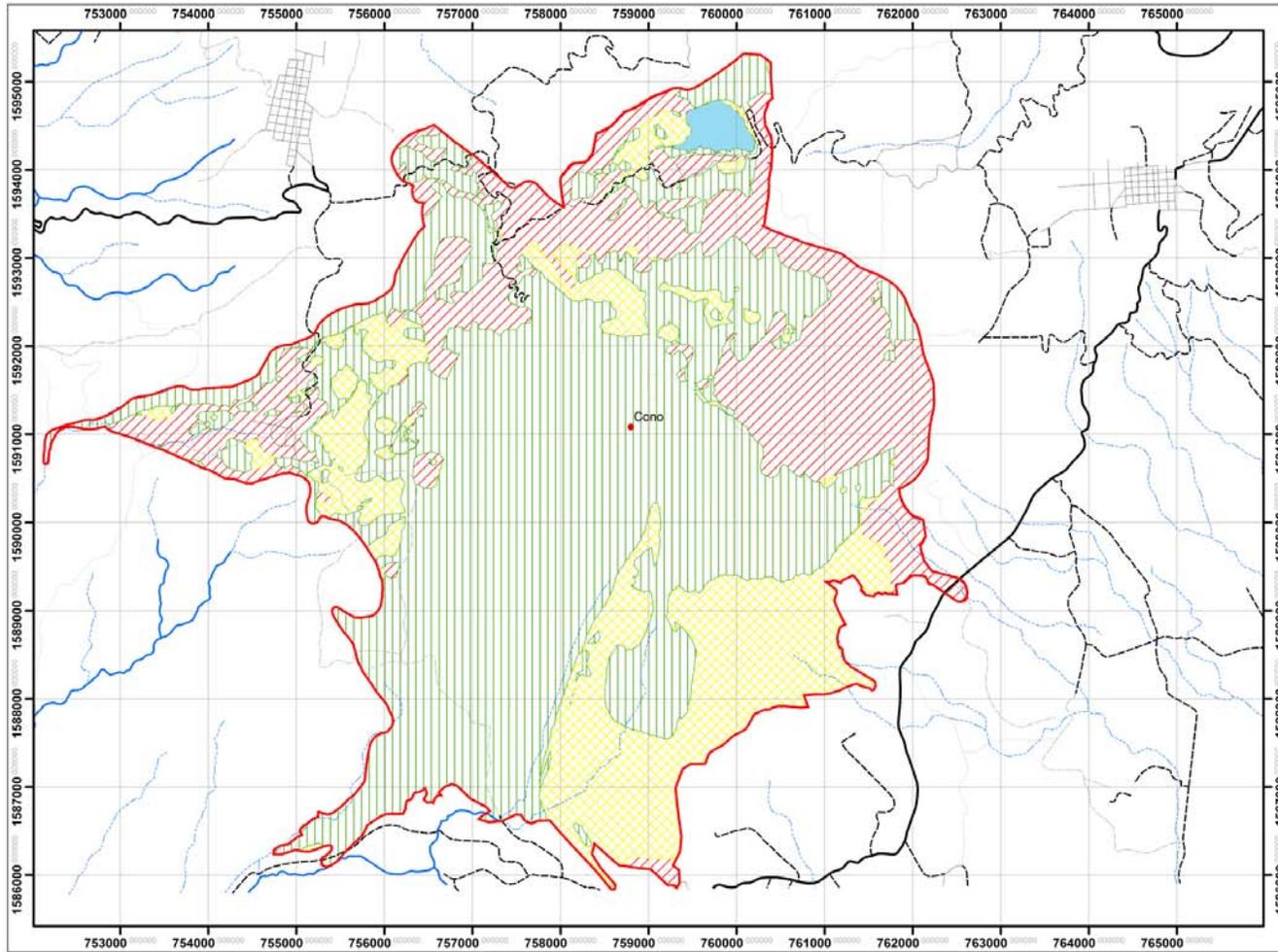


Figura 41: Mapa de Intensidad de Uso de la Tierra



Fuente:
 Sobreposición de la Capacidad de Uso de la Tierra de acuerdo a la metodología de USDA y la Cobertura Vegetal y el Uso de la Tierra. Análisis realizado por Estuardo Lira

6.12 Propuesta de ordenamiento territorial del Parque Nacional Volcán de Pacaya

6.12.1 Bases para la propuesta de ordenamiento territorial

Desde el punto de vista de los factores biofísicos, el área de influencia del Volcán de Pacaya tiene características muy particulares y favorables para diversas actividades económicas y sociales.

El clima sin altas precipitaciones pluviales, pero adecuadas para el desarrollo vegetal, y con temperaturas templadas a cálidas, es un factor importante para el desarrollo de dichas actividades económicas y sociales.

Los suelos, en donde los hay, son de poco a moderadamente profundos, fácilmente labrables y con un potencial de fertilidad alto; siendo las principales limitantes para la utilización de este recurso las altas pendientes en las que se encuentran y su erodabilidad. Sin embargo, una gran parte del área, esta cubierta por coladas de lava muy recientes, en donde la actividad biológica se limita a musgos y líquenes que están iniciando el proceso de meteorización de la lava. Y en otra área importante, a pesar de que la deposición de lava y otros materiales piroclásticos no es tan reciente, el desarrollo de los suelos es bastante incipiente, y los suelos descansan directamente sobre la lava.

La combinación de altas pendientes con suelos poco profundos y alta pedregosidad son las limitantes más importantes en la capacidad de uso de la tierra. Así las clases VI, VII y VIII (según la metodología de USDA) ocupan la mayor parte del área en estudio. Existen áreas con clases I, II, III y IV que permiten la actividad agrícola con diferentes medidas de conservación de suelos; y de hecho estas áreas son utilizadas para actividades agrícolas, sin embargo las prácticas de conservación de suelos no son consideradas. Y estas actividades se están extendiendo a tierras clasificadas en las clases superiores (VI, VII y VIII) que debieran ser utilizadas en actividades forestales y de protección principalmente.

El crecimiento demográfico es intenso, de acuerdo a los censos de 1994 y el del 2002, en esos 8 años han existido incrementos de población del 8 al 86 % en los centros poblados cercanos al área, siendo el incremento promedio de 47.35 %. El crecimiento demográfico, normalmente implica presión sobre los recursos naturales. Y a pesar de que existen fuentes de empleo alternas (maquilas principalmente) las personas del área tienen una alta ocupación en la agricultura (Cultivo de café y cultivos anuales). Por lo que el incremento de la población parece incrementar la actividad agrícola, sin embargo las tierras con capacidad para soportar esta actividad son limitadas; por lo que la frontera agrícola avanza a tierras con vocación forestal. Y el fomento de la actividad forestal no parece ser importante dado que el período de retorno de los recursos invertidos es muy amplio (20 años) a pesar de la política de incentivos forestales, que debiera de ser más agresiva en el parque.

Respecto a las amenazas naturales del volcán, las principales son la caída de cenizas y los flujos de lava, que son las más recurrentes y dañinas para las actividades agrícolas, la infraestructura y los pobladores.

El turismo es una actividad muy incipiente. Las comodidades en el Parque, a pesar de que se han mejorado en los últimos años, todavía no son suficientes y no se ofrecen alternativas importantes para que el turista disfrute de su estancia, y la población se vea beneficiada económicamente. Sin embargo, el turismo es una actividad, que manejada adecuadamente, tiene mucho potencial económico y no dañaría significativamente al ambiente.

6.12.2 Propuesta de usos de la tierra en el Parque Nacional Volcán de Pacaya

En la Figura 42 se muestra el Mapa de Ordenamiento Territorial donde se hace una propuesta de cuatro usos, los cuales se explican a continuación:

6.12.2.1 Café (375.11 ha) – Se propone mantener el cultivo del café en las clases de capacidad I a la IV, ya que es una actividad económicamente importante y ecológicamente aceptable (protege los suelos de la erosión al mantenerlos cubiertos la mayor parte del tiempo y utilizar árboles de sombra; su manejo no es tan intensivo como otros cultivos). Sin embargo, se debe de promover el uso de la tecnología orgánica para este cultivo.

6.12.2.2 Conservación (35.25 ha) – Esta área se refiere exclusivamente a la Laguna Calderas, el único cuerpo de agua importante en el área. Ya empieza a dar muestras de contaminación (eutroficación) en las orillas. Por lo que se hace necesaria su conservación.

6.12.2.3 Forestal (2008.08 ha) – Este uso propuesto es el que mas se ajusta a las capacidades de uso de la tierra encontrados en el área de estudio. Y básicamente se propone para el Cerro Grande, la coladas de lava antiguas y los escarpes de la Microcuenca Calderas.

6.12.2.4 Recreación y conservación (2207.22 ha) – Esta actividad debe ser la más importante en el área y se relaciona con las flujos de lava mas reciente, y las áreas amenazadas por futuros flujos de lava.

Por lo anterior y con base a los resultados obtenidos se determinó que el ordenamiento territorial se debe realizar por un Programa de Ordenamiento Territorial constituido por cuatro Proyectos. A continuación se presenta el esquema de este programa, describiendo los proyectos y las actividades dentro de cada proyecto.

6.12.3 Programa de ordenamiento territorial del Parque Nacional Volcán de Pacaya

6.12.3.1 Proyecto de turismo

A. Descripción del Proyecto - El proyecto de turismo pretende fortalecer el turismo como una actividad económicamente rentable y de bajo impacto ambiental para el Parque. Se desarrollaría principalmente en el área propuesta para “Recreación y Conservación”, sin embargo algunas actividades se pueden realizar en las áreas propuestas para manejo forestal.

B. Objetivo - Ofrecer al visitante del parque más y mejores servicios, que lo hagan sentir más cómodo disfrutando de mejor manera su estancia, y de esa forma captar mayores ingresos para el Parque.

C. Actividades

a. Capacitación de los guías de turismo

El grupo de guías de turismo, a pesar de ser un grupo muy bien consolidado se debe de capacitar en siguientes aspectos:

- i. Historia natural del volcán y sus características ecológicas (geología, cobertura de la tierra y génesis de suelos)
- ii. Idioma Inglés
- iii. Primeros Auxilios

Por medio de una capacitación continua, a la que podrían dar soporte las diferentes instituciones con presencia en el área, esta actividad se puede concretar en un mediano plazo. Además, la formación de guías de turismo se podría incluir en los contenidos curriculares de los centros educativos establecidos en los poblados cerca o dentro del parque para la formación de las nuevas generaciones.

b. Mejoramiento de las condiciones de apoyo al turismo

Es fundamental que se fortalezcan los servicios de alimentación, hospedaje, servicios sanitarios y venta de recuerdos. Para ello se debe de establecer por lo menos un restaurante de buena calidad; establecer una zona de camping delimitada correctamente y con la seguridad pertinente para pernoctar sin ningún problema; mejorar los servicios sanitarios; y establecer al menos una tienda de recuerdos del volcán con productos tales y como mapas de la zona, postales, fotografías de las erupciones, fotografías aéreas explicativas, folletos y libros de la historia del volcán.

c. Mejoramiento de la oferta de senderos

En la figura 43 se muestra un mapa de los posibles senderos y puntos de interés turístico que se podría incluir en el parque con los diferentes atractivos que estos presentan.

Sendero Mackenny – Este sendero ya existe, siendo el más recorrido por los visitantes. Para hacerlo más agradable a los visitantes se recomienda incluir rótulos con información de lo que se observa cuando se recorre. Esto es, convertirlo en un sendero descriptivo.

Sendero Cerro Grande – Este sendero podría ser una alternativa o bien un complemento al sendero Mackenny. No se escala el cono activo, pero se atraviesa uno de los principales bosques del área y permite una mejor visibilidad que el Cono Mackenny y del Lago de Amatitlán. La dificultad para subirlo es mayor en comparación con el sendero Mackenny.

Sendero Laguna Calderas – El principal atractivo de este sendero es la laguna Calderas, sin embargo, también se puede visitar el campo geotérmico. El recorrido de este sendero incluiría escalar el escarpe de la Laguna, de donde se tiene una excelente vista al Volcán y a la misma laguna.

Sendero El Caracol – Este sendero tendría por atractivo que se visitarían las coladas de lava y pudiéndose caminar sobre ellas. Además, se visitaría El Caracol, que es el centro poblado más afectado por la actividad del Volcán. Por lo que este sendero permitiría visualizar el efecto de las erupciones.

Sendero Cerro Chino – Sería otro sendero alternativo al Mackenny. La ventaja de este sendero es que buena parte se puede hacer en vehículo; para luego llegar al Cono Mackenny a pie.

En un día se pueden recorrer de uno a tres senderos, dependiendo de las habilidades de los visitantes y facilidades de transporte que se tengan. En todo caso, antes de habilitar cualquiera de los senderos se debe estimar la capacidad de carga de cada uno de ellos. En Guatemala existen varios Licenciados en Ecoturismo pueden realizar esta estimación.

6.12.3.2 Proyecto forestal

A. Descripción del Proyecto – En la propuesta de ordenamiento territorial se define una superficie de 2008.08 hectáreas para manejo forestal. El manejo forestal será al largo plazo una alternativa económica importante para los pobladores, que no afectará significativamente el ambiente. Para poder implementar este proyecto, además de fortalecer la organización de las cooperativas y la participación de los dueños de los terrenos, se debe promover el Programa de Incentivos Forestales del INAB (PINFOR).

B. Objetivo - Con el Proyecto Forestal se pretende fortalecer tanto la producción forestal, como la protección de las masas forestales existentes.

C. Actividades

i. Producción forestal

El Programa de Incentivos Forestales del Instituto Nacional de Bosques (PINFOR) asigna Q6,000.00 por hectárea en el año del establecimiento de una plantación forestal y luego estas bonificaciones decrecen gradualmente hasta Q800.00 por hectárea. En el cuadro 34 se muestran las bonificaciones por establecer una plantación forestal.

Cuadro 34. Bonificaciones por ha en el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR)

Año	Incentivos(Q/ha)
0	Q5,000.00
1	Q2,100.00
2	Q1,800.00
3	Q1,400.00
4	Q1,300.00
5	Q800.00
Total	Q12,400.00

Según estimaciones del INAB para una plantación de coníferas en 20 a 25 años de una plantación de coníferas se obtendrá una utilidad neta de alrededor de Q327,474.72 por hectárea, mientras que para una plantación de latifoliadas alrededor de Q1,914,967.74 por hectárea. En el caso del Parque Nacional del Volcán de Pacaya, si se utilizan las 2008.08 hectáreas para producción forestal, esto significaría una utilidad de: Q657,595,435.74 si se reforesta con coníferas con fines de producción; o bien Q 3,845,408,419.34 si se reforesta con latifoliadas con fines de producción.

ii. Manejo Forestal

Si el uso de la tierra es de Bosques Naturales con fines de producción, el INAB también tiene montos establecidos para incentivar este uso, tal y como se describe en el cuadro 35.

Cuadro 35. Monto de incentivos para el manejo de Bosques Naturales con fines de producción

Rango de Área (ha)	Incentivo (Q por ha)			
Menos de 5	Q2,807.04	por ha		
5 a menos de 15	Q14,035.20	por las primeras 5ha	Q581.65	por cada ha hasta llegar a 15 ha
15 a menos de 45	Q19,651.70	por las primeras 15 ha	Q271.23	por cada ha hasta llegar a 45 ha
45 a menos de 90	Q27,988.60	por las primeras 45 ha	Q188.18	por cada ha hasta llegar a 90 ha
90 o más	Q36,456.70	por las primeras 90 ha	Q190.98	por cada ha adicional

Para el manejo de bosques con fines de protección los incentivos son como se expone en el cuadro 36.

Cuadro 36. Monto de incentivos para el manejo de Bosques Naturales con fines de protección

Rango de Área (ha)	Incentivo (Q por hA)			
Menos de 5	Q2,660.30			
5 a menos de 15	Q13,301.50	por las primeras 5 ha	Q514.68	por cada ha hasta llegar a 15 ha
15 a menos de 45	Q18,448.30	por las primeras 15 ha	Q207.43	por cada ha hasta llegar a 45 ha
45 a menos de 90	Q24,671.20	por las primeras 45 ha	Q178.62	por cada ha hasta llegar a 90 ha
90 o más	Q32,709.10	por las primeras 90 ha	Q175.03	por cada ha adicional

El Parque Nacional Volcán de Pacaya recibiría Q3,279,540.54 en concepto de incentivos si el manejo forestal se orienta a fines de protección.

Para llevar a cabo estas actividades se hace necesaria una evaluación de la tenencia de la tierra, compartir la idea con los dueños de los terrenos para formar una cooperativa y se trabaje conjuntamente autoridades municipales, dueños de los terrenos e INAB para fomentar el uso forestal, tanto de protección como de producción.

6.12.3.3 Proyecto de desarrollo agrícola

A. Descripción del proyecto - El Proyecto de desarrollo agrícola en el Parque Nacional Volcán de Pacaya pretende utilizar de la mejor forma las tierras, de acuerdo a su capacidad. Los mapas de capacidad de uso de la tierra y de clasificación taxonómica de suelos indican que el mejor uso que se le puede dar a las unidades de tierra aptas para agricultura es de café. Por lo que dentro de este proyecto se propone la actividad de Producción de Café Orgánico.

B. Objetivo – El objetivo del proyecto de desarrollo agrícola es que la agricultura tenga una transformación a café utilizando la tecnología orgánica para su producción.

C. Actividades

a. Propuesta para fortalecer la producción de café orgánico

Recientemente se hizo una reclasificación de los sitios de producción de café a nivel mundial. Esta reclasificación se basa, entre otros factores, en la altitud a la que es producido el café. Guatemala se benefició por esta reclasificación, dadas las alturas en las que se produce el café. Además, se ha revalorado el precio del café a nivel mundial.

Dado que el café se puede considerar un cultivo de una intensidad baja, se propone que se fortalezca la producción de café en el Parque, pero utilizando la tecnología orgánica. El café orgánico, además de reducir el impacto al ambiente, posee un precio mayor en el mercado internacional.

Además de cambiar la tecnología de cultivo, se debe reducir la cadena de comercialización existente. Esto con el objeto de que los productores gocen de mayores beneficios económicos. La reducción de la cadena de comercialización se lograría con el establecimiento de un beneficio en el área, administrado por los mismos caficultores asociados en una cooperativa.

6.12.3.4 Proyecto de administración

A. Descripción del proyecto – La administración del Parque Nacional Volcán de Pacaya ha acumulado muchas experiencias principalmente en los últimos años, esto añadido a las fortalezas existentes, se puede fortalecer esta administración por actividades puntuales que permitan una administración más eficiente y rentable.

B. Objetivo del proyecto – Mejorar la administración del Parque Nacional Volcán de Pacaya.

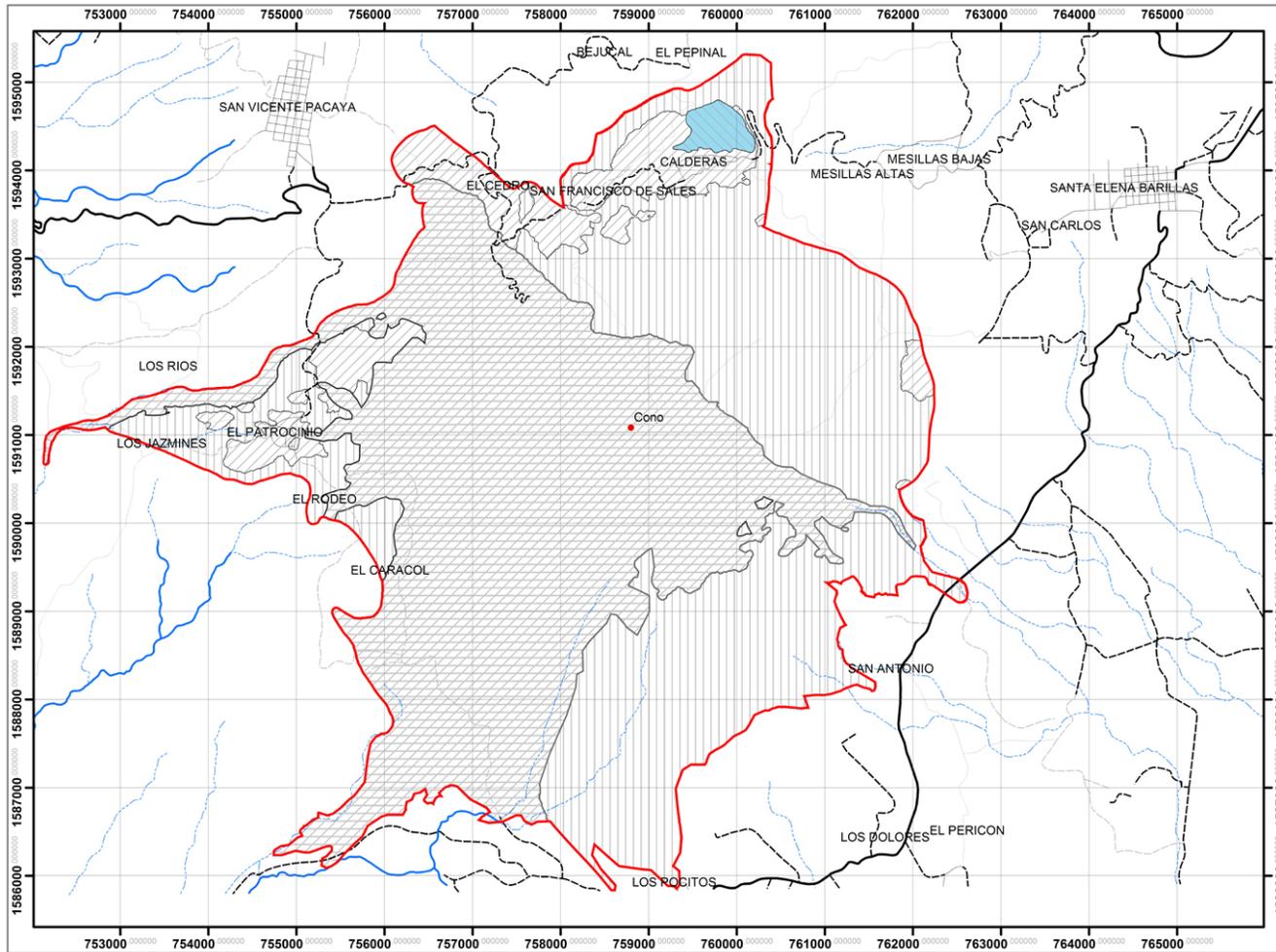
C. Actividades

a. Coadministración INAB – Municipalidad

La experiencia de la Co-Administración INAB – Municipalidad ha sido exitosa en los primeros años. Los ingresos del parque se han incrementado sustancialmente, además que se ha capacitado a personal del parque. Se considera que si se fortalece la presencia del INAB en el parque, se podrá fortalecer este tipo de actividades, además de que el INAB se puede convertir en un ente fiscalizador y de soporte técnico para la administración del parque. Pero la participación del INAB debe ser más agresiva.

b. Fortalecer a los guarda recursos

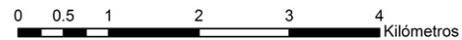
Los guardarecursos deben de ser un eje fundamental para la conservación y el cuidado del parque. Actualmente las funciones de los guardarecursos se limitan al mantenimiento de la infraestructura existente en el Parque. Se considera que tanto el número como el nivel académico de los guarda recursos se deben incrementar. Creando una carrera técnica en los institutos locales de San Vicente de Pacaya se puede lograr esto. Crear un pensum de estudios orientado a esto, o bien con el apoyo de instituciones como el INAB, INTECAP, FAUSAC, se puede lograr un programa de capacitación continua para los guardarecursos actuales, y las nuevas generaciones.



Leyenda

- Límite Propuesto PNVP
- Ordena**
- Café
- Conservación
- Forestal
- Recreación y Conservación
- Red Vial**
- Calle en áreas urbanas
- Camino de terracería
- Carretera asfaltada
- Rodera
- Vereda
- Red Hídrica**
- Río Intermitente
- Río Permanente

Figura 42: Mapa de Propuesta de Ordenamiento Territorial



Fuente:
 Derivado de la interpretación y sobreposición de:
 Capacidad de uso de la tierra (Metodología USDA)
 Cobertura Vegetal y Uso de la tierra para el año 2004
 Amenazas Naturales (JICA)
 Taxonomía de Suelos
 Análisis socioeconómico

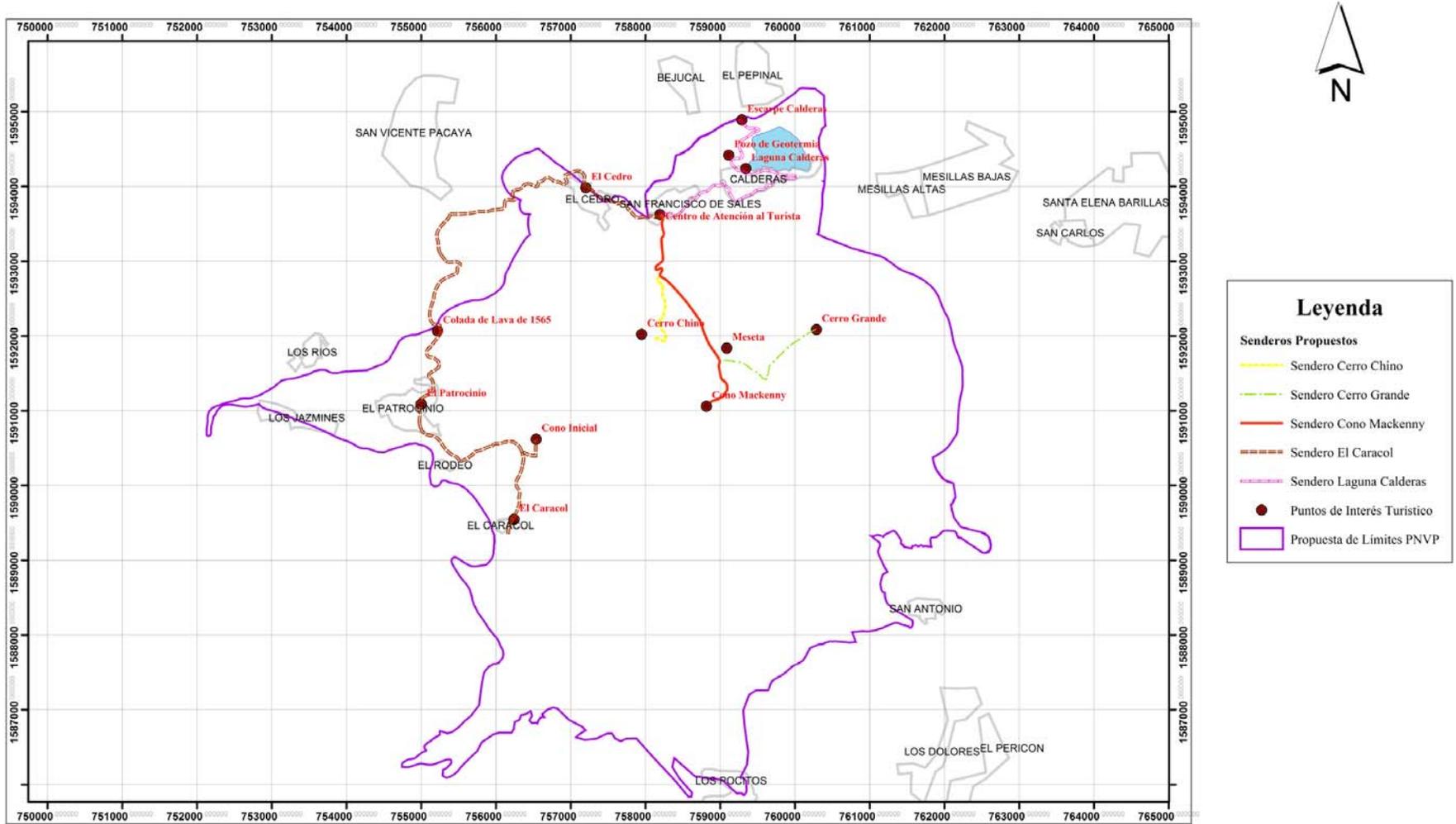


Figura 43: Mapa de Senderos y Puntos de Interés Turístico



Fuente:
 Información cartográfica básica - IGN
 Orthofotos - JICA - IGN
 Trabajo de Campo

7. CONCLUSIONES

- 7.1 De acuerdo a las condiciones biofísicas y socioeconómicas del área de influencia del Volcán de Pacaya, la propuesta de ordenamiento territorial indica que en esta área se deben permitir cuatro usos: cultivo café con tecnología orgánica (375.11 ha), conservación del cuerpo de agua de la Laguna Calderas (35.25 ha), manejo forestal (2008.08 ha) y recreación y conservación (2207.22 ha).
- 7.2 La geomorfología del área del Volcán de Pacaya se deriva de la actividad volcánica del mismo (efusiones de lava, extrusión de tefra, colapso de laderas, explosión de caldera), dando una variedad de suelos de muy jóvenes a jóvenes, que a su vez condicionan la vegetación natural a masas boscosas de latifoliadas (principalmente), vegetación que a su vez esta siendo perturbada por la actividad humana, dándose un cambio de uso de la tierra de cobertura forestal a cultivos (café, maíz, frijol, aguacate y hortalizas).
- 7.3 El área de influencia de la actividad de Pacaya esta definida por las coladas de lavas recientes y antiguas (hacia el sur, el este y el oeste) y por la microcuenca de la Laguna Calderas (hacia el norte). Esta área de influencia quedó plasmada en el mapa Fisiográfico-Geomorfológico, lo que permitió la delimitación del Parque, con una superficie de 4625.66 hectáreas.
- 7.4 La actividad volcánica dentro del área de influencia condiciona las actividades sociales y económicas de la siguiente forma: expone a los pobladores a la amenaza volcánica, destruyendo los techos de las casas e hiriendo a las personas que habitan el área de influencia; afecta la agricultura periódicamente con las erupciones volcánicas (principalmente con la liberación de tefra); produce suelos relativamente fértiles (donde existen) y aptos para la agricultura pero en pendientes elevadas lo que limita la capacidad de uso; la hace muy atractiva para el turismo. Por lo que la actividad volcánica se convierte en un factor determinante para desarrollo de los pobladores.
- 7.5 Las principales amenazas volcánicas en el área de influencia del Volcán de Pacaya son la caída de tefra (bloques, lapilli, ceniza) y los flujos de lava. Los flujos de lava tienden hacia el sur y suroeste, e históricamente han provocado menos daños a las actividades económicas de los pobladores. La caída de tefra en cambio, son eventos que afectan una superficie mayor, y cuando ocurren afectan las actividades agrícolas, la infraestructura, y en casos extremos (Erupción de 1998) el tránsito aéreo.
- 7.6 Los límites que se proponen en este estudio se basan en aspectos geomorfológicos y los conceptos manejados por el CONAP (Autoridad en la temática de áreas protegidas). Se incluyen dentro de estos límites las geoformas derivadas de la actividad volcánica, ya que es esta actividad volcánica el fenómeno natural objetivo de protección de esta área.
- 7.7 Las actividades para la prevención de los efectos de las erupciones volcánicas debe ser el monitoreo más intenso del volcán por medio de sismógrafos localizados en las cercanías del Volcán; la concienciación de los pobladores del lugar respecto a la amenaza a la que están expuestos; el cambio gradual del uso de la tierra y la reubicación de los pobladores mayormente expuestos.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Se sugiere oficializar los límites del Área Protegida, tomando en consideración la propuesta que se hace en este estudio.
- 8.2 Se recomienda implementar la propuesta de ordenamiento territorial en el área de influencia del Volcán de Pacaya por medio de un Programa, en el cual se desarrollen cuatro proyectos: Proyecto de Turismo; Proyecto Forestal; Proyecto de Desarrollo Agrícola (Producción de Café con tecnología Orgánica); Proyecto de Administración.
- 8.3 El turismo (en las áreas de Conservación y Recreación) debe de fortalecerse por medio del establecimiento de mayor oferta de servicios y alternativas de senderos; así como de capacitación continua a los guías de turismo.
- 8.4 Fortalecer la producción y protección forestal, por medio del proyecto forestal, con el apoyo del Programa de Incentivos Forestales del Instituto Nacional de Bosques (INAB), la conformación de cooperativas y el accionar conjunto de dueños de los terrenos, INAB y autoridades municipales.
- 8.5 Mejorar la administración del Parque Nacional Volcán de Pacaya, por medio de la co-administración INAB – Municipalidad de San Vicente de Pacaya y la formación de más y mejores guarda recursos.
- 8.6 Implementar el proyecto de desarrollo agrícola, el cual contempla cultivo del café con del uso de la tecnología orgánica (los productos orgánicos están mejor cotizados en el mercado internacional) y la reducción de la cadena de comercialización.
- 8.7 Coordinar la prevención de los desastres naturales en el área protegida en las siguientes etapas en el tiempo:
 - A. Corto plazo – Concienciación a la población; fortalecimiento del monitoreo del volcán.
 - B. Mediano plazo – Cambio del uso de la tierra, de acuerdo a la propuesta de uso de este estudio.
 - C. Largo plazo – Reubicación de los asentamientos humanos de mayor exposición a la amenaza.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Castro, F. 1998. Diagnóstico del parque nacional volcán de Pacaya y propuesta de plan de manejo. Guatemala, INAB. 66 p.
2. CONAP (Consejo Nacional de Areas Protegidas, GT); USAID, GT. 1999. Los volcanes de Guatemala: identificación y priorización para su manejo dentro de la estrategia de desarrollo del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP): con base al trabajo del consultor Juan Carlos Godoy Herrera. Guatemala. 54 p.
3. Diccionario monográfico del reino mineral. 1981. España, Bibliograf. 411 p.
4. IDEADS (Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable, GT). 2000. Ley de áreas protegidas (decreto no. 4-89) y sus reformas decretos no. 18-89, 110-96 y 117-97 del Congreso de la República de Guatemala. 6 ed. Guatemala. 31 p.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala. Compilación y revisión S. Bonis, O. Bohnenberger, G. Dengo. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. _____. 1993. Mapa geológico general de Guatemala: hoja Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color.
7. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. XI censo de población, VI de habitación 2,002. Guatemala. 1 CD.
8. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2000. Volcanes en Guatemala. Guatemala, Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos. 16 p.
9. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", CO. 1997. Bases conceptuales y guía metodológico para la formulación del plan de ordenamiento territorial departamental. Bogotá, Colombia. 350 p.
10. ITC (International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, NL). 2000. Curso Geo-hazard zonation using GIS for the Central American region (2000, Holanda-Costa Rica). Costa Rica. 400 p.
11. JICA (Japan International Cooperation Agency, JA); IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT); INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT); SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación de la Presidencia, GT). 2003. The study for establishment of base maps and hazard maps for GIS in the republic of Guatemala. Guatemala, Kokusai Kogyo. 570 p.
12. Keweenaw Volcano Observatory, US; Michigan Tech, US. 2000. Michigan Technological University Volcanoes Page (En línea). Consultado 15 mayo 2001. Disponible en <http://www.geo.mtu.edu/volcanoes>
13. Kitamura, S; Matias, O. 1995. Tephra stratigraphic approach to the eruptive history of Pacaya volcano, Guatemala. Japón, Tohoku University, Institute of Geography. 41 p.
14. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. 1 CD.
15. _____. 2001a. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. (Con base al trabajo de los consultores Hugo Tobías y Estuardo Lira).

16. _____. 2001b. Primera aproximación mapa fisiográfico-geomorfológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. (Con base al trabajo de los consultores Gilberto Alvarado y Isaac Herrera).
17. _____. 2001c. Unidades geológicas de la república de Guatemala. Guatemala. 70 p. (realizado por Edy Manolo Barillas Cruz).
18. Matías Gómez, O. 2000a. Comunidades más expuestas al peligro de erupciones del volcán de Pacaya. Guatemala, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 55 p.
19. Mercado, R; Rose, W; Najera, L; Matias, O; Girón, J. 1988. Riesgos por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales de los vientos superiores en Guatemala: informe preliminar. Michigan, US, Technological University / USGS / INSIVUMEH. 35 p.
20. Münchener Rück, DE. 1998. Mapa mundial de los peligros de la naturaleza. München, Alemania. 50 p.
21. _____. 2000. Topics 2000 catástrofes naturales - situación actual. München, Alemania. 126 p.
22. Pereira, LF. 1990. Plan preliminar para el manejo de la microcuenca de la laguna de Calderas, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 135 p.
23. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. Servicio Cooperativo Inter-Americano de Agricultura, Ministerio de Agricultura. Guatemala. 1000 p.
24. Tobías, H. 1997. Guía para descripción de suelos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
25. USAID (Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos, US); TNC (The Nature Conservancy, US); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2002. Estudio de caso de la co-administración del parque nacional volcán de Pacaya. Guatemala. 35 p.
26. USDA (United States Department of Agriculture, US). 1999. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2 ed. US, Soil Survey Staff. 871 p.
27. USGS (United States Geological Survey, US). 2000. Types and Effects of Volcano Hazards (En línea). Consultado 15 mayo 2001. Disponible en: <http://volcanoes.usgs.gov/Hazards/What/hazards.html>
28. World Meteorological Organization, SW. 1999. Comprehensive risk assessment for natural hazards. Switzerland. 225 p.

10. ANEXOS

Cuadro 37A. Boleta de recopilación de información

ID	Hoja Cartográfica	Fotografía aérea
Descripción general		
Fecha		Hora
Coordenada X	Coordenada Y	Tipo de coordenadas
Precisión:		
Fotografía		
Descripción del Terreno		
Cobertura Vegetal	Geología	
Pendiente	Suelos	
Infraestructura	Otros	
Croquis		

Cuadro 38A. Combinaciones de unidades de capacidad de uso, cobertura y valor cuantitativo de intensidad de uso de la tierra

Capacidad de Uso	Cobertura de la Tierra	Peso Capacidad de Uso	Peso Cobertura	Valor Intensidad
VIII	Centro Poblado	14.29	94.44	-80.15
VIII	Cultivos anuales	14.29	88.89	-74.60
VII	Centro Poblado	28.57	94.44	-65.87
VII	Cultivos anuales	28.57	88.89	-60.32
VIII	As. Café-Cultivos	14.29	72.22	-57.93
VII	As. pastos-cultivos	28.57	83.33	-54.76
VI	Centro Poblado	42.86	94.44	-51.58
VII	As. cultivos-arbustales	28.57	77.78	-49.21
VIII	Arbustales	14.29	61.11	-46.82
VI	Cultivos anuales	42.86	88.89	-46.03
VII	As. Cafe-Cultivos	28.57	72.22	-43.65
VIII	Cultivo de café	14.29	55.56	-41.27
VI	As. pastos-cultivos	42.86	83.33	-40.47
VII	As. arbustales-pastos	28.57	66.67	-38.10
IV	Centro Poblado	57.14	94.44	-37.30
VIII	Pastos	14.29	50.00	-35.71
VI	As. cultivos-arbustales	42.86	77.78	-34.92
VII	Arbustales	28.57	61.11	-32.54
IV	Cultivos anuales	57.14	88.89	-31.75
VIII	As. latifoliadas-cultivos	14.29	44.44	-30.15
VI	As. Cafe-Cultivos	42.86	72.22	-29.36
III	Campo geotérmico	71.43	100.00	-28.57
VII	Cultivo de café	28.57	55.56	-26.99
IV	As. pastos-cultivos	57.14	83.33	-26.19
VIII	Bosque secundario/arbustal	14.29	38.89	-24.60
VI	As. arbustales-pastos	42.86	66.67	-23.81
III	Centro Poblado	71.43	94.44	-23.01
VII	Pastos	28.57	50.00	-21.43
VIII	Bosque de latifoliadas	14.29	33.33	-19.04
VI	Arbustales	42.86	61.11	-18.25
III	Cultivos anuales	71.43	88.89	-17.46
IV	As. Cafe-Cultivos	57.14	72.22	-15.08
II	Campo geotérmico	85.71	100.00	-14.29
VIII	Flujos de lava y piroclastos-pastos	14.29	27.78	-13.49
VI	Cultivo de café	42.86	55.56	-12.70
III	As. pastos-cultivos	71.43	83.33	-11.90
VII	Bosque secundario/arbustal	28.57	38.89	-10.32
IV	As. arbustales-pastos	57.14	66.67	-9.53
II	Centro Poblado	85.71	94.44	-8.73
VIII	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	14.29	22.22	-7.93
VII	Bosque de latifoliadas	28.57	33.33	-4.76
IV	Arbustales	57.14	61.11	-3.97
II	Cultivos anuales	85.71	88.89	-3.18
VIII	Flujos de lava y piroclastos-coníferas	14.29	16.67	-2.38
III	As. Cafe-Cultivos	71.43	72.22	-0.79
VII	Flujos de lava y piroclastos-pastos	28.57	27.78	0.79
IV	Cultivo de café	57.14	55.56	1.58
II	As. pastos-cultivos	85.71	83.33	2.38
VIII	Flujos de lava y piroclastos	14.29	11.11	3.18
VI	Bosque secundario/arbustal	42.86	38.89	3.97

VII	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	28.57	22.22	6.35
IV	Pastos	57.14	50.00	7.14
VI	Bosque de latifoliadas	42.86	33.33	9.53
VII	Flujos de lava y piroclastos-coníferas	28.57	16.67	11.90
II	As. Cafe-Cultivos	85.71	72.22	13.49
VI	Flujos de lava y piroclastos-pastos	42.86	27.78	15.08
III	Cultivo de café	71.43	55.56	15.87
VII	Flujos de lava y piroclastos	28.57	11.11	17.46
IV	Bosque secundario/arbustal	57.14	38.89	18.25
VI	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	42.86	22.22	20.64
III	Pastos	71.43	50.00	21.43
IV	Bosque de latifoliadas	57.14	33.33	23.81
VI	Flujos de lava y piroclastos-coníferas	42.86	16.67	26.19
IV	Flujos de lava y piroclastos-pastos	57.14	27.78	29.36
II	Cultivo de café	85.71	55.56	30.15
VI	Flujos de lava y piroclastos	42.86	11.11	31.75
IV	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	57.14	22.22	34.92
II	Pastos	85.71	50.00	35.71
III	Bosque de latifoliadas	71.43	33.33	38.10
III	Flujos de lava y piroclastos-pastos	71.43	27.78	43.65
I	Cultivo de café	100.00	55.56	44.44
IV	Flujos de lava y piroclastos	57.14	11.11	46.03
II	Bosque secundario/arbustal	85.71	38.89	46.82
III	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	71.43	22.22	49.21
II	Bosque de latifoliadas	85.71	33.33	52.38
III	Flujos de lava y piroclastos	71.43	11.11	60.32
II	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	85.71	22.22	63.49
II	Flujos de lava y piroclastos	85.71	11.11	74.60
I	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	100.00	22.22	77.78

Cuadro 39A. Combinaciones de capacidad de uso de la tierra, cobertura de la tierra, valor cualitativo de intensidad y categoría de intensidad asignada

Clase de Capacidad	Cobertura	Area (ha)	Intensidad	Categoría de Intensidad
VIII	Centro Poblado	2.00	-80.15	Sobre uso
VIII	Cultivos anuales	47.51	-74.59	Sobre uso
VII	Centro Poblado	10.09	-65.87	Sobre uso
VII	Cultivos anuales	133.69	-60.31	Sobre uso
VIII	As. Cafe-Cultivos	12.15	-57.93	Sobre uso
VII	As. pastos-cultivos	30.04	-54.75	Sobre uso
VI	Centro Poblado	17.53	-51.58	Sobre uso
VII	As. cultivos-arbustales	139.33	-49.20	Sobre uso
VIII	Arbustales	3.83	-46.81	Sobre uso
VI	Cultivos anuales	135.63	-46.02	Sobre uso
VII	As. Cafe-Cultivos	6.15	-43.65	Sobre uso
VIII	Cultivo de café	11.39	-41.27	Sobre uso
VI	As. pastos-cultivos	0.01	-40.47	Sobre uso
VII	As. arbustales-pastos	20.96	-38.09	Sobre uso
IV	Centro Poblado	50.75	-37.29	Sobre uso
VIII	Pastos	4.32	-35.70	Sobre uso
VI	As. cultivos-arbustales	4.43	-34.91	Sobre uso
VII	Arbustales	115.28	-32.54	Sobre uso
IV	Cultivos anuales	82.48	-31.75	Sobre uso
VIII	As. latifoliadas-cultivos	53.97	-30.14	Sobre uso
VI	As. Cafe-Cultivos	6.50	-29.36	Sobre uso
III	Campo geotérmico	0.03	-28.56	Sobre uso
VII	Cultivo de café	164.90	-26.98	Sobre uso
IV	As. pastos-cultivos	0.39	-26.19	Sobre uso
VIII	Bosque secundario/arbustal	4.71	-24.60	Sobre uso
VI	As. arbustales-pastos	1.67	-23.80	Sobre uso
III	Centro Poblado	21.76	-23.01	Sobre uso
VII	Pastos	1.04	-21.43	Uso adecuado
VIII	Bosque de latifoliadas	111.60	-19.04	Uso adecuado
VI	Arbustales	3.06	-18.25	Uso adecuado
III	Cultivos anuales	3.39	-17.45	Uso adecuado
IV	As. Cafe-Cultivos	35.02	-15.07	Uso adecuado
II	Campo geotérmico	1.41	-14.28	Uso adecuado
VIII	Flujos de lava y piroclastos-pastos	404.72	-13.48	Uso adecuado
VI	Cultivo de café	52.72	-12.69	Uso adecuado
III	As. pastos-cultivos	0.05	-11.89	Uso adecuado
VII	Bosque secundario/arbustal	50.15	-10.31	Uso adecuado
IV	As. arbustales-pastos	0.55	-9.52	Uso adecuado
II	Centro Poblado	12.89	-8.72	Uso adecuado
VIII	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	232.08	-7.92	Uso adecuado
VII	Bosque de latifoliadas	183.16	-4.76	Uso adecuado
IV	Arbustales	1.31	-3.97	Uso adecuado
II	Cultivos anuales	2.06	-3.18	Uso adecuado
VIII	Flujos de lava y piroclastos-coníferas	1.21	-2.38	Uso adecuado
III	As. Cafe-Cultivos	0.19	-0.79	Uso adecuado
VII	Flujos de lava y piroclastos-pastos	260.78	0.79	Uso adecuado
IV	Cultivo de café	95.68	1.58	Uso adecuado
II	As. pastos-cultivos	2.32	2.38	Uso adecuado
VIII	Flujos de lava y piroclastos	1085.10	3.18	Uso adecuado
VI	Bosque secundario/arbustal	2.78	3.97	Uso adecuado
VII	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	33.83	6.34	Uso adecuado

IV	Pastos	3.43	7.13	Uso adecuado
VI	Bosque de latifoliadas	48.24	9.52	Sub uso
VII	Flujos de lava y piroclastos-coniferas	15.35	11.89	Sub uso
II	As. Cafe-Cultivos	0.00	13.48	Sub uso
VI	Flujos de lava y piroclastos-pastos	466.94	15.07	Sub uso
III	Cultivo de café	31.12	15.86	Sub uso
VII	Flujos de lava y piroclastos	32.42	17.45	Sub uso
IV	Bosque secundario/arbustal	0.86	18.25	Sub uso
VI	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	1.22	20.63	Sub uso
III	Pastos	1.30	21.43	Sub uso
IV	Bosque de latifoliadas	39.08	23.80	Sub uso
VI	Flujos de lava y piroclastos-coniferas	165.23	26.19	Sub uso
IV	Flujos de lava y piroclastos-pastos	33.29	29.36	Sub uso
II	Cultivo de café	52.63	30.14	Sub uso
VI	Flujos de lava y piroclastos	18.97	31.75	Sub uso
IV	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	1.26	34.91	Sub uso
II	Pastos	0.67	35.70	Sub uso
III	Bosque de latifoliadas	0.68	38.09	Sub uso
III	Flujos de lava y piroclastos-pastos	0.00	43.65	Sub uso
I	Cultivo de café	5.23	44.43	Sub uso
IV	Flujos de lava y piroclastos	2.92	46.02	Sub uso
II	Bosque secundario/arbustal	0.59	46.81	Sub uso
III	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	2.55	49.20	Sub uso
II	Bosque de latifoliadas	0.85	52.38	Sub uso
III	Flujos de lava y piroclastos	0.26	60.31	Sub uso
II	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	5.44	63.49	Sub uso
II	Flujos de lava y piroclastos	1.02	74.59	Sub uso
I	Flujos de lava y piroclastos-arbustales	0.27	77.77	Sub uso