



Universitat de Girona

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS A LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA DEL VOLCÁN ARENAL, COSTA RICA

Milena BERROCAL VARGAS

ISBN: 978-84-691-7411-1

Dipòsit legal: GI-1352-2008

<http://hdl.handle.net/10803/7918>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Universitat de Girona
Institut de Medi Ambient

UNIVERSITAT DE GIRONA
PROGRAMA DE DOCTORAT DE MEDI AMBIENT
ITINERARI:
GEOGRAFIA EN ORDENACIÓ DEL TERRITORI I GESTIÓ DEL MEDI AMBIENT

Análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la
población de La Fortuna de San Carlos a la
actividad volcánica del Volcán Arenal, Costa Rica.

Milena Berrocal Vargas

Tesis doctoral

Análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la
población de La Fortuna de San Carlos a la
actividad volcánica del Volcán Arenal, Costa Rica.

Milena Berrocal Vargas

Dirección:
Dra. Anna Ribas Palom
Dr. Eduardo Malavassi

Universitat de Girona

Análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la población de La Fortuna de San Carlos a la actividad volcánica del Volcán Arenal, Costa Rica.

Milena Berrocal Vargas

Doctorado de Medio Ambiente
Itinerario: Geografía en Ordenación
del Territorio y Gestión del
Medio Ambiente

Institut de Medi Ambient
Universitat de Girona

Tesis doctoral dirigida por:
Dra. Anna Ribas Palom
Dr. Eduardo Malavassi

Girona, Julio, 2008

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN	19
1.1 JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO DE ESTUDIO	23
1.1.1 Motivación personal	23
1.1.2 Volcanes y ser humano	25
1.1.3 Vulcanismo y sismicidad en América Central.....	27
1.1.4 Riesgos naturales en Costa Rica.....	29
1.1.5 Volcanes en Costa Rica	33
1.1.6 La erupción del Volcán Arenal de 1968.....	35
1.1.7 Costa Rica como destino turístico	36
1.1.8 Volcán Arenal y La Fortuna como destinos turísticos.....	37
1.1.9 Vulnerabilidad volcánica vs actividad turística.....	39
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	40
1.2.1 Objetivo general.....	40
1.2.2 Objetivos específicos.....	40
1.3 METODOLOGÍA	40
1.3.1 Sobre la actividad volcánica del Arenal antes de 1968.....	40
1.3.2 Sobre la actividad volcánica del Arenal desde 1968 hasta la actualidad.....	41
1.3.3 Sobre la geología del Arenal	41
1.3.4 Sobre el análisis de los cambios en los usos del suelo, el crecimiento poblacional y el desarrollo de la actividad turística.....	41
1.3.5 Sobre el Decreto de Ley sobre la restricción a los usos del suelo y libre tránsito de personas del 11 de enero del 2001.....	43
1.3.6 Sobre la propuesta de zonificación de los usos del suelo en La Fortuna de San Carlos.....	43
1.3.7 Sobre la percepción del riesgo, en el sector turístico y la población residente de La Fortuna y alrededores	44
1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO	45
1.5 AGRADECIMIENTOS	46
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	51
2.1 CONCEPTUALIZANDO EL RIESGO.....	55
2.1.1 Origen de la palabra riesgo.....	55
2.1.2 Evolución del concepto en las distintas ciencias	56
2.1.3 El riesgo desde la perspectiva geográfica	57
2.1.4 Aportaciones desde América Latina al estudio de los riesgos naturales	60
2.1.5 El riesgo como construcción social	62
2.2 VULNERABILIDAD AL RIESGO	64
2.2.1 La vulnerabilidad como concepto.....	64
2.2.2 La exposición, resistencia y resiliencia al riesgo	65
2.3 PELIGRO Y RIESGO VOLCÁNICO.....	66
2.3.1 Identificación de volcanes de alto riesgo.....	67
2.3.2 Pronóstico de erupciones volcánicas.....	67
2.3.3 Cartografía de peligros volcánicos.....	68
2.3.4 Mitigación de los efectos volcánicos.....	69
2.4 RIESGO Y TURISMO: EL TURISMO DE VOLCANES	69
2.5 PERCEPCIÓN DEL RIESGO	72
2.5.1 Conceptualización y elementos de la percepción del riesgo.....	72
2.5.2 Percepción de riesgo volcánico	73
2.6 CONSIDERACIONES FINALES	76
CAPÍTULO 3. GEOLOGÍA Y ACTIVIDAD DEL VOLCÁN ARENAL.....	81
3.1 PRESENTACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO	85
3.2 CUANTIFICACIÓN DE AMENAZA VOLCÁNICA RELATIVA PARA EL VOLCÁN ARENAL	87
3.2.1 Evaluación de amenaza volcánica: análisis del peligro y factores de riesgo.....	88
3.3 GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL DEL VOLCÁN ARENAL	96
3.4 ESTRATIGRAFÍA.....	101
3.4.1 Grupo Volcánico Aguacate.....	101
3.4.2 Grupo Volcánico Cerro Chato.....	102
3.4.3 Grupo Volcánico Arenal	102

3.4.4	Unidades prehistóricas de material de caída del Volcán Arenal.....	104
3.4.5	Coladas de bloques de ceniza y avalanchas prehistóricas	104
3.4.6	Coladas de lava prehistóricas.....	104
3.4.7	Coladas de lava 1525 ± 20 D.C.....	105
3.4.8	Unidad de rocas históricas del Arenal.....	106
3.4.9	Coladas de lava históricas.....	106
3.5	HISTORIA ERUPTIVA DEL VOLCÁN ARENAL.....	108
3.6	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD INICIAL DE 1968 Y DÉCADA DE 1970	110
3.7	ACTIVIDAD ESTROMBOLIANA, MÁS INTENSA ENTRE 1984-1989 CON CONTINUIDAD HASTA 1993 ..	116
3.8	FLUJOS PIROCLÁSTICOS Y COLADAS DE LAVA, DE 1993 HASTA EL PRESENTE	118
3.9	ANÁLISIS DE MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRAS.....	124
3.9.1	Introducción.....	124
3.9.2	Isopaca 5 centímetros	127
3.9.3	Isopaca 10 centímetros	129
3.9.4	Isopaca de 15 centímetros.....	131
3.9.5	Isopaca de 20 centímetros.....	133
3.9.6	Isopaca de 25 centímetros.....	135
3.9.7	Isopaca de 30 centímetros.....	137
3.9.8	Isopaca de 40 centímetros.....	139
3.9.9	Isopaca de 50 centímetros.....	141
3.9.10	Isopacas de 60 y 70 centímetros	143
3.9.11	Isopaca de 80 centímetros.....	146
3.9.12	Isopaca de 90 centímetros.....	148
3.9.13	Isopacas de 100, 200 y 1000 centímetros	150
3.10	CONSIDERACIONES FINALES	152
CAPÍTULO 4. USOS DEL SUELO Y POBLACIÓN.....		159
4.1	USOS DEL SUELO EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES AÑO 1992.....	164
4.2	USOS DEL SUELO EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES, AÑO 1997.....	170
4.3	USOS DEL SUELO EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES, AÑO 2005.....	172
4.4	UBICACIÓN DEL SECTOR TURÍSTICO.....	175
4.5	CRECIMIENTO POBLACIONAL Y ACTIVIDAD TURÍSTICA	179
4.6	EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA EN EL CASCO URBANO DE LA FORTUNA Y EL ASENTAMIENTO DE Z-13.....	183
4.6.1	Casco urbano La Fortuna.....	183
4.6.2	Asentamiento Z-13	190
4.7	CONSIDERACIONES FINALES	192
CAPÍTULO 5. DECRETO DE LEY RESTRICCIONES AL USO DEL SUELO Y LIBRE TRÁNSITO DE PERSONAS		196
5.1	ANTECEDENTES DEL DECRETO.....	200
5.2	ANÁLISIS DEL DECRETO.....	203
5.3	ZONAS DE RESTRICCIÓN A LOS USOS DEL SUELO Y LIBRE TRÁNSITO DE PERSONAS	208
5.3.1	Zona de restricción 1 (R1).....	208
5.3.2	Zona de restricción 2 (R2).....	210
5.3.3	Zona de restricción 3 (R3).....	212
5.3.4	Zona de restricción 4 (R4).....	214
5.3.5	Libre tránsito de personas	216
5.4	CONSIDERACIONES FINALES	220
CAPÍTULO 6. PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO.....		224
6.1	CARTOGRAFÍA DE LOS DISTINTOS PELIGROS VOLCÁNICOS	228
6.1.1	Zona de lahares	228
6.1.2	Flujos piroclásticos.....	231
6.1.3	Caída de material volcánico flanco este.....	235
6.1.4	Zonas susceptibles a peligros volcánicos para el actual periodo eruptivo.....	239
6.2	PROPUESTA DE CARTOGRAFÍA DE ZONIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO	243
6.2.1	Zona de restricción a los asentamientos humanos y actividades permanentes.....	245
6.2.2	Zona destinada a la instalación de infraestructura turística.....	246
6.2.3	Zona urbana.....	248

6.2.4 Zonas destinadas a actividades agropecuarias	249
6.2.5 Zona de pastos y urbana	249
6.2.6 Zona forestal, zona de cultivos y de pastos.....	251
6.3 CONSIDERACIONES FINALES	252
CAPÍTULO 7. PERCEPCIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO DEL SECTOR TURÍSTICO DEL CASCO URBANO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN ARENAL	258
7.1 METODOLOGÍA	262
7.1.1 Diseño de la entrevista.....	262
7.1.2 Muestra poblacional comerciante a entrevistar	268
7.1.3 Aplicación de la entrevista a población comerciante	274
7.1.4 Codificación de las entrevistas a comerciantes	277
7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	278
7.2.1 Características de la población entrevistada y su ubicación.....	278
7.2.2 Estado de la actividad actual del volcán	280
7.2.3 Percepción del riesgo en población comerciante	282
7.2.4 Acceso a la información sobre el Volcán por parte de la población comerciante.....	286
7.3 CONCLUSIONES.....	290
CAPÍTULO 8. PERCEPCIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO DE LA POBLACIÓN RESIDENTE DEL CASCO URBANO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN ARENAL.....	294
8.1 METODOLOGÍA	298
8.1.1 Diseño de la entrevista.....	298
8.1.2 Muestra poblacional residente a entrevistar	301
8.1.3 Aplicación de la entrevista a la población residente	305
8.1.4 Codificación de la entrevista a la población residente	305
8.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	306
8.2.1 Características de la población entrevistada y su ubicación.....	307
8.2.2 Percepción del riesgo en población residente	309
8.3 CONCLUSIONES.....	322
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	330
BIBLIOGRAFÍA.....	340

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE COSTA RICA EN CENTROAMÉRICA	32
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LOS PRINCIPALES VOLCANES ACTIVOS DE COSTA RICA	34
FIGURA 3. ENFOQUE ALTERNATIVO DE LA VULNERABILIDAD.....	66
FIGURA 4. UBICACIÓN DEL VOLCÁN ARENAL EN COSTA RICA	86
FIGURA 5. MAPA DE UBICACIÓN DEL ARENAL CON RESPECTO A LA FOSA MESOAMERICANA.....	97
FIGURA 6. MAPA DE UBICACIÓN DE RELICTOS VOLCÁNICOS CERCANOS AL ARENAL.....	100
FIGURA 7. MAPA DETALLADO DE GEOLOGÍA VOLCÁN ARENAL	103
FIGURA 8. MAPA DE ZONAS AFECTADAS EN LA EXPLOSIÓN INICIAL EN JULIO DE 1968.....	107
FIGURA 9. MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO REALIZADO POR GEOTÉRMICA ITALIANA	126
FIGURA 10. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 5 CENTÍMETROS	128
FIGURA 11. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 10 CENTÍMETROS	130
FIGURA 12. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 15 CENTÍMETROS	132
FIGURA 13. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 20 CENTÍMETROS	134
FIGURA 14. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 25 CENTÍMETROS	136
FIGURA 15. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 30 CENTÍMETROS	138
FIGURA 16. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 40 CENTÍMETROS	140
FIGURA 17. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 50 CENTÍMETROS	142
FIGURA 18. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 60 CENTÍMETROS	144
FIGURA 20. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 80 CENTÍMETROS	147
FIGURA 21. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 90 CENTÍMETROS	149
FIGURA 22. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TEFRA. ISOPACA 100, 200 Y 1000 CENTÍMETROS	151
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN TOTAL DE TEFRA DEL VOLCÁN ARENAL.....	154
FIGURA 24. MAPA DE USOS DEL SUELO PARA LA FORTUNA Y VOLCÁN ARENAL, 1992.....	165
FIGURA 25. FOTOGRAFÍA AÉREA PROYECTO DMA –IGN, 1992 Y LA CAPA DE	166
CARRETERAS DE LA HOJA TOPOGRÁFICA LA FORTUNA ESCALA 1:50000 DE 1983 DEL IGN.....	166
FIGURA 26. COMPARACIÓN ENTRE EL MAPA TOPOGRÁFICO DE 1983 DEL IGN Y LA FOTOGRAFÍA AÉREA DE 1992, CON RESPECTO AL CRECIMIENTO DEL POBLADO DE LA FORTUNA.....	167
FIGURA 27. CAMBIOS EN EL ÁREA DEL HOTEL LAGOS Y SENDEROS Y OTROS HOTELES A TRAVÉS DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE 1988, 1992 Y EN LA DEL 2005	168
FIGURA 28. MAPA DE USOS DEL SUELO DE LA FORTUNA Y VOLCÁN ARENAL, 1997.....	171
FIGURA 29. MAPA DE USOS DEL SUELO DE LA FORTUNA Y VOLCÁN ARENAL, 2005.....	173
FIGURA 30. IMAGEN DEL CASCO URBANO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS, 2005.....	174
FIGURA 31. UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES, 2007.....	177
FIGURA 32. CRECIMIENTO DEL CASCO URBANO DE LA FORTUNA, 1992, 2005	180
FIGURA 33. UBICACIÓN DE LAS ZONAS RESIDENCIALES EN EL SECTOR DE LA FORTUNA, 2005.....	184
FIGURA 34. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE EL CASTILLO Y LA FORTUNA.....	189
FIGURA 35. ASENTAMIENTO DE Z 13 VISTAS COMPARATIVAS, 1988 Y 2005.....	191
FIGURA 36. MAPA DEL CANTÓN DE SAN CARLOS Y DISTRITOS	207
FIGURA 37. DISTANCIA EN LÍNEA RECTA ENTRE EL VOLCÁN ARENAL Y EL CASCO URBANO DE LA FORTUNA.....	209
FIGURA 38. MAPA DE ZONAS DE RESTRICCIÓN R2 SEGÚN EL DECRETO Y UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA .	211
FIGURA 39. MAPA DE ZONAS DE RESTRICCIÓN R3 SEGÚN EL DECRETO Y UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA .	213
FIGURA 40. MAPA DE ZONAS DE RESTRICCIÓN R4 SEGÚN DECRETO Y UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA.....	215
FIGURA 41. MAPA DE SUB ZONAS DE RESTRICCIÓN AL LIBRE TRÁNSITO DE PERSONAS.....	218
FIGURA 42. MAPA DE ZONAS SUSCEPTIBLES A LAHAR.....	230
FIGURA 43. MAPA DE ZONAS SUSCEPTIBLES A SER AFECTADAS POR FLUJOS PIROCLÁSTICOS DE PEQUEÑA Y MEDIANA DIMENSIÓN	234
FIGURA 44. ZONAS SUSCEPTIBLES A CAÍDA DE MATERIAL EN EL CASO DE QUE EL CRÁTER D SERÁ RELLENADO POR EL MATERIAL EMITIDO POR EL CRÁTER C.....	238
FIGURA 45. ZONAS SUSCEPTIBLES A PELIGROS VOLCÁNICOS. VOLCÁN ARENAL.....	240
FIGURA 46. MAPA DE USOS DEL SUELO Y ÁREAS SUSCEPTIBLES A PELIGROS VOLCÁNICOS PARA LO QUE RESTA DEL ACTUAL PERIODO ERUPTIVO DEL ARENAL.....	242
FIGURA 47. PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES DEL ARENAL.....	244
FIGURA 48. MODELO DE ENTREVISTA DESTINADO A LA POBLACIÓN DEL SECTOR TURISMO DEL CASCO URBANO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN ARENAL.....	264
FIGURA 49. UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA DE ACUERDO A SU CERCANÍA A LA FORTUNA.....	270
FIGURA 50. CLASIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DE AGLOMERACIÓN DE PERSONAS	272
FIGURA 51. SELECCIÓN DE LOCALES COMERCIALES A ENTREVISTAR DE ACUERDO AL RNG	273
FIGURA 52. UBICACIÓN DE LOCALES COMERCIALES ENTREVISTADOS EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES	276
FIGURA 53. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN SPSS 12 ®	278
FIGURA 54. MODELO DE ENTREVISTA DESTINADO A LA POBLACIÓN RESIDENTE DEL CASCO URBANO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN ARENAL.....	299
FIGURA 55A. UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS ENTREVISTADAS	303

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ALGUNOS TERREMOTOS REGISTRADOS EN AMÉRICA CENTRAL EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS	28
TABLA 2. NÚMERO DE SISMOS REGISTRADOS EN COSTA RICA 1984-2005	28
TABLA 3. ALGUNAS DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS MÁS IMPORTANTES EN AMÉRICA CENTRAL 1963-2007	29
TABLA 4. ERUPCIONES VOLCÁNICAS DOCUMENTADAS DURANTE LA COLONIA EN AMÉRICA CENTRAL.....	29
TABLA 5. TIPOS DE CLIMA EN COSTA RICA	31
TABLA 6. TURISMO Y FUENTES GENERADORAS DE DIVISAS. COSTA RICA. 1996-2005	36
(CIFRAS EN MILLONES DE \$USD).....	36
TABLA 7. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA RELATIVA DEL VOLCÁN ARENAL A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL USGS, 2005.....	93
TABLA 8. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 5 CENTÍMETROS	127
TABLA 9. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 10 CENTÍMETROS	131
TABLA 10. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 15 CENTÍMETROS	133
TABLA 11. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 20 CENTÍMETROS	133
TABLA 12. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 25 CENTÍMETROS	137
TABLA 13. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 30 CENTÍMETROS	139
TABLA 14. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 40 CENTÍMETROS	141
TABLA 16. EVENTOS ERUPTIVOS DE LA ISOPACA DE 50 CENTÍMETROS	143
TABLA 17. DISTRIBUCIÓN DE ISOPACAS SOBRE LAS POBLACIONES ASENTADAS EN LA ACTUALIDAD	153
TABLA 18. INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES, 2003	175
TABLA 19. INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA EN LA FORTUNA Y ALREDEDORES, 2007	176
TABLA 20. CÁLCULO DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS	181
TABLA 21. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO DE DIVERSOS DISTRITOS VECINOS A LA FORTUNA DE SAN CARLOS	182
TABLA 22. CRECIMIENTO COMPARATIVO DE VIVIENDAS EN LA FORTUNA CON RESPECTO A DISTRITOS VECINOS	185
TABLA 23. DESCRIPCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO EN LA PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN REALIZADA	253
TABLA 24. CANTIDAD DE LOCALES COMERCIALES POR SEGMENTO	273
TABLA 25. MANUAL DE CÓDIGOS DE LA ENTREVISTA	277
TABLA 26. CARGO QUE DESEMPEÑA EL ENTREVISTADO Y UBICACIÓN DEL LOCAL COMERCIAL.....	279
TABLA 27. CARGO QUE DESEMPEÑA EL ENTREVISTADO Y TIEMPO DE OPERACIONES DEL COMERCIO	280
TABLA 28. CARGO QUE DESEMPEÑA EL ENTREVISTADO Y CERCANÍA AL VOLCÁN	282
TABLA 29. TRASLADO DEL LOCAL COMERCIAL CERCA DEL VOLCÁN.....	283
TABLA 31. CESE DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA E IMPACTO EN LA ECONOMÍA	286
TABLA 32. ACCESO A INFORMACIÓN SOBRE EL VOLCÁN	288
TABLA 33. MANUAL DE CÓDIGOS DE LA ENTREVISTA	306
TABLA 34. UBICACIÓN DE LA POBLACIÓN ENTREVISTADA POR SEXO.....	307
TABLA 35. PROCEDENCIA DE LAS PERSONAS ENTREVISTADAS	308
TABLA 36. PROFESIÓN U OFICIO DE LOS ENTREVISTADOS.....	308
TABLA 37. PERCEPCIÓN DE EXISTENCIA DE RIESGO NATURAL EN LA ZONA	309
TABLA 38. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO NATURAL	310
TABLA 39. CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN CERCANÍAS DEL VOLCÁN VS SEXO DEL ENTREVISTADO.....	311
TABLA 40. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO VS CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA	311
TABLA 41. POSIBILIDAD DE TRABAJO CERCA DEL VOLCÁN VS EXISTENCIA DE RIESGO	312
TABLA 42. POSIBILIDAD DE TRABAJO Y TIEMPO DE RESIDENCIA EN LA ZONA	313
TABLA 43. POSIBILIDAD DE TRABAJO CERCA DEL VOLCÁN VS PROFESIÓN ACTUAL	314
TABLA 44. PERCEPCIÓN DE RIESGOS NATURALES VS UBICACIÓN DE LA POBLACIÓN ENTREVISTADA.....	315
TABLA 45. ACTIVIDAD PELIGROSA VS EXISTENCIA DE RIESGO EN LA ZONA	316
TABLA 46. POTENCIAL PELIGRO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA VS LUGAR DE NACIMIENTO	317
TABLA 47. POTENCIAL PELIGRO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA VS TIEMPO DE RESIDENCIA.....	318
TABLA 48. PELIGROSIDAD DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA VS SEXO DE ENTREVISTADOS.....	319
TABLA 49. SEGURIDAD VS SEXO DEL ENTREVISTADO	320
TABLA 50. SEGURIDAD VS ZONA DE RESIDENCIA	320
TABLA 51. INTERÉS EN INFORMACIÓN VS SEXO DEL ENTREVISTADO	321
TABLA 52. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN RESPECTO AL RIESGO VOLCÁNICO DEL VOLCÁN ARENAL	324

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. VISTA DE LOS TRES CRÁTERES NUEVOS (A, B Y C) Y EL CRÁTER PREHISTÓRICO (D)	111
FOTOGRAFÍA 2. CASAS DEL POBLADO DE TABACÓN DESTRUIDAS POR BOMBAS VOLCÁNICAS.....	111
FOTOGRAFÍA 3. CAÍDA DE CENIZA PRODUCIDA POR EL ARENAL	112
FOTOGRAFÍA 4. EMISIÓN DE GAS Y CENIZA DESDE EL CRÁTER C	113
FOTOGRAFÍA 5. EXPLOSIÓN ESTROMBOLIANA. VISTA DESDE LA FORTUNA	113
FOTOGRAFÍA 6 Y 7. A LA IZQUIERDA, EMISIÓN DE LA PRIMERA COLADA DE LAVA DEL PRESENTE PERIODO ERUPTIVO DESDE EL CRÁTER A. A LA DERECHA EVIDENCIA DEL MISMO COMPORTAMIENTO DE EMISIÓN DE COLADAS DE LAVA PERO DESDE EL CRÁTER C	114
FOTOGRAFÍA 8. UBICACIÓN APROXIMADA DE LOS CRÁTERES A Y B, CUBIERTOS POR LOS MATERIALES EYECTADOS DEL CRÁTER C	115
FOTOGRAFÍA 9. EXPLOSIÓN ESTROMBOLIANA EN 1988, LEVANTAMIENTO DE COLUMNA DE MATERIAL Y POSTERIOR FLUJO PIROCLÁSTICO.....	117
FOTOGRAFÍA 10. VENTS EN EL CRÁTER C DEL ARENAL. 1999	119
FOTOGRAFÍA 11. FORMACIÓN DE PEQUEÑO DOMO EN LA PARTE SUMITAL DEL CRÁTER C	119
FOTOGRAFÍA 12. PARTE DEL FLANCO NOROESTE DEL ARENAL, ZONA AFECTADA POR EL FLUJO PIROCLÁSTICO DE AGOSTO DE 2000	120
FOTOGRAFÍA 13. FLUJO PIROCLÁSTICO DEL 5 DE SETIEMBRE DE 2003. POR COLAPSO GRAVITACIONAL DE COLADAS DE LAVA EN LA PARTE SUMITAL DEL CRÁTER C	121
FOTOGRAFÍA 14. CRECIMIENTO DEL CRÁTER C CON RESPECTO AL INICIO DEL CICLO ERUPTIVO EN 1968.....	122
FOTOGRAFÍA 15. FLUJO PIROCLÁSTICO DE PEQUEÑA DIMENSIÓN PRODUCTO DEL COLAPSO GRAVITACIONAL DE FRENTE DE COLADA DE LAVA EN LA PARTE SUMITAL DEL CRÁTER C	123
FOTOGRAFÍA 16. PEQUEÑA EXPLOSIÓN ACOMPAÑADA DE CENIZA. VISTA DESDE EL FLANCO OESTE.....	123
FOTOGRAFÍA 17. ZONA DE RELLENO ACTIVO DE LA DEPRESIÓN ENTRE EL CONO C Y EL CONO D.....	124
FOTOGRAFÍA 18. CENTRO COMERCIAL EN EL CASCO URBANO DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS	175
FOTOGRAFÍA 19. SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE UN HOTEL A LO LARGO DE LA CARRETERA HACIA EL VOLCÁN ARENAL. DIFERENCIA DE TIEMPO ENTRE FOTOGRAFÍAS, 3 MESES	178
FOTOGRAFÍA 20. LA FORTUNA DE SAN CARLOS POCO ANTES DE 1968.....	181
FOTOGRAFÍA 21. ZONA RESIDENCIAL AL SUR DE LA FORTUNA DE SAN CARLOS.....	186
FOTOGRAFÍA 22. VISTA DEL CENTRO DE LA FORTUNA	187
FOTOGRAFÍA 23. UBICACIÓN DE HOTELES AL LADO DE LA CARRETERA HACIA EL VOLCÁN ARENAL.....	188
FOTOGRAFÍA 24. VISTA DEL VOLCÁN ARENAL DESDE EL CASTILLO	190
FOTOGRAFÍA 25. FLUJO PIROCLÁSTICO DE 1975 EN EL VOLCÁN ARENAL	201
FOTOGRAFÍA 26. IMAGEN PARCIAL DE LA ZONA DE RESTRICCIÓN R1 EN EL FLANCO SUROESTE DEL ARENAL	210
FOTOGRAFÍA 27. SECTORES DE LAS ZONAS R2 Y R3 EN EL PARQUE NACIONAL VOLCÁN ARENAL.....	212
FOTOGRAFÍA 28. IMAGEN PARCIAL DE LA ZONA R4 EN EL FLANCO NORESTE DEL ARENAL	216
FOTOGRAFÍA 29. VISTA DE LAS CÁRCAVAS PRODUCTO DE LA EROSIÓN EN EL FLANCO ESTE.....	229
FOTOGRAFÍA 30. CANAL PRODUCIDO POR UN FLUJO PIROCLÁSTICO POR COLAPSO GRAVITACIONAL DE FRENTE DE COLADA DE LAVA	232
FOTOGRAFÍA 31. A LA DERECHA EL CRÁTER C Y EL EDIFICIO VOLCÁNICO CONSTRUIDO EN EL ACTUAL CICLO ERUPTIVO, A LA IZQUIERDA EL CRÁTER D Y EL EDIFICIO VOLCÁNICO ANTIGUO	236
FOTOGRAFÍA 32. PROCESO DE RELLENO DEL CRÁTER D PRODUCTO DE LA EMISIÓN DE MATERIAL DEL CRÁTER C. VOLCÁN ARENAL.....	237
FOTOGRAFÍA 33. VISTA DEL FLANCO ESTE DEL ARENAL, ZONA DEL PARQUE NACIONAL.....	246
FOTOGRAFÍA 34. VISTA DEL ARENAL Y ZONA DE PASTIZALES DESDE EL FLANCO NORTE	247
FOTOGRAFÍA 35. INFORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA EN LA ENTRADA DE EL CASTILLO.....	250
FOTOGRAFÍA 36. VISTA DEL CENTRO DE EL CASTILLO	251
FOTOGRAFÍA 37. VISTA AÉREA DEL CERRO CHATO Y LA COBERTURA DE BOSQUE TROPICAL	252
FOTOGRAFÍA 38. AL FONDO PUENTE EN RECONSTRUCCIÓN, RÍO AGUA CALIENTE SOBRE PARTE DEL CAMINO QUE COMUNICA EL CASTILLO CON LA CARRETERA A LA FORTUNA	315

Abreviaturas

CARTA	Costa Rica Airborne Research Technology Application
CARTUZON	Cámara de Turismo de la Zona Norte
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres. México
CENAT	Centro Nacional de Alta Tecnología
CNE	Comisión Nacional de Emergencia
CEPRENAC	Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central
CIEDES	Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible
DEM	Digital Elevation Model
FMI	Fondo Monetario Internacional
GAM	Gran Área Metropolitana
GPS	Global Position System
HVO	Hawaiian Vulcano Observatory
IAVCEI	International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
IDA	Instituto de Desarrollo Agrario
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
LA RED	Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
NASA	National Aeronautics and Space Administration

ONU	Organización de Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OVSICORI	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
PIB	Producto Interno Bruto
PYMES	Pequeña y Mediana Empresa
PRIAS	Programa Nacional de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional, Costa Rica
UNDRO	United Nations Disaster Relief Organization
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USGS	United States Geological Survey
WOVO	World Organization of Volcano Observatories
RNG	Random Number Generator
RSN	Red Sismológica Nacional
SAT	Sistema de alerta temprana

Capítulo 1. Presentación

(...) Actualmente se pone bastante énfasis en el estudio y monitoreo de las amenazas y su evolución pero la vulnerabilidad sigue siendo un campo de investigación marginal. Creemos que la base fundamental para la prevención y el manejo de desastres en la región tiene que ser la creación de sistemas de información que permitan identificar los patrones de vulnerabilidad que existen en la región y monitorear los cambios que ocurren en ellos (...)

A. Lavell (1997a, p. 35)

1.1 Justificación y contexto de estudio

La Tierra es un planeta dinámico, continuamente manifiesta su evolución por medio de procesos que se desarrollan dentro de la litosfera (endógenos) y sobre su superficie (exógenos). Las capas de la corteza terrestre muestran como durante millones de años han ocurrido procesos que cambian y modelan el planeta, narrando de esta forma su historia y evolución geológica. Por ejemplo, las terrazas aluviales revelan el historial de la deposición y levantamiento en el lecho de los ríos durante el pasado geológico, explican cómo una región determinada fue afectada por inundaciones o cómo asentamientos enteros fueron construidos sobre depósitos de lahares originados por la mezcla de materiales volcánicos y agua.

Podemos identificar procesos naturales endógenos y exógenos, eventos como sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos, huracanes, depresiones atmosféricas que producen lluvias en cantidades extraordinarias, olas de calor y de frío, entre otros. Estos procesos pueden presentarse con cierta frecuencia: las lluvias tropicales y monzónicas en la estación lluviosa, o la precipitación de nieve durante el invierno al norte y al sur de las zonas subtropicales respectivamente. Ciertos eventos pueden ser extraordinarios, aun si su frecuencia no parece obvia para los seres humanos, como es el caso de un huracán fuera de época, un terremoto, una erupción volcánica, el desprendimiento de una ladera o inundaciones descomunales, entre otros.

La diferenciación entre un proceso natural y de un desastre “natural” es sumamente importante. Los desastres son la combinación de un evento natural con condiciones socioeconómicas y físicas que hacen que una población se vea expuesta a situaciones que no pueden ser rebasadas en base a su capacidad de respuesta, produciéndose pérdidas económicas y de vidas humanas (Romero y Maskrey, 1993). Según la Oficina de Coordinación para el Socorro en caso de Desastres, desastre es todo "evento concentrado en tiempo y espacio en el cual una comunidad sufre daños severos y tales pérdidas afectan a sus miembros y a sus pertenencias físicas de forma tal que la estructura social se resiente y la realización de las principales funciones de la sociedad también se ve inhibida" (UNDRO, 1984, p. 80).

A modo de ejemplo, la International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) de la ONU en su informe anual menciona que en el 2006 las víctimas y los desastres “naturales” disminuyeron con respecto al 2005, un año de por sí considerado extraordinario en la ocurrencia de eventos naturales catastróficos. En el 2006, los desastres naturales dejaron 22000 víctimas, 134 millones de personas afectadas y daños materiales por un valor de \$USD 19 mil millones. La oscilación entre número de víctimas, damnificados y pérdidas materiales es variante de año en año y depende de muchos factores, no solo naturales sino también socio económicos.

1.1.1 Motivación personal

La razón por la que decidí desarrollar mi tesis doctoral en torno al riesgo volcánico en Costa Rica, en concreto tomando como caso de estudio la zona de La Fortuna de San Carlos y el Volcán Arenal, no es coincidencia y se remonta a mis inicios como funcionaria del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica con sede en la Universidad Nacional (OVSICORI – UNA) en el año 2000. Como geógrafa siempre me han atraído los trabajos e investigaciones sobre las razones científicas por las cuales se

generan nuevas tierras, ocurren terremotos, explotan volcanes, se desarrollan huracanes, etc. Pero, para qué sirve tanto conocimiento científico en el funcionamiento endógeno y exógeno de nuestro planeta si no lo aplicamos al bienestar de las sociedades y si no le comunicamos a las personas lo que sucede a su alrededor de una forma inteligible y amena.

El interés específico por el Volcán Arenal y La Fortuna de San Carlos surgió a raíz de la publicación del Decreto de Ley sobre Restricciones al Uso del Suelo y Libre Tránsito de Personas en el Volcán Arenal y Alrededores, publicado en el diario oficial de Costa Rica, La Gaceta el 11 de enero de 2001 y el cual se elaboró a raíz de la muerte de dos personas en las faldas del Arenal a causa de una oleada piroclástica. En ese momento quien era mi jefe, el Dr. Eduardo Malavassi, participó en la elaboración del decreto y guiado por la necesidad de dar a conocer no solo la normativa sino el mapa de restricciones al uso del suelo a la población residente y el sector turístico de La Fortuna de San Carlos, me incluyó en el proyecto de elaboración y difusión del mapa el cual pudimos concluir con ayuda de una beca ganada en el año 2003 en un concurso para jóvenes científicos del Hazard Management Unit, del Banco Mundial (Berrocal y Malavassi, 2003).

Desde el año 2001 empecé a visitar la zona de La Fortuna de San Carlos y en específico el Volcán Arenal, con el propósito de actualizar la cartografía existente y elaborar cartografía nueva. Los avances no solo en la elaboración sino también en la difusión del mapa de restricciones al uso del suelo con la población comerciante y residente de la zona y la interacción con la comunidad y las autoridades locales y nacionales, dieron pie a ser invitada junto con el Dr. Malavassi a formar parte del grupo científico que lideró la Misión Costa Rica Airborne Research and Technology Applications (CARTA) del Centro Nacional de Alta Tecnología de Costa Rica y la National Aeronautics and Space Administration (NASA) en sus misiones de toma de fotografía aérea e imágenes multiespectrales en Costa Rica (2003 y 2005). La participación en esta misión incrementó el trabajo en la zona del Volcán Arenal para poder obtener puntos de referencia geográfica para la posterior ortorectificación de las fotografías aéreas e imágenes multiespectrales.

Se hizo indispensable comenzar a ampliar los conocimientos sobre vulcanología y del comportamiento del Arenal, lo cual desembocó en la participación en diversos cursos nacionales e internacionales en vulcanología y geofísica volcánica con expertos de todo el mundo, donde pude exponer no solo mi trabajo en el Arenal sino aprender sobre el comportamiento volcánico en otras partes del planeta y la forma como otros observatorios vulcanológicos interactúan con la comunidad y las autoridades políticas encargadas de la toma de decisiones en caso de crisis volcánica¹.

¹ Algunos de los cursos de especialización en vulcanología a los que he asistido son:
Curso Internacional de Vulcanología y Geofísica volcánica. 2002. CSIC. Islas Canarias, España.
Curso Internacional de Vulcanología, con énfasis en deformación volcánica, Volcán Arenal. 2003. OVSICORI. Costa Rica.
Central American Workshop on Enhancing Volcanic Hazard Avoidance Through Remote Sensing. 2004. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales. King's College London. Managua, Nicaragua.
Entrenamiento en el uso y manejo de TITAN2D. 2005. University at Buffalo. Estados Unidos.
Internacional Training Program in Volcano Hazards Monitoring. 2005. University of Hawaii at Hilo. Center for the Study of Active Volcanoes. U.S Geological Survey. Hawaii.
Curso Internacional de Cartografía de Amenazas y Peligros Volcánicos. 2005. Departamento de Geofísica de la UNAM. México.

Seis años de trabajo como funcionaria del OVSICORI – UNA, así como la experiencia adquirida en cursos de vulcanología, unido a mi formación profesional y a los años dedicados al trabajo de campo en la zona de La Fortuna de San Carlos y el Volcán Arenal, me motivaron a realizar una investigación donde no solo se desarrollara la vulcanología sino que se toman en consideración elementos sociales y económicos de las poblaciones asentadas alrededor de este volcán.

Si bien existe una gran cantidad de investigaciones científicas en el Arenal sobre geofísica, sismología, geoquímica, deformación volcánica, geología, estratigrafía, etc, lo cierto es que muy pocas de ellas toman en consideración la población asentada en los alrededores del Volcán o la planificación del territorio que debe darse en una zona tan especial como La Fortuna de San Carlos, no solo por la presencia de un volcán activo, sino por la acelerada dinámica de cambio de usos del suelo y la fuerte inyección de capital producto del desarrollo de la actividad turística.

1.1.2 Volcanes y ser humano

Un volcán es una abertura circular conocida como cráter, o una fisura en la superficie de la tierra, comunicada con un reservorio magmático en profundidad por medio de un conducto, a través del cual se emiten hacia la superficie gases, lavas en estado líquido y rocas preexistentes en estado sólido. El conducto volcánico puede alcanzar desde muchos cientos de metros a varios kilómetros de profundidad (Alvarado, 2000).

La mayor cantidad de volcanes se encuentran ubicados en el cinturón de fuego del Pacífico, en márgenes continentales activas o arcos volcánicos que se extienden alrededor de este océano, desde la costa oeste del continente Americano, pasando por las Islas Aleutianas, la península de Kamchatka, Japón, Filipinas, Nueva Zelanda y la Antártica. Además, en el Mediterráneo existe otro segmento volcánico que se desprende del cinturón de fuego del Pacífico en Indonesia, atravesando gran parte de Irán, hasta llegar al Mediterráneo (Decker y Decker, 1993).

En otras zonas del mundo los volcanes se encuentran entre las placas tectónicas divergentes las cuales generan nueva corteza terrestre como las dorsales meso-oceánicas. Este tipo de volcanes emergen a la superficie en Islandia, donde dos placas oceánicas divergen y en África Oriental donde dos placas continentales forman el rift africano.

Curso Internacional de Vulcanología, con énfasis en simulación de flujos piroclásticos con Titan2D, Volcán Arenal. 2005. OVSICORI. Costa Rica.

Curso Internacional en modelaje de procesos volcánicos. LaharZ. 2006. USGS. Quito, Ecuador.

Algunas de las exposiciones orales que he presentado como primera autora en el campo de la vulcanología son:

Central American Workshop on Enhancing Volcanic Hazard Avoidance Through Remote Sensing. 2004.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. King's College London. Managua, Nicaragua.

Ponencia: Aplicaciones SIG, sensores remotos y vigilancia volcánica

General Assembly International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI). 2004. **Ponencia: Free visiting and landuse restrictions at Arenal volcano and surroundings: Costa Rica.** Pucón, Chile,

International Training Program in Volcano Hazards Monitoring. 2005. University of Hawaii at Hilo. Center for the Study of Active Volcanoes. U.S Geological Survey. Hawaii. **Ponencia: Remote sensing for volcanic monitoring. Arenal Volcano, Costa Rica.**

Otro tipo de volcanes son los generados por puntos calientes, que son rupturas en la corteza terrestre relacionados con puntos de ascenso de magma permanentes localizados en el manto superior y cuyo magma atraviesa la litosfera para ascender hasta la superficie produciendo los volcanes de intraplaca. Ejemplo de estos son las islas de Hawaii, Galápagos y las Islas Sociedad que tienen la característica de generar archipiélagos lineares de islas en los que en un extremo se encuentran los volcanes más viejos y en su opuesto los más jóvenes (Decker y Decker, 1993).

Aunque las erupciones volcánicas son las responsables de formar nuevas tierras y mantener el dinamismo geológico y geomorfológico en muchas partes del planeta, a lo largo de la historia se han convertido en procesos naturales temidos y respetados por el ser humano (UNDRO – UNESCO, 1987). Durante los últimos cientos de años se han documentado erupciones de gran magnitud, muchas de las cuales han cobrado la vida de las personas asentadas en sus cercanías, como en los casos de Awu, Indonesia (1701), Mount Peleé, Martinica (1902), Santa María, Guatemala (1902), Monte Santa Elena, Estados Unidos (1980), Nevado del Ruiz, Colombia (1985), Pinatubo, Indonesia (1991), sin olvidar la emblemática erupción del Vesubio (79 d.C), el cual motivó que Plinio el Joven describiese desde el Golfo de Nápoles la ocurrencia del flujo piroclástico que cubrió las ciudades de Hercolano y Pompeya (UNDRO – UNESCO, 1987). La erupción del Tambora en Indonesia en 1815 acabó con la vida de 10 mil personas, mientras que por los efectos secundarios de la erupción murieron otras 40 mil debido a la falta de alimento, ya que las tierras de cultivo fueron cubiertas por gruesas capas de ceniza. En 1883 la explosión del Krakatoa provocó un tsunami con olas de más de 35 metros de altura ocasionando la muerte de 36 mil personas (Rose y Chesner, 1987).

El ser humano se ve afectado positiva y negativamente por la actividad volcánica. La posibilidad de cultivar en tierras fértiles gracias a los materiales volcánicos, el espectáculo que representa un volcán en erupción para la atracción de turistas, la oportunidad para los científicos de aprender sobre los procesos volcánicos estudiando uno activo, los materiales de construcción o materias primas para la industria que se pueden extraer de las laderas de los volcanes, así como las aguas termales que son utilizadas en tratamientos terapéuticos y el disfrute general, son atractivos benéficos de la actividad volcánica.

Las poblaciones asentadas en las proximidades de los volcanes también pueden verse afectadas negativamente por los efectos directos: desde ser cubiertos por una colada de lava, lahares o flujos piroclásticos hasta la caída de arena y ceniza volcánica, o el efecto de la contaminación de la atmósfera con dióxido de azufre que produce lluvia ácida. Además de efectos indirectos como los desórdenes hidrológicos a lo largo de los cursos de aguas, daños en cosechas, suelos, animales y personas constituyen los principales efectos de una erupción volcánica.

La convivencia entre seres humanos y volcanes es milenaria. Diferentes civilizaciones a lo largo de la historia del ser humano sobre la Tierra los han admirado y temido. Para los griegos y romanos, por ejemplo, era el dios del fuego y los metales que vivían en el interior de la tierra. En la cultura azteca, era el dios del fuego Huehuetotl, y para los habitantes de Hawaii la diosa Pelé.

En ocasiones las erupciones volcánicas pueden transformar en cuestión de pocos días la morfología circundante, no solo por la cantidad de material eyectado sino también por la combinación con otros elementos. Por ejemplo el material expulsado por el Pinatubo (1991), combinado con las fuertes lluvias producto de un tifón, provocó enormes lahares que afectaron los poblados y extensas áreas de cultivo, los cuales a su vez ocasionaron más pérdidas de vidas que la erupción en sí. También han ocurrido erupciones volcánicas de grandes proporciones en espacios de baja densidad de población y que no han generado daños directos a la vida humana, pero sí a los ecosistemas naturales de la zona, tal y como sucedió con la erupción del volcán Bezimiannyi en la Península de Kamchatka (30 de marzo de 1956), considerada una de las más violentas del siglo XX (Tazieff, 1989).

1.1.3 Vulcanismo y sismicidad en América Central

El extremo sur del istmo centroamericano debe su origen a fenómenos tectónicos que se generaron a finales del Jurásico o principios del Cretácico cuando las placas de Norte América y la del Caribe iniciaron la subducción de una placa oceánica generada en el Pacífico. Esta interacción produjo varios arcos de islas cuya expresión morfológica eran archipiélagos orientados en dirección noreste-sureste y mares someros (con depósitos sedimentarios) que generaron lo que hoy es el istmo centroamericano. El ascenso de las tierras formó el istmo, los mares someros con cuencas sedimentarias a su alrededor se transformaron desde hace unos 13 millones de años en una margen continental activa, donde los procesos tectónicos, en los que participaban activamente el vulcanismo y la sismicidad, abrían y cerraban el istmo permitiendo la comunicación entre el Caribe y el Pacífico.

El Istmo se encuentra sobre las placas tectónicas y de Norte América, en la parte norte correspondiente a Guatemala y el sur de México y del Coco en la parte sur correspondiente a El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y parte de Panamá. A lo largo de la Fosa Mesoamericana (desde Tehuatepec hasta la Fractura de Panamá) se subduce la placa del Coco debajo de las placas del Caribe y de Norte América generando la margen continental activa mesoamericana. La placa del Caribe en su parte sureste, en el centro de Costa Rica, se encuentra fracturada produciendo una microplaca conocida como bloque de Panamá (Protti et al, 2001). El tectonismo característico de las márgenes continentales activas y de los arcos de islas es compartido por el istmo centroamericano. El vulcanismo y la sismicidad son parte de los procesos cotidianos que contribuyen a generar y modelar el territorio.

El proceso de subducción característico de una margen continental convergente es responsable de la generación de grandes sismos o terremotos de interplaca y de esfuerzos tectónicos que a su vez, deforman las placas involucradas para producir sismos de intraplaca, cuyos efectos destructivos son mucho más evidentes cuando ocurren en la subducente (Caribe) que cuando ocurren en la placa subducida (Cocos) dado el gran contraste en la profundidad de foco de los sismos. De la misma forma, es conocida la relación entre la subducción y la presencia de volcanes andesíticos con magmas más viscosos y alto índice de explosividad (relación tefra/lavas. VEI 4 y 5) (Gill, 1981).

En el territorio centroamericano cada año se registran gran cantidad de sismos producto del choque de placas tectónicas y fallamiento superficial o de intraplaca Caribe,

principalmente a lo largo del frente volcánico (línea de los volcanes). Específicamente en el caso de Costa Rica, dos instituciones se encargan del registro y análisis de la actividad sísmica y volcánica (OVSICORI y Red Sísmica Nacional ICE-UCR²), siendo notoria la gran cantidad de eventos de elevada magnitud que se presentan (Ver tablas 1 y 2).

Tabla 1. Algunos terremotos registrados en América Central en los últimos 30 años

Nombre	Año	Magnitud	Víctimas	Pérdidas económicas	Causa
Terremoto de Nicaragua	1972	6,2	11,000	800 millones de dólares	Fallamiento del Frente Volcánico. (Falla Tizcapa)
Terremoto de Guatemala	1976	7,5	23,000	1,1 billones de dólares	Sistema de fallas Polochic-Motagua-Chamalecón
Terremoto de El Salvador	1986	5,7	1500	1,4 billones de dólares	Fallamiento intraplaca Caribe a lo largo del frente volcánico
Terremoto de Limón, Costa Rica	1991	7,6	98	188,3 millones de dólares	Cinturón Deformado del Norte de Panamá en el trasarco

Fuente: Boletín número 3. Centro Sismológico de América Central. CASC. 2001.

Tabla 2. Número de sismos registrados en Costa Rica 1984-2005

Año	Sismos registrados	Observaciones
1984	770	Inicio de operaciones Red Sísmica OVSICORI (9 meses de registro)
1985	1015	Año normal previo a la alta liberación de energía sísmica
1990	5161	Secuencia sísmica Puriscal
1991	9280	Clímax de período de alta liberación de energía Terremoto de Limón M 7.4 Richter
2000	6850	Continúa el periodo de alta liberación de energía
2005	3992	Aunque disminuye el número de sismos, la sismicidad anual no alcanza niveles similares a 1985.

Fuente: Laboratorio de Registro Sísmico. OVSICORI-UNA, 2006

Las erupciones volcánicas son también comunes en América Central, dada la cantidad de volcanes activos existentes. Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica tienen volcanes en constante actividad, algunos de los cuales son de mayor peligrosidad que otros dado su comportamiento eruptivo y la cantidad de población asentada en sus alrededores. Como resultado de la progresiva toma de conciencia en los estados

² Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional (OVSICORI-UNA) y la Red Sísmica Nacional del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Universidad de Costa Rica (UCR).

centroamericanos ante la posibilidad de desastres naturales de origen volcánico (en gran parte influenciados por los esfuerzos del Decenio Internacional para la Reducción de Catástrofes Naturales y sobre todo como resultado de la cooperación internacional que ha capacitado a personal y aportado instrumental científico) surgieron entre 1980-2000 instituciones gubernamentales y/o universitarias que dan seguimiento a la actividad de los volcanes con miras a hacer pronósticos que permitan salvar vidas. Esas instituciones han recapitulado la historia eruptiva violenta ocurrida en los últimos 50 años (Ver tabla 3). Asimismo, se han documentado erupciones importantes durante los últimos 500 años (Perardo y Mora, 1995) (Ver tabla 4).

Tabla 3. Algunas de las erupciones volcánicas más importantes en América Central 1963-2007

Volcán	Año	País	VEI ~³
Volcán Irazú	1963	Costa Rica	3
Volcán Pacaya	1966	Guatemala	4
Volcán Arenal	1968	Costa Rica	3
Volcán Poás	1989, 1994	Costa Rica	1
Volcán de Fuego	1999	Guatemala	3
Volcán Masaya	2001	Nicaragua	2
Volcán Santa Ana	2005	El Salvador	2
Volcán San Cristóbal	2006	Nicaragua	1
Volcán Télica	2007	Nicaragua	1

Fuente: OVSICORI. SNET. INETER. INSIVUMEH. Modificaciones propias.

Tabla 4. Erupciones volcánicas documentadas durante la colonia en América Central

Volcán	Año	País
Volcán Masaya	1587	Nicaragua
Volcán San Salvador	1658	El Salvador
Volcán de Fuego	1717	Guatemala
Volcán de Santa Ana	1722	El Salvador
Volcán Irazú	1723	Costa Rica
Volcán Izalco	1735	El Salvador
Volcán Humito	1775	Guatemala
Volcán Turrialba	1864 y 1866	Costa Rica

Fuente: Elaboración propia a partir de Peraldo y Mora 1995.

1.1.4 Riesgos naturales en Costa Rica

Costa Rica por su ubicación en el extremo sur del arco volcánico mesoamericano, formando parte del cinturón de fuego del Pacífico, está expuesto a sismos y erupciones volcánicas. Según el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica

³ VEI se refiere al índice de explosividad volcánica que va de 0 a 8, por ejemplo las erupciones en Hawaii tienen VEI entre 0 y 2. La erupción de Tambora en 1815 tuvo un VEI 7. En los últimos 10000 años no se han presentado erupciones con VEI 8.

(OVSICORI) tan solo en el año 2005 se registraron 3992 sismos sentidos, lo cual representa un año normal desde el punto de vista sísmico.

La historia sísmica de Costa Rica evidencia la ocurrencia de sismos de gran magnitud que han provocado elevadas pérdidas económicas. Uno de los más recientes fue el ocurrido en la provincia de Limón en 1991, el cual tuvo una magnitud de 7.5 grados en la escala de Richter, generando daños en infraestructura vial, acueductos, alcantarillados, hospitales, aeropuertos y 12000 casas afectadas (5000 necesitaron ser reconstruidas). La suma de las pérdidas económicas según la Comisión Nacional de Emergencia (CNE) fue de más de \$USD 168 millones (CNE, 2006).

Por otro lado Costa Rica posee más de 100 focos volcánicos cuaternarios (Sáenz y Barquero, 1987), de los cuales Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y Turrialba han presentado actividad en tiempos históricos y muestran actividad fumarólica en el presente. La ubicación de los volcanes Poás, Irazú y Turrialba, al noroeste, norte y este del Gran Área Metropolitana (GAM) respectivamente, donde habitan más de la mitad de la población de Costa Rica (2.5 millones de personas) y opera la capital económica del país, hace aún más evidente la exposición de sus pobladores a las erupciones volcánicas.

En 1963, el volcán Irazú, ubicado a aproximadamente 26 kilómetros lineales al este de la capital San José y a 10 kilómetros lineales al norte de la ciudad de Cartago, provocó una gran y prolongada erupción que cubrió San José de cenizas y generó pérdidas millonarias en agricultura y ganadería, además de afectar la salud de los habitantes.

Cuando aún no se habían superado todos los efectos de las erupciones del volcán Irazú (1963-1966) en la parte central de Costa Rica, a unos 100 Km. al noroeste de San José, se volvió a presentar otra crisis volcánica. En un sitio no imaginado por las autoridades costarricenses ni para la mayoría de los científicos del momento, el 29 de julio de 1968 el Volcán Arenal entró en erupción, abriendo tres nuevos cráteres sobre su flanco oeste y devastando más de 12 Km² de denso bosque tropical y fincas ganaderas. El número de víctimas en esa primera erupción superó las 80 personas (Melson y Sáenz, 1977).

Costa Rica aparte de ser un país expuesto a sismos y erupciones volcánicas, se encuentra expuesta a otros riesgos naturales como tormentas tropicales e inundaciones. El régimen de lluvias define la existencia de una región climática donde llueve todo el año, ubicada principalmente en la vertiente Caribe, así como en el Pacífico sur, y de otra región climática en donde existe al menos un mes sin lluvias, cuyo rango de duración va de uno a siete meses, ubicada principalmente en el Pacífico central y norte del país, así como la mayor parte del valle central. Los totales anuales de precipitación oscilan entre 1500 mm y los más de 8000 mm, pero su distribución no es homogénea durante el año. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Tipos de clima en Costa Rica

Tipo de clima	Koppen 1974	Descripción
Tropical húmedo	Af	Llueve todo el año y temperatura media mensual > 18° C durante todo el año.
Templado húmedo	Cw	Llueve todo el año y temperatura media mensual < 18° C al menos durante un mes del año. Modificación por altura del clima Tropical húmedo.
Tropical seco	Aw	Durante el año: Al menos un mes sin lluvias (rango 1-7 meses). Temperatura media mensual > 18° C.
Templado seco	Cf	Durante el año: Al menos un mes sin lluvias (rango 1-7 meses). Temperatura media mensual < 18° C al menos durante un mes del año. Modificación por altura del clima Tropical seco.

Fuente: Brenes y Saborío, 1995

Costa Rica se encuentra ubicada en la zona intertropical (10° N), en el istmo centroamericano, lo que implica una gran influencia oceánica. La posición longitudinal (8° -11° 13' N) aunada con la presencia de un sistema montañoso que alcanza hasta los 3820 metros de altura patrocina la ocurrencia frecuente de intensas lluvias al inducir el relieve ascendencias de los vientos cargados de humedad provenientes tanto del Caribe, como del Pacífico. Los vientos alisios del noreste soplan cargados de humedad durante todo el año y la zona de convergencia intertropical es responsable de los vientos que soplan del Pacífico originando lluvias durante gran parte del año (Brenes y Saborío, 1995) (Ver figura 1).

Según el informe anual del Estado de la Nación⁴ y la Comisión Nacional de Emergencias de Costa Rica, en el año 2005, el país se vio afectado por lluvias fuertes que generaron importantes inundaciones y deslizamientos de tierra con pérdidas económicas de aproximadamente \$USD 150 millones.

⁴ El programa Estado de la Nación fue creado en 1994 para de impulsar y profundizar el estudio sobre el desarrollo humano sostenible de Costa Rica.

Figura 1. Ubicación de Costa Rica en Centroamérica



Fuente: Cartografía de Centro América de CCAD.

1.1.5 Volcanes en Costa Rica

Uno de los primeros registros que se tienen en Costa Rica sobre la actividad volcánica data de 1723. Don Diego de la Haya, gobernador español de la provincia de Costa Rica durante la colonia se refería en su bitácora a la erupción del volcán Irazú de la siguiente forma:

“...Alas 10 de la Noche dio vn trueno grande dicho Bolcan y arrojó vna porcion de fragmentos encendidos y después se cubrió de Niebla toda la altura y parte de la falda; I haviendo amanecido el dia 22 se hallaron las calles de esta ciudad los tejados los Patios campos y Arboledas de sus contornos inundados de cenizas...”⁵

Barquero y Sáenz (1987) han registrado 109 aparatos volcánicos de formación geológica joven en el país. Alvarado (2000) ha contabilizado aproximadamente 300 focos volcánicos en la parte continental. Aún no se han inventariado los focos submarinos de intraplaca que se ubican en la placa del Coco, en aguas territoriales costarricenses, pero se cree que son más de 100. Estos volcanes submarinos, aunque no se conoce que presenten ningún tipo de actividad, están presentes en la dorsal asísmica del Coco, y en la parte rugosa de la placa del Coco, al sureste de la Península de Nicoya. La Isla del Coco, única porción de la dorsal asísmica del Coco que se encuentra emergida, también es una isla de origen volcánico.

Entre los volcanes de la parte continental los más prominentes son los estratovolcanes ubicados a lo largo del frente volcánico de la margen continental activa mesoamericana. Tienen una historia volcánica compleja y resultan de la sobreposición en el tiempo y en el espacio, de diversos focos. Existen algunos de volúmenes menores, detrás del arco volcánico, sobre todo en el extremo sureste del frente volcánico de la parte central del país, tales como los conos de Aguas Zarcas, los maares de Río Cuarto y de la Laguna Hule, los conos de Tortuguero y hacia el ante arco del frente volcánico, los conos de Sabana Redonda y el Monte de la Cruz en la parte central de Costa Rica y el Cerro Chopo ubicado en la vecindad de Tilarán (Malavassi, 1991).

La cantidad de focos volcánicos de Costa Rica es considerable tomando en cuenta que es un territorio pequeño (51100 Km²). De ellos, solo cinco volcanes históricamente activos son monitoreados por los institutos vulcanológicos nacionales: Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y Turrialba. Además, por operar estos institutos a través de redes sismográficas de amplia cobertura en el frente volcánico, tienen capacidad para detectar la presencia de actividad sísmica premonitora en otros volcanes considerados inactivos o que han estado sometidos a un largo periodo de quietud. Por su condición de volcanes potencialmente activos, también se realizan investigaciones en el Miravalles, Platanar, Barva, Volcán Viejo y Tenorio. Su estratigrafía indica que se trata de volcanes activos durante los últimos miles de años, pues presentan formas jóvenes y actividad residual que se manifiesta por medio de suelos calientes o fuentes termales (Ver figura 2).

⁵ Transcripción original del documento de Don Diego de la Haya, que narra la erupción del volcán Irazú en 1723.

Figura 2. Ubicación de los principales volcanes activos de Costa Rica



Fuente: Base cartográfica Instituto Geográfico Nacional
Mapa de volcanes OVSICORI - UNA

1.1.6 La erupción del Volcán Arenal de 1968

Antes de 1968, La Fortuna de San Carlos era uno de los distritos de más difícil acceso del cantón de San Carlos en la región norte de Costa Rica. El acceso por caminos vecinales dependía de los efectos causados por las lluvias y solo era garantizado por unas pocas semanas en los meses de abril o mayo (época de pocas lluvias). Los habitantes del distrito, de 2200 kilómetros cuadrados de superficie, se dedicaban a la ganadería y a la apertura de fincas ganaderas a expensas del bosque primario. Según el censo de población de 1963, La Fortuna tenía 2931 habitantes y el acceso al lugar era por medio de un camino angosto de piedra. A 6 kilómetros en línea recta se encuentra el Cerro Arenal (como era llamado antes de 1968), una montaña poco explorada (INEC, 1963). Los alrededores del Volcán Arenal estaban poblados por pequeñas comunidades campesinas, las cuales desforestaban algunas parcelas de montaña para convertirlas en zonas de pasto y así desarrollar la ganadería. El volcán representaba la frontera agrícola cuya avanzada llegaba por el flanco oeste del volcán hasta casi los 1000 metros sobre el nivel del mar.

El Arenal, antes de 1968, nunca había sido considerado un volcán aunque en ascensiones realizadas a la cima entre 1930 y 1950 ya se reportaban fumarolas. La erupción del Arenal en 1968 fue la primera documentada en ese volcán (Sáenz y Melson, 1977; Melson, 1978). Por otra parte se tienen indicios de poblaciones indígenas que habitaron los alrededores de este volcán (2000 años a.C.) (Sheets et al, 1991) y en la tradición oral de los indios Maleku, ubicados varios decenas de kilómetros al norte del volcán, existen indicios del conocimiento de la actividad de un volcán de fuego en la región (que presentaba incandescencia), posiblemente el Arenal.

También antes de la erupción de 1968, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), inició los estudios técnicos para la construcción de un gran proyecto hidroeléctrico ubicado en Sangregado, a 7 kilómetros al oeste. Este proyecto consistió en la construcción de una represa en el Río Arenal, afluente del Río San Juan, que vierte sus aguas al mar Caribe, para crear un embalse que hace posible generar 372 megavatios (MW) lo que representa la cuarta parte de la energía eléctrica de Costa Rica además de irrigar un área de varias decenas de miles de hectáreas de sabana tropical, lo que permite obtener de ellas al menos dos cosechas anuales principalmente de arroz, caña y cítricos.

El 29 de julio de 1968, el conocido hasta el momento como Cerro Arenal entró en erupción abriendo tres cráteres en el flanco oeste. Afortunadamente para la población de La Fortuna de San Carlos, la erupción impactó el flanco oeste, en tanto La Fortuna se ubica unos seis kilómetros al este de la base del volcán Arenal, es decir del lado opuesto al flanco devastado, lo que hizo que sus vecinos no fueran severamente afectados en sus actividades cotidianas. La impresionante explosión fue registrada en los barógrafos de la gran mayoría de los Observatorios Meteorológicos mundiales (Fudali y Melson, 1972).

Otra gran erupción explosiva ocurrida en la década 1950 en el volcán Bezymiani, en la Península de Kamchatka les dio la oportunidad a los científicos soviéticos de estudiarla. No obstante, por el contexto de la guerra fría, lo distante de la Península de Kamchatka y la crudeza de sus inviernos, pocos investigadores occidentales tuvieron acceso a ese volcán. Por eso, aprovechando el interés del Instituto Smithsonian en los procesos geológicos de corta duración desarrollada durante los años sesenta y ante la oportunidad

que brindaba estudiar una gran explosión volcánica, la erupción del volcán Arenal recibió el interés de muchos científicos a nivel mundial. El Gobierno de Costa Rica por su parte, solicitó a países amigos que enviaran a sus expertos a evaluar la erupción y como resultado recibieron tres misiones científicas de tres países distintos: Japón (Dr. Minakami), México (Drs. Merino y Coronado) y USA (Drs. Melson, Fudali, así como otros científicos del Servicio Geológico de Estados Unidos).

En la actualidad el Arenal está activo y es catalogado como uno de los volcanes con actividad constante en un periodo de tiempo prolongado, lo que lo ha convertido entre los más estudiados del mundo.

1.1.7 Costa Rica como destino turístico

Entre 1987 y 1995 la actividad turística en Costa Rica se desarrolló aceleradamente impactando de forma positiva el PIB y el desarrollo social del país. En 1993, el turismo era la primera fuente de divisas de Costa Rica superando las exportaciones de banano (Sánchez y Barahona, 1996).

En el año 2002 Costa Rica recibió más de un millón de turistas. El turismo generó en ese año \$USD 1100 millones de ingresos, superando la exportación de micro estructuras electrónicas, café y banano. Ya para el año 2005 y según los anuarios del Instituto Costarricense de Turismo (ICT) la cantidad de visitantes que ingresaron al país fue de casi 1.7 millones (Pratt, 2002; ICT, 2005) (Ver tabla 6).

Tabla 6. Turismo y fuentes generadoras de divisas. Costa Rica. 1996-2005
(Cifras en millones de \$USD)

Años	Turismo	Café	Banano
1996	688.6	385.4	667.5
1997	719.3	402.3	629.0
1998	883.5	409.5	667.5
1999	1,036.1	288.7	623.5
2000	1,229.2	272.0	546.5
2001	1,095.5	161.8	516.0
2002	1,078.0	165.1	478.4
2003	1,199.4	195.4	554.3
2004	1,357.4	193.6	553.1
2005	1,569.9	232.7	481.8

FUENTE: Sección Balanza de Pagos del Banco Central de Costa Rica
Área de Estadísticas del Instituto Costarricense de Turismo

Costa Rica comenzó a consolidarse como destino turístico por su tradición pacifista y por los esfuerzos en el campo de la conservación de los recursos naturales, la gran diversidad en paisajes naturales (bosques, playas, montañas, etc) e infraestructura adecuada (hoteles, aeropuertos, servicios varios). El año 2002 el país contaba con más de 15000 habitaciones (16600 habitaciones al año 2005), 1084 empresas dedicadas al turismo y más de 12000 empleos directos solo en la actividad hotelera (Pratt, 2002; ICT, 2005).

1.1.8 Volcán Arenal y La Fortuna como destinos turísticos

Los volcanes son indiscutiblemente atractivos científicos y turísticos. Desde el inicio de su periodo eruptivo, el Arenal manifestó su actividad de diversas formas, todas ellas capaces de despertar admiración, miedo o respeto. La ocurrencia de erupciones estrombolianas entre 1984 y 1993 fue el mayor estímulo para que el Arenal adquiriera prestigio como destino turístico, especialmente por el espectáculo nocturno que representa, lo que ha motivado que sus habitantes gradualmente hayan ido adaptando sus actividades económicas a la presencia de un gran flujo de turistas extranjeros.

Uno de los factores clave que hizo posible la afluencia de turistas al volcán Arenal fue la pavimentación de la carretera Ciudad Quesada-La Fortuna a finales de la década de los setenta (al terminar la administración Carazo)⁶. La construcción de la carretera no trajo el turismo a la Fortuna, pero si lo potenció permitiendo a grupos de turistas visitar el volcán por cuenta propia y estableciendo gradualmente una demanda de servicios turísticos en La Fortuna.

En la segunda mitad de la década de 1980 el desarrollo de la infraestructura turística en La Fortuna era casi inexistente, lento y artesanal. El turista comenzó a llegar a la zona y demandaba servicios. Los lugareños empezaron a rentar a los turistas habitaciones dentro de sus propias casas o en pequeñas cabinas construidas en el patio de sus casas. Los taxistas locales acercaban a los turistas al volcán y empezaron a actuar como hacedores de contactos y eventualmente como improvisados guías turísticos. Algunos conoedores del volcán ofrecían sus servicios a aquellos turistas que quisieran observar el volcán desde sitios poco visitados.

El establecimiento de servicios de balneario en el río Tabacón en sus diversas versiones desde finales de los años ochenta y la posterior apertura a partir de 1993 como el Balneario de Aguas Termales del Río Tabacón representó un hito para los turistas internacionales que valoraban muy bien la experiencia relajante que significa el baño en sus aguas, y demostró al naciente turismo nacional que era posible que una empresa prosperara en un lugar tan remoto. El éxito de Tabacón fomentó que muchos ganaderos quisieran probar fortuna en el sector turístico, a pesar de no contar con conocimiento alguno sobre el tema. Poco a poco la población de la zona fue trasladando sus inversiones de la ganadería al turismo, sin abandonar del todo la actividad ganadera.

A partir de la segunda mitad de la década de 1990 la actividad turística en la zona creció de forma acelerada y sin apenas planificación alguna. No existía normativa que regulara los lugares de construcción y acceso al volcán, olvidándose en algunos casos de que se trataba de un volcán activo y por ende potencialmente peligroso. A pesar de que la mayoría de las edificaciones eran construidas con créditos bancarios, los bancos no manifestaban preocupación por garantizar que las nuevas infraestructuras fueran construidas en sitios seguros, posiblemente porque consideraban el negocio del turismo lo suficientemente atractivo como para garantizar que retornaran los préstamos tal y como fue pactado originalmente.

En agosto de 2000 se produjeron varios incidentes que cambiarían esa condición. Se generó un flujo piroclástico en el flanco noroeste del volcán, cuya oleada (flujo de gas

⁶ Rodrigo Carazo Odio fue presidente de Costa Rica en el periodo 1978 - 1982

caliente y de cenizas poco denso) atrapo a tres personas que realizaban un itinerario turístico dentro de una zona catalogada por los científicos como de alto riesgo. Las tres personas recibieron quemaduras graves en todo el cuerpo, dos de ellas morirían poco tiempo después como resultado de la deshidratación de sus pulmones y por las quemaduras recibidas en su cuerpo. La única sobreviviente pasó varios meses en el hospital y posiblemente nunca se repondrá totalmente de las quemaduras recibidas. Varias semanas después, una avioneta procedente de la costa del Pacífico, decidió sobrevolar el volcán a baja altura tratando de observar los depósitos recientes responsables de la muerte de dos turistas. Lamentablemente a causa de una mala maniobra y las fuertes corrientes de viento que se generan en las cercanías del edificio volcánico, la avioneta se estrelló en la ladera noreste del volcán falleciendo todos sus ocupantes.

Estos incidentes encendieron la alerta sobre la seguridad de los turistas y la de algunas empresas hoteleras que prestaban servicios alrededor del volcán Arenal. Agencias de turismo internacional que venden el volcán Arenal como sitio turístico hicieron saber al Gobierno de Costa Rica su preocupación por la falta de regulaciones en la vecindad del volcán.

Un artículo de la Ley de Reorganización de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias aprobada por la Asamblea Legislativa en 1999 posibilitaba la restricción de los usos del suelo en zonas de alto riesgo en donde se repiten con regularidad procesos capaces de producir desastres. Esta restricción de la propiedad privada fue pensada originalmente para aquellas zonas de la vecindad de los ríos en donde ocurren inundaciones frecuentes y que una vez que el Estado traslada sus ocupantes a terrenos seguros, son ocupadas por los nuevos inmigrantes. Sin embargo, podía ser aplicada sin ningún problema a un volcán activo como el Arenal.

El Gobierno costarricense, con el propósito de evitar que el turismo resultara afectado tomó la decisión política de generar una regulación de usos y accesos alrededor del volcán Arenal y solicitó la colaboración de la Comisión Nacional de Emergencias y de las instituciones responsables del monitoreo volcánico en el país. Como resultado una comisión de trabajo presidida por la CNE estableció una zona de restricción en los usos del suelo sobre la base de criterios técnico-científicos. El resultado final fue un decreto de ley de restricción a los usos del suelo y al libre tránsito de personas en los alrededores del Arenal para lo que resta del período activo actual con el objetivo de iniciar una normativa de seguridad y permitir un desarrollo turístico más seguro.

El crecimiento poblacional y urbanístico de la zona no se ha frenado pero se logró normar el mínimo necesario para garantizar que la seguridad del turista ante los peligros volcánicos fuera tomada en cuenta. Según el ICT en el año 2003 habían registradas en La Fortuna 69 empresas hoteleras las cuales sumaban 855 habitaciones, y en ese mismo año más de 230 mil turistas visitaron la zona.

La disminución de la actividad estromboliana registrada durante la década de 1990, con períodos muy largos en que desaparecieron los espectáculos nocturnos de incandescencia generó consciencia en los propietarios de hoteles de que debían proceder a diversificar su oferta de actividades a los turistas si querían mantener el atractivo para una actividad turística en expansión en donde el número de habitaciones aumentaba significativamente de un año al otro.

Este auge turístico no ha hecho más que aumentar. Ya en 2007 existen aproximadamente 86 hoteles con presuntamente más de 1000 habitaciones (si el crecimiento en el número de habitaciones es proporcional al crecimiento del número de hoteles) en La Fortuna de San Carlos. Obviamente la oferta turística sigue aumentando en todo tipo de servicios como restaurantes, tiendas y empresas encargadas de vender itinerarios.

1.1.9 Vulnerabilidad volcánica vs actividad turística

La distancia en línea recta entre el Volcán Arenal y el casco urbano de La Fortuna de San Carlos es de 6 kilómetros, una distancia que día a día se acorta ya que el crecimiento urbanístico y la creación de infraestructura turística se realizan en dirección al volcán.

Muchos volcanes alrededor del mundo poseen mapas de peligro y amenaza volcánica y con ello los científicos informan a la población y al gobierno sobre las zonas potencialmente peligrosas en caso de erupción. El volcán Arenal es el único volcán a nivel mundial, gracias a la legislación aprobada por la Asamblea Legislativa en 1999, que posibilitó el establecimiento por decreto de una normativa que claramente prohíbe la construcción de infraestructura y regula la visitación en zonas catalogadas de alto riesgo. Esta regulación está claramente orientada a disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura turística y de los visitantes al volcán y por lo tanto minimiza el riesgo para lo que resta del actual periodo eruptivo.

Uno de los problemas que comporta establecer toda normativa de usos del suelo es garantizar su cumplimiento y la zona vecina al volcán Arenal no es la excepción a este problema. Los requisitos para la construcción de edificaciones en muchos casos se incumplen, con o sin complicidad de las autoridades responsables. En estos casos es más fácil comprobar la falta con la simple solicitud de presentación de los documentos respectivos. Resuelto el problema de la ubicación de la infraestructura hotelera, el volcán Arenal continúa siendo un volcán peligroso para aquellas personas que se acercan demasiado al mismo y no respetan las restricciones a la visitación de personas.

Se debe tomar en consideración que en una zona tan turística como lo es La Fortuna de San Carlos, la población en riesgo oscila de acuerdo a la época del año. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), al 30 de junio del 2007, la población residente en el distrito de La Fortuna de San Carlos era de 11943 personas. A esa cifra se le debe sumar la cantidad de turistas que llegan a la zona y que además se mueven alrededor del volcán (más de 230 mil turistas anuales), pero que tiende a tener un máximo durante la estación alta que va de marzo a setiembre. Aunque el turismo en Costa Rica presenta claramente una temporada alta y una temporada baja, esta estacionalidad no es tan importante en el caso de La Fortuna de San Carlos debido a que el turismo que visita Costa Rica siempre quiere visitar el volcán Arenal.

En este sentido la elaboración de un estudio que analice la vulnerabilidad alrededor del volcán Arenal, así como las tendencias de crecimiento de la población y del desarrollo turístico, puede generar un diagnóstico más detallado de la situación y entender la dinámica socioeconómica de la zona, incentivando el desarrollo económico, respetando los factores de riesgo natural y fomentando el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar el nivel de peligrosidad actual del Volcán Arenal y evaluar la exposición y la vulnerabilidad de la población residente y el sector turístico de La Fortuna de San Carlos y alrededores a la actividad volcánica del Arenal.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudiar la historia volcánica del Arenal en el actual ciclo eruptivo y evaluar la actividad volcánica más reciente, a partir de la modelación de las zonas de caída de ceniza en periodos eruptivos anteriores.
- Realizar un diagnóstico de la evolución experimentada por la exposición humana a la actividad volcánica, expresada en términos de crecimiento demográfico y de infraestructura de servicios turísticos.
- Evaluar los usos del suelo actual y las tendencias de crecimiento para proponer una zonificación de usos del suelo de acuerdo a aspectos físico vulcanológicos y comportamientos actuales de crecimiento de población y desarrollo de actividad turística.
- Analizar y evaluar la percepción del riesgo de la población residente y el sector turístico de La Fortuna de San Carlos.

1.3 Metodología

La metodología utilizada para la elaboración de este estudio se resume de la siguiente forma:

1.3.1 Sobre la actividad volcánica del Arenal antes de 1968

Los procesos geológicos que han ocurrido en el pasado, como las erupciones volcánicas, son susceptibles de que la naturaleza los repita. Por ello, es importante caracterizarlos y conocer su intensidad, en especial cuando están adscritos a un volcán en particular, pues permite al especialista identificar posibles procesos a esperar y reconocer sus posibles variaciones de intensidad. Es por esto que revisar los estudios realizados sobre la evolución del Arenal es clave no solo para entender el actual periodo eruptivo sino para saber lo que podemos esperar tanto a mediano como a largo plazo en lo que se refiere a procesos volcánicos y a su intensidad. Existen gran variedad de trabajos científicos que se refieren al volcán Arenal, pero tan solo unos pocos describen y analizan la evolución de la actividad del volcán Arenal antes de 1968.

Por ejemplo Melson y Sáenz caracterizaron la erupción de 1968; Sheets y Melson investigaron sobre las poblaciones indígenas asentadas en los alrededores del Arenal hace varios siglos; Alvarado, Soto, Malavassi y Borgia, han trabajado sobre la geología, petrología, cambios en la actividad del Arenal, y además han caracterizado erupciones prehistóricas tanto la del Cerro Chato como del Arenal. Frullani y Ghigliotti (1992), así

como Soto y Alvarado (2006) han incursionado en los eventos eruptivos del Arenal anterior al actual periodo eruptivo. Por su parte MacKenzie, L., G. A. Abers, K. M. Fischer, E. M. Syracuse, J. M. Protti y V. Gonzalez, (2008) han investigado sobre la zona sismogénica centroamericana y la estructura cortical del frente volcánico del Istmo.

El estudio de las investigaciones realizadas en el Arenal desde el punto de vista vulcanológico es clave para entender el comportamiento del volcán, y poder modelar los eventos eruptivos anteriores a 1968, lo que facilitará el diseño de mapas de dispersión de tefra que ayudarán a entender mejor futuros ciclos eruptivos.

1.3.2 Sobre la actividad volcánica del Arenal desde 1968 hasta la actualidad

Existen más de 200 artículos científicos que se refieren al volcán Arenal, principalmente a diferentes aspectos de su actividad en las últimas décadas. De la misma manera existe una gran cantidad de información en las memorias de Congresos Científicos en forma de resúmenes que representan avances de investigación o resúmenes sobre la evolución de su actividad. Otra cantidad importante de información se reúne en tesis de grado y a través de la entrevista o contacto con expertos en el monitoreo volcánico y/o en la evaluación de riesgo volcánico.

Con base a los principales artículos sobre la evolución de la actividad del volcán Arenal desde el inicio de su actual periodo eruptivo en 1968 se ha elaborado diversa cartografía útil para la consecución de los objetivos del presente trabajo. Los mapas elaborados utilizan la base cartográfica a escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Atlas Digital de Costa Rica elaborado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) del 2004.

1.3.3 Sobre la geología del Arenal

Para la descripción de la geología del Arenal y alrededores se consultaron diversos artículos científicos, tesis de grado y libros sobre vulcanología y específicamente sobre el Arenal (Melson y Sáenz, 1968, 1977, 1978, 1984; Chiesa, 1987; Alvarado, 2000, 2006; Soto y Alvarado, 2006; Malavassi, 1979, 2003, 2005, 2006; Denyer y Siegfried Kussmaul, 2000; Alvarado, Soto, Schmincke, Bolge, Sumita, 2006).

La elaboración del mapa de geología se hizo con base a la información recolectada por Malavassi (1979). Los datos fueron exportados a formato digital en Arcview®. La revisión final del mapa en digital se hizo con el propio autor. Es importante hacer notar que aunque la descripción de la geología del Arenal la han elaborado varios autores en diferentes momentos entre 1968 y 2006, no existen contradicciones substanciales entre las distintas investigaciones realizadas.

1.3.4 Sobre el análisis de los cambios en los usos del suelo, el crecimiento poblacional y el desarrollo de la actividad turística

La descripción de los cambios en los usos del suelo se ha realizado con base a la interpretación de fotografías aéreas y cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Atlas Digital de Costa Rica (2004) del Instituto Tecnológico de Costa Rica

(ITCR) y mapas de elaboración propia de actualización de rutas, senderos y caminos. Una de las limitantes en esta fase es la calidad de la cartografía que produce el IGN y la nula actualización de la misma, sin mencionar la preexistencia de producción cartográfica a gran escala (inferior a 1:50000).

Se han utilizado fotografías aéreas de los años 1988, 1992, 2003 y 2005. Con anterioridad a 1988 existe muy poca información fotográfica en el IGN. Las fotografías tomadas en las décadas de 1950 y 1960 por el Instituto están agotadas y no se prevé su reedición. Por otra parte las fotografías tomadas en los años 2003 y 2005, producto del programa de investigación CARTA (Costa Rica Airborne Research Technology Application) son de buena calidad aunque por problemas en las condiciones meteorológicas a la hora de realizar el vuelo sobre la zona, el área concreta del Volcán fue imposible de fotografiar. En el año 2003 se tomaron fotografías infrarrojas a escala 1:40.000 de la zona de La Fortuna de San Carlos y en el 2005 fotografía infrarroja a escala 1:25.000 de la misma zona.

La realización de cartografía de usos del suelo comportó un proceso de ortorrectificación a través del software ERDAS 8.7® para las fotografías del 2003 y ARCGIS® para las fotografías de 2005. Cabe mencionar que las de 2003 y las de 2005 son fotografías sustancialmente diferentes, debido al tipo de sensor que se utilizó para tomarlas. Las que muestran mejor resolución y calidad son las del año 2005.

Para el caso concreto del estudio del crecimiento urbanístico y de la infraestructura turística en el núcleo de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal se realizó asimismo trabajo de campo entre el año 2001 y 2007 que permitió actualizar en detalle esta información a través del uso de GPS y cartografía previa. Es importante mencionar que la fotografía aérea utilizada no corresponde a lo que se conoce como ortofotomapa, lo que implica que no se hicieron las correcciones atmosféricas y geométricas correspondientes.

En lo que se refiere al análisis del crecimiento poblacional, se utilizó información del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), disponible en formato digital la información de los censos de 1963, 1973, 1984 y 2000, así como información sobre proyecciones de crecimiento poblacional semestral y otros documentos de estadísticas sociales y de población.

En cuanto al desarrollo de la actividad turística en la zona, se dispone de diversa información del Instituto Costarricense de Turismo (ICT), tablas estadísticas con datos de ingreso anual de turistas, zonas más visitadas, información económica, infraestructura disponible en Costa Rica y documentos de planificación de la actividad turística para diferentes zonas del país.

Por último el trabajo de campo realizado durante el año 2007 permitió obtener información sobre el crecimiento actual del sector turístico y las zonas de crecimiento poblacional en los sectores sur, este y norte del casco urbano de La Fortuna de San Carlos, así como el asentamiento Z-13 y El Castillo como nuevo polo de desarrollo.

1.3.5 Sobre el Decreto de Ley sobre la restricción a los usos del suelo y libre tránsito de personas del 11 de enero del 2001

El Decreto de Ley de restricción a los usos del suelo y libre tránsito de personas en el Arenal y alrededores (en adelante el Decreto de Ley) fue publicado en el diario oficial La Gaceta el 11 de enero de 2001.

Para este trabajo se correlacionó la información contenida en el Decreto de Ley con los usos del suelo actual, la tendencia de crecimiento de la infraestructura turística en la zona y la percepción del sector turístico de La Fortuna al respecto (información recolectada en la entrevista aplicada en marzo de 2007 a los representantes turísticos de la zona).

La información contenida en el decreto se ha cartografiado utilizando el software ARCVIEW®, lo que ha permitido sobreponer diferentes capas de información en las zonas de restricción. Una de las capas elaboradas es la ubicación de infraestructura turística en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal. Esta tarea se inició en 2002, en 2003 se publicó la primera versión del mapa de restricciones al usos del suelo y libre tránsito de personas del Arenal (Berrocal y Malavassi, 2003) con información de la ubicación sobre infraestructura turística y usos del suelo urbano en el casco de La Fortuna. También se realizó la actualización de senderos y caminos en el interior del Parque Nacional Volcán Arenal y en las propiedades aledañas al volcán y al Parque.

En marzo de 2007 se volvió a actualizar la información de infraestructura turística en La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, así como de servicios (bancos, tiendas, supermercados, clínicas, etc). Todo ello con el propósito de observar los cambios en el crecimiento de servicios turísticos y además observar el cumplimiento del decreto en torno a la prohibición de construcción en las zonas de restricción.

1.3.6 Sobre la propuesta de zonificación de los usos del suelo en La Fortuna de San Carlos

El capítulo dedicado al análisis de los cambios en los usos del suelo en los años 1992, 1997 y 2005 fue clave para poder trabajar este apartado. La superposición de los mapas de usos del suelo con los de delimitación de peligros volcánicos (mapa de peligros volcánicos), permitió la elaboración de nueva cartografía con propuestas sobre la zonificación de usos del suelo en La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, tomando en consideración el uso del suelo actual, los peligros volcánicos y las posibles zonas de afectación, así como las tendencias de crecimiento tanto de la infraestructura turística, como de las zonas residenciales.

Por último es importante mencionar que el trabajo de campo realizado en la zona desde el año 2001 por la autora de esta investigación, ha permitido mantener conversaciones y entrevistas con la comunidad en general y con el sector turístico de la zona, tanto en periodos de crisis volcánica como en tiempos de reposo. Por otro lado ha permitido también la capacitación en temas de vulcanología y la vivencia de la actividad volcánica que presenta el Arenal. Además el trabajo de 6 años con el Dr. Eduardo Malavassi, vulcanólogo del OVSICORI, ha enriqueciendo mi conocimiento no solo vulcanológico

de la zona sino también empresarial y social de la zona objeto de estudio, dado que el Dr. Malavassi ha investigado sobre el Arenal desde la década de 1970.

1.3.7 Sobre la percepción del riesgo, en el sector turístico y la población residente de La Fortuna y alrededores

El análisis de la percepción del riesgo volcánico que tiene la población de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, se realizó con base a un instrumento de consulta (entrevista) dirigido en primera instancia al sector turístico de la zona y posteriormente a la población residente, tanto del casco urbano de La Fortuna, como del asentamiento Z-13 y la población de El Castillo ubicado a 10 kilómetros lineales al sureste de La Fortuna. El instrumento se elaboró tomando en consideración las características de la población y la importancia del elemento volcán *versus* actividad turística para el sector turismo y la visión de la población residente de la zona.

Se prepararon dos tipos de entrevista distintas, una dirigida al sector turístico y otra a la población residente. Las preguntas fueron revisadas por profesionales con experiencia en investigaciones sobre desastres naturales, como la Dra. Anna Ribas y Lluís Ribera, geógrafos de la Universidad de Girona y una profesional en antropología, Rocío Loría, antropóloga investigadora de la Universidad Nacional en Costa Rica y la Universidad de Costa Rica. Loría sugirió el formato de las preguntas y la forma de entrevista oral, además de apuntar observaciones desde la perspectiva antropológica sobre el pensar de las personas y su situación personal específica en la zona de La Fortuna y alrededores del volcán. Por otra parte se contó con la asesoría de Dr. Timo Partanen, experto en estadística del Instituto de Salud Pública de Finlandia. La realización de las campañas de entrevistas al sector turístico se realizó en marzo de 2007 y a la población residente en junio de 2007.

En el caso del sector turístico, Partanen sugirió asignar a los locales comerciales un “peso” o valor de acuerdo a la ubicación geográfica (cercanía o lejanía) con respecto al foco de riesgo (volcán). De esta forma se segmentó el área en dos grandes sitios, por un lado el casco urbano de La Fortuna de San Carlos y por otro los locales ubicados alrededor del volcán.

El siguiente paso fue la asignación de números consecutivos a los locales y utilizando el Random Number Generator (RNG) se eligió el local a ser entrevistado. Durante el trabajo de campo se presentó el inconveniente de que algunos locales se negaron a ser entrevistados, en ese caso se entrevistaba el local inmediato. Al finalizar las entrevistas, los datos fueron codificados e introducidos al software especializado SPSS 12®, para proceder a los cruces de variables e interpretaciones estadísticas.

En el caso de la población residente Partanen recomendó la contabilización de las viviendas en los sitios de mayor concentración de población y posteriormente dividirlo por la cantidad de entrevistas a realizar. Se establecieron 5 áreas de concentración de la población residente, al sur, este y norte del casco comercial de La Fortuna, el asentamiento Z-13 al oeste de la ciudad de La Fortuna y por último El Castillo, un nuevo polo de desarrollo ubicado cerca del flanco sureste del volcán Arenal.

1.4 Estructura del trabajo

Este trabajo se estructura en nueve capítulos:

Capítulo 1. Presentación.

Se expone la justificación por la cual se decide analizar y evaluar el nivel de exposición y la vulnerabilidad de la población residente y el sector turístico a la actividad volcánica en La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, Costa Rica, explicando diferentes elementos, desde el inicio del ciclo eruptivo de Arenal en 1968 hasta el desarrollo de la actividad turística en la zona y el crecimiento demográfico. También se exponen los objetivos de la investigación y el marco metodológico que se utilizó para el desarrollo de la tesis.

Capítulo 2. Marco teórico.

En este apartado se desarrollan elementos contenidos en las teorías del riesgo, riesgo natural, aceptación del riesgo, desastres naturales, vulnerabilidad y percepción del riesgo por parte de la población. Se exponen las teorías de diversos autores de diferentes ciencias, con especial atención a las contribuciones que diferentes geógrafos a lo largo de los años han hecho en este campo.

Capítulo 3. Geología y actividad del Volcán Arenal.

Síntesis de los acontecimientos más importantes del Arenal anterior a su erupción en 1968, su geología circundante y la propia. Se hace un recuento de las fases más destacadas del Arenal desde el inicio de su ciclo eruptivo en julio de 1968 hasta el presente. Además se modela la distribución de tefras de ciclos eruptivos anteriores al 1968 según investigaciones realizadas por Frullani y Ghigliotti (1992) y Soto y Alvarado (2006) para identificar las zonas que han sido afectadas en erupciones pasadas y las cuales pueden ser impactadas en eventos futuros.

Capítulo 4. Usos del suelo y población.

Se describe la evolución de los usos del suelo en la zona de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, en 1992, 1997 y 2005, utilizando mapas de usos del suelo de la época y generando un nuevo mapa de usos del suelo para el año 2005 a partir de la interpretación de fotografías aéreas. Así también se analiza la tendencia de crecimiento del casco urbano de La Fortuna tanto de infraestructura turística como residencial.

Capítulo 5. Decreto de Ley Restricciones al Uso del Suelo y Libre Tránsito de Personas.

Se realiza en este capítulo una descripción y un análisis del decreto explicando elementos relativos tanto al crecimiento turístico como al residencial.

Capítulo 6. Propuesta de zonificación de usos del suelo.

Para este apartado se tomó como base el capítulo 4 sobre cambios en los usos del suelo. La zonificación vincula no solo los usos del suelo actual sino también los peligros volcánicos existentes en la actualidad y los que se pronostican pueden ocurrir a corto plazo. Para lo anterior se elaboró un mapa de peligros volcánicos basado en la actividad actual y en las zonas de restricción al uso del suelo del decreto de ley del año 2001. Correlacionando ambos elementos se propuso la zonificación.

Capítulo 7. Percepción del riesgo volcánico del sector turístico del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal.

Se realiza un análisis de la entrevista elaborada para medir la percepción del riesgo a la población comerciante de La Fortuna y alrededores, tomando en consideración el tipo de actividad turística, el tiempo de venta de servicios por parte de la empresa, el tiempo de residencia en la zona, la ubicación geográfica, acceso a información sobre la actividad volcánica, las zonas catalogadas como de alto riesgo y sobre el decreto de ley. También se analiza la percepción de la población entrevistada en torno la actividad volcánica.

Capítulo 8. Percepción del riesgo volcánico de la población residente del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal.

Este capítulo es similar al número 7 en el sentido que se analiza la percepción del riesgo de una población seleccionada, en este caso se entrevisto a la población residente tanto de La Fortuna como de Z-13 y El Castillo, en temas sobre la seguridad/inseguridad de sus lugares de residencia con respecto al Volcán, así como las posibilidades e intenciones de las personas de trabajar en lugares cercanos al Arenal, por último se analiza el interés de la población en la adquisición de información referente a la actividad volcánica. Posteriormente se correlacionan las respuestas no solo de la población residente entrevistada sino también la percepción del riesgo de los comerciantes de la zona para de observar las diferencias entre ambos grupos.

Capítulo 9. Consideraciones y recomendaciones.

En este capítulo se retoman los objetivos iniciales de la investigación para analizar el cumplimiento de los mismos a los largo de la tesis.

1.5 Agradecimientos

La elaboración de este trabajo de investigación no se hubiera podido concretar sin la ayuda de muchas personas que desinteresadamente dieron su apoyo y respaldo.

En primer lugar quiero agradecer a mis dos directores de tesis. A la profesora Dra. Anna Ribas que me brindó su asesoría y su experiencia académica, me incentivó a realizar una búsqueda exhaustiva de información, me instó a leer cada día más y a plasmar mis ideas y experiencia en el papel.

Al profesor Dr. Eduardo Malavassi, mi maestro, le agradezco su confianza en mí y el acompañamiento en los buenos y en los malos tiempos. Gracias por invitarme a incursionar en el maravilloso mundo de la vulcanología, por heredarme el gusto por la lava, las explosiones y los flujos piroclásticos y por enseñarme a ver más allá de lo evidente.

También quiero agradecer a Rocío Loría, quien no solo me brindó su apoyo académico, sino que también me acompañó de forma solidaria en este largo camino que significa una tesis doctoral. Gracias por sus ausencias pero sobre todo por sus presencias. Mi familia en el mundo.

Agradezco al Dr. Timo Partanen, por su guía y su ayuda, pero sobre todo por ser un gran amigo, un underdog igual que yo.

Gracias también a mi amiga Lynley Rappaport por llenarme de energía para la última etapa de mi tesis, por ser mi amiga y mi familia en un momento muy complejo de mi vida.

Al Dr. William Melson del Smithsonian Institute, quizás el vulcanólogo con más experiencia y vivencias en el Volcán Arenal, agradezco su ayuda y el atender a mis consultas.

Mi sincero agradecimiento a Federico Chavarría, por permitirme utilizar sus excelentes fotografías aéreas del Volcán Arenal, las cuales me han ayudado a explicar de mejor forma algunos procesos volcánicos específicos del Arenal.

También quiero mostrar mi gratitud a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) por haberme dado la oportunidad de contar con una beca, la cual me ha permitido permanecer en Catalunya desde noviembre de 2006, con el objetivo de escribir esta tesis doctoral. En especial quiero agradecer a Teresa María de Manuel por su ayuda y solidaridad con todos los becarios de AECI en Catalunya.

Gracias infinitas a los pobladores de La Fortuna, Z-13 y El Castillo, por participar en las entrevistas que realicé en la zona, también a los funcionarios de Parque Nacional Volcán Arenal por su ayuda, así como a los representantes del sector turístico de la zona por darme su opinión sobre la actividad del Volcán y permitirme aplicar la entrevista.

Gracias a mis amigos del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, el Dr. Marino Protti, Msc. Victor González, Dra. María Martínez, a Enrique Hernández y Betty Vega, por su apoyo y por ser verdaderos científicos a pesar de las dificultades.

Gracias especiales a mi familia, a mi madre y a mi padre por entender mi ausencia y motivarme a seguir adelante.

Gracias a mis amigos y amigas en Girona y Tarragona, por ser mi familia, a Salva y Sara, Quim y Elena, mis amigos y amigas de la UdG, y de la URV a Hilda, Clau y el Dr. Rubio, Sara, Martín, Mariano, Miguel, Juan, a mi gran amigo Pere, pero sobre todo a Yer y Caro, por entender y respetar los largos días de concentración y aislamiento.

Capítulo 2. Marco Teórico

(...) Floods are “acts of God”, but floods losses are largely acts of man (...)

G. F. White (1945, p.2)

Sobre los desastres naturales y sociales se ha escrito una buena cantidad de literatura que refleja no solo los avances meramente académicos – investigativos sino también a través de los estudios específicos aplicados en lugares que han padecido procesos naturales con consecuencias sociales desastrosas, se han logrado plasmar las enseñanzas en la elaboración de planes de emergencias o planes de ordenamiento territorial. Es importante que los geógrafos analicen los procesos naturales y la interacción con las sociedades, no solo desde la perspectiva geográfica sino también en el entorno de grupos de trabajo multidisciplinarios donde se pueda tener en cuenta la visión e interpretación de otros profesionales para de esta forma elaborar investigaciones más amplias y concretas en el ámbito de las causas y consecuencias de los procesos naturales sobre las poblaciones, temáticas que van desde el punto de vista del estudio de los fenómenos físicos endógenos hasta las de corte más social.

El presente marco teórico presenta las aportaciones realizadas por parte de varios profesionales, no solo de la geografía sino de la geología, geofísica, sociología, psicología y antropología, ya que no basta únicamente con conocer los factores físicos que se desarrollan de forma natural y que son parte de la dinámica terrestre, sino los elementos sociales que hacen que un proceso natural se convierta en un desastre social. En primer lugar se desarrollará la discusión teórica sobre el concepto “riesgo”, desde el origen de la palabra hasta su evolución en algunas ciencias, pasando por la explicación del concepto desde la perspectiva geográfica y concluyendo con la construcción social del riesgo. A continuación se analizará el concepto de “vulnerabilidad” a partir de las definiciones de los conceptos claves para su interpretación: exposición, resistencia y resiliencia. Seguidamente se presentarán los conceptos de peligro y riesgo volcánico y se hará un repaso por las principales investigaciones y experiencias desarrolladas al respecto. Se tratará también las relaciones entre riesgo y turismo, donde a pesar de la poca investigación desarrollada al respecto, se rescata la escasa experiencia publicada. Para acabar, se analiza el concepto de percepción del riesgo desde el punto de vista de la psicología, la sociología y la antropología como las ciencias que más han desarrollado el tema, para terminar exponiendo el concepto de percepción de riesgo volcánico.

2.1 Conceptualizando el riesgo

2.1.1 Origen de la palabra riesgo

El origen de la palabra *riesgo* no es del todo claro. Para algunos autores, como Luhmann (1996), el origen de esta palabra es desconocido aunque existe la posibilidad de que proceda del árabe, dada su presencia en documentos medievales italianos. Para Douglas (1987) el término riesgo nació en Francia en el siglo XVII como parte de la teoría de las probabilidades (García, 2005).

Para Epalza (1989) la palabra *riesgo* es de origen árabe-islámico relacionada a la noción islámica de *rizq* del Corán que significa, *cuanto depara la Providencia*, que puede ser bueno o malo. Epalza menciona que el Corán utiliza esta palabra en más de 120 versículos. El *rizq* es un don que Dios da al hombre quien es su destinatario en concreto, es fruto del cielo y la tierra, algo que solo Dios crea y que hace bajar del cielo ya que es el “proveedor” (Ar-Razz, El Proveedor). El *rizq* es parte del porvenir del matrimonio, de los viajes por tierra y mar, los alimentos, el agua. Según la tradición religiosa del Islam, el hombre debe creer en Dios para satisfacer las necesidades y para la protección ante

los peligros sobre todo en los viajes por el mar. Los antiguos árabes viajaron por todo el Mediterráneo con propósitos comerciales. En sus viajes a Europa, las lenguas europeas adoptaron el término *rizq* (árabe-islámico) debido a que no existía una palabra equivalente para expresar los peligros de las travesías marinas. Pero sus dones religiosos de providencia se pierden con el cambio idiomático ya que existía una gran variedad de connotaciones idiomáticas de origen griego y latino (Epalza, 1989).

Posteriormente la palabra se encontraría en documentos italianos medievales en latín del siglo XI como *riscum*, *risichium*, *risquo*, *rischis* e incluso en el francés como *risque* de origen italiano medieval. Según el mismo Epalza (1989) la palabra italiana *risquo* aún mantiene ambivalencias de su origen árabe-islámico (bueno o malo) como por ejemplo *correr un riesgo* o *asumir el riesgo de* y es justo el idioma italiano el que mantiene con más riqueza la ambigüedad de *perigro-seguro*. En las otras lenguas europeas el sentido de peligro se convirtió en el dominante, el riesgo se convirtió en *perigro*, *temor*, *catástrofe*, connotación que no tenía en las dos etapas precedentes, donde por el contrario, se le atribuía la confianza en Dios descrita en el Corán.

2.1.2 Evolución del concepto en las distintas ciencias

El riesgo como concepto tiene casi tantas definiciones como disciplinas científicas existen, seguramente por este motivo el riesgo no ha sido abordado de forma integral, sino que por el contrario ha sido fragmentado de acuerdo al enfoque de cada disciplina (Carreño, 2006).

Aunque el estudio formal teórico académico de los riesgos se inicia con pioneros como el canadiense Samuel Henry Prince quien en 1920 catalogó todo evento catastrófico como causa de un rápido cambio social (Saavedra, 1996), ya desde el siglo XVIII Rousseau argumentaba en su *Carta sobre la Providencia* dirigida a Voltaire (1756) como los desastres no eran un episodio meramente natural sino que estaban compuestos de elementos sociales (García, 2005).

“...La gran mayoría de nuestros males físicos son obra nuestra. Teniendo el caso de Lisboa hay que considerar que si no hubiera habido 20 mil casas de 6 o 7 pisos, y que si los habitantes de esta gran ciudad hubieran estado mejor y más ligeramente distribuidos, el daño hubiera sido mucho menor y quizás incluso nulo, como si nada hubiera ocurrido...” (Citado en García, 2005, p.19)

En este texto el filósofo deja claro que cientos de vidas se pudieron haber salvado con un poco de planificación urbana y que el culpable de tantas muertes no era el terremoto como proceso natural sino el mismo ser humano.

Posterior a Rousseau y Voltaire (quienes desde su escritura y pensamiento filosófico describían y analizaban procesos como el terremoto y el tsunami de Lisboa así como las vivencias y experiencias de la Europa del siglo XVIII) y Prince que incursionaba a principios del siglo XX en la argumentación y fundamento teórico científico del dualismo catástrofe – cambio sociedad, en la década de 1940 el geógrafo Gilbert White y sus colegas de la Universidad de Chicago fueron los primeros en postular académicamente que los desastres no eran sinónimo de amenaza natural, sino que el riesgo a sufrir un desastre depende no solo de la amenaza natural sino también de la vulnerabilidad de la sociedad al riesgo (Maskrey, 1997).

Por otra parte en la década de 1960 los desastres naturales comenzaron a ser investigados también desde la óptica económica con autores como Dacy y Kunreuther (1969), quienes por medio de fórmulas matemáticas calculaban el riesgo de acuerdo a la probabilidad de que el evento sucediera, basándose justamente en eventos ocurridos en el pasado y sus períodos de recurrencia, aplicado sobre todo a los ciclos de recurrencia de las inundaciones. Este razonamiento es utilizando en gran medida por las empresas aseguradoras ya que el riesgo se mide de acuerdo a las pérdidas económicas de los bienes sin tomar en cuenta los efectos sociales. Desde esta perspectiva lo que miden las instituciones como riesgo y lo que experimenta la población no siempre es compatible, es entonces cuando se distingue por parte de la corriente económica entre *riesgo real* y el *riesgo percibido* definido por la comunidad (Perry y Montiel, 1996).

Entre tanto, desde la sociología, Henry Quarantelli y Rusell Dynes, en la misma década de 1960, relacionaron el comportamiento colectivo y el análisis organizacional con el estudio sobre desastres. Por formar parte de los enfoques propios de la sociología norteamericana y estar basados en situaciones empíricas pensadas para la realidad de los Estados Unidos de la época, no tuvieron influencia entre los investigadores de América Latina. Fue el arquitecto inglés Ian Davis quien pensando en la relación entre desastres y vivienda investigó los desastres desde una perspectiva social, sus trabajos fueron traducidos al español y difundidos en Latinoamérica (Maskrey, 1993).

Poco después en la década de 1970 sociólogos y psicólogos como Erikson (1976) y Mileti (1974) mencionan que el riesgo es un estado de percepción mental del individuo ante el peligro, desechando la probabilidad y las consecuencias. Estas conclusiones están relacionadas con las investigaciones de Anthony Wallace, (*“Human Behavior in Extreme Situations”*, 1956) quien argumenta que las personas temen a los desastres naturales por la capacidad de los mismos de interrumpir de forma violenta sus vidas. Esta conceptualización deja fuera elementos importantes como los daños a las propiedades y la amenaza a la vida, convirtiendo de esta manera al riesgo en una conceptualización subjetiva (Perry y Montiel, 1996).

En síntesis, los riesgos no son el equivalente a destrucción aunque amenacen con hacerlo. La percepción de los riesgos amenazantes determina el pensamiento y la acción de los seres humanos. El riesgo es expuesto de forma subjetiva por los individuos y percibido de forma individual de manera que no es definido únicamente por la cantidad de pérdidas económicas sino por la capacidad de interrumpir de forma abrupta el ritmo de vida cotidiana (Beck, 2000; Perry y Montiel, 1996).

2.1.3 El riesgo desde la perspectiva geográfica

El diccionario de geografía humana de Johnston, Gregory y Smith (1987) define riesgo ambiental como “cualquier riesgo que los individuos puedan encontrar en el entorno físico” (p. 499). Por su parte Whittow en el diccionario de geografía física (1988) define riesgo como un “hecho percibido que amenaza la vida o el bienestar de un organismo, especialmente el hombre. Una catástrofe o un desastre es la materialización de un riesgo” (p.442).

En el año 1927 se comienza a plantear en los Estados Unidos la necesidad del estudio a fondo de los peligros y riesgos naturales a raíz de lograr una administración óptima de las cuencas fluviales para el aprovechamiento de sus recursos y el control de

inundaciones. Dos décadas después el geógrafo Gilbert F. White, después de haber trabajado más de una década al servicio de la administración pública en Estados Unidos, publica su tesis doctoral titulada *Human adjustment to floods. A geographical approach to the flood problem in the United States*, donde expuso su teoría sobre el acercamiento geográfico al problema de las inundaciones en Estados Unidos. White (1945) hace todo un recuento de la legislación estadounidense con respecto a las obras civiles para amortiguar el efecto de las inundaciones sobre la población, además profundiza en el problema de las inundaciones desde el punto de vista físico proponiendo finalmente medidas correctivas para evitar las pérdidas materiales y de vidas humanas que se presentaban año tras año en Estados Unidos.

Exponiendo el problema, White (1945) emite quizás una de las frases más significativas de su estudio, “(...) floods are “acts of God”, but flood losses are largely acts of man (...)” (p.2) (“las inundaciones son actos de Dios, pero las pérdidas son en gran parte actos del hombre”). Dejando claro que la acción de la naturaleza no es la que genera los riesgos sino la falta de planificación y poca visión de futuro por parte de las sociedades. White añade que el aumento de los gastos para el control de inundaciones no eliminó los peligros, al contrario, estos aún permanecían debido a que la expansión urbana invadió las zonas protegidas. Las soluciones que se proponían por parte del Gobierno de los Estados Unidos eran estrictamente de carácter ingenieril, sin tomar en consideración la ocupación urbana.

En lo que fue su tesis doctoral White (1945) expone los ajustes que se pueden implementar para disminuir el riesgo por inundaciones. Elementos claves como escoger zonas de terreno elevadas para la construcción no solo de zonas residenciales sino también para la instalación de infraestructuras como carreteras, autopistas, zonas comerciales y manufactureras, disminuirán las pérdidas económicas en caso de inundación.

También concluye que el control de la erosión, plantación de árboles, la buena gestión de las cuencas altas, brinda la posibilidad de disminuir la severidad de las inundaciones, unido a obras de ingeniería pensadas para la protección como por ejemplo los diques. Pero sus aportes van más allá pues menciona que es necesario tener planes de emergencia en caso de inundaciones y una adecuada planificación y gestión del uso del suelo.

Aunque White en la década de 1940 ya aludía a la relación sociedad – naturaleza como el factor explicativo más determinante en la generación de riesgos naturales y se reconoce como el pionero dentro de la geografía del estudio social de los desastres, el abordaje integral social sobre los riesgos naturales se vio relegado por razones políticas y económicas. El grupo de White retoma en la década de 1970 y presenta con mayor madurez diversas investigaciones sobre peligros ambientales en sus libros *Natural hazards local, national and global* (1974), así como *The human ecology of the extreme geophysical events* (1968), de Burton, Kates y White. Estos geógrafos centraron su investigación en la percepción de amenazas y riesgos y fueron los primeros en postular en 1974 que los desastres no son sinónimo de amenaza natural. Para White el riesgo de sufrir un desastre no depende solamente de la magnitud de la amenaza natural sino de la vulnerabilidad de la sociedad expuesta, por lo que:

Riesgo = Vulnerabilidad * Amenaza⁷

White y su equipo en 1978 y 1993 exponen la relación de los riesgos naturales con el crecimiento demográfico acelerado y los procesos económicos, sociales y ambientales, lo que claramente apunta a los países en vía de desarrollo como los candidatos a padecer el impacto social y económico de los procesos naturales, aduciendo que a mayor desarrollo económico de las sociedades el número de muertes y las pérdidas económicas en términos absolutos a causa de los riesgos naturales, será menor (Saurí, 2003).

Por su parte Hewitt (1983) expone la necesidad de globalizar la teoría social sobre los desastres naturales. Para este geógrafo y geomórfologo, los desastres naturales son eventos temporal y territorialmente segregados en donde la causalidad tiene que ver con los extremos en los procesos físicos-naturales, aunque si bien la existencia en sí de un evento extremo no es sinónimo de desastre sin que tenga un efecto negativo para la sociedad (Lavell, 1993). Al respecto Hewitt escribe en *“La idea de la calamidad en una edad tecnocrática”*

“(…) La implicación siempre parece ser que un desastre ocurre por las recurrencias fortuitas de extremos naturales, modificados en detalle, pero fortuitamente, por circunstancias humanas.” (Ibid, p. 5)

Más adelante, en la década de 1980 se da un nuevo avance en la geografía con respecto al estudio de los riesgos y peligros naturales, ya que se comienza a dar énfasis a la relación entre peligros naturales y subdesarrollo económico y el aumento de los efectos de los desastres, así como la atención a los peligros antrópicos (Aneas, 2000).

El geógrafo Jean Tricart (1982), en su artículo “El hombre y los cataclismos” analiza la importancia de conocer los peligros en zonas específicas y asevera que la conciencia del riesgo y la decisión política son parte fundamental del ordenamiento territorial, mucho más importantes quizás que conocer en detalle y diagnosticar el problema.

En ese mismo año otro geógrafo francés Michel Faucher en un artículo titulado “Geografía humana de los riesgos naturales” propone como metodología la sobreposición de mapas temáticos de las zonas con peligros naturales y los de población, de esta forma podrían visualizar de forma cartográfica las zonas vulnerables aplicando el análisis espacial. Aunque este enfoque fue utilizado en primera instancia por las compañías de seguros quienes podían determinar así los cuánticos de los seguros, esta metodología comenzó a ser utilizada en diversos estudios de corte geográfico con la incorporación de los denominados Sistemas de Información Geográfica (Aneas, 2000).

También se desarrolló el estudio en otros ejes temáticos como por ejemplo la percepción ante la sequía en las llanuras de los Estados Unidos (Saarinen, 1973). Por su parte, Hewitt y Burton (1971) iniciaron importantes investigaciones sobre los riesgos en la ciudad de Ontario y el impacto sobre la población, ampliando aún más la diversidad de estudios en el campo de los riesgos naturales desde el punto de vista geográfico.

⁷ En la bibliografía sobre riesgos y peligros naturales más reciente se incluye la variable “exposición” a la fórmula.

Para la década de 1990 y retomando el interés por las relaciones entre naturaleza y sociedad, la geografía anglosajona incorpora la ecología política con tendencias izquierdistas en las investigaciones sobre riesgos naturales. Este enfoque difiere de la economía política desarrollada en la década de 1970 y 1980, sobre todo porque cuestiona el materialismo histórico como eje principal para explicar los elementos ambientales en el desarrollo de las sociedades (Saurí, 2003).

Hewitt (1983) apuntó que los riesgos naturales no son sucesos extraordinarios que suceden de forma casual y que por esa misma casualidad afecta a las sociedades, sino que son elementos que componen la cotidianidad socioambiental, por esta razón es que la gestión y tratamiento de los riesgos naturales debe ser protagonista en la planificación territorial. En las nuevas corrientes geográficas los riesgos naturales dejaron el simple dualismo naturaleza-sociedad para convertirse en híbridos de carácter multidimensional (Saurí, 2003; Downing y Bakker, 2000).

Menciona Calvo (2003) que el riesgo tiene una dimensión espacial porque se presenta en un territorio determinado, y es justo el análisis espacial la clave de trabajo del geógrafo. Es importante cartografiar los espacios y el tipo de riesgo que amenaza el territorio, esta tarea puede ser compleja o simple, sobre todo cuando el origen de este riesgo es muy concreto. Delimitar el territorio bajo riesgo es menos complicado, esto sucede con riesgos como el volcánico donde por medio de modelización y cartografía especializada, además de los estudios estratigráficos es posible delimitar el área de acción de las antiguas y futuras erupciones. De esta forma se pueden elaborar políticas de gestión basadas sobre todo dentro del concepto de “riesgo aceptable”.

En definitiva, desde la geografía, y gracias a los trabajos pioneros de White y su equipo de trabajo se ha avanzado en los últimos años en la denominada geografía de los riesgos, donde investigadores analizan los riesgos y peligros naturales desde el enfoque de la geografía global, donde es indispensable no solo entender la dinámica física de los procesos naturales sino la complejidad social que convierte en vulnerables a millones de personas alrededor del mundo.

2.1.4 Aportaciones desde América Latina al estudio de los riesgos naturales

Prácticamente todos los países latinoamericanos han sufrido el impacto ambiental y social de algún proceso natural, desde terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos, sequías, tormentas tropicales, huracanes, etc. En algunos países de América Latina desde la década de 1960 se comenzaron a registrar grandes desastres, entre los que se pueden mencionar los terremotos de Huaraz (1970), Managua (1972), Guatemala (1976), Popayán (1983), México (1985), San Salvador (1986), Limón (1991), huracanes como Fifi en Honduras (1974), Juana en Nicaragua (1988), erupciones volcánicas como Chichonal (1982), Nevado del Ruiz (1985), grandes inundaciones relacionadas con el fenómeno del Niño en los países andinos (1981-1982), tormentas tropicales e inundaciones en Honduras y Nicaragua (1983), Costa Rica (1991, 1992, 1996), Cuenca del Río Panuco en la década de 1990, Lima-Callao (1984), etc, sin contar los eventos de menor escala que se dan año a año en todos los países latinoamericanos (Lavell, 1996).

Muchos de los procesos naturales mencionados anteriormente causaron que en los diversos países se comenzaran a establecer estructuras gubernamentales para la gestión y la atención de las emergencias, institucionalizando de esta forma la gestión de los desastres. Así mismo numerosas instituciones científicas realizan importantes aportaciones al estudio y análisis de los procesos de origen natural.

A modo de ejemplo en México funciona el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) a parte de los institutos científicos vinculados a las universidades que se encargan del monitoreo de volcanes y zonas sísmicas. En Nicaragua existe el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), quien se encarga de la geodesia y cartografía, meteorología, vulcanología y sismología además de los estudios de ordenamiento territorial. Ecuador por su parte realiza sus investigaciones científicas desde el Instituto Geofísico. Colombia cuenta con el Instituto Colombiano de Geología y Minería. A nivel de América Central se cuenta con la presencia del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC).

Paralelamente a la aparición de estos institutos científicos y gubernamentales, en América Latina trabajan instituciones científico-académicas que realizan investigaciones y estudios de caso sobre el impacto no solo físico de los eventos naturales sino de las consecuencias sociales, lideradas por científicos y académicos latinoamericanos. Una de estas organizaciones es la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED) fundada en 1992 en la ciudad de Limón, Costa Rica, y que involucra a diversas instituciones académicas y científicas latinoamericanas, en cuya agenda de investigación se incluyen temas como: Estado, sistemas políticos y desastres naturales, desastres y modelos de desarrollo, desastres y cultura, modelos organizativos-administrativos para la prevención de desastres, sistemas de instrumentos para la prevención, atención y recuperación de desastres, entre otros.

Entre los estudios e investigaciones que científicos y académicos latinoamericanos han desarrollado dentro de La Red, se pueden mencionar estudios sobre prevención, mitigación y participación ciudadana (Cardona, 1997; Lungo y Baires, 1996; Bermúdez, 1997; Wilches-Chaux, 1997; León y Guillén, 1996; Arguello, 1997; Medina, 1997; Sanahuja, 1999), evaluación, prevención y mitigación de desastres en zonas urbanas (Gellert, 1996; Lavell, 1997a; Cardona, 1993a), zonificación de amenazas naturales, análisis de riesgo (Fernández, 1998; Flores, 1998; Macías, 1993; Velásquez y Rosales, 1999; Mansilla, 1996), manejo de riesgos y los preparativos para desastres (Ramírez y Cardona, 1996; Campos, 2000; Mansilla, 2000; 2006), etc.

La cantidad de libros, revistas, artículos y proyectos elaborados por La Red en conjunto con la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y otros institutos académicos latinoamericanos es muy amplia, al igual que las disciplinas de los investigadores que colaboran y publican en esta organización, donde se encuentran sociólogos, ingenieros, abogados, antropólogos, geógrafos, urbanistas, arquitectos, médicos, etc. Además América Latina es también objeto de investigaciones en el campo de los desastres naturales no solo por parte de científicos latinoamericanos sino de otras partes del mundo quienes aportan sus conocimientos, capacitación y experiencias a los estudios específicos de la región.

Por ejemplo el geógrafo francés Pierre Peltre (1989) realizó en la ciudad de Quito estudios cronológicos (1900-1988) sobre las inundaciones que periódicamente afectan esta ciudad. Textualmente dice en la introducción de su artículo publicado en Estudios de Geografía: “*los geógrafos están particularmente preparados para estudiar los riesgos morfoclimáticos, los cuales dependen del efecto de los excesos climáticos sobre el relieve y los suelos y los morfovolcánicos, movimientos geomorfológicos generados por la erupción del un volcán*” (Peltre, 1989. p. 3).

Peltre en su investigación cronológica de las inundaciones en Quito logró ubicar las zonas susceptibles a aluviones, inundaciones, hundimientos y derrumbes. Indica las áreas que futuramente serán afectadas por lahares secundarios en caso de una nueva erupción del volcán Guagua Pichincha. Estos lahares constituyen la mayor amenaza para la ciudad, una ciudad que en cien años ha multiplicado su superficie por cuarenta (Peltre, 1989).

Otro investigador que ha trabajado en América Latina es Andrew Maskrey quien también colabora con La Red. Este urbanista ha trabajado en diversos documentos como por ejemplo: “Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima” (1985), “Manejo popular de los desastres naturales: Estudio de vulnerabilidad y mitigación” (1989), “Los desastres no son naturales” (1993), etc.

La diversidad de población, culturas, idiomas, economías, paisajes, climas, etc que posee Latinoamérica convierten a esta región en un laboratorio abierto para la investigación en desastres naturales y sociales. La población latinoamericana no es ajena a los procesos naturales, como tampoco es ajena a la capacitación en el tema, en este aspecto nunca se hace lo suficiente. Las diversas experiencias y vivencias no solo de la población sino también de los científicos y académicos hacen avanzar día a día el tema de la gestión, prevención y mitigación de los desastres naturales y sociales.

2.1.5 El riesgo como construcción social

El geógrafo Hewitt en sus trabajos *La Idea de la Calamidad en una Edad Tecnocrática* (1983) y *Regions of Risk* (1997) propone un enfoque alternativo para el estudio del riesgo y los desastres naturales al enfatizar que para poder analizar el desastre de forma completa se deben tomar en consideración las variables socioeconómicas de los grupos afectados ya que la amenaza sea natural o antropogénica no es el único elemento enzimático del desastre. Así pues el problema recae en el riesgo como tal y no en el evento, analizando conjuntamente la amenaza y los mecanismos del riesgo. Hewitt menciona que un evento natural extremo no constituye en sí un desastre sin que tenga un impacto negativo en la sociedad. Los riesgos naturales no son sucesos extraordinarios sino procesos ligados a la cotidianidad socioambiental, multidimensionales y multifactoriales, riesgos como híbridos, eliminando el simple dualismo naturaleza-sociedad, los riesgos son reales y se construyen (García, 2005; Lavell, 1993; Saurí, 2003).

Lash (1999) por su parte introduce el término *cultura del riesgo* en donde explica la estructura cultural del riesgo tomando en cuenta la teoría y los estudios culturales. Riesgo es el enfoque moderno de la previsión y control de las consecuencias no deseadas de la modernización radicalizada. En este sentido la globalización del riesgo

no es sinónimo de igualdad global del riesgo, pues éste depende en buena parte de decisiones políticas y económicas de un país o región.

El riesgo como construcción social también tiene que ver con la generación de condiciones de vulnerabilidad y desigualdad social como por ejemplo zonas residenciales a orillas de los ríos, dificultades económicas para la adquisición de seguros, ausencia de programas de concienciación sobre riesgos y peligros, inexistencia de organizaciones comunales, etc. La vulnerabilidad más usual es la económica, donde la relación entre el impacto de un desastre y las políticas locales y regionales de desarrollo económico explican la vulnerabilidad. Lo anterior lleva a replantearse y/o cuestionarse la relación entre los desastres, la degradación y problemática ambiental, la sostenibilidad (“desarrollo sostenible”) de los modelos de desarrollo, evidenciando que la mayor parte de *los desastres representan problemas no resueltos del desarrollo* (Lavell, 1999; p.4).

Otro elemento a considerar es el crecimiento demográfico que genera presión sobre los recursos naturales, económicos y tecnológicos en combinación con los modelos económicos impuestos sobre todo en países denominados en vías de desarrollo donde el Fondo Monetario Internacional (FMI) y los bloques económicos más poderosos imponen las políticas económicas para una región determinada. Todo lo anterior ha generado variaciones radicales e importantes en la biodiversidad y en las condiciones y desigualdades sociales (Ruíz, 2005).

Por otra parte en la construcción social del riesgo la percepción de la población hacia el riesgo constituye un elemento importante ya que ésta va a determinar la visión de las personas sobre las amenazas naturales o antrópicas. La percepción racional de los riesgos está marcada en la mayoría de los casos por la falta de información y la omisión de los contextos sociales en la definición de los símbolos que permiten identificar los riesgos mínimos (Duclos, 1987).

Según Douglas (1996) es prácticamente imposible llegar a una única definición de riesgo ya que este es producto del conjunto de conocimientos (construcción social) y a su vez de aceptación en donde entra en juego la percepción como construcción cultural del medio:

“(...) La base del argumento antropológico es que los riesgos siempre están cargados de implicaciones morales; la percepción del riesgo depende del sistema social; los individuos utilizan los peligros del ambiente para sostener el sistema social al cual están vinculados criticando o disculpando por aceptar o no los riesgos (Douglas, 1987; p.58).

Para los antropólogos, la percepción del riesgo es un producto de la construcción cultural de las diferentes sociedades, por tal motivo el riesgo no puede ser objetivo. Según Douglas (1996) se debe incluir en los estudios de percepción de riesgo los procesos sociales implicados, no solo los de origen natural o tecnológico sino también los relacionados con los eventos económicos y políticos local, regional, nacional e internacional.

Para poder entender la percepción del riesgo es necesario aceptar la dimensión social del riesgo ya que es un fenómeno social y no individual, tomando en consideración las

creencias y vivencias del tipo de sociedad analizada (García, 2005). Así, las características y el comportamiento de estos grupos sociales es lo que determina la existencia real de riesgo (Calvo, 1997).

2.2 Vulnerabilidad al riesgo

2.2.1 La vulnerabilidad como concepto

Para entender de forma correcta el concepto de vulnerabilidad al riesgo es necesario mencionar que un desastre sólo y únicamente se produce cuando existe una interacción entre el riesgo y la situación determinada de un grupo de personas que al final padece los efectos negativos, y que tiene que ver con la intensidad del evento físico extremo y la capacidad de la sociedad de defensa. La vulnerabilidad se define pues, como el desequilibrio entre la estructura social y el medio físico (Calvo, 2001).

Para Blaikie et al (1996), la vulnerabilidad es la capacidad de una persona o grupo de personas para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Tiene que ver con una combinación de factores que determinan el riesgo inminente a la vida y los bienes.

La vulnerabilidad está ligada al estatus socioeconómico del individuo o grupo de personas, y a elementos como etnia, género, edad, acceso a la información, el conocimiento cultural y las redes sociales. Por lo tanto existen grupos más propensos que otros y niveles diversos de vulnerabilidad o vulnerabilidades diversas. Por todo ello, la vulnerabilidad no se puede medir sin primero saber la capacidad de la población de absorber, responder o recuperarse del impacto. Es importante no asociar únicamente la pobreza a la vulnerabilidad ni ver a la misma vulnerabilidad como una característica o propiedad sino como una condición (Blaikie et al, 1996; Cardona, 2001; Saurí, 2003).

Las sociedades son dinámicas y por lo tanto la vulnerabilidad también lo es. El grado de vulnerabilidad es cambiante entre sociedades e incluso una misma sociedad o grupo de personas puede tener diferentes índices de vulnerabilidad de acuerdo a la amenaza. Por lo tanto no es posible generar modelos predictivos adecuados al menos a corto plazo, que ayuden a visualizar la heterogeneidad de la vulnerabilidad y de las sociedades, evitando convertir el desastre en la simple estimación de pérdidas humanas y económicas (Calvo, 2001).

En este sentido no se debe olvidar que existe un dualismo entre vulnerabilidad y amenaza. Los desastres son el resultado de la relación entre ambos elementos, no existe riesgo si la vulnerabilidad es cero aunque exista amenaza, y puede haber población en estado de vulnerabilidad pero ningún evento catastrófico extremo (Blaikie et al, 1996).

Según Cardona (2001), el marco conceptual de la vulnerabilidad se comenzó a dar a partir de la misma experiencia humana, como un factor de riesgo interno que significa la factibilidad de que una persona, un grupo social o un sistema expuesto a ser afectado por el proceso que representa la amenaza. No se puede ser vulnerable si no se está amenazado o expuesto a una amenaza latente. De ahí es que desde una perspectiva técnica se busque reducir esa vulnerabilidad con medidas de prevención-mitigación.

(...) la vulnerabilidad es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste (...) (Cardona, 2001, p.2).

Si bien el nivel de vulnerabilidad más reconocido es la vulnerabilidad física que se refiere a la típica localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo (llanuras de inundación, cauces de río, cercanas a zonas de laderas inestables, entre otras), existen otros niveles de vulnerabilidad a tomar en consideración. Uno de ellos es la vulnerabilidad social, es decir la inexistencia de redes sociales en una comunidad, ningún tipo de organización de la sociedad civil. Este tipo de organizaciones pueden ser, por ejemplo, asociaciones comunales de desarrollo, comités locales de emergencia, asociaciones comunales de mujeres, comités campesinos. La organización comunal puede marcar la diferencia en la real capacidad de respuesta que tenga un grupo definido ante un evento natural o social (Wilches, 1993).

Wilches (1993) apunta hacia otros tipos de vulnerabilidades, como la política, la técnica, la cultural, la ideológica, la educativa, la ecológica, la institucional, donde los desastres “naturales” no son tan solo la mezcla de un fenómeno natural y una sociedad, sino que esa sociedad es un sistema complejo de convivencia, donde unos pocos toman las decisiones y muchos otros las sufren negativa y/o positivamente.

Downing y Bakker (2000) mencionan que el riesgo depende de la vulnerabilidad más que de la frecuencia y magnitud de los procesos naturales, la misma es cambiante de acuerdo a los condicionantes antrópicos y naturales.

Y aunque existen situaciones sociales que pueden asociarse con la vulnerabilidad desde la perspectiva de los desastres, no pueden considerarse como la vulnerabilidad misma. Es por ello que se debe analizar cada situación para poder determinar los factores que convierten a las poblaciones o a los individuos en vulnerables a determinado proceso.

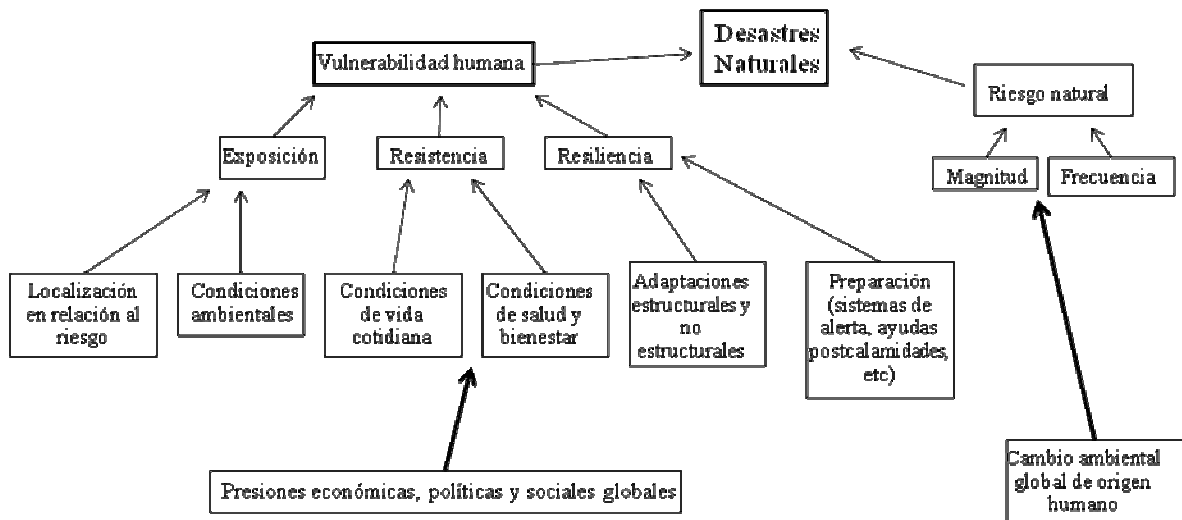
2.2.2 La exposición, resistencia y resiliencia al riesgo

Saurí (2003) menciona que en la mayoría de la literatura sobre desastres naturales aún se reduce la vulnerabilidad a la simple exposición física, donde las poblaciones y bienes vulnerables son los que están expuestos al impacto de los procesos naturales y a la materialización de estos. Continúa el mismo autor diciendo, que en geografía se define de forma distinta el concepto, aunque la exposición física es un elemento importante también lo es la posibilidad de las personas y/o sociedades puedan prevenir los efectos adversos y absorber las pérdidas, de tal forma que exista la recuperación. En este sentido Bohle (2001) menciona la necesidad de distinguir entre vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad interna. La primera tiene que ver con los factores del enfoque de la economía política y la segunda con la capacidad individual o del grupo de personas para hacerle frente y superar el impacto negativo de los procesos naturales, donde los recursos sociales como las redes cívicas son de suma importancia en aquellas sociedades donde existe carencia de recursos económicos.

Convencionalmente los peligros naturales se unen a la vulnerabilidad (entendida como exposición física) para generar el riesgo. En el caso de que los tres elementos se unan, se estaría en presencia de un desastre. Existen interpretaciones alternativas a este

enfoque donde se amplía la exposición física con dos elementos importantes, por un lado la resistencia (capacidad para continuar a pesar del impacto negativo de un proceso natural) y por otro la resiliencia (capacidad de recuperación). La resistencia va a depender de las condiciones cotidianas de vida de la sociedad o grupo de personas y la resiliencia depende casi exclusivamente de la gestión del riesgo (Saurí, 2003) (Ver figura 3).

Figura 3. Enfoque alternativo de la vulnerabilidad



Fuente: Pelling (2001). Adaptado por Saurí (2003).

2.3 Peligro y riesgo volcánico

El peligro volcánico se refiere a los eventos que comprenden la actividad volcánica y que puede provocar daños a las personas y los bienes (Araña y Ortiz, 1994). A fin de mitigar sus efectos se elaboran mapas de peligros volcánicos con el objetivo de señalar las zonas susceptibles a las amenazas de un volcán determinado, como por ejemplo flujos piroclásticos, caída de tefra, emisión de gases, coladas de lava, colapsos de domo, lahares, flujos de lava, flujos de escombros, bombas volcánicas, lluvia ácida, entre otras.

Por otro lado, en el marco de los sistemas de alerta temprana volcánica desarrollado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) los científicos toman en consideración elementos que en su conjunto determinan la amenaza real de un volcán sobre la vida y los bienes, entre los que se pueden mencionar la cercanía de los volcanes a las comunidades y a la infraestructura de transporte tanto aéreo como terrestre, historial de víctimas por erupciones, historial de evacuaciones, zonas poblacional o industrialmente desarrolladas, tipo de volcán, máximo índice de explosividad (VEI), actividad explosiva en los últimos 500 años, recurrencia eruptiva, flujos piroclásticos, lahares y coladas de lava durante el Holoceno, etc. El análisis de estos y otros factores contribuye a generar niveles de amenaza y con ello dar prioridad al monitoreo y vigilancia volcánica así como al proceso de educación de la población expuesta (Ewert et al, 2005).

En este apartado se hará un repaso a las principales aportaciones realizadas hasta el momento en relación al estudio y gestión del riesgo volcánico.

2.3.1 Identificación de volcanes de alto riesgo

Para poder mitigar el riesgo de las erupciones volcánicas y elaborar estudios sobre peligros volcánicos y mapas de peligros volcánicos, es necesario, ante todo, identificar los volcanes de alto riesgo, para de esta forma iniciar la evaluación los peligros volcánicos, realizar monitoreo volcánico y elaboración de un plan de manejo de emergencias en caso de crisis volcánica. Paralelo a esto es indispensable la planificación del territorio de los alrededores del volcán, así como la educación y comunicación con las comunidades. Por si solos los procesos de origen volcánico son peligrosos para las poblaciones asentadas en sus cercanías, flujos de lava, flujos piroclásticos, avalanchas de escombros, lahares, caída de ceniza, emisión de gases son solo algunas de las manifestaciones que pueden afectar negativamente.

Los estudios realizados hasta el momento en referencia a los criterios científicos básicos para la identificación de volcanes de alto riesgo han dado lugar a la identificación de los principales factores que determinan que un volcán pueda ser considerado de alto riesgo, como serían un elevado grado de contenido de sílice en las lavas, la evidencia de actividad explosiva de importancia en los últimos 500 años, la evidencia de actividad explosiva de importancia en los últimos 5000 años, flujos piroclásticos en los últimos 500 años, flujos de lodo en los últimos 500 años, área afectada por destrucción mayor a 10 km² en los últimos 5000 años, entre otros (Yokoyama et al, 1984; Ewert et al, 2005).

2.3.2 Pronóstico de erupciones volcánicas

Pese a toda la investigación científica desarrollada a lo largo de los años en torno al comportamiento volcánico, los avances científicos conseguidos y la relativamente alta tecnología (comparada con la existente hace 20 años) que acompaña hoy día a los vulcanólogos, además del monitoreo constante de los volcanes activos alrededor del mundo, en algunos casos es difícil lograr un pronóstico acertado de la ocurrencia de una explosión volcánica. La vulcanología es una ciencia relativamente reciente, pero los avances en monitoreo e identificación de peligros se han desarrollado rápidamente con buenos resultados. Esto no siempre significa que las recomendaciones de los vulcanólogos sean tomadas en consideración en los planes de ordenamiento territorial cuando un volcán presenta poca actividad o periodos de reposo.

En el Volcán Galeras, Colombia (1993) semanas antes de la repentina erupción que acabo con la vida de 6 vulcanólogos, se presentaron sismos volcánicos de largo periodo con un patrón muy particular (llamados sismos tornillo) los cuales no se pudieron interpretar de forma correcta dado que era la primera vez que se registraban y se ignoraba su significado en ese volcán en específico. Al menos para el caso del Galeras, al día de hoy se sabe que ese tipo de señal sísmica en ese volcán en específico significa un posible precursor de una eventual erupción. En palabras de Williams (2005), *“el gran progreso en vulcanología ocurre después de un desastre”*.⁸

⁸ Stanley Williams, vulcanólogo estadounidense, científico invitado por el Gobierno Colombiano para realizar estudios vulcanológicos en el Volcán Galeras. El comentario citado es tomado del documental “Al pie del Volcán” realizado por Discovery Channel en el año 2005 y emitido por el mismo canal en el año 2006.

La mejor herramienta para reducir el riesgo volcánico es el pronóstico. Las señales sísmicas, geoquímicas y de deformación del edificio volcánico dan la alerta para que tanto la comunidad científica como las autoridades gubernamentales de protección civil planifiquen las acciones a realizar en caso de emergencia volcánica, ya sea la evacuación de las poblaciones, el acceso restringido a las zonas aledañas al volcán, la rotulación de zonas de alto peligro, la difusión de información y educación a la población, etc.

Las implicaciones socioeconómicas del vulcanismo a nivel mundial impedirán que la vulcanología en un futuro cercano se encierre en aspectos puramente académico-científicos ya que es imprescindible que en cada país con riesgo volcánico la comunidad científica sea la responsable del asesoramiento a las autoridades de protección civil y a la población, de modo que el discurso académico no se quede en lo interno de los congresos o revistas científicas sino que sea transmitido de una forma entendible a la población que en última instancia es la que será directa o indirectamente perjudicada en caso de crisis volcánica (Tilling, 1993).

Aunque en algunas ocasiones se presentan dificultades de corte logístico para poner en práctica las medidas de protección civil, los casos de personas que han sido impactadas directamente por materiales volcánicos se deben sobre todo a la negativa o imposibilidad de los afectados para acatar las más básicas medidas de precaución (Araña y Ortiz, 1994).

2.3.3 Cartografía de peligros volcánicos

En la actualidad y con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) los vulcanólogos están elaborando mapas de peligros volcánicos los cuales posteriormente son entregados a las instituciones encargadas de la prevención y mitigación de procesos naturales y/o a la defensa civil. Entre los más importantes se pueden mencionar los mapas de peligros de los volcanes Popocatepetl (Macías et al, 1995), Colima (Martin del Pozzo et al, 1995), Pico de Orizaba (Sheridan et al, 2001), Villarrica, Masaya, Nevado del Ruíz, Nascar, Concepción, San Salvador, Misti, etc.

Usualmente estos mapas van acompañados de documentos explicativos sobre cada uno de los peligros volcánicos que se han presentado y se presentan en el volcán estudiado, así como la delimitación de las zonas de peligro con respecto a los centros poblados y las infraestructuras como carreteras y puentes. Este es el instrumento más completo y fácil de entender que los vulcanólogos elaboran para informar a la población asentada en las cercanías de los volcanes activos y las instituciones públicas.

Walker (1982) menciona que es improbable que la población ubicada en los alrededores de los volcanes potencialmente peligrosos abandone sus lugares de residencia y de cultivo para evitar el peligro volcánico, por lo que el riesgo volcánico se convertirá en un problema cada vez más crónico tanto para las autoridades civiles como para los científicos (Tilling, 1993a). Las poblaciones aprenden a convivir con los volcanes, por lo tanto es importante hacer llegar a las personas este tipo de mapas e instrumentos de información para poder concienciar a los potencialmente afectados sobre los riesgos y peligros volcánicos.

2.3.4 Mitigación de los efectos volcánicos

Con respecto al riesgo volcánico existen investigaciones de referencia en torno a la predicción y mitigación de los efectos volcánicos como por ejemplo los de Fournier d'Albe (1979) definiendo el riesgo volcánico como la probabilidad de que un área determinada sea afectada por los efectos volcánicos potencialmente destructivos y proponiendo propuestas de usos del suelo adecuadas en función de las zonas de riesgo y la evaluación del riesgo volcánico. Sobre todo, menciona Fournier, es importante la mapificación de los eventos pasados del volcán para entender los presentes y futuros y así definir los distintos niveles de riesgo y las posibles respuestas sociales asociadas a cada uno de ellos.

Otros investigadores en la década de 1980 y patrocinados por la UNESCO desarrollaron trabajos sobre los desastres naturales enfatizando en los peligros volcánicos (Westercamp, 1981; Yokoyama et al, 1984; UNDRO/UNESCO, 1985; Tilling, 1993a). Estos autores destacaron en sus publicaciones el riesgo volcánico y el impacto de la ciencia en la sociedad, sistemas de alerta temprana y el manejo de emergencias volcánicas. De igual forma la International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI) ha publicado documentos y documentales sobre el monitoreo volcánico y la mitigación de peligros de origen volcánico. Por otra parte la National Land Agency del Japón publicó el manual de elaboración de mapas de peligros volcánicos (Aceves et al, 2006).

2.4 Riesgo y turismo: el turismo de volcanes

Existen relativamente pocos estudios académico-científicos que traten y/o debatan el tema de la actividad turística en zonas de riesgo natural. El desarrollo del turismo en algunas ocasiones está ligado a situaciones de riesgo, sin olvidar que son las acciones humanas las que inducen peligro o la interacción del ser humano con la naturaleza. Este tipo de actividades turísticas ligadas al riesgo cada día se diversifican y extienden más, lo que valoriza los espacios donde se dan estas prácticas (destino turístico), como el llamado turismo deportivo, turismo de aventura y turismo de riesgo (Vera, 2003). La conciencia y la percepción del riesgo en la actividad turística cambian, pues lo que representa peligro para algunos, el turista lo vive como una novedad y el entramado en torno a la necesidad de venta del destino turístico (intereses económicos) minimiza la conciencia sobre el riesgo.

El turismo es la opción más viable para el desarrollo económico y social que tienen muchos países en vías de desarrollo, sobre todo en pequeñas islas de la Polinesia y el Caribe. Muchos de estos pequeños territorios presentan una elevada exposición a procesos naturales como huracanes, sismos y volcanes activos. De hecho todos los destinos turísticos en algún momento de su evolución experimentan desastres naturales (Faulkner, 2001). La falta de familiaridad del turista con los riesgos naturales locales así como con las acciones preventivas comporta que la actividad turística se encuentre expuesta a los riesgos naturales, sobre todo porque muchos destinos turísticos son áreas de escenarios exóticos de alto riesgo como las zonas volcánicas, puertos de ski o playas tropicales (Murphy y Bayley, 1989; Méheux y Parker, 2004).

Los desastres naturales pueden causar daños directos sobre la infraestructura turística y generar efectos indirectos, como la baja de visitación. Tales son los casos del terremoto

de Taiwan en 1999, que provocó una disminución del 15% de visitantes en la isla y, del 30% la erupción del Monte Santa Elena en 1980. Un caso extremo se produjo en la isla de Montserrat, uno de los flujos piroclásticos más grandes del volcán Soufrière Hills destruyó la capital de la isla Plymouth y el aeropuerto, disminuyendo el turismo en 85% entre 1995 y 1999 en la isla (Huang y Min, 2002; Murphy y Bayley, 1989; Kokelaar, 2002; WTO, 2001).

En la reunión anual de la World Travel Market realizada en Londres en 2006, se concluyó que existen dos actividades turísticas que son las que están marcando la “pauta” y por ende dejando más cantidad de dinero a las tour operadoras. Por un lado el denominado “turismo para solteros” en donde personas en edades comprendidas entre los 25 y 40 años viajan solos con itinerarios ya establecidos por las compañías de turismo, a lugares donde puedan encontrar pareja. Por otro lado se está promocionado el llamado “turismo de peligro con seguridad [safe danger], como un subsector del “turismo de realidad” [reality tourism], que consiste en llevar a la gente a países de África y/o América Latina y hacer recorridos en zonas de conflicto social y político o llevarles a alguna zona de desierto en África y realizar un viaje de supervivencia que en algunas ocasiones incluye una ascensión al Volcán Kilimanjaro (*Global Trends Report. WTM, 2006*).

Los turistas continúan viajando a lugares que representan riesgo como el Caribe en época de huracanes o zonas con actividad sísmica y volcánica, aunque se pretende que los intermediarios que venden los itinerarios y destinos turísticos aporten información fidedigna a los consumidores (Vera, 2003). La reducción de la vulnerabilidad en lugares con fuerte actividad turística y ubicados cerca de focos de peligro, se comienza a dar cuando los gerentes y personal que maneja las actividades dedicadas a los turistas, tienen una percepción clara, exacta y objetiva de los riesgos. Por ello, asegurar la preparación de medidas de prevención para desarrollar un destino turístico seguro, incluye la elaboración de planes de emergencia en los hoteles y en las comunidades que componen los destinos turísticos, así como la educación principalmente de la comunidad (Méheux y Parker, 2004).

En concreto, uno de los sectores turísticos más innovadores y recientes es el turismo de volcanes. Al respecto, el Plan de Mitigación de Riesgo Volcánico de Nueva Zelanda (1999) menciona que a raíz de las erupciones del volcán Ruapehu entre 1995 – 1996 emergió una nueva forma de turismo, el turismo de volcanes, que ha comportado que el 27% de las personas en esta isla se dediquen a la actividad turística.

Otro lugar de gran atractivo turístico y con la presencia volcanes activos es el archipiélago Canario. En esa zona, investigadores como Felpeto et al (1996) proponen elaborar mapas detallados de riesgos volcánicos para las islas, evaluando no solo elementos de tipo vulcanológico sino también aspectos económicos, así como la evolución de de la actividad turística, sin dejar fuera la correcta planificación de infraestructuras importantes como el aeropuerto, puerto, refinería, sistema sanitario, etc.

Está claro que los lugares con actividad volcánica son cotizados en el llamado turismo de aventura y eco turismo. A muchas personas les llama la atención poder observar un volcán en plena actividad y disfrutar no solo de la espectacularidad sino de los balnearios de aguas termales y la posibilidad de tener contacto con el paisaje volcánico.

A nivel de las agencias de turismo se manejan gran cantidad de posibilidades de visita a las zonas de actividad volcánica y en la actualidad con internet como herramienta de búsqueda de información, se encuentran portales WEB exclusivos para la organización de viajes a diferentes volcanes activos alrededor del mundo. Las condiciones de contratación de estas compañías no mencionan la posibilidad de contratación de seguros, ni la opción de información científica o de seguridad al contratante sobre la actividad volcánica del sitio que va a visitar. Lo único que mencionan es que en caso de que el volcán aumente su actividad y las áreas por visitar sean cerradas al público, la compañía buscara otro itinerario para ofrecer el turista. Una clausula que dejan muy clara al contratante es que la compañía no se hace responsable de ningún daño, pérdida, accidente o cambio de programa provocado por el clima o la actividad volcánica.

Países como Islandia se promocionan como regiones volcánicas exóticas, mencionando en los portales WEB que poseen más de 200 volcanes y geysers, así como campos de lava y aguas termales que contrastan con el paisaje gélido de la isla. Islandia posee varios parques nacionales donde el turista puede visitar no solo glaciares y planicies sino también volcanes activos. Los viajes por Islandia se promocionan en la renombrada compañía de turismo internacional Volcano discovery, adventure and study travel (www.volcanodiscovery.com).

Otros países, como Italia, promocionan con buen resultado las islas volcánicas (Stromboli, Vulcano) así como las visitas y ascensiones a volcanes históricos y emblemáticos como el Etna en Sicilia y el Vesuvio en Nápoles. Completan la oferta visitas a ciudades como Herculano y Pompeya, famosas por haber sido cubiertas por los flujos piroclásticos producto de la erupción del Vesuvio del año 79 D.C.

Otro ejemplo de turismo volcánico y quizás uno de los más renombrados, son las visitas a las islas de Hawaii, específicamente la Isla Grande de Hawaii donde se encuentra el volcán Kilauea, catalogado como el volcán más activo del mundo. El Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos en su portal WEB, promociona la visita a los volcanes hawaianos, brindando datos sobre historia y cultura de las islas, así como información sobre la actividad volcánica actual y las precauciones que el turista debe tomar. El ingreso al parque nacional donde se encuentra el Volcán Kilauea está diseñado de tal forma que el visitante debe necesariamente visitar en primera instancia el museo ubicado en el Hawaiian Volcano Observatory (HVO), donde puede adquirir información así como observar documentales sobre la actividad del Kilauea. Por otra parte al ingresar al Parque Nacional al turista se le brinda información escrita sobre las rutas y los lugares abiertos al público para la visita. Además los grupos de personas que deseen observar los campos de lava y la llegada de la lava al océano, deben necesariamente ir acompañados por un guardaparque que les guíe en su recorrido y les alerte sobre las medidas preventivas antes de iniciar la caminata que usualmente demora entre 2 y 4 horas.

Por su parte, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) en su portal WEB brinda información sobre los volcanes en el territorio estadounidense, así como itinerarios turísticos dentro de los parques nacionales donde existen volcanes. En definitiva, son muchos los países donde el turista visita volcanes: México, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Perú, Ecuador, Chile, Argentina, Estados Unidos, Italia, Islandia, Japón, países de la Polinesia, etc. En algunos existe una red bien organizada que brinda información al turista y que por medio de los Parques Nacionales gestionan las zonas,

otros por el contrario están iniciando el proceso y se ven superados por las empresas nacionales y/o internacionales que organizan itinerarios turísticos a diferentes zonas volcánicas, algunas de las cuales con suficiente información sobre la actividad volcánica y otras por el contrario con información errónea o popular, poniendo en riesgo a las personas que contratan sus servicios.

2.5 Percepción del riesgo

2.5.1 Conceptualización y elementos de la percepción del riesgo

Por último, se abordará la percepción del riesgo, como eje importante para entender las razones por las cuales las personas desarrollan su actividad cotidiana en las cercanías de las zonas potencialmente peligrosas. Al respecto se debe decir que el estudio de la percepción de los riesgos naturales ha sido una labor desarrollada desde las ciencias sociales. Sociólogos, psicólogos, antropólogos, geógrafos, entre otros, son los que se han dado a la tarea de investigar al respecto.

A principios del siglo XX los estudios sobre las causas físicas de los peligros naturales se encontraba en plena evolución y los avances se presentaban de forma rápida, las investigaciones sobre las respuestas de las personas ante tales riesgos naturales o antrópicos no había iniciado su camino. En 1920 la explosión de un buque en el puerto de Halifax en Nueva Escocia que dejó consecuencias fatales, fue documentada por el psicólogo Samuel Prince, quien describió los procesos socio-psicológicos del evento. Prince centró su interés en la respuesta humana ante los peligros antrópicos y naturales (Aneas, 2000).

La percepción se define como el proceso de adquisición y manejo de la información que los seres humanos realizan de su entorno. Es una experiencia de tipo sensorial donde la o las personas van construyendo su realidad de acuerdo a su forma de ver y entender el medio. El proceso perceptivo es peculiar en el sentido de que cada individuo percibe su entorno de forma diferente. La percepción del riesgo implica que se tomen en consideración elementos de tipo psicológico, social, contextual, institucional, político, ideológico y sobre todo cultural, ya que todo ello interviene en las interpretaciones de los individuos expuestos al peligro (López-Vázquez, 2001; Sjober, 1998; Levy, 1985; Slovic, 1987).

El manual de comunicación de riesgos elaborado por la OPS (2003) contempla varias características que definen la percepción y la manera de percibir el riesgo por parte de la población:

Miedo: El miedo es una emoción básica. Existen muchas amenazas en la vida cotidiana, algunas son más factibles que otras, las personas le temen al cáncer porque lo consideran una forma trágica de muerte, por lo tanto los agentes que pueden provocar cáncer como las radiaciones o la exposición prolongada a agentes químicos se ven con mucho temor, dado que ese miedo o temor es lo que en realidad el individuo piensa acerca del riesgo.

Control: Algunas personas creen tener las situaciones de su vida bajo control. El hecho de conducir un auto y tener el volante en las manos le proporciona al individuo la sensación de controlar lo que puede suceder. Para las personas tener el control sobre una situación determina el riesgo al que pueden hacer frente.

¿Riesgo natural o generado por las personas?: Los campos electromagnéticos generados por los aparatos electrónicos preocupan más que la radiación que pueda acumular el cuerpo con las largas exposiciones al sol y es este último el que puede generar problemas de salud más serios en las personas. Usualmente los riesgos de origen natural se percibe como algo más benigno o se reciben con mayor resignación.

Elección: El riesgo que la misma persona elige da la sensación de mayor seguridad, a diferencia si lo hubiera seleccionado otra persona. Los individuos pueden sentirse seguros conduciendo su auto y hablando por teléfono al mismo tiempo, podrían ver la misma actividad como riesgosa si es otra persona la que la realiza.

Conciencia: Cuanta mayor conciencia tenga un individuo sobre un problema específico, mejor lo percibe y tiende a preocuparse más.

Confianza: Cuanto mayor sea la confianza que se tenga en los profesionales encargados de la atención de emergencias, e incluso cuanto mayor confianza se tenga en la información que se ha suministrado, menor será el miedo o preocupación que el individuo tenga frente a la amenaza.

Memoria de riesgos: La percepción de la gente depende estrictamente de sus experiencias vividas, que los riesgos más temidos son aquellos de los que se tiene más experiencia.

Un elemento importante en la percepción del riesgo entre individuos es que usualmente los “expertos” que comunican el peligro, lo hacen de una forma técnica e incluso limitada. El público lo juzga de acuerdo a factores psicosociales y hasta culturales (OPS, 2003).

Douglas (1996) cuestiona el por qué las personas consideran que pueden controlar situaciones de riesgo cuando es claro que no pueden. El ser humano anula de alguna forma su percepción al riesgo autoconvenciéndose de que el mundo que lo rodea es más seguro de lo que en realidad es. Por otra parte, la memoria individual es débil, ya que se tiende a olvidar con mucha facilidad acontecimientos importantes.

Aunque los riesgos naturales son percibidos como incontrolables, tienen más aceptación que los peligros tecnológicos (Slovic, 2000). Ciertamente se pueden distinguir muy bien un huracán o terremoto, todo depende de cómo se interprete el evento, y hasta se podría argumentar que los huracanes y terremotos son parte de la dinámica terrestre y absolutamente naturales. Lo que no debería ser natural es su impacto social. Por ejemplo, se tiene una falsa creencia de que las hambrunas son producto en la mayoría de los casos de eventos naturales, cuando en realidad las mismas son acontecimientos que en muchas ocasiones son parte de la economía mundial que se encarga de que el alimento no llegue a donde debería, con el propósito de mantener los precios del mercado altos (Douglas, 1996).

2.5.2 Percepción de riesgo volcánico

La percepción del riesgo volcánico es un elemento específico dentro del entramado general de la percepción. Esta se refiere a la forma de ver y vivir la presencia del riesgo

volcánico por parte de un grupo de personas, usualmente comunidades enteras que viven al pie de un volcán activo aprovechando los beneficios de las tierras volcánicas fértiles y la oportunidad del desarrollo del turismo. Muchas de estas comunidades han permanecido en el mismo lugar durante varias decenas de años, por lo que el sentimiento de arraigo es extremadamente fuerte.

Las erupciones volcánicas son riesgos sumamente particulares por varias razones, pero sobre todo por la incertidumbre no solo de la potencia de la erupción que se espera sino del día exacto en la que ocurrirá y la zona que resultará afectada, tal y como se ha explicado anteriormente. En algunos casos es difícil pronosticar la ocurrencia de una erupción, estudiando los patrones de actividad volcánica es posible encontrar elementos geofísicos en común, aún así algunas erupciones son esperadas durante semanas, incluso meses y años y no suceden. Las personas evacuadas de la zona de riesgo fácilmente pierden la paciencia ya que el estar ausentes de sus campos y casas les impide trabajar y cuidar sus bienes.

Es difícil mantener una percepción equilibrada del riesgo volcánico, muchas veces este nivel de conciencia depende del tiempo transcurrido entre la última gran erupción y la crisis actual. Esta se complica cuando han transcurrido periodos de reposo extensos y los habitantes de la zona expuesta a este tipo de riesgo nunca han vivido una erupción, o por el contrario, la han vivido y al no ser directamente afectados desarrollan una sensación de falsa seguridad.

La percepción tiende a cambiar cuando la toma de decisiones está en manos de una sola persona, usualmente un alcalde o alto funcionario. Esta persona muchas veces preferirá evacuar la zona en peligro, quizás no movido por las advertencias científicas sino porque el ser responsable de las posibles muertes representa más de lo que está preparado para afrontar. Siempre existe el debate interno de saber discernir cuál es el máximo nivel de riesgo que la comunidad puede aceptar antes de afrontar los inconvenientes de un proceso de evacuación. Esta será una decisión subjetiva aún cuando la evaluación del riesgo se haya establecido objetivamente (UNDRO/UNESCO, 1987).

En los asentamientos aledaños al Popocatepetl, se ha demostrado que la distancia a la cual se encuentran las personas del volcán influye en la percepción y en los niveles de estrés así como en las estrategias de contingencia de las comunidades. En este caso las personas más próximas al cráter tenían un nivel más elevado de percepción, el sentimiento de inseguridad era mayor y por lo tanto mayor estrés. Estas personas también hacen mayor uso de estrategias de afrontamiento hacia el peligro. Además señalan que los programas de educación e información por parte de las instituciones no siempre funcionan, y que las poblaciones cercanas al Popocatepetl han olvidado las indicaciones y la información recibida en caso de emergencia volcánica. También se argumenta que la población con bajo nivel académico presenta niveles mayores de estrés, desarrollan estrategias pasivas y además piensan que el control de la situación no se encuentra a su alcance sino en manos de otros, lo cual demuestra que es una población más vulnerable psicológicamente. De ahí la importancia de establecer programas de prevención de desastres tomando en cuenta el universo tan heterogéneo que existe en relación a la percepción que se tiene del riesgo (López, 2006).

Otro ejemplo lo tenemos en Ayala (2003) en su investigación sobre percepción del riesgo volcánico en la ciudad de Puebla, México, menciona que los adultos originarios de Puebla, definen el riesgo volcánico como un desastre que genera miedo en la población, pero frente al que hay que tener medidas preventivas, ya que el volcán es parte de la naturaleza. Para los adultos foráneos de Puebla la definición de riesgo volcánico es la presencia de lava, lo que implica la necesidad de organización comunal ante un posible desastre, lo que les generaría miedo. Es curioso ver como para los autóctonos la primera palabra es desastre y por consecuencia miedo, y para los foráneos, lava como un elemento de la actividad volcánica y la organización como un factor que ayuda a evitar el desastre.

Ayala (2003) concluye en su estudio que para algunas personas la ausencia de manifestaciones de peligro, se interpreta como ausencia de riesgo (si no hay lava no hay riesgo), lo que proviene de una ilusión cognitiva de invulnerabilidad. Los foráneos mantenían su atención en la necesidad de organización y en lo que se debe hacer en caso de peligro, los autóctonos lo relacionan más con comportamientos normales y naturales (cotidianos). Menciona Ayala que aunque las personas siempre se resisten a la idea de evacuar las zonas de peligro, para los autóctonos es aún más complejo que para los foráneos, ya que las personas originarias de la zona tienen un sentimiento de arraigo mucho mayor que los foráneos. Para estos últimos irse de la zona y regresar a sus lugares de origen no es tan traumático, el autóctono no digiere con facilidad la idea de tener que migrar y rehacer su vida en otro lugar.

En otro estudio sobre percepción realizado en Manizales, Colombia, una zona vulnerable a riesgos volcánicos y sísmicos, se apunta que cuanto mayor sea el grado de escolaridad existe una mejor comprensión de la información sobre riesgos, demostrando que este tipo de información no está diseñada para toda la población, sino únicamente para un sector y que las campañas de información se realizan sin verificar la asimilación del mensaje por parte de la población. Por lo tanto no se asegura la evolución del proceso informativo, lo que de forma indirecta puede aumentar la vulnerabilidad ya que por un lado las instituciones públicas asumen que la población ha sido informada cuando en realidad no están listos para afrontar el proceso. Se deben entonces dar ciertas condiciones para que la información sea escuchada, entendida, recordada e integrada (Chardon, 1997). Concluye la investigadora en su estudio que el objetivo del proceso de información y preparación debe ser concienciar a la población sobre la existencia real de una amenaza natural y entender el por qué se debe impedir la ocurrencia de un desastre. Se reconoce que la atención de los pobladores está más centrada en problemas en el campo social y económico y no en los factores ambientales de peligro, donde la catástrofe social en muchas partes es real y la natural algo aún abstracto hasta que se concrete.

En definitiva la mayoría de los trabajos sobre percepción de riesgo volcánico apuntan a que las personas más próximas al volcán son las que perciben el riesgo de forma constante, mientras que las que viven más lejos tienden a sentir una cierta seguridad. Otro elemento importante en estas investigaciones es el acceso a la información, aunque algunos gobiernos e instituciones hagan esfuerzos para dar a conocer datos sobre la actividad volcánica y las zonas de peligros, la población en muchas ocasiones ignora o no saben interpretar este tipo de informaciones.

En este sentido aún resta mucho trabajo por hacer, donde se deben tomar en consideración aspectos no solo culturales, sino también sociales y económicos para lograr comprender la aceptabilidad del riesgo de muchas poblaciones ante la presencia de peligros naturales potenciales.

2.6 Consideraciones finales

Este apartado ha tocado distintos temas, desde los orígenes de la palabra riesgo y su conceptualización hasta la explicación de conceptos como riesgo volcánico, riesgo y turismo para concluir con la percepción del riesgo. Si bien, y como se expuso al inicio de este capítulo, se ha escrito mucho sobre los desastres naturales y diversos impactos, lo cierto es que aún quedan temas por cubrir, para poder tratar el tema de forma integral.

Aunque en los siglos XVIII y XIX filósofos y pensadores hablaban de la ocurrencia de eventos naturales con consecuencias sociales, lo cierto es que el estudio del riesgo de forma académica se inició a principios del siglo XX, con pioneros como Prince y White. El estudio del riesgo es de interés de diversas disciplinas, desde la economía, pasando por la sociología y antropología, hasta llegar a las ingenierías y la geografía, y más recientemente está siendo abordada por la psicología.

Si bien el riesgo se define como una amenaza a la vida y los bienes, lo cierto es que trasciende mucho más allá. Menciona White (1945) que de nada sirve afrontar el riesgo con obras civiles para amortiguar el efecto de los eventos naturales, si por otro lado no se tienen políticas de ordenamiento territorial claras que impidan el asentamiento de población en lugares potencialmente peligrosos. Otros autores como Hewitt (1983) mencionan que los eventos naturales son temporales y territoriales donde la causalidad tiene que ver con los extremos de los procesos físico-naturales y que la existencia de un evento extremo no es sinónimo de desastre sin que tenga un impacto negativo para la sociedad. Investigadores como Faucher (1982) por su parte propone utilizar herramientas prácticas como la cartografía para identificar las zonas vulnerables aplicando el análisis espacial y poder proponer políticas de planificación territorial con base en argumentos físicos-ambientales.

Hewitt (1997) en posteriores trabajos propone un enfoque alternativo para abordar los desastres, tomando en consideración variables socioeconómicas, eliminando la “culpa” al evento natural y colocándola en el riesgo como tal, mencionando que los riesgos naturales no son procesos extraordinarios sino que están ligados a factores socioambientales multidimensionales y multifactoriales. Por su parte Lavell (1999) expone que el riesgo tiene que ver con condiciones de vulnerabilidad y desigualdad social donde los que al final fallan son los modelos de desarrollo, convirtiendo a los desastres en problemas no resueltos del desarrollo.

Para poder acoplar estos discursos a las realidades que enfrentan las sociedades en la actualidad se debe tomar en consideración la diversidad de vulnerabilidades y las capacidades de la población de absorber, responder y recuperarse del impacto de un evento natural, donde la vulnerabilidad o vulnerabilidades pasan de ser una característica a una condición.

Uno de los autores que defienden la idea de la existencia de las vulnerabilidades es Wilches-Chaux (1993) quien menciona la presencia de vulnerabilidades política,

técnica, cultural, ideológica, educativa, ecológica e institucional, donde la sociedad es un sistema complejo de convivencia.

Así como existen gran cantidad de vulnerabilidades también existe diversidad de riesgos, algunas poblaciones están expuestas a riesgos hidrometeorológicos, sísmicos, volcánicos, de remoción de masas, etc. Cada uno de ellos se debe tratar por separado, ya que los elementos físicos que los componen son distintos. En el caso del riesgo volcánico se puede decir que se refiere a los eventos de origen volcánico que pueden provocar daños a las personas y los bienes. Estos eventos pueden ser de diversa índole, desde flujos piroclásticos, caída de ceniza y material incandescente, hasta lluvia ácida y flujos de escombros.

Peterson (1986) menciona que aproximadamente el 10% de la población mundial vive en la cercanías de volcanes activos donde aprovechan no solo las fértiles tierras para cultivo, sino también los materiales de origen volcánico que sirven para la construcción, sin olvidar la espectacularidad de los paisajes volcánicos que atraen no solo turistas sino personas que desean instalarse en esas áreas.

Lo anterior comprende tomar medidas de mitigación de riesgo volcánico, algunos elementos importantes a tomar en consideración para iniciar la mitigación es la identificación de los volcanes de alto riesgo, una vez identificados es importante iniciar metodologías de monitoreo y vigilancia volcánica que permita por medio del estudio científico realizar estudios sobre el comportamiento volcánico que aproximen una posible predicción de crisis volcánica. Una vez que los investigadores poseen la información geológica, estratigráfica y de comportamiento volcánico es indispensable la elaboración de mapas de peligros volcánicos que ayuden en el ordenamiento territorial de la zona y de esta forma minimizar la vulnerabilidad de las personas y actividades económicas asentadas en sus cercanías.

Un elemento importante a tomar en consideración en las zonas volcánicas es que la actividad volcánica y los paisajes atraerán tarde o temprano la actividad turística. En la actualidad y dentro de las nuevas modas de turismo, se ha desarrollado el llamado turismo de volcanes el cual consiste en itinerarios turísticos en zonas de volcanes activos. Algunos países poseen capacidad instalada y recurso humano y económico para gestionar parques naturales donde el turista puede informarse acerca del lugar que está visitando, en otros la explosión turística supera las pocas medidas existentes en torno a la seguridad alrededor de los volcanes activos, lo que supone la exposición innecesaria no solo de personas sino también de infraestructura. Este tipo de turismo es relativamente nuevo, está creciendo aceleradamente. Países como Japón, Estados Unidos, Islandia, Nueva Zelanda, etc, invierten en información y en minimizar el riesgo de exposición al turista en zonas volcánicas. Sin embargo para algunos países pobres, este tipo de turismo es una forma de subsistencia y de vida, y no necesariamente existen los recursos económicos y humanos suficientes para la planificación y gestión de estas regiones.

Al respecto también es indispensable tomar en consideración las poblaciones que ven en la actividad turística en estas zonas su forma de vida. El estudio de la percepción del riesgo se torno indispensable entendiendo la percepción como el proceso de adquisición y manejo de la información que los seres humanos realizan de su entorno, experiencias de tipo sensorial donde las personas construyen su realidad de acuerdo a su forma de ver

y entender el medio y donde la percepción de riesgo volcánico es un elemento específico dentro del tramado general de la percepción que se refiere a la forma de ver y vivir la presencia del riesgo volcánico por parte de una comunidad, comunidad que dicho sea de paso se ha asentado en ese mismo lugar durante varias decenas de años y donde el sentimiento de arraigo es extremadamente fuerte.

Capítulo 3. Geología y actividad del Volcán Arenal

(...) Arenal is one of seven active and one of numerous presumably extinct Quaternary and Pliocene volcanoes of the northwest-trending continental divide of Costa Rica (...)

W. Melson (1978, p.434)

En este capítulo se describe la geología regional y local, así como la historia eruptiva del volcán Arenal, no solo en el presente ciclo eruptivo sino a lo largo de los últimos 7000 años. Para poder hacer recomendaciones en los siguientes capítulos sobre usos del suelo y percepción de riesgo es necesario conocer los procesos geológicos y volcánicos que convergen en este volcán y la intensidad con que actúan en diversos sitios ubicados alrededor del mismo.

En un primer momento se situará al lector o lectora en la zona donde se encuentra situado tanto el Volcán Arenal como La Fortuna de San Carlos con respecto a Costa Rica, para posteriormente exponer la ubicación del Arenal con respecto a la zona de subducción y la influencia de ésta sobre el volcán y el arco volcánico que lo compone. De igual forma se explicará la geología que compone la zona.

Con ayuda de la estratigrafía se identifica e interpreta las capas de roca así como sus edades geológicas y las relaciones verticales y horizontales entre capas de material. Esta sección es complementaria a la de geología ya que se explicarán los diferentes grupos geológicos y las unidades prehistóricas del Arenal, desde los bloques de ceniza, las coladas prehistóricas e históricas, lo que ayuda a reconstruir el escenario volcánico hasta su génesis. Se mencionarán datos importantes sobre la edad del volcán y el conjunto volcánico que lo rodea, así como investigaciones realizadas que explican el tipo de erupciones que el Arenal tuvo anteriormente a 1968.

Es importante explicar el inicio del actual ciclo eruptivo del Volcán, describiendo las diferentes fases, desde la explosiva inicial pasando por la estromboliana hasta llegar a la actualidad. En esta sección se expondrán acontecimientos volcánicos importantes y el crecimiento del edificio volcánico producto de la eyección de material de forma constante durante los últimos 39 años.

Por último se realizarán mapas de distribución de tefra basados en las investigaciones referentes a los diferentes periodos eruptivos del Arenal en los últimos 7000 años, realizadas por A. Frullani y M. Ghigliotti (1992) y Soto y Alvarado (2006). Se tomará cada uno de los mapas de distribución de material en los diferentes periodos eruptivos y se segregará la isopaca de x cm de caída de material sobre la superficie.

3.1 Presentación del área del estudio

Costa Rica, como se ha mencionado en el capítulo I, forma parte del Istmo Centroamericano, el cual a su vez es parte del cinturón de fuego del Pacífico, lo que significa que es una región altamente sísmica y con una importante cantidad de volcanes activos. Costa Rica se ubica específicamente en el extremo sur del arco volcánico activo Mesoamericano (Malavassi, 1991) en donde se reconocen dos cordilleras volcánicas (Central y Guanacaste). Al sur de la Central desaparece el vulcanismo activo, siendo el volcán Turrialba el volcán activo ubicado más al sur de esta cordillera.

El Volcán Arenal específicamente se encuentra en el noroeste de Costa Rica, en la provincia de Alajuela, entre las coordenadas geográficas $-84^{\circ} 43' 50''$, $10^{\circ} 26' 30''$ suroeste $-84^{\circ} 40' 20''$ y $10^{\circ} 29' 00''$ noreste y es parte de la Cordillera Volcánica de Guanacaste (Ver figura 4).

Figura 4. Ubicación del Volcán Arenal en Costa Rica



Fuente: Cartografía elaborada por el Laboratorio de SIG del OVSICORI. Atlas Digital de Costa Rica, 2004. ITCR

El Arenal forma parte del Parque Nacional Volcán Arenal, establecido por el Ministerio de Ambiente y Energía en el año 1991, con una extensión de 2920 hectáreas, a lo interno del Parque existe bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano y bosque pluvial bajo, la precipitación promedio anual oscila entre 3500 a 5000 mm. El Arenal tiene una altitud aproximada de 1670 msnm ⁹, es un estratovolcán joven de 7000 años (Soto y Alvarado, 2000).

El Arenal inició su actual ciclo eruptivo el 29 de julio de 1968, abriendo tres cráteres laterales en el flanco oeste. Durante las primeras explosiones fueron devastados aproximadamente 12 kilómetros cuadrados de bosque tropical y murieron 90 personas de los poblados ubicados al pie del edificio volcánico (Melson y Sáenz, 1978). La actividad volcánica continúa hasta el presente.

La ciudad más cercana e importante al Volcán es La Fortuna (6 kilómetros lineales de la cima), cabecera del distrito perteneciente al cantón de San Carlos, con una población a junio del 2007 de 11943 personas (INEC, 2007). La principal actividad económica es el turismo, seguido de la ganadería y la agricultura. En el momento de la erupción de 1968 la actividad principal era la ganadería extensiva y la explotación de madera del bosque primario.

3.2 Cuantificación de amenaza volcánica relativa para el Volcán Arenal

En el año 1984, Yokoyama, Tilling y Scarpa, presentan un informe a la UNESCO titulado “International Mobile Early-Warning System(s) for Volcanic Eruptions and Related Seismic Activities” en donde, entre otras cosas se cuantificaron los volcanes de alto riesgo alrededor del mundo de acuerdo a factores de peligro y diagnosticaron la capacidad de monitoreo volcánico y sísmico de cada región. Entre los volcanes con mayor grado de amenaza identificados en este estudio se pueden enumerar los siguientes: Phlegraean Fields y Vesuvio en Italia, Merapi, Kelut, Semeru, en Indonesia, Monte Santa Helena en Estados Unidos, Colima y Chichón en México y el Arenal en Costa Rica.

Por otra parte en el año 2005 el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) publica un informe técnico sobre la evaluación de la amenaza volcánica y las capacidades de monitoreo en los volcanes de Estados Unidos, desarrollando a su vez el marco para la instalación de sistemas de alerta volcánica temprana en ese país. La metodología planteada toma en consideración factores de peligro y de exposición muy similares a los desarrollados por Yokoyama et al., (1984), aunque también desarrolla elementos nuevos como la exposición volcánica de la aviación local y regional, así como sobre las infraestructuras energéticas y de transporte y los asentamientos de población desarrollados.

A lo largo de este apartado se expondrá la metodología de cuantificación de amenaza volcánica aplicada por Yokoyama et al, (1984), y los resultados de la misma para el caso del Arenal. También se desarrollará la metodología aplicada por investigadores del

⁹ Si bien la cartografía oficial del Instituto Geográfico Nacional menciona la altitud del Arenal en 1633 msnm, la eyección de material constante durante los últimos 35 años desde el cráter C ha generado el crecimiento del mismo, según cálculos del OVSICORI la altitud aproximada en la actualidad es de 1670 msnm.

USGS en el 2005 adaptada al Volcán Arenal, con el fin de evaluar nuevamente los factores de peligro y exposición, tomando en consideración el aumento en la construcción de infraestructura tanto vial y de energía, como la desplegada por la actividad turística y el crecimiento poblacional de la zona, así como el incremento en el número de turistas que visitan anualmente este espacio.

3.2.1 Evaluación de amenaza volcánica: análisis del peligro y factores de riesgo

Metodología desarrollada por Yokoyama, Tilling y Scarpa, (1984, UNESCO)

El informe “International Mobile Early-Warning System (s) for Volcanic Eruptions and Related Seismic Activities” tuvo como objetivo principal asesorar a los Gobiernos en la prevención y mitigación de desastres naturales de tipo sísmico y volcánico. En paralelo, se desarrollaron iniciativas a nivel internacional para desarrollar redes sismológicas y se desarrollaron las redes sismológicas internacionales, que en épocas más recientes han ido instalando instrumentos digitales de banda ancha. El apoyo de Estados Unidos de América, Francia y otros países favoreció la cooperación entre países y la formación de la World Organization of Volcano Observatories (WOVO) como un ente de intercambio y coordinación entre los observatorios vulcanológicos del mundo. A nivel de la América Central los países escandinavos financiaron la compra de instrumental sísmico y volcánico, al igual que los gobiernos de EUA y de Francia, eso hizo posible en Centro America el establecimiento de centros sismológicos y observatorios vulcanológicos en cada país.

La iniciativa de Yokohama, Tilling y Scarpa realizó 3 reuniones a nivel mundial con el propósito de inventariar la capacidad de monitoreo sísmico y volcánico de cada país tanto con recursos humanos (científicos y técnicos) como con recursos técnicos (instrumentación) y económicos, así como la elaboración de un protocolo para la identificación del riesgo volcánico en cada zona.

El primer encuentro fue en Jakarta (1983) donde se reunieron científicos y personal gubernamental del sureste Asiático y del Pacífico. Una segunda reunión tuvo lugar en San José de Costa Rica, igualmente con personal científico y gubernamental del continente americano, la última reunión se efectuó en Roma con funcionarios del continente africano y Europa. El grupo de trabajo realizó una reunión mundial en Hawai como preámbulo del informe final.

Específicamente en la reunión efectuada en San José de Costa Rica, se revisó el estado de la capacidad de monitoreo volcánico de los países del continente americano que poseían volcanes (20 países en total). También se trató del desarrollo y/o mejora de los sistemas de respuesta rápida y asistencia (entre países) durante crisis volcánica y la disponibilidad de recursos científicos.

Se logró identificar los volcanes de más alto riesgo del continente, utilizando los siguientes criterios científico-técnicos:

Alto contenido de sílice en productos eruptivos (andesítico, dacítico)
Mayor actividad explosiva dentro de los últimos 500 años

Mayor actividad explosiva dentro de los últimos 5000 años
Ocurrencia de flujos piroclásticos en los últimos 500 años
Depósitos de lava en los últimos 500 años
Ocurrencia de tsunami destructivo en los últimos 500 años
Área de destrucción mayor a 10 km² en los últimos 5000 años
Área de destrucción mayor a 100 km² en los últimos 5000 años
Frecuente ocurrencia de enjambres sísmicos de origen volcánico
Frecuente ocurrencia de deformación de la corteza en los últimos 50 años
Población en riesgo mayor a 100
Población en riesgo mayor a 1000
Población en riesgo mayor a 10000
Población en riesgo mayor a 100000
Población en riesgo mayor a 1000000
Fatalidades históricas
Evacuaciones como resultado de erupciones históricas

Para el caso específico del Arenal, la aplicación de estos criterios determinó que efectivamente es uno de los volcanes de más alto riesgo del continente, junto con el Monte Santa Elena, Kilauea, Chichón, Colima, Galeras, Cotopaxi, Tunguragua.

En la misma reunión se diagnosticó la efectividad del monitoreo volcánico instalado hasta el momento. Cabe mencionar que en el año 1983, cuando se realizó este encuentro, los institutos científicos encargados de la vulcanología y la sismología al menos en Costa Rica estaban iniciando sus labores. Sin embargo el recurso humano y técnico era el suficiente y se logró avanzar de forma satisfactoria en el monitoreo y vigilancia de procesos sísmicos y volcánicos.

Metodología “Sistema Nacional de Alerta Volcánica Temprana” USGS, 2005.

Este sistema fue formulado por el Consorcio de Observatorios Vulcanológicos de los Estados Unidos integrando a escala nacional (Estados Unidos) los esfuerzos y avances en monitoreo de los volcanes más amenazadores, tomando en consideración que ese país ha sufrido en los últimos 25 años erupciones de considerable importancia que han afectado no solo a la población sino a la economía local o regional.

La metodología propuesta por Ewert et al., (2005) utiliza 15 factores de peligro y 10 factores de exposición.

Los factores de peligro son:

Tipo de volcán
Máximo VEI
Actividad explosiva en los últimos 500 años
Mayor actividad explosiva en los últimos 5000 años
Erupciones recurrentes
Flujos piroclásticos durante el Holoceno
Lahares durante el Holoceno
Coladas de lava durante el Holoceno
Potencial de explosiones hidrotermales
Generación de tsunamis en el Holoceno

Colapso potencial de algún sector
Fuente primaria de lahares
Actividad sísmica observada
Deformación observada
Actividad fumarólica o desgasificación magmática observada

Los factores de exposición a tomar en cuenta son:

Índice de población cercana al volcán
Existencia de población en algún cauce importante que conecte al volcán o ladera abajo
Muertes históricas producto de erupciones
Registro de evacuaciones
Exposición de la aviación local y regional a plumas de ceniza
Presencia de infraestructura energética y de transporte
Cercanía de áreas de desarrollo
Por último se toma en consideración si el volcán se encuentra en alguna isla, como el caso de Hawaii.

Aunque la metodología de Ewert et al, (2005) está diseñada para la realidad de Estados Unidos, no se encontró ningún inconveniente para desarrollarla en el Volcán Arenal con los siguientes resultados (Ver tabla 7).

Factores de peligro

Tipo de volcán (0,1): La clasificación 1 involucra estratovolcanes explosivos, domos de lava, volcanes complejos, maares y calderas. El Arenal es un estratovolcán.

Máximo VEI (0,3): La escala de VEI va del 0 al 8, como se verá más adelante, el Arenal ha tenido eventos con VEI entre 3 y 4, según Soto y Alvarado (2006).

Actividad explosiva en los últimos 500 y 5000 años (0,1): Este es un volcán joven de unos 7000 años de edad y en sus registros estratigráficos se infiere la ocurrencia de erupciones de tipo pliniano, subpliniano y estromboliano (Chiesa, 1987; Frullani y Ghiogliotti, 1992; Soto y Alvarado, 2006).

Erupciones recurrentes (0,1): Este factor se refiere al promedio de tiempo y la frecuencia entre erupciones, separadas a veces por largos periodos de quietud. Anteriormente a 1968 el Arenal hizo erupción aproximadamente en el año 1525 (Malavassi, 1979; Melson, 1978, 1994; Melson y Saénz, 1977).

Flujos piroclásticos en el Holoceno (0,1): Según la estratigrafía el Arenal ha producido varios flujos piroclásticos en sus diferentes periodos eruptivos. Sin embargo el mayor flujo generado se presentó durante el actual periodo eruptivo en el año de 1975, recorriendo una distancia de 4.3 kilómetros por el flanco noreste.

Lahares en el Holoceno (0,1): Según Malavassi (1979, comunicación oral, 2007) se han producido pequeños lahares en el pasado en dirección al flanco este, sobre los cauces de los ríos Burio y Calle de Arena los cuales aparecen en los cortes estratigráficos, así como por el flanco noroeste en la Quebrada Guillermina. Frullani y Ghioglioti (1992), indican algunos cursos de agua potencialmente expuestos a lahares. Sin embargo

Malavassi (comunicación oral, 2008) menciona que el espesor de lahares conocido es muy pequeño y se restringe a depósitos lineales a lo largo de los cursos de agua. En el río Aguas Gatas y Tabacón se produjeron depósitos después de 1968 que contenían fragmentos de materiales juveniles transportados por corrientes de lodo.

Coladas de lava en el Holoceno (0,1): Los registros estratigráficos muestran evidencia de coladas de lava durante este periodo.

Tsunami durante el Holoceno (0,1): No existe registro de este tipo de eventos en el Arenal.

Colapso potencial de algún sector (0,1): Esta es una posibilidad que existe en cualquier estratovolcán. Aunque en Arenal no existe evidencia de este tipo de colapso potencial.

Lahar como fuente primaria (0,1): En el Arenal los lahares que se han presentado en el actual ciclo eruptivo son de pequeñas dimensiones y no generan mayor riesgo para la población, sin embargo en anteriores ciclos eruptivos se han presentado lahares de medianas dimensiones. Aunque este elemento no se puede considerar como el más relevante o el que haya generado mayor destrucción en el pasado, se tomará en consideración ya que de producirse un colapso del edificio volcánico (este tema se explicará más adelante), los materiales podrían sumarse al agua ya sea de lluvia o de ríos y quebradas y viajar ladera abajo, provocando lahares en los flancos noroeste, oeste y suroeste.

Actividad sísmica observada (0,1): Existen bastos registros sísmicos en el Arenal.

Deformación de la corteza (0,1): Existen registros actuales de este tipo de procesos. Se han logrado documentar deformaciones ligadas al vulcanismo. Adicionalmente, evidencias geocronológicas sugieren la existencia de actividad tectónica local. (con desplazamientos de 1.5 metros en fallas recientes mencionadas por Soto y Alvarado (2006).

Desgasificación magmática o fumarolas observadas (0,1): Existe emisión constante de gases y se tiene evidencia de la existencia de fumarolas de baja temperatura en la cima del volcán durante varias décadas antes de la erupción de 1968.

Factores de exposición

\log_{10} del índice de población cercana al volcán en un radio de 30 km (0,5.4): En un radio de 30 km alrededor del Arenal viven aproximadamente 109.778 personas (cálculo de población a 30 de junio de 2007). Sin embargo a esta cifra se le debe sumar el número de turistas que visitan al menos la zona de La Fortuna de San Carlos anualmente. La metodología propone tomar el número total de visitantes y dividirlo por 365 (días del año) ya que es sumamente complejo sacar valores mensuales. Al respecto y según estimaciones de la Cámara de Turismo de la Zona Norte (CARTUZON), La Fortuna de San Carlos es visitada por aproximadamente un millón de personas al año ($1000000/365 = 2739$).

\log_{10} de la población asentada ladera abajo o río abajo del Volcán (0, 5.1): Este es un valor que se toma en consideración en volcanes donde los lahares históricos han

provocado afectación o cuando ciudades enteras se encuentran asentadas sobre depósitos de lahar de un volcán cercano, como el caso de Mt. Rainier en el estado de Washington, Nevado del Ruíz en Colombia o Pinatubo en Filipinas. Para el Arenal no existe este tipo de antecedente.

Fatalidades históricas (0,1): La erupción del Arenal de 1968 provocó la muerte de alrededor de 90 personas.

Evacuaciones históricas (0,1): Después de la explosión inicial en 1968, las personas que sobrevivieron salieron por sus propios medios a poblaciones cercanas como La Palma. No hay antecedentes de evacuación organizada por la defensa civil como ha sucedido en México y Ecuador, o más recientemente en la ciudad de Chaitén en Chile. Sin embargo, se han producido evacuaciones de hoteles y cierres preventivos de caminos cuando se han producido flujos piroclásticos por colapso del frente de una colada de lava o del borde del cráter activo.

Exposición para la aviación local (0,1): Este parámetro se refiere a extensas plumas de cenizas y gases que se elevan hasta 10 kilómetros por encima del cráter y que viajan cientos o miles de kilómetros impulsadas por el viento. Estas espesas plumas de cenizas pueden ocasionar problemas en la aviación al introducirse la ceniza en las turbinas, por efecto de la fricción y el calor las partículas de este material se sueldan y provocan la inhabilitación de los motores. Esto ocurrió en el Arenal solo por pocas horas después de la explosión de 1968.

Exposición para la aviación regional (0,5.15): De igual forma que el parámetro anterior, esta situación no se presenta en Arenal. Arenal se encuentra en la ruta de los aviones comerciales que vuelan de Costa Rica hacia el norte de la América Central. A pesar de ello las plumas volcánicas de las erupciones estrombolianas por lo general no han superado los dos kilómetros de altura.

Infraestructura energética (0,1): Justo al pie del Arenal, ubicado a unos 7 Km al oeste del volcán se encuentra el Embalse de Arenal el cual provee de agua al Proyecto Hidroeléctrico Arenal-Corobicí-Sardinal y al Proyecto de Riego Arenal-Tempisque que abastece las zonas de cultivo del de gran parte de la provincia de Guanacaste. El lago del embalse se ubica a 5 kilómetros de la cima del volcán sobre el flanco oeste. Dos proyectos importantes, mencionados anteriormente, tomando en consideración que Costa Rica es autosuficiente en generación de energía hidroeléctrica y que en la provincia de Guanacaste es donde se encuentran las principales zonas de cultivo de arroz y caña de azúcar.

Infraestructura de transporte (0,1): Aunque en las cercanías del Arenal no existen aeropuertos o puertos marítimos estratégicos e importantes para la economía nacional, sí existe una carretera importante que comunica la Zona Norte del país con el Caribe y Pacífico, si bien es cierto su estado no es el adecuado, continúa siendo una vía de comunicación terrestre significativa y es muy importante para el turismo.

Zonas de desarrollo o áreas sensitivas (0,1): El área de desarrollo más importante a nivel turístico de la Zona Norte de Costa Rica se encuentra justo al pie del Arenal, es el casco urbano de La Fortuna de San Carlos y los alrededores del volcán. También a muy pocos kilómetros de distancia en línea recta se asienta otro lugar turístico importante para la

economía del país, la zona de Monteverde, que solo sería potencialmente alcanzado por depósitos de caída si se repitieran alguna de las grandes explosiones del Arenal. De la misma forma, de producirse al inicio del próximo período eruptivo del Arenal, explosiones plineas o subplíneas como han ocurrido en el pasado muchas veces, mucha de las instalaciones turísticas que atienden alrededor de un millón de turistas al año, serían seriamente afectadas.

El volcán como parte significativa de una isla poblada (0,1): Esta condición no se da en el caso del Arenal.

Tabla 7. Evaluación de la amenaza relativa del Volcán Arenal a partir de la aplicación de la metodología del USGS, 2005.

Factores de peligro	Calificación de variables
Tipo de Volcán	1
Máximo VEI	1
Actividad explosiva en los últimos 500 años	1
Mayor actividad explosiva en los últimos 5000 años	1
Recurrencia de erupciones	3
Flujos piroclásticos en el Holoceno	1
Lahares en el Holoceno	0
Coladas de lava en el Holoceno	1
Potencial explosión hidrotermal	0
Tsunami en el Holoceno	0
Potencial colapso de algún sector	1
Lahar como fuente primaria	1
Actividad sísmica observada	1
Deformación observada	1
Desgasificación magmática o fumarolas observadas	1
Puntaje total de los factores de peligro	14

Factores de exposición	Calificación de variables
Log ₁₀ de índice de población en un radio de 30 Km	5.05
Log ₁₀ de población ladera abajo o río abajo	0
Historial de fatalidades	1
Historial de evacuaciones	0
Exposición para aviación local	0
Exposición para aviación regional	0
Infraestructura energética	1
Infraestructura de transporte	1
Áreas sensitivas o desarrolladas	1
Volcán como parte significativa de una isla poblada	0
Puntaje total de los factores de exposición	9.04
Sum Factores Peligro X Sum Factores Exposición = Clasificación de amenaza relativa	14 X 9.04 = 126.56

Ewert et al., 2005 en su reporte al USGS clasifica los volcanes en cinco categorías:

- Volcanes con muy alta amenaza
- Volcanes con alta amenaza
- Volcanes con moderada amenaza
- Volcanes con baja amenaza
- Volcanes con muy baja amenaza

Destaca además que los volcanes más amenazadores de los Estados Unidos tienen una clasificación de la amenaza relativa que oscila entre 324 puntos (Kilauea) y 123 puntos (Augustine). En este sentido y habiendo aplicado la metodología para el Arenal, el resultado es que es un volcán con muy alta amenaza, de igual forma que fue calificado por Yokoyama et al., (1984).

La segunda parte de la metodología de Ewert et al., (2005), tiene que ver con el nivel de monitoreo. En este sentido en el caso del volcán Arenal se realizan las siguientes tareas:

Con ayuda de un equipo de GPS's se miden desplazamientos horizontales y verticales de puntos establecidos previamente. Con ello se logra detectar las deformaciones de la corteza que en el caso del Arenal serían deformaciones volcánicas. Utilizando estaciones totales se miden desplazamientos de líneas de distancia y con niveles de precisión desplazamientos verticales. Lo anterior permite detectar la inflación o deflación del edificio volcánico. Por otro lado es posible realizar modelos matemáticos que explican los desplazamientos, entre los que se pueden mencionar MOGI, OKADA y WINSTONG.

En cuanto a la geoquímica al menos el OVSICORI-UNA cuenta con detectores portátiles de dióxido de azufre (MINIDOAS), a través de los cuales se realizan varias mediciones anuales de este gas, el Arenal se ha caracterizado por emitir poco más de 100 toneladas diarias de SO₂, durante los últimos años, lo que representa una cantidad muy baja. Por esta razón este tipo de equipos solo se trasladan periódicamente en la zona y se mantienen de forma permanente en otros volcanes del país que presentan mayor actividad. También se realizan análisis de SO₂, H₂S y azufre total por reducción, oxidación y preparación de sulfatos, análisis de CO₂ con celdas de microdifusión y medición de gas radón.

Además se realizan mediciones de pH y conductividad eléctrica en fuentes termales y quebradas de los alrededores del Arenal, así como análisis de aniones y cationes mediante cromatografía de iones y análisis de lluvia ácida.

Adicionalmente, existe un juego de datos realmente extraordinario a nivel de la petroquímica de los magmas eruptados por el Arenal desde 1968 gracias a la colección de muestras realizados por los vulcanólogos nacionales. Eso ha hecho posible la realización de trabajos científicos como los publicados en Journal of Volcanology and Geothermal Research (2006).

En cuanto a la sismología volcánica se encuentran operando en el volcán al menos 2 estaciones (la Red Sismológica Nacional y el OVSICORI), las cuales registran los siguientes datos:

- SB: sismos de baja frecuencia. Frecuencias típicas menores a 2.0 Hz.
- SM: sismos de mediana frecuencia. Frecuencias típicas entre 2.1 y 3.0 Hz.
- SA: sismos de alta frecuencia. Frecuencias típicas mayores a los 3.0 Hz.
- Tremor policromático de baja, mediana y alta frecuencia.
- Tremor monocromático de baja frecuencia.
- Tremor espasmódico de alta frecuencia.

Las señales sísmicas típicas en el Arenal están vinculadas a pequeñas explosiones estromboleanas, desgasificación y tremor asociado al ascenso de magma, la producción de flujos de lava o desgasificación. Cabe mencionar que se instalaron sismómetros de banda ancha y de tres componentes. Sin embargo dadas las calidades del suelo (arenas poco consolidadas) se generaba un nivel de ruido muy elevado lo que provocaba la distorsión de la información.

A manera de conclusión y habiendo determinado que el Arenal es un volcán con una amenaza relativa muy elevada se deben tomar tres aspectos en consideración:

Por una parte en la actualidad y a diferencia de la situación de 1984, existe mucha más población asentada no solo en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos sino en los alrededores del Arenal.

En segundo lugar la cantidad de infraestructura turística ubicada en las cercanías del volcán también es mayor que en 1984 a pesar de que el decreto del 2001 restringió la construcción de nuevos hoteles en sitios de alta vulnerabilidad.

Por último, la vulcanología se ha desarrollado aceleradamente en las últimas dos décadas, por lo tanto en el presente existe mayor cantidad de instrumental científico en el volcán lo que garantiza un monitoreo constante de la actividad volcánica. También existe mayor cantidad de personal científico y técnico en Costa Rica. Finalmente la cantidad de estudios de corte vulcanológico realizados en el Arenal en los últimos 38 años, sirven de insumo para comprender los cambios geofísicos que han sucedido a lo largo del actual periodo eruptivo y para modelar y/o predecir el futuro cercano del mismo (véase Oromas Dorta et al., 2006).

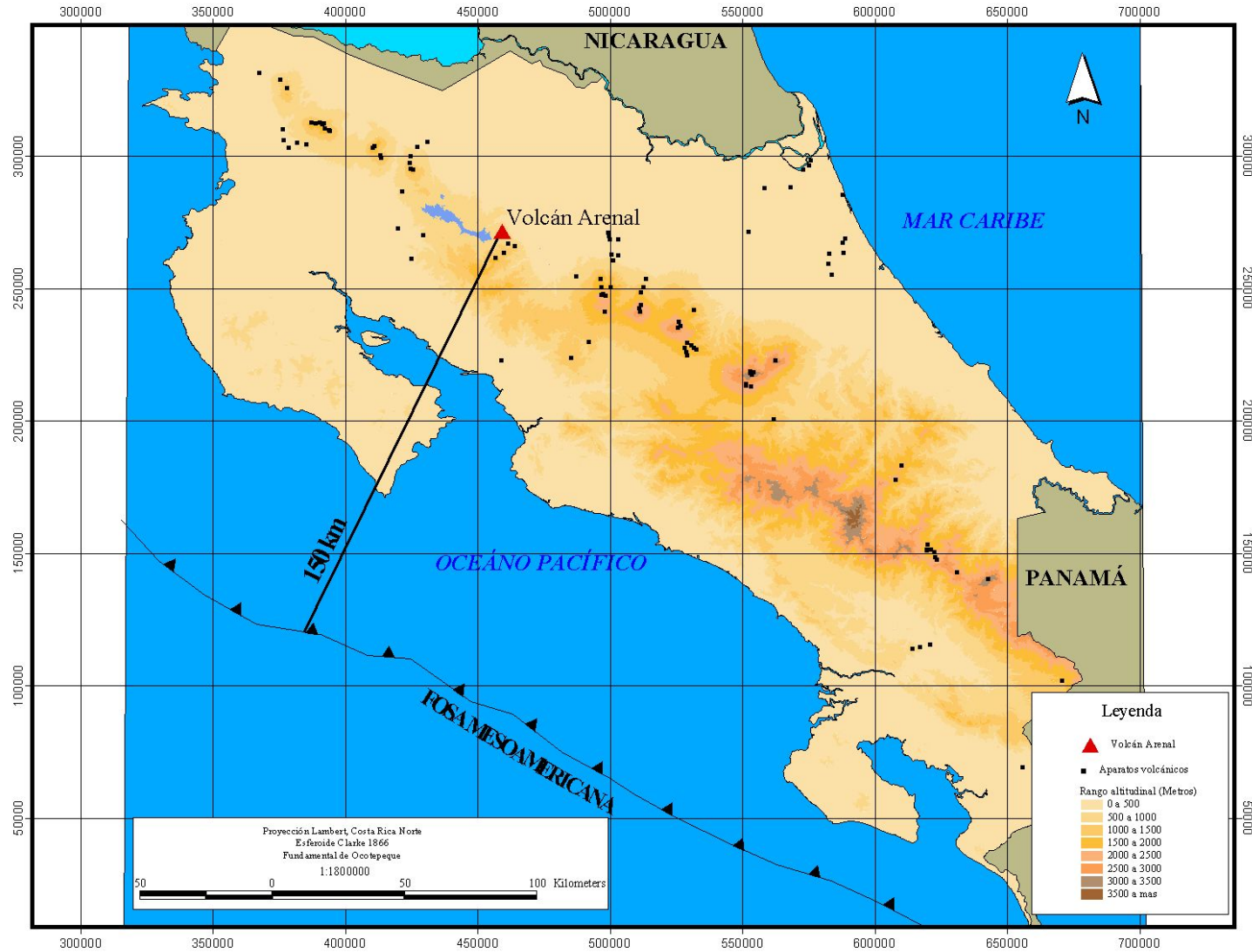
El Arenal es uno de los volcanes más estudiados y monitoreados del mundo, el problema sigue siendo la comunicación entre instituciones gubernamentales y científicas con la comunidad y el poco impulso que se le ha dado a los programas de educación sobre amenazas volcánicas. La actividad turística que representa el renglón más importante para la economía costarricense, demanda información y esfuerzos extraordinarios de monitoreo, sin embargo, no está financiando los estudios vulcanológicos al menos de forma directa, ni tampoco existen iniciativas mediante las cuales la actividad turística participe o colabore significativamente con la actividad de investigación que se realiza en el Arenal, en contraste con otros países en donde Fundaciones privadas ayudan a financiar investigaciones vulcanológicas o dan facilidades para que se realice el monitoreo.

3.3 Geología regional y local del Volcán Arenal

El Arenal se encuentra aproximadamente a 150 km de la zona de subducción entre la placa del Coco y la de Caribe en la Fosa Mesoamericana. La placa del Coco se subduce al noreste bajo el Volcán Arenal. La corteza terrestre bajo el volcán tiene un grosor de 36 kilómetros (MacKenzie et al., 2008). (Ver figura 5). En los perfiles de la zona Wadati-Benioff realizados por Protti et al., (2001) el volcán Arenal se ubica sobre el punto en donde empieza el mayor cambio de gradiente de la zona Wadati-Benioff a una profundidad de 90 Km por debajo del volcán.

Dada la existencia de una brecha sísmica madura en la zona de subducción, al oeste del volcán Arenal, como resultado de un fuerte acople entre la placa del Coco y la placa del Caribe en la zona sismogénica ubicada bajo la Península de Nicoya en el sector de Pacífico se ha comprobado por medio de estudios de la deformación cortical utilizando GPS permanentes que en la actualidad existen esfuerzos compresivos hasta el frente volcánico en el segmento en que se ubica el volcán Arenal (Protti et al., 2001).

Figura 5. Mapa de ubicación del Arenal con respecto a la Fosa Mesoamericana.



Fuente: Atlas digital de Costa Rica. ITCR. 2004. Protti et al., 2001.

Los mismos autores proponen para explicar la disminución del volumen extruído por unidad tiempo en el Arenal, y con ello la disminución de su actividad, que esta deformación compresiva podría de alguna forma estar cerrando los conductos magmáticos del Arenal, pero que en el momento que rompa la brecha sísmica, los esfuerzos compresivos disminuirían pudiendo provocar un aumento en la actividad efusiva del Arenal en los meses subsiguientes al sismo, de la misma forma esta disminución de los esfuerzos compresivos podrían favorecer la ocurrencia de erupciones en la Cordillera Volcánica de Guanacaste meses a años después de la ruptura de la brecha sísmica de la Península de Nicoya.

Costa Rica así como el istmo centroamericano son territorios geológicamente muy jóvenes. Durante el Cretácico el territorio costarricense era parte de la corteza oceánica (Galli, 1979) y el complejo de basal de Nicoya es según Pitchler y Weyl (1973), un remanente de este substrato. La formación de una zona de subducción produjo arcos de islas que fueron modificando la corteza oceánica gradualmente hasta producir un margen continental activa con la formación del istmo centroamericano. El primer arco volcánico fue construido sobre la corteza oceánica cuando la Placa del Coco comenzó a subducirse bajo la placa del Caribe (Galli, 1979). Posteriormente los movimientos verticales y la deformación del Complejo de Nicoya en el periodo del Terciario (Pitchler y Weyl, 1973) estuvieron acompañados por depósitos clástico sedimentarios de materiales volcanogénicos del arco de islas (Galli y Schmidt-Effing, 1977).

Durante el Mioceno tardío se presentó deformación de la corteza que fue acompañado de un vulcanismo intenso a los largo de lo que se conoce como Cordillera de Guanacaste (Malavassi y Madrigal, 1970) dando lugar a la formación del Grupo Volcánico del Aguacate. Esta deformación continuó hasta el Plioceno lo que al final produjo la unión de la América del Norte con la América del Sur producto de la formación del Istmo Centroamericano (Pitchler y Weyl, 1973).

Aproximadamente unos 9 Km al norte del volcán Arenal afloran las rocas calcáreas y detríticas de la Formación Venado que han sido datadas en unos 700 mil años y que representan depósitos de los últimos pasajes marinos que entonces unían el Caribe y el Pacífico. Lo anterior hace pensar en que es factible la existencia de rocas sedimentarias calcáreas debajo del volcán Arenal (Malavassi, 1991).

Es importante mencionar que los eventos tectónicos producidos durante el Plioceno generaron un intenso vulcanismo y grandes sistemas de fallas, entre las que se puede mencionar los grabens de Nicaragua y Arenal (Dengo et al., 1968) y que sin duda alguna, contribuyeron al desarrollo del Istmo centroamericano tal y como lo conocemos hoy.

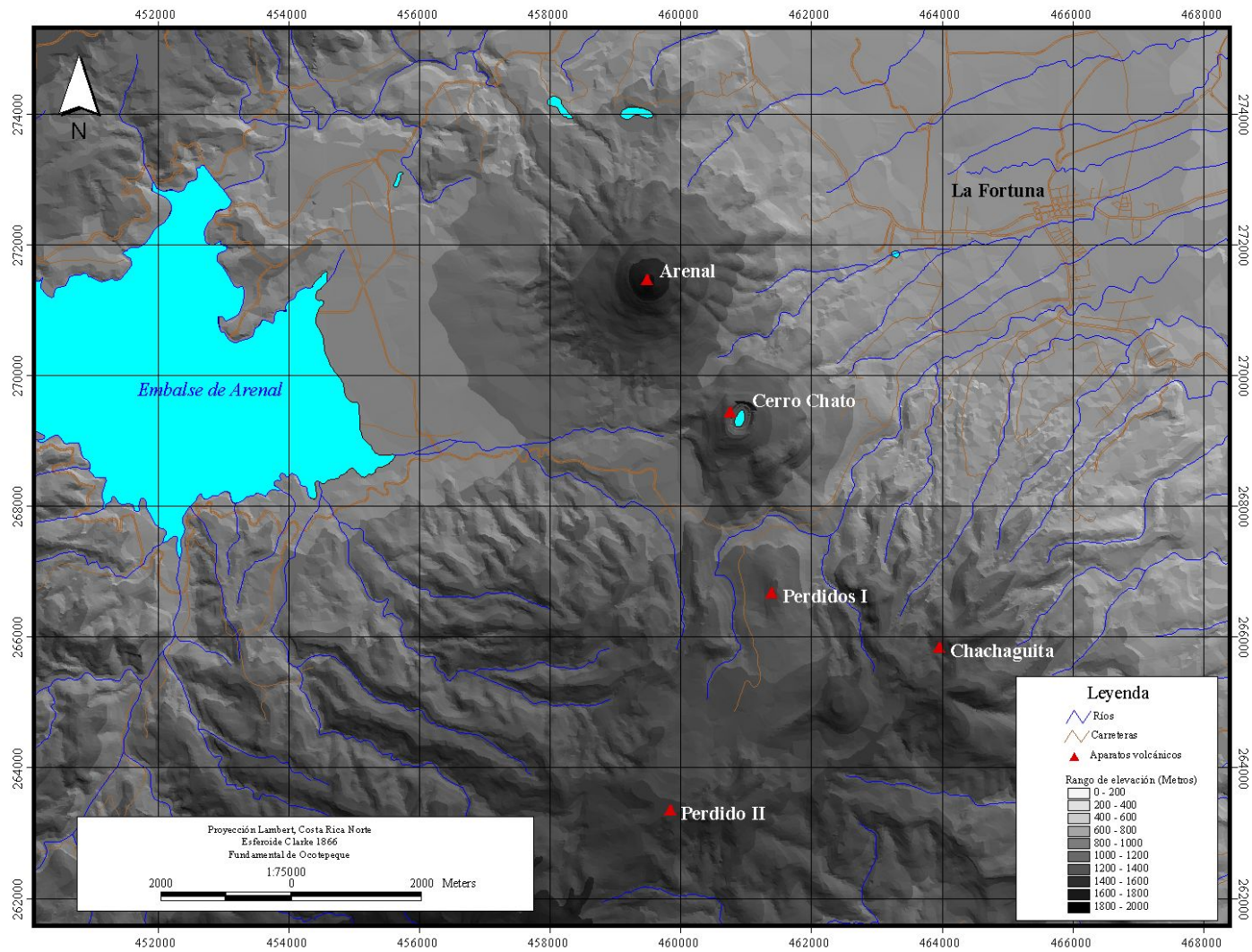
Hacia el sureste del Arenal se encuentran ubicados en dirección nor-noroeste-sur-sureste una serie de relictos volcánicos del vulcanismo de Monteverde hace más de 1.3 millones de años, seguido por los domos de Los Perdidos con una edad aproximada de 90 Ka. Posteriormente el Cerro Chato, volcán que se encuentra al lado del Arenal con una edad aproximada de entre 38 Ka a 3.8 Ka y por último el Arenal, un joven estratovolcán de 7 Ka (Alvarado, 2000; Soto y Alvarado, 2006; Alvarado, 2000; Malavassi, 1979) (Ver figura 5). Hacia el este del Cerro Los Perdidos I se ubica el Cerro Fortuna cuya edad es desconocida. Su morfología concuerda con un cono volcánico con un cráter en la cima específicamente en el borde noreste. Por otra parte el Cerro Chachaguita está en el

borde este de una antigua caldera del vulcanismo de Monteverde. Los volcanes más jóvenes están ubicados sobre otros más antiguos, los aparatos volcánicos más antiguos están erosionados e incluso evidencian antiguas calderas, como la ubicada al sureste del Cerro Chato. No se han realizado estudios específicos sobre el tema (Malavassi, comunicación oral, 2007).

La alineación entre Cerro Los Perdidos, Cerro Chato y Arenal corre paralelamente sobre un grupo de fallas que van en dirección noroeste-sureste. Específicamente el volcán Arenal está localizado al sureste del graben del denominado Lago de Arenal con una tectónica regional asociada al vulcanismo del Cuaternario (Malavassi, 1979). El conjunto de cerros Los Perdidos comprende a dos cerros ubicados al suroeste de La Fortuna. Son un grupo de relictos volcánicos (Sáenz, 1971). Por su parte al Cerro Chato se le ha denominado como el “hermano” del Arenal, este es un cono con una laguna cratérica y dos domos ubicados sobre el flanco este del cono (Borgia et al., 1988).

Los eventos sísmicos presentados previos a la erupción del Arenal en 1968 se ubicaron sobre el flanco oeste del Cerro Chato lo que sugería preliminarmente una íntima relación entre estos dos aparatos volcánicos (Minakami et al., 1969). La red sísmica portátil instalada por la misión japonesa que vino a valorar la situación del volcán Arenal, tenía serias limitantes, de ahí la gran incertidumbre sobre la ubicación real de esos sismos (Ver figura 6).

Figura 6. Mapa de ubicación de relictos volcánicos cercanos al Arenal



Fuente: Cartografía base Instituto Geográfico Nacional
Elaboración propia.

Los materiales volcánicos del Cuaternario sobreyacen al Grupo Volcánico Aguacate y consisten en ceniza volcánica, arena volcánica y capas de lapilli, depósitos de ceniza de la formación Cote al noroeste del cono de Arenal, así como avalanchas de lodo. En los canales de drenaje y en los alrededores del Lago de Arenal se identifican abundantes depósitos de aluviones del Cuaternario (Malavassi V y Madrigal, 1970).

La geología que compone el volcán Arenal y sus alrededores es, según Malavassi (1979):

- a) coladas de lava, depósitos de bloques y ceniza, unidades explosivas consistentes de dos capas, una capa inferior de lapilli grueso y una superior de ceniza fina que representa material de caída sobre la cual se desarrollan suelos en los flancos del volcán Arenal. Las lavas del Arenal tienen composición en el rango que va de basalto-andesítica hasta andesítica, en tanto las tefras van de basálticas hasta dacíticas.
- b) Coladas de fuente desconocida, que pueden ser coladas antiguas del Arenal.
- c) Coladas de lavas y tefras correspondientes al grupo volcánico Cerro Chato del Cuaternario.
- d) Aglomerados volcánicos y brechas tobáceas del grupo volcánico Aguacate del Terciario superior.

3.4 Estratigrafía

La estratigrafía identifica e interpreta las capas de rocas basadas en el principio de superposición que provee indicios de la edad relativa de las capas analizadas respecto de otras que se encuentra encima o debajo de ellas. Afortunadamente, en las unidades estratigráficas del volcán Arenal existe abundancia de material datable por medio de la técnica del radiocarbono. La extensión de las unidades estratigráficas, así como su espesor, provee además información sobre la distribución espacial de los eventos eruptivos y su magnitud. En el caso del Arenal el estudio estratigráfico ha sido clave para entender el tipo de actividad que este volcán ha tenido en el pasado y para interpretar las etapas del ciclo eruptivo que inició en 1968.

Según Malavassi (1979) la estratigrafía del volcán Arenal y alrededores se compone de 5 unidades, de más joven a más antigua, corresponden a 1- rocas volcánicas de los periodos histórico y 2- prehistórico del Arenal, 3- depósitos de lava de fuente desconocida posiblemente de erupciones antiguas del Arenal, 4- rocas volcánicas del Volcán Cerro Chato y 5- rocas volcánicas del Terciario tardío aglomerados y brechas tobáceas del Grupo Volcánico Aguacate.

3.4.1 Grupo Volcánico Aguacate

A lo largo del Río Arenal aproximadamente a 530 msnm es posible observar unidades estratigráficas compuestas por aglomerados volcánicos y tufáceas brechas (Umaña et al., 1973). Tomando en consideración el rápido crecimiento de la vegetación en esta zona tropical, estas unidades se encuentran relativamente bien expuestas. El sitio exacto lo ubica Malavassi (1979) 1 km al noroeste de la Palma sobre el camino a Santa Eulalia en los cruces del Río Arenal. La unidad presenta una coloración gris oscuro a negro, aglomerados volcánicos sin cristales de unos 50 m de espesor. La matriz es limosa a arenosa gris oscura a amarilla (cuando está alterada) y con la presencia de ceniza

volcánica en grandes cantidades. La parte superior de la unidad tiene aproximadamente 20 m de espesor de brechas tufáceas con una tonalidad de amarillo-café a color crema. Es posible encontrar fragmentos angulares de tamaño importante entre 0.2 a 6.4 cm flotando en una matriz arcillosa que representa entre un 10% a 15% del total del volumen de las rocas.

Estas rocas pueden correlacionarse basándose en sus características litológicas y posición estratigráfica con las del Grupo Volcánico Aguacate del Mioceno tardío a comienzos del Plioceno (Malavassi, 1979).

3.4.2 Grupo Volcánico Cerro Chato

Borgia y otros (1988) mencionan que la forma achatada de Cerro Chato se debe a dos domos ubicados en la parte este que dan la apariencia de que el edificio tiene una amplia base. El cono del Cerro Chato es un cono compuesto, que tiene un cráter que se formó por erupciones sucesivas en la parte superior de la columna magmática.

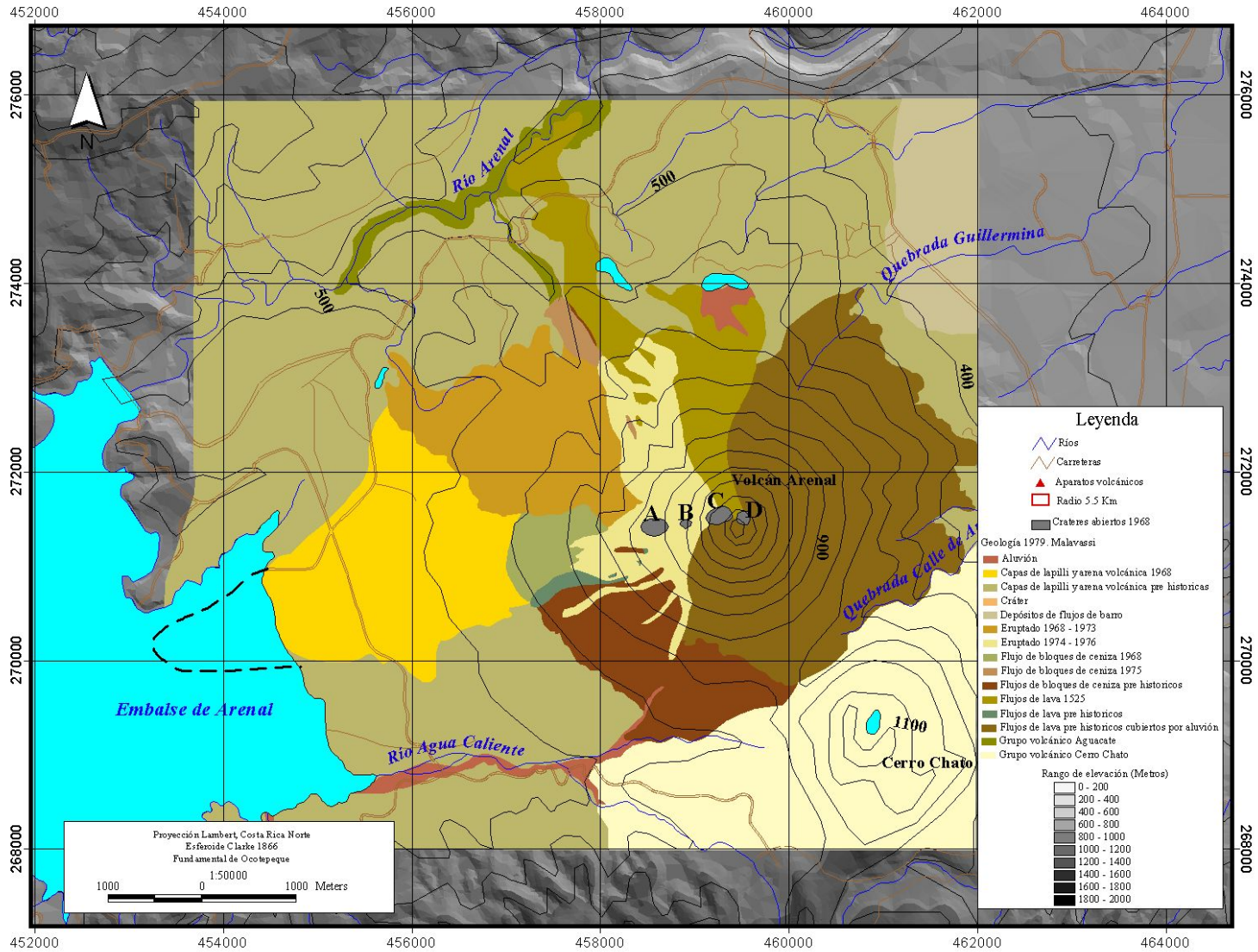
Al día de hoy el Cerro Chato está cubierto por una densa vegetación primaria, típica de las características del régimen de elevación y precipitación promedio anual de las tierras tropicales. La unidad consiste en coladas de lava basálticas y andesíticas con dos piroxénos, todas las rocas identificadas generadas por el Cerro Chato fueron incluidos por Malavassi (1979) dentro del Grupo Volcánico Cerro Chato con la idea de poder luego quebrarlas en formaciones conforme estudios estratigráficos detallen la geología de este volcán. En el flanco norte el mismo autor identificó avalanchas ricas en ceniza volcánica que componen un total del 80% del volumen de la roca.

En el flanco noroeste del Chato se identifican lavas prehistóricas del Arenal que cubren parte del Cerro Chato. Esta característica sugiere de forma indiscutible que El Chato es más antiguo que el Arenal.

3.4.3 Grupo Volcánico Arenal

Malavassi (1979) incluye aquí todas las rocas de la unidad genéticamente originadas por el Volcán Arenal que consiste en coladas de lava de bloque alternando con capas de arena volcánica y lapilli angular sobreyacidas por capas de ceniza y depósitos de bloques y cenizas (Ver figura 7). El mismo autor agrega que lejos del cono se encuentra material producto de caída, es decir secuencias alternas de lapilli y cenizas con un suelo desarrollado encima que se formó durante un largo período de inactividad. Dentro del cono existen coladas de lava, depósitos de flujos piroclásticos (mezclas caóticas de bloques juveniles y ceniza) y capas de material de caída.

Figura 7. Mapa detallado de geología Volcán Arenal



Fuente: Cartografía base IGN. Adaptado de Malavassi, (1979).

3.4.4 Unidades prehistóricas de material de caída del Volcán Arenal

La característica en estas unidades es la alternancia de capas de arena volcánica y lapilli angular, especialmente fuera de los flancos empinados del cono del Arenal. Esta unidad estratigráfica se encuentra en la base del cono del Arenal sobre el este, norte y noroeste, y hasta una elevación de 1000 metros sobre el flanco suroeste del volcán. Cuando está expuesta en la base del cono tiene una coloración gris, en el caso de que este alterada la coloración será amarillo con café. El espesor de la capa de arena volcánica superior varían entre 0.15 m a 2.8 m y la del lapilli angular en la parte de abajo entre 0.1 m y 1 m (Malavassi, 1979).

También se ubican depósitos lacustres, posiblemente formados en pequeñas y efímeras cuencas cerradas, con coloraciones que van de gris oscuro a amarillo con café y que consiste en arena sumamente fina. En la Quebrada Lava, Malavassi (1979) identifica estos depósitos y registra espesores que van de 2 a 8 metros. Estos depósitos lacustres también son ubicados en los bancos del Río Arenal y fueron descubiertos durante las excavaciones para la construcción de la represa Sangregado a 6 km al noroeste del Arenal (Soto et al., 2006).

Malavassi (1979) a pesar de no haber realizado un amplio estudio de la estratigrafía y distribución espacial de los depósitos de tefras del Arenal, concluyó que la dirección predominante de las explosiones del Arenal ha estado en los cuadrantes noroeste y suroeste del cono, lo cual es consistente con la alta influencia que el viento predominante (del noreste) realiza sobre la pluma eruptiva del Arenal.

3.4.5 Coladas de bloques de ceniza y avalanchas prehistóricas

Esta característica es observada en tres sitios: al norte del Río Tabacón, sobre la parte baja de Calle de Arena en el flanco este del Arenal y en la parte superior del grupo de colinas elongadas localizadas a unos 500 m al suroeste del cráter A, en el flanco suroeste del cono. Los espesores expuestos varían de 3 a 7 metros.

Estos depósitos consisten en una mezcla caótica de bloques angulares de más de 5 metros de diámetro que se presenta en una matriz de lapilli angular inalterado o en una matriz de arena volcánica bien escogida y también inalterada. Los bloques son fragmentos de las lavas del Arenal y son escoriáceos, muy similares a los depósitos de los flujos piroclásticos más recientes. Los bloques de Calle de Arena están bien desarrollados y son del tipo corteza de pan y tienen juntas de enfriamiento lo que implica que fueron emplazados a muy altas temperaturas.

3.4.6 Coladas de lava prehistóricas

Malavassi (1979) incluye aquí todas las lavas eruptadas antes de 1525. Las coladas prehistóricas individuales poseen un grosor que varía entre los 8 y los 40 m. Con frecuencia las coladas de lava se encuentran cubiertas por depósitos que Malavassi (1979) interpretó como coluvión debido a colapsos en los flancos del cono producto de lluvias muy fuertes (3000 mm /año). Revisando estos depósitos a la luz de los flujos piroclásticos más recientes producto del colapsos incandescentes del frente de una

colada o del borde del cráter activo, es posible que se trate de depósitos de flujos piroclásticos que se vuelven más comunes al final de cada período eruptivo, lo cual explica que alcancen espesores de hasta 12 metros sobre las lavas del cono y que Malavassi (1979) tuviera pocos elementos para interpretarlos adecuadamente (Malavassi, 2007 comunicación oral).

Por su parte Soto y Alvarado (2006) mencionan que el edificio volcánico del Arenal está constituido por campos de lavas basálticas andesíticas, de la más joven a la más vieja A1, A2, A3, A4 y LA (Lower Arenal) (Borgia et al., 1988; Borgia y Linneman, 1990). Soto y Alvarado (2006) renombraron las lavas del Arenal (ARL) de 1 al 5 en la estratigrafía, es decir ARL1 la más antigua y la ARL5 la más joven. AR1 (previa a LA) ubicada en las zonas del edificio más erosionadas y data del 3200 B.P. ARL2 (A4) son varias lavas de diferentes periodos eruptivos cuya edad está entre 2300 y 3200 B.P. ARL3 (A3) sobre algunas unidades jóvenes eruptada entre 1250-1300 B.P. ARL2 y ARL3 fueron eyectadas desde la cima del cráter antiguo central que posteriormente fueron sepultadas por las capas ARL4 y ARL5.

3.4.7 Coladas de lava 1525 ± 20 D.C

Estas lavas han sido delimitadas por la topografía, además sobre ellas ha crecido relativamente poca cobertura vegetal. La edad de estas lavas y de la erupción son basadas en dataciones de radiocarbono de un flujo piroclástico con madera carbonizada que reportó Melson y Sáenz, (1977) sobre el cual se depositaron lavas de esta erupción.

Esas lavas provenientes de la cima del volcán cubrieron un área aproximada de 2.5 km² en el flanco norte del cono, con un espesor máximo de 50 m. Las coladas paralelas al Río Tabacón viajaron casi 5 km hasta detenerse en el valle del Río Arenal, por el que descendieron varios cientos de metros. Esta colada de 1525 es de composición basáltica y contiene dos piroxénos y un poco de olivino. Por su composición basáltica se ha intentado correlacionar el campo de lavas de 1525 con otros depósitos de la misma composición que ocupan una posición estratigráfica similar. Una posibilidad es correlacionarla con los depósitos basálticos de ET-3 pero ellos son más antiguos que los de la capa dacítica plinia estudiada por Chiesa (1987) a la cual subyacen¹⁰. Otra posibilidad es correlacionarla con el depósito de flujos piroclásticos del Tajo Cedeño (Lagos y Senderos) en la margen izquierda de la quebrada Guillermina ubicado a 2.5 km hacia el este, que fue datado en 1000 ± 40 (Frullani y Ghigliotti, 1992). Pero, esta correlación de la colada o campo de lavas de 1525 con los flujos piroclásticos del Tajo Cedeño tiene un inconveniente, ya que las mismas sobreyacen lapilli de la erupción plinea propuesta por Chiesa (1987) y que ha sido datada en 1000 ± 200 D.C. años. Esto hace suponer que esta colada es ligeramente posterior a la erupción plinea, cuando magmas basálticos aparecieron en el volcán Arenal.

¹⁰ En comunicación oral (2008) con el Dr. William Melson sobre la existencia o no de erupciones prehistóricas de tipo pliniano en el Arenal, menciona que la razón por la que autores como Chiesa (1987), Frullani y Ghigliotti (1992), Soto y Alvarado (2006), entre otros, hablan de este tipo de eventos es porque en términos de volumen de tefra, algunas erupciones prehistóricas presentan capas de piedra pómez cuyo grosor es hasta 10 veces mayor que la de la erupción de 1968 lo que hace suponer la ocurrencia de episodios plinianos en el Arenal. Sin embargo aún con todo y la evidencia, no es posible estar seguros al 100%, por lo tanto no se puede descartar la posibilidad ni admitirla como un absoluto, tan solo es posible inferir.

Dos pequeñas lagunas de represamiento fueron producidas como resultado de la interrupción de varias cuencas por parte de la colada de lava. Ellas son la Laguna Palma y la de Cedeño. Dos lagunas de represamiento también fueron formadas cerca de los frentes de las coladas emitidas desde el cráter A en 1969.

Las coladas de lava de esta erupción solo cubrieron la parte del flanco norte y coladas de bloques y ceniza se depositaron en el Río Tabacón (Melson y Sáenz, 1973), secuencias de ceniza volcánica y lapilli se asentaron cerca de la Laguna La Palma. Estas lavas se encuentran cubiertas por un coluvión de más de 8 m de espesor que ha sido reinterpretado por Malavassi recientemente (Malavassi, 2006, comunicación oral) como depósitos de flujos piroclásticos producidos por el colapso de frentes de coladas de lava o del borde del cráter activo, similares a los que han estado ocurriendo en los años recientes en el Arenal.

3.4.8 Unidad de rocas históricas del Arenal

Las capas de depósito de flujos piroclásticos y lapilli angular de 1968 así como de flujos de ceniza y bloques fueron eyectadas el 29 de julio de 1968, lo que indica el inicio de actual periodo. Nubes ardientes producto de la explosión descendieron por el flanco oeste del cono viajando 3 km desde el cráter A.

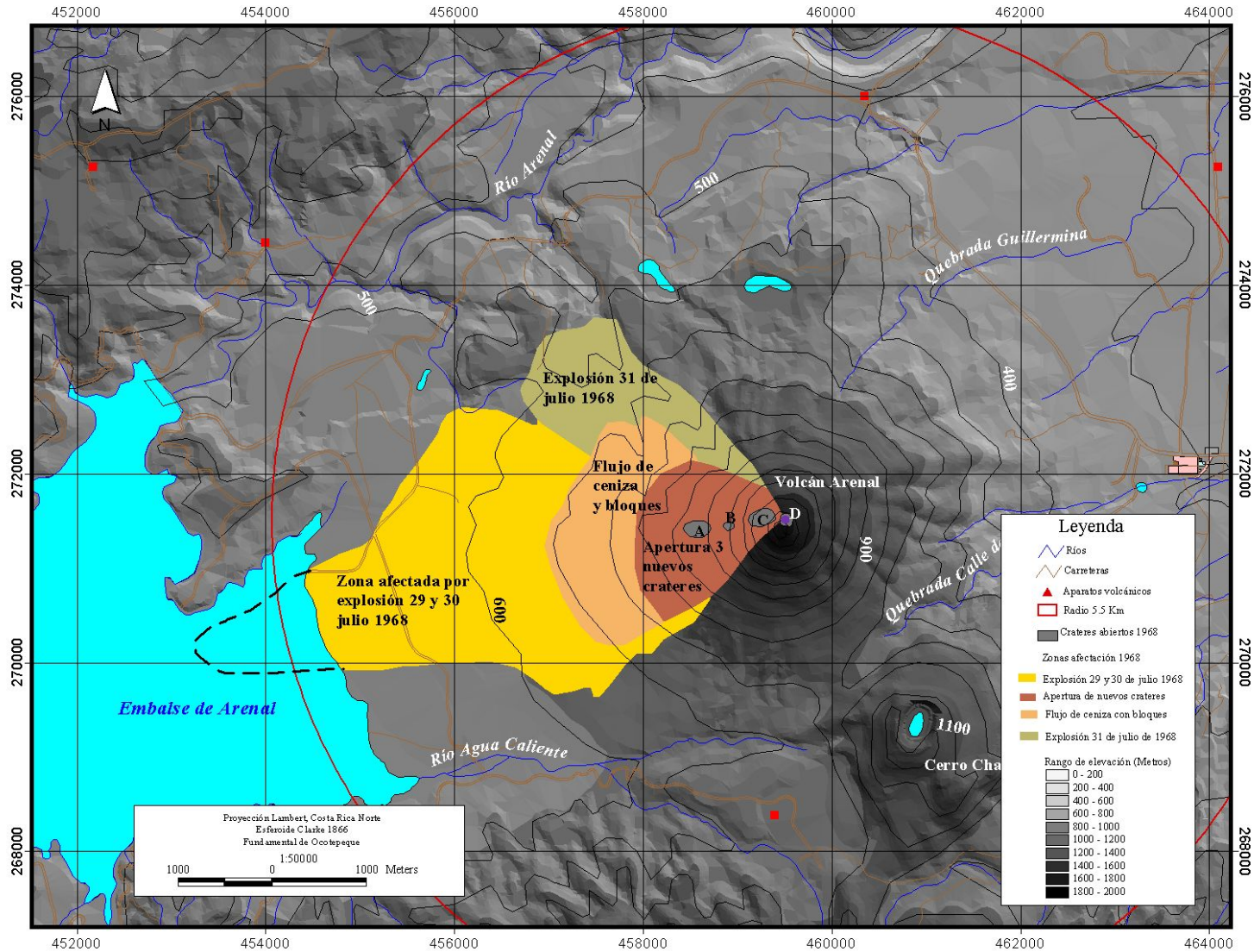
3.4.9 Coladas de lava históricas

La primera colada de lava emitida durante el actual ciclo eruptivo se produjo el 19 de setiembre de 1968 desde el cráter A. Tres grandes coladas de lava fueron eruptadas de este cráter (Taylor y Umaña, 1978) entre setiembre de 1968 y setiembre de 1973 cubriendo un área aproximada de 2.74 km² con coladas de bloques de más de 60 m de espesor (Melson y Sáenz, 1973). Gran parte de la información referente a la sucesión de eventos efusivos ocurridos durante los primeros años de la erupción iniciada en 1968 se debe al trabajo del topógrafo Taylor del Instituto Costarricense de Electricidad quien con una plancheta se encargó de levantar las nuevas coladas de lava del volcán Arenal en forma periódica (Ver figura 8).

En setiembre de 1973 el volcán Arenal inicia una fase fumarólica que se extiende hasta marzo de 1974. Posteriormente, una colada fue emitida por primera vez desde el cráter C (1460 msnm), entre marzo de 1974 y agosto de 1975 (Malavassi, 1979).

El 17 de julio de 1975 se produce un flujo piroclástico que desciende a lo largo del valle del Río Tabacón y se originó del cráter C mientras era emitida la voluminosa colada de lava 14 de la erupción. Los flujos piroclásticos cubrieron el valle del río Tabacón hasta su confluencia con el Río Arenal ubicado a una distancia de 4.3 km del origen (Malavassi, 1979).

Figura 8. Mapa de zonas afectadas en la explosión inicial en julio de 1968



Fuente: Cartografía base IGN. Adaptado de Malavassi, 1979.

Entre agosto de 1975 y diciembre de 1978 la colada de lava 14 fue erupcionada del cráter C, cubriendo un área de 2.16 km² una colada de lava de bloques de más de 40 m de espesor. El total de área cubierta por lavas históricas hasta 1978 se estimaba en 4.9 km² (Malavassi, 1979).

3.5 Historia eruptiva del Volcán Arenal

El frente volcánico en Costa Rica se puede dividir en dos cordilleras volcánicas: la de Guanacaste y la Central. La primera la componen algunos volcanes del Pleistoceno superior como el cerro Fortuna, Chachagua, los Perdidos I y II, cuya geología es poco conocida. El Arenal se encuentra al sureste de la cordillera de Guanacaste. En el Cuaternario se ha reconocido varios centros eruptivos o complejos volcánicos de Los Perdidos (90 Ka), Cerro Chato (38 Ka a 3.8 Ka) y Arenal (7 Ka) (Malavassi, 1979; Gillot et al., 1994; Soto y Alvarado, 2006).

Dada la oportunidad que representa para los científicos el estudio de un volcán activo, la mayoría de las investigaciones del volcán Arenal describen aspectos relacionados con el actual ciclo eruptivo (1968 al presente). La geología y estratigrafía del volcán Arenal fue estudiada por Melson y Sáenz (1977), Malavassi (1979), Frullani y Ghigliotti (1992) y el trabajo de síntesis estratigráfica más reciente con excelentes datos geocronológicos de Soto y Alvarado (2006) que establecen el nacimiento del volcán Arenal hace unos 7000 años. Durante sus 7000 años de existencia el volcán Arenal tiene una historia eruptiva que consiste en lo fundamental de 21 erupciones mayores, con una fase explosiva, generalmente subplínea, estromboliana o vulcaniana lo que implica erupciones ampliamente destructivas, seguidas por lo general de emisiones lávicas que pueden comprender el mayor volumen extruido durante un ciclo eruptivo. Existen también un número subordinado de erupciones menores, menos energéticas y poco conocidas porque no han dejado un registro estratigráfico suficientemente amplio en extensión y espesor, lo que hace presumir que tienen un impacto relativamente menor, aunque en la medida en que las actividades económicas y humanas se acercan al volcán Arenal, se convierten en erupciones que representan una amenaza a considerar.

El volcán Arenal no era reconocido como un volcán activo en el Catálogo de Volcanes Activos del Mundo, Sección de México y América Central (Malavassi, 1979). Dengo (1962) pero había sugerido que por su forma cónica podría tratarse de un volcán Cuaternario. Malavassi y Madrigal (1970) visitaron el volcán en 1964 corroborando la existencia de fuentes termales y de coladas de lava cubiertas con poco suelo, concluyendo que se trataba de un volcán reciente. Relatos periodísticos de ascensos realizados por montañistas en 1937, década de 1950 y principios de los sesentas mencionaron la presencia de fumarolas activas en el cráter sumital de su cono.

Ya iniciada la actividad de 1968, Sáenz y Melson (1968, 1973, 1977) reconocieron por primera vez en los cortes del camino al poblado de La Palma cercano al volcán, la existencia de capas alternas de lapilli, sobreyacidas por materiales de granulometría fina que reconocen como depósitos de erupciones explosivas antiguas.

Melson y Sáenz (1977) al tratar de evaluar la peligrosidad del volcán en los años subsiguientes a la erupción de 1968, sugieren que el volcán Chato, ubicado al este del volcán Arenal tiene su forma achatada gracias a una erupción explosiva que destruyó parte de un cono perfecto similar al del volcán Arenal. Estos autores hipotizaron que

el Arenal eventualmente va a tener el mismo aspecto achatado como resultado de una eventual explosión que formaría una gran caldera y achataría su cono. Por su parte, Borgia y otros (Poore, Carr, Melson y Alvarado, 1988) concluyen tras un estudio geológico del volcán Chato que su forma achatada proviene de dos domos de poca altura que se formaron al este de su cono compuesto, dando la impresión de que se trata de un cono de base extraordinariamente ancha.

Melson y Sáenz, (1977, 1978), Soto y Alvarado, (2006) hablan en distintos estudios sobre la explosividad del Arenal y argumentan que los materiales que componen parte del cono así como las capas ubicadas muchos kilómetros a la redonda del volcán son producto de fases explosivas intensas. Gill (1981) explica que los magmas andesíticos pueden tener una gran cantidad de volátiles disueltos, principalmente agua. Wade et al., (2006) han confirmado en muestras del volcán Arenal la presencia de inclusiones con un contenido de volátiles de hasta un 5%.

Parte del pasado eruptivo del Arenal ha sido reconstruido por el análisis de una sección estratigráfica realizada por Melson (1977) denominada El Tajo aproximadamente a 7 kilómetros de distancia de la parte sumital del Arenal en dirección suroeste. Esta sección mostraba 10 unidades consecutivas separadas por suelo con espesor entre 0.1 a 0.2 metros. Estas unidades consistían de una capa inferior de espesor variable de lapilli formado durante la fase explosiva y una capa superior de ceniza fina de espesor variable que representa el material de caída sobre el cual se formó posteriormente suelo. Desafortunadamente esta sección quedó cubierta por el agua en 1978 cuando se inundó la zona que comprende en la actualidad la Laguna de Arenal, parte del proyecto hidroeléctrico Arenal. Melson (1982, 1984) identificó las unidades en El Tajo con el prefijo ET-x (Malavassi, 1979; Soto y Alvarado, 2006). El sitio El Tajo registra la historia eruptiva del volcán Arenal de los últimos 4000 años (Soto y Alvarado, 2006), por lo que por algún tiempo se pensó que la estratigrafía expuesta en El Tajo correspondía a la historia eruptiva del volcán Arenal.

El cono del Arenal está compuesto por coladas de lava andesíticas a basálticas (rango de SiO_2 de 56.31% a 51.52%) y tefras basáltico andesíticas, andesíticas y dacíticas. La estratigrafía del sitio El Tajo muestra varias erupciones las cuales comienzan con violentas explosiones, las mismas han depositado capas de tefra pumíticas y escoriáceas, lo que sugiere que erupciones pasadas del Arenal fueron diferentes en intensidad y explosividad a la ocurrida en 1968 (Melson, 1984; Chiesa, 1987). El eje mayor de la mayoría de las erupciones del Arenal está dirigido hacia Monteverde, ubicado hacia el suroeste, su orientación cambia de acuerdo a la dirección del viento imperante al momento de la erupción. La estratigrafía del sitio El Tajo muestra 10 unidades eruptivas con aproximadamente 4000 años de historia volcánica (Melson, 1977).

Chiesa (1987) expone la ocurrencia de una erupción pliniana de grandes proporciones en el año 1000 ± 200 A.D (1400 A.D según Soto y Alvarado, 2006) que cubrió alrededor de 1000 Km^2 con un volumen de 0.4 Km^3 de piroclastos dacíticos, seis veces mayor que la ocurrida en 1968 cubriendo un área 25 veces más grande, e incluso de mayores proporciones que la del volcán St. Helens en 1980, lo cual refleja la intensidad de la explosión. Las tefras pumíticas y escoriáceas detectadas en la parte oeste de Arenal llegando hasta Tilarán (30 Km en línea recta) sugieren que algunas de las erupciones prehistóricas del volcán fueron muy diferentes a la presentada en 1968,

sobre todo en intensidad (Chiesa, 1987). Melson y Sáenz (1968,1973) sugieren que el modelo eruptivo se caracteriza por una fase explosiva corta que deposita una capa basal de lapilli que es cubierta rápidamente por una capa de materiales más finos (arenas finas y cenizas) sobre las cuales se desarrolla un suelo en aquellos lugares ubicados fuera del cono del volcán. Abiertos los conductos como resultado de la fase explosiva inicial, se produce una larga fase de extrusión de lavas, lo cual predecía un largo periodo de actividad luego de la erupción de 1968, tendencia que se mantiene vigente. Los mismos autores dataron por medio del radiocarbono un flujo piroclástico de la última erupción del volcán Arenal en 1525 A.D. y sugieren que fue cinco veces más voluminosa durante su fase explosiva.

Soto y Alvarado (2006) expanden la estratigrafía del Arenal y definen la existencia de al menos 21 unidades eruptivas, teniendo la más antigua de ellas aproximadamente 7000 años de edad. Ellos encuentran que han ocurrido unas 8 erupciones subplininas, 7 de tipo estromboliano, al menos 2 vulcanianas además de algunas otras de menor rango explosivo como la ocurrida en 1968.

3.6 Descripción de la actividad inicial de 1968 y década de 1970

Melson (1973) y Melson y Sáenz (1977) dividen la erupción del Arenal de 1968 en seis fases diferentes y es revalidada por Malavassi (1979).

I. Fase explosiva (29 – 31 de julio, 1968)

Después de varios cientos de años de inactividad, se produce una explosión inicial que abre tres nuevo cráteres en línea, cráteres laterales en el flanco oeste, el más grande y generador de la primera explosión se denominó cráter A, localizado a 1050 msnm. En la explosión inicial, Melson (1968) describe la apertura de nuevos cráteres, la producción de balísticos y el emplazamiento de nubes ardientes que descendieron por el flanco oeste. Alvarado et al., (2006) se refieren a proceso explosivo como una explosión andesítica lateral (lateral blast). La explosión del 29 de 1968 en la que el material eyectado en estas explosiones fue de grandes bloques (2 x 3 x 6 m) y ceniza fina, el ángulo de disparo fue de 60 grados (Sáenz, 1977) y recorrieron una distancia de aproximadamente 5 kilómetros a partir del cráter A. En la explosión del 30 de julio se presentaron flujos piroclásticos. Se produjeron depósitos de bloques y cenizas (block and ash flows) (Melson, 1978) (Ver fotografía 1).

Los materiales eyectados produjeron avalanchas calientes (nubes ardientes) que descendieron por el flanco oeste y noroeste devastando más de 12 km² de bosque primario y fincas ganaderas. Los bloques balísticos viajaron a una velocidad estimada de 300 m/seg (Melson y Sáenz, 1973).

Fotografía 1. Vista de los tres cráteres nuevos (A, B y C) y el cráter prehistórico (D)



Fuente: W. Melson, 1968.

Dos pequeños poblados fueron arrasados, Tabacón y Pueblo Nuevo, los cuales se encontraban a una distancia de entre 3 a 5 kilómetros del recién abierto cráter A, muriendo 90 personas. Las víctimas en Pueblo Nuevo fueron provocadas principalmente por el impacto de balísticas (Melson y Sáenz). En tanto en Tabacón, ubicado hacia el noroeste, la principal causa de la afectación de los habitantes fue la elevada temperatura del aire producto de las avalanchas de material caliente, estimada entre 300 a 500 grados centígrados. El volumen de tefra eyectada se calculó en $0.03 \pm 0.02 \text{ km}^3$ (Melson y Sáenz, 1973) (Ver fotografía 2).

Fotografía 2. Casas del poblado de Tabacón destruidas por bombas volcánicas.



Fuente: W. Melson, 1968.

II. Fase de caída de piroclastos finos (1 al 10 de agosto, 1968)

Se inicia la emisión de ceniza volcánica, en primera instancia desde el cráter A y posteriormente desde el cráter C acompañado de actividad fumarólica. La mayor parte de la ceniza emitida se originó en el cráter A. La emisión de ceniza se presenta en forma de nubes oscuras que se extienden de 2 a 3 kilómetros por encima del cono. La caída de ceniza se extendió por un área de aproximadamente 1052 km² llegando hasta la costa Pacífica, este material arrastrado por el viento corresponde a la ceniza más fina de la columna eruptiva del 29 de julio que produjo columnas de más de 5 kilómetros de altura (Sáenz, 1977) (Ver fotografía 3).

Fotografía 3. Caída de ceniza producida por el Arenal

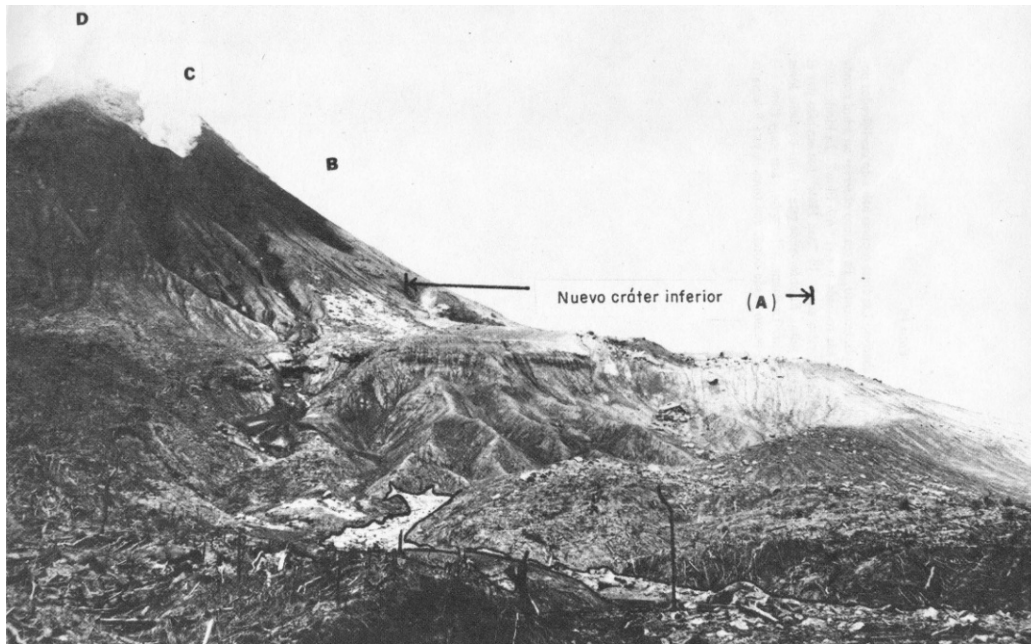


Fuente: Periódico La Nación, 1968

III. Fase fumarólica (10 de agosto al 14 de setiembre, 1968)

Esta fase tuvo una intensidad entre media y fuerte, los gases fueron emitidos desde el cráter A, C y D, con algunas pequeñas explosiones. La emisión de gas se dio con mayor intensidad en el cráter C (Ver fotografía 4).

Fotografía 4. Emisión de gas y ceniza desde el cráter C



Fuente: W. Melson, 1968.

IV. Fase estromboliana (14 al 19 de setiembre, 1968)

Las erupciones estrombolianas son erupciones de características explosivas en donde se eyecta fundamentalmente ceniza y bombas o bloques preexistentes posiblemente como resultado de la liberación de gases de un magma en ascenso rápido por el conducto volcánico. En esta fase en el Arenal se presentaron erupciones débiles con volúmenes pequeños de escoria y bombas andesíticas, vapor y ceniza volcánica proveniente del cráter A, en esta fase por primera vez se eyectó material juvenil en forma de bombas (Ver fotografía 5).

Fotografía 5. Explosión estromboliana. Vista desde La Fortuna



Fuente: Periódico La Nación, 1968

V. Fase efusiva (19 de setiembre al presente)

La emisión de coladas de lava se inició el 19 de setiembre de 1968. Para 1978, tras 10 años de actividad efusiva constante, el volcán había emitido 28 coladas de lava cubriendo un área de 4.9 km². Desde el cráter A se emitieron tres coladas grandes entre 1968 y 1973 y desde el cráter C se eyectaron 25 desde 1973 hasta 1978. Malavassi menciona (comunicación oral, 2007) que en ascensiones al cráter C en 1978 se identificaron dos puntos de emisión dentro del mismo, en ese momento el “vent” activo se encontraba en el norte del cráter, estos puntos de emisión están ligados a la generación de flujos piroclásticos por la reactivación de salida de magma acumulando volúmenes apreciables en un “vent” que no necesariamente es fuerte estructuralmente. En volcán desde 1978 se mantuvo emitiendo unas 3 o 4 coladas por año desde el cráter C, lo que produjo un crecimiento constante que de acuerdo a Hofton, Malavassi y Blair (2003) crece en promedio 4.28 metros de altura por año. Cabe destacar que en 1992 este mismo cráter emitió una colada muy voluminosa que fluyó hacia el oeste-suroeste dentro del territorio del Parque Nacional Volcán Arenal alcanzando una distancia de aproximadamente 3 kilómetros desde su punto de emisión (Ver fotografía 6 y 7).

Fotografía 6 y 7. A la izquierda, emisión de la primera colada de lava del presente periodo eruptivo desde el cráter A. A la derecha evidencia del mismo comportamiento de emisión de coladas de lava pero desde el cráter C.



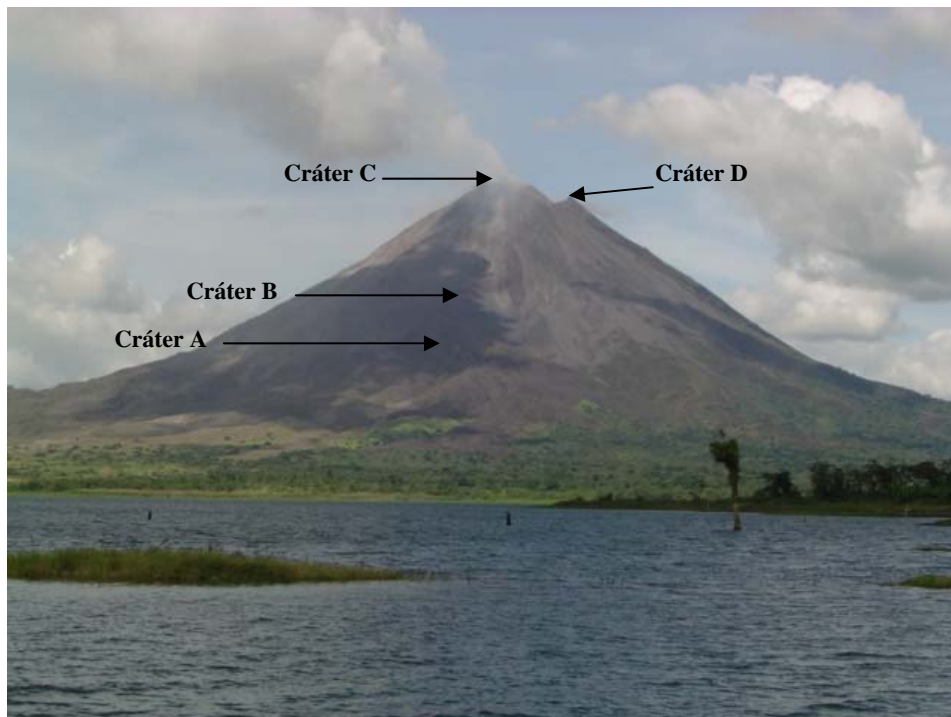
Entre 1968 y 1973 las coladas de lava cubrieron un área aproximada de 2.74 km² con un volumen de 0.06 ± 0.2 km³ (Melson y Sáenz, 1973). Entre 1968 y 1978 los mismos autores calcularon un volumen de eyección de coladas de lava de 0.107 ± 0.0036 km³.

Un evento importante se presentó en 1975. El 17 de junio se produjeron 4 flujos piroclásticos que descendieron desde el cráter C afectando el flanco noroeste. Los flujos piroclásticos bajaron por el cauce del Río Tabacón, se eyecto material juvenil y tefra, otra avalancha similar se produjo el 21 de junio del mismo año (Van der Bilt et al., 1976). El material recorrió una distancia de 4.3 km en dirección noreste suroeste por el Río Tabacón.

Durante este periodo se produjeron cambios significativos en el cráter C. El borde norte del cráter colapsó ante el peso de la voluminosa colada de lava que llenaba de material incandescente gran parte del cráter, lo que provocó flujos piroclásticos que en su descenso por el flanco norte incorporaron gran cantidad de materiales pre-existentes por erosión o deslizamiento de la parte superior del flanco norte del volcán.

El cráter A detuvo su emisión de material en 1973, y el cráter B solamente mantuvo actividad fumarólica durante algunos meses posteriores a la erupción inicial. A partir de 1973 la actividad se concentró en el cráter C, los materiales eyectados por este cráter fueron cubriendo gradualmente los cráteres A y B. En la actualidad no queda rastro visible de estos dos cráteres. El cráter D mantiene al día de hoy actividad fumarólica. (Ver fotografía 8)

Fotografía 8. Ubicación aproximada de los cráteres A y B, cubiertos por los materiales eyectados del cráter C



Fuente: M. Berrocal, 2005.

Como se ha mencionado, el cráter C ha variado su elevación en el transcurso de los últimos 39 años de actividad volcánica ininterrumpida ya que los materiales eyectados han formado un cono sobre el flanco oeste del cono antiguo, que podríamos llamar un cono gemelo.

3.7 Actividad estromboliana, más intensa entre 1984-1989 con continuidad hasta 1993

El Arenal se encuentra en una zona de fuertes lluvias tropicales. El periodo de lluvia intensa en la zona es de aproximadamente 10 meses al año, por tanto la cima del volcán no es visible durante varios meses al año. Melson (1989) clasificaba las erupciones del Arenal de acuerdo al sonido emitido.

Se clasifican en: 1) Explosión, 2) Whooshes (sin traducción), 3) Chugs, esta última es un tipo de resoplido similar al emitido por una locomotora. Los whooshes y los chugs corresponden a onomatopeyas realizadas por una persona de habla inglesa de los sonidos que producen las erupciones. Los instrumentos utilizados registraban frecuencias menores a 500 Hz con ponderaciones de frecuencia de hasta 10 Hz. Melson utilizó una escala de intensidades y una escala de intensidad de sonido estimado que iba desde 1 con una equivalencia a 80 decibelios hasta la 9 con 120 decibelios.

Las explosiones registradas entre 1984 y 1990 eran de intensa liberación de energía y de corta duración. La explosión iba acompañada de eyección de bloques y bombas con trayectoria balística y en pocas ocasiones con producción de flujos piroclásticos por colapso de la columna eruptiva estromboliana. La altura de las explosiones oscilaba entre 300 y 1000 metros. Los bloques de 1 metro de diámetro caían a una distancia de hasta 1.5 km del punto de emisión.

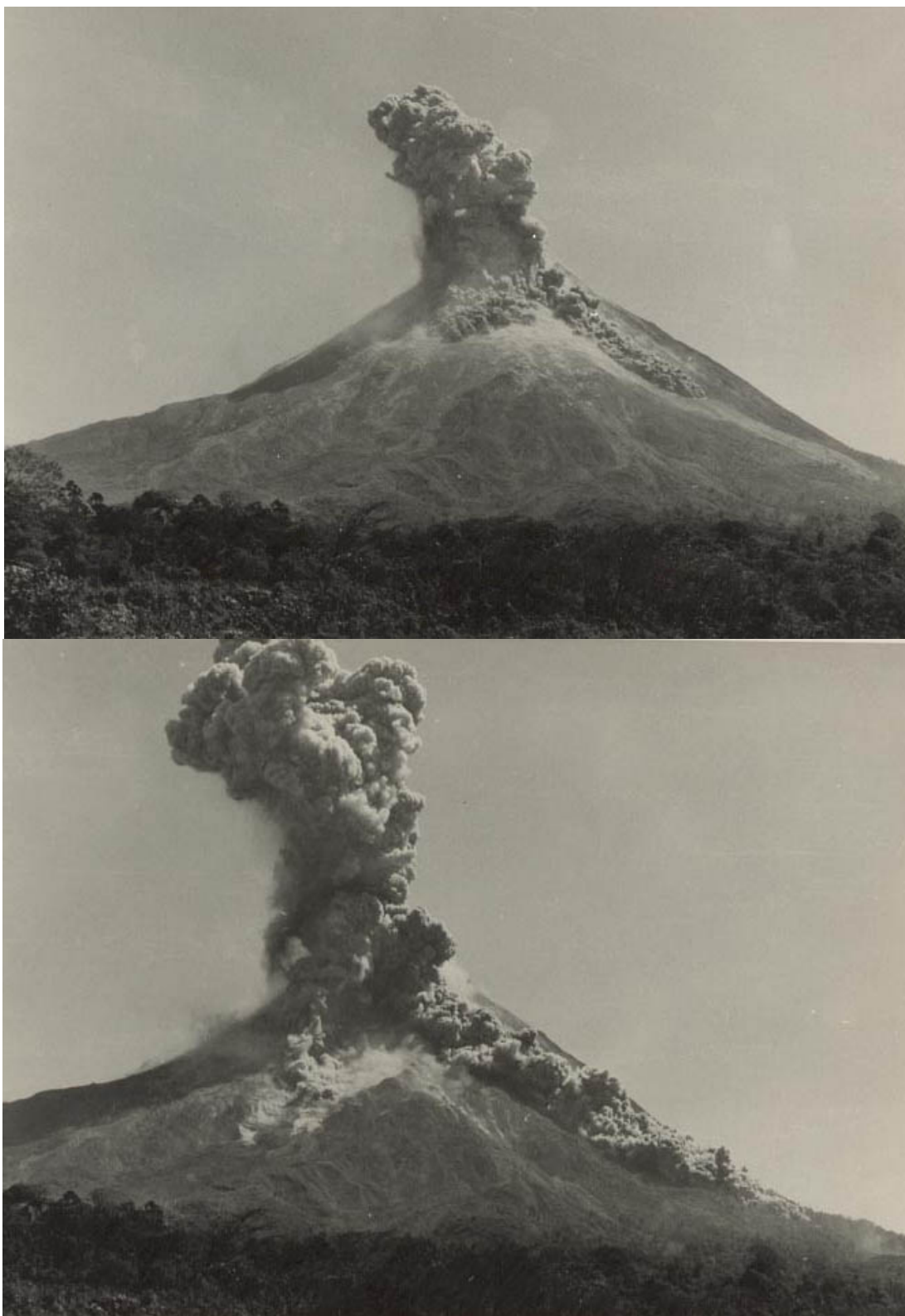
Muchas de las explosiones se asociaban a señales sísmicas de corta duración y alta frecuencia, otras se presentaban también con señales de larga duración (tremor armónico). Este tipo de explosiones fue lo que comenzó a atraer turismo a la zona, por el nivel de espectacularidad alcanzado, especialmente cuando en las escasas noches despejadas los visitantes lograban ver y escuchar las explosiones que llenaban de luces incandescentes los flancos superiores y medios del volcán

Los whooshes según Melson (1989), eran erupciones de larga duración sostenida con eyección de bloques, bombas volcánicas y tefras finas. Melson asociaba este tipo de actividad a grandes eventos explosivos algunas veces armónicos de más de 30 segundos de duración. Asociados a este tipo de actividad se observaron flujos piroclásticos afectando el flanco norte, asociados a señales sónicas de baja intensidad con señales sísmicas sostenidas de baja frecuencia (100 Hz). Los whooshes son poco audibles. (Ver fotografía 9)

Los chugs o sonidos de locomotora, son secuencias rítmicas asociadas a emisión de gases, no necesariamente eyectan tefras, la frecuencia de repetición de estos eventos oscila entre 0.75 Hz y 1.5 Hz. Estos son los eventos de más alta frecuencia pero de menor intensidad sonora.

El tipo de explosiones estrombolianas, columnas de ceniza de más de 300 metros de altura, fue mucho más abundante entre 1984 y 1993. Melson en sus reportes de 1989 mencionaba la disminución en la intensidad de las explosiones y de la actividad del Arenal, posteriormente a la espectacularidad de las fuertes explosiones estrombolianas vendría a producirse otro cambio en el comportamiento del volcán, la generación de flujos piroclásticos y la eyección de coladas de lava de corta longitud. Este comportamiento se mantiene hasta el presente.

Fotografía 9. Explosión estromboliana en 1988, levantamiento de columna de material y posterior flujo piroclástico



Fuente: J. Barquero, 1988.¹¹

¹¹ La fotografía pertenece a Jorge Barquero y es tomada de la exposición oral preparada por E. Fernández y W. Sáenz para el curso internacional sobre “Técnicas de Vigilancia Volcánica” dictado en Costa Rica en noviembre de 2003 en coordinación con el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Universidad Nacional.

3.8 Flujos piroclásticos y coladas de lava, de 1993 hasta el presente

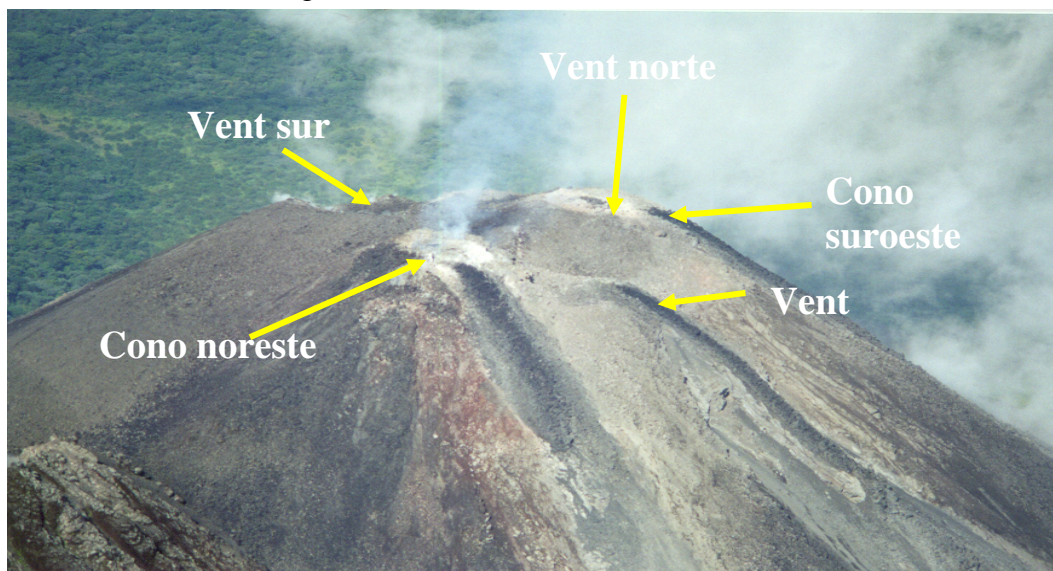
Cabe aclarar que aunque los flujos piroclásticos producto el colapso gravitacional de las coladas de lava o del borde del cráter en la parte sumital del cráter C es el comportamiento más común en el presente, no significa que las explosiones tipo estromboliano hayan desaparecido, por el contrario aún se mantienen sin embargo no son tan grandes ni espectaculares como en el periodo comprendido entre 1984 y 1993.

En la cima del cráter C de Arenal, la emisión de material migra, eso significa que no existe un solo foco de salida sino varios y estos varían con el tiempo y la actividad volcánica, estos son los denominados “vents” o punto de emisión, para efectos de esta investigación se utilizará el término “vent”. Malavassi et al., (2004) postularon que el cambio de ubicación de los puntos de emisión dentro del cráter C y el cono construido sobre el mismo cráter, está relacionada con las inestabilidades asociadas a la producción de flujos piroclásticos en el volcán Arenal. El flujo piroclástico de 1975, el más voluminoso de los flujos piroclásticos del Arenal, tiene como antecedente una migración del punto de emisión sur a un punto de emisión norte dentro del cráter C, lo que produjo acumulación de un gran volumen de lava incandescente cerca del borde del cráter C.

En 1993 se produjo un flujo piroclástico de importantes dimensiones, este se presentó luego de la migración de la actividad del punto de emisión sur al norte después de muchos días de registro de intenso tremor armónico que representa la ascensión de un volumen muy grande de magma. Malavassi et al., (2004) indica que tras varios años de actividad del punto de efusión sur del cráter C, que presentaba actividad fumarólica, el volcán empezó a emitir magma en un punto ubicado al norte del mismo cráter C. El cono C había estado creciendo a expensas de las bombas emitidas durante varios años de actividad estromboliana que consiste principalmente de material suelto, por lo que la emisión de un gran volumen de lava produjo deformación del cono y colapso de parte del mismo produciendo un flujo piroclástico voluminoso. La notoriedad que tiene este flujo piroclástico es que es el segundo más importante en longitud, y volumen, de aproximadamente 3.5 kilómetros recorridos, solo superado por el flujo piroclástico presentado en el año 1975 que alcanzo 4.3 kilómetros de distancia a partir del punto de emisión.

Después de 1993 el punto de emisión norte llena de lava gran parte del cráter C, en otras palabras que el cráter no corresponde con una depresión sino más bien con un promontorio bien definido (lleno de lava), alrededor de 1999 se abren tres nuevos puntos de emisión sobre en el lugar ocupado originalmente por el punto de salida norte (Ver fotografía 10).

Fotografía 10. Vents en el cráter C del Arenal. 1999



Fuente: F. Chavarría, 1999.

Durante los últimos años se ha notado un incremento en la cristalinidad de las lavas del volcán Arenal, lo que implica un crecimiento de la viscosidad, al crecer el número de cristales disminuye la fracción del magma en estado líquido y ello explica que las longitudes recorridas por las coladas son por lo general más cortas. Obviamente la lava al ser más viscosa impide el escape de los gases, estos pueden acumularse y aumentar la explosividad del magma. Algunos de los puntos de emisión forman conos de lava que en algunos casos tiene apariencia de pequeños domos en la cima, estos conos de lava sobre los puntos de emisión están presentes en el Arenal desde 1996 (Ver fotografía 11). Estos domos ubicados sobre los puntos de emisión aparecen y desaparecen, y están genéticamente relacionados con la ocurrencia de algunos de los flujos piroclásticos del volcán Arenal.

Fotografía 11. Formación de pequeño domo en la parte sumital del cráter C



Fuente: F. Chavarría, 1999.

En 1998 se presentó otro flujo piroclástico de importancia, en el 2000 se generó un flujo por colapso gravitacional del frente de una colada de lava que descendió por el flanco noroeste del volcán, aunque su dimensión no fue tan grande como la de los flujos presentados en 1993 y 1998, una oleada piroclástica asociada a este flujo piroclástico cobró dos víctimas mortales, un guía de turistas y una turista norteamericana que se encontraban realizando una caminata por un área ubicada más cerca del cráter que algunos rótulos colocados que advertían a los turistas del peligro.

El OVSICORI había advertido en 1996 que con el inicio de la producción de coladas de lava hacia el flanco noreste, que es un flanco muy empinado, era lógico esperar la ocurrencia de flujos piroclásticos y que existían en esa área un aumento del peligro mientras continuaran bajando coladas de lava por ese flanco. Estas muertes dieron paso a la discusión sobre la seguridad de las empresas que venden itinerarios turísticos y sobre la seguridad en los alrededores del volcán.

A raíz de esto se generó un Decreto de Ley que señala las zonas de alto riesgo alrededor del volcán y regula tanto la construcción de infraestructura como el libre tránsito de personas. Sobre este particular se hablara más adelante (Ver fotografía 12).

Fotografía 12. Parte del flanco noroeste del Arenal, zona afectada por el flujo piroclástico de agosto de 2000



Fuente: F. Chavarría, 2000.

El último flujo piroclástico de importancia se presentó el 5 de setiembre del 2003, afectó el flanco noroeste, siguiendo el mismo camino que el flujo de agosto del 2000, este fue de menores dimensiones (Ver fotografía 13). Flujos piroclásticos pequeños se producen con muy alta frecuencia pero su área de influencia queda restringida a la parte superior y a veces media del cono del Arenal, en donde no existe visitación de ningún tipo.

Fotografía 13. Flujo piroclástico del 5 de setiembre de 2003. Por colapso gravitacional de coladas de lava en la parte sumital del cráter C

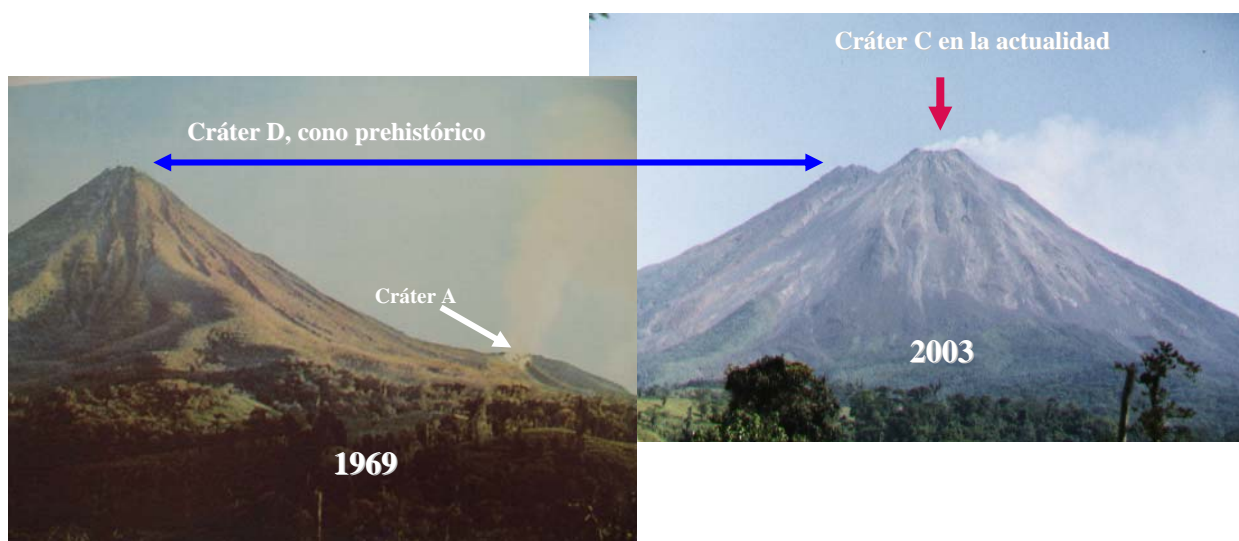


Fuente: L. Jara, 2003.

La emisión de material del cráter C desde el inicio del actual periodo eruptivo al día de hoy ha generado que la altura del Cono C aumente. Según los mapas topográficos de la década de 1960 y 1970 la altitud del volcán era de 1633 msnm, el crecimiento promedio anual es de 4.28 metros por año, según mediciones de Van del Laat, ingeniero topógrafo de OVSICORI (comunicación oral, 2006) (Ver fotografía 14), siendo la altitud actual del volcán Arenal (cono C) de alrededor de 1670 metros¹².

¹² Con respecto al crecimiento del cono C existe un riesgo adicional. En comunicación oral con el Dr. Marino Protti, (2008) este señala que el volumen de material eyectado por el cráter C es tan grande que se ha depositado en un ángulo de reposo sobre una ladera inestable (edificio antiguo). La zona de contacto entre el nuevo edificio y el antiguo es suelo meteorizado y arcillificado pre-1968 con cenizas y lapilli de la erupción de 1968. El agua en contacto con las arcillas del paleosuelo podría hacer que estas se expandieran, sin embargo todo este material aún está caliente por lo que el agua antes de llegar a hacer contacto se calentaría y evaporaría. Pero fuertes aceleraciones sobre todo horizontales generadas por un sismo fuerte como el que se espera suceda en la Península de Nicoya (estimación de más de 7 grados en escala Richter), podría provocar un deslizamiento, en ese caso la liberación de carga litostática sobre el conducto volcánico facilitaría una efusión del magma.

Fotografía 14. Crecimiento del cráter C con respecto al inicio del ciclo eruptivo en 1968



Fuente: Malavassi, 2004¹³

El Arenal muestra a la fecha (2008) una actividad caracterizada por emisión de coladas de lava de corta longitud en la parte sumital del cráter C, flujos piroclásticos de pequeño y mediano volumen producto del colapso gravitacional de las coladas de lava y emisión continua de vapor de agua, dióxido de azufre, monóxido de carbono y otras especies típicas de los volcanes activos (Ver fotografía 15 y 16).

Otro aspecto importante en lo referente a la eyección de lava de los diferentes vents del cráter C es la deposición de material procedente del cráter C en el cráter D, por lo que se estima que en pocos años el cráter D podría ser cubierto o incorporado al creciente cono desarrollado sobre el cráter C, permitiendo con esto la desaparición de la barrera que ha representado el cráter D para que fluyan coladas de lava o flujos piroclásticos hacia el flanco este, en dirección al poblado de La Fortuna. Si esto ocurriera con la intensidad de las erupciones actuales, el material incandescente tan solo alcanzaría la parte media o superior del edificio volcánico, aunque generaría grandes problemas erosivos como resultado de la pérdida de la vegetación en el flanco Este por incendios forestales y la influencia de otros factores como los gases volcánicos o la lluvia ácida (Ver fotografía 17).

¹³ Fotografías tomadas de la presentación oral "Vents voluminous lava flows, steep slope and pyroclastic flows at Arenal Volcano" en el congreso anual de AGU, California, 2004.

Fotografía 15. Flujo piroclástico de pequeña dimensión producto del colapso gravitacional de frente de colada de lava en la parte sumital del cráter C



Fuente: M. Berrocal, 2006

Fotografía 16. Pequeña explosión acompañada de ceniza. Vista desde el flanco oeste



Fuente: M. Berrocal, 2005.

Fotografía 17. Zona de relleno activo de la depresión entre el cono C y el cono D



Fuente: F. Chavarría, 2007.

Aunque la actividad del Arenal no es tan efusiva ni espectacular como en el periodo entre 1984 y 1993, las manifestaciones actuales son igual de peligrosas. Afortunadamente, la zonificación del uso del suelo decretada en el año 2001 ha sido sumamente exitosa en evitar que la mayoría de los turistas o visitantes se acerquen peligrosamente al cráter activo.

3.9 Análisis de mapas de distribución de tefras

3.9.1 Introducción

Durante los años 1991 y 1992 la empresa italiana Geotérmica Italiana realizó un estudio específico sobre evaluación del riesgo y monitoreo del Volcán Arenal a petición del Instituto Costarricense de Electricidad¹⁴. El objetivo de los Drs A. Frullani y M. Ghigliotti fue estudiar los niveles eruptivos del Arenal desde la secuencia estratigráficas ET-4 hasta la ET-9, dando énfasis en las características texturales, composicionales y estratigráficas así como estudiar la estratigrafía de las secciones ET-3 y ET-4. Por otra parte también debían recolectar muestras para la aplicación de datación radiométrica y por último analizar la distribución de los depósitos de flujo piroclástico asociado con explosiones similares a la ocurrida en 1968.

¹⁴ El Instituto Costarricense de Electricidad es el encargado del Proyecto Hidroeléctrico Arenal y la Represa de Sangregado.

El informe final presentado por Frullani y Ghigliotti (1992) muestra un análisis completo así como mapas de distribución de material volcánico eyectado por el Arenal en varios periodos eruptivos, algunos de los cuales fueron catalogados como violentos presentando erupciones de tipo pliniano y subpliniano. Para lo anterior se realizaron más de 70 cortes estratigráficos alrededor del Arenal (Ver figura 9).

Posteriormente y tomando como base el estudio realizado por Geotérmica Italiana; Soto y Alvarado (2006) publican un artículo denominado “Eruptive history of Arenal Volcano, Costa Rica, 7Ka to present” en el cual hacen un recuento de la actividad volcánica del Arenal durante los últimos 7000 años.

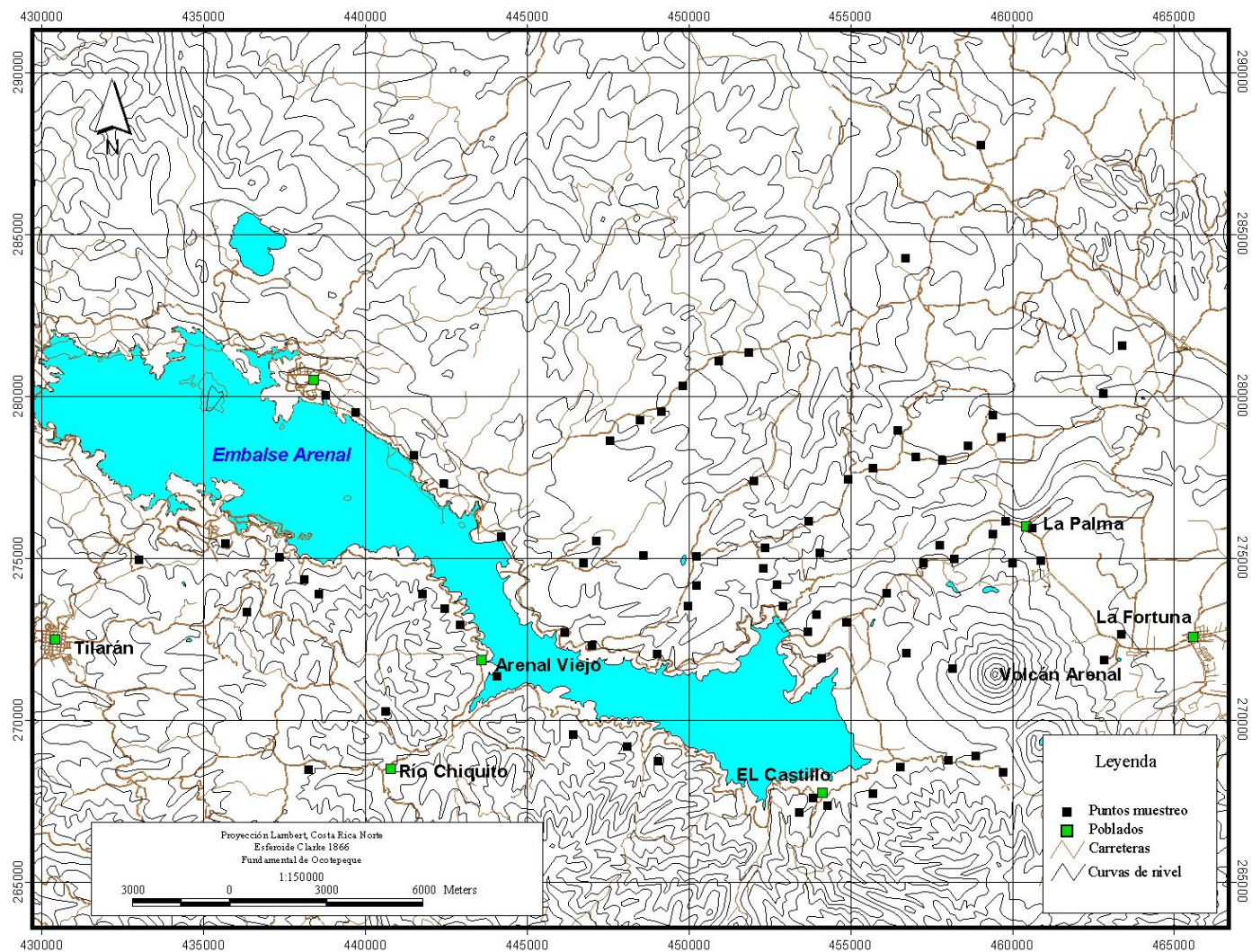
Esta sección del presente capítulo se basará tanto en los datos de Geotérmica Italiana como en los resultados mejorados de Soto y Alvarado (2006) para definir cuantas veces ha sido cubierto un determinado punto por un espesor o varios espesores de tefra. Es decir, el número de veces que una zona definida ha sido cubierta por material volcánico analizando los datos estratigráficos, esto tomando en consideración que la erupción ocurrida en 1968 fue relativamente pequeña comparada con las que le han antecedido.

Se debe aclarar que dado que el estudio de Geotérmica Italiana da énfasis a la zona cubierta por el embalse de Arenal ya que es el lugar donde se encuentra la represa de Sangregado y el proyecto hidroeléctrico, ni Frullani, Ghigliotti, Soto o Alvarado al menos en las investigaciones que he citado para este apartado no han seguido las líneas de los cortes estratigráficos en dirección este del Arenal, es decir hacia La Fortuna o El Tanque, por lo que los mapas de distribución de material eyectado por el volcán en su historia eruptiva solo comprenderán el flanco oeste del Arenal en dirección a Tilarán, así como parte del flanco norte, noroeste y sur.

Malavassi (2007, comunicación oral) menciona que La Fortuna de San Carlos se encuentra ubicada sobre un abanico coluvio aluvial que forman los ríos Calle de Arena y Burío que bajan del volcán Arenal y Cerro Chato respectivamente y que a lo largo de esos ríos se encuentran hasta tres capas de tefra ligadas a erupciones iniciales del Arenal que afectaron La Fortuna, y que se presentan retrabajadas por efecto de los procesos coluvio aluviales que imperan en su vecindad. Es evidente que la caída de tetras en dirección este, es decir contra el viento predominante, disminuye rápidamente, un punto importante a considerar es que la mayoría de las isopacas de 5 cm y de 10 cm afectan la zona del Cerro Chato y el flanco este del Arenal con lo que se garantiza afectación del abanico coluvio aluvial sobre el que se ubica.

Es importante mencionar que una isopaca es una línea de igual valor, en este caso específico, son líneas de igual valor de espesor de tefra caído sobre una zona determinada. Las isopacas de valores más elevados estarán más cerca del volcán, en tanto el valor de las isopacas se reducirá a medida que nos alejemos del mismo. Estas serán desplazadas por el viento predominante en dirección a los cuadrantes ubicados viento abajo.

Figura 9. Mapa de puntos de muestreo realizado por Geotérmica Italiana



Fuente: Informe Final Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006.

3.9.2 Isopaca 5 centímetros

El mapa correspondiente a la isopaca de 5 cm de distribución de tefra a lo largo de los períodos eruptivos del Arenal en los últimos 7000 años según Geotérmica Italiana (1992), Soto y Alvarado (2006), muestra cinco eventos importantes (Ver tabla 8).

Tabla 8. Eventos eruptivos de la isopaca de 5 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de Reposo	%SiO ₂	Vol_Km ³	VEI	Tipo de erupción
AR9 (ET-9)	1250 B.C	200	58	>0.13	4	Pliniana
AR11(ET-9A)	270 B.C	110	51-56	0.15	4	Subpliniana
AR13 (ET-8B)	430 A.D	600	55	0.20	4	Subpliniana
AR14 (ET-8M)	550 A.D	120	51-52	0.15	4	Est. Violenta
AR16 (ET-6)	700 A.D	50	51-53	0.19	4	Est. Violenta

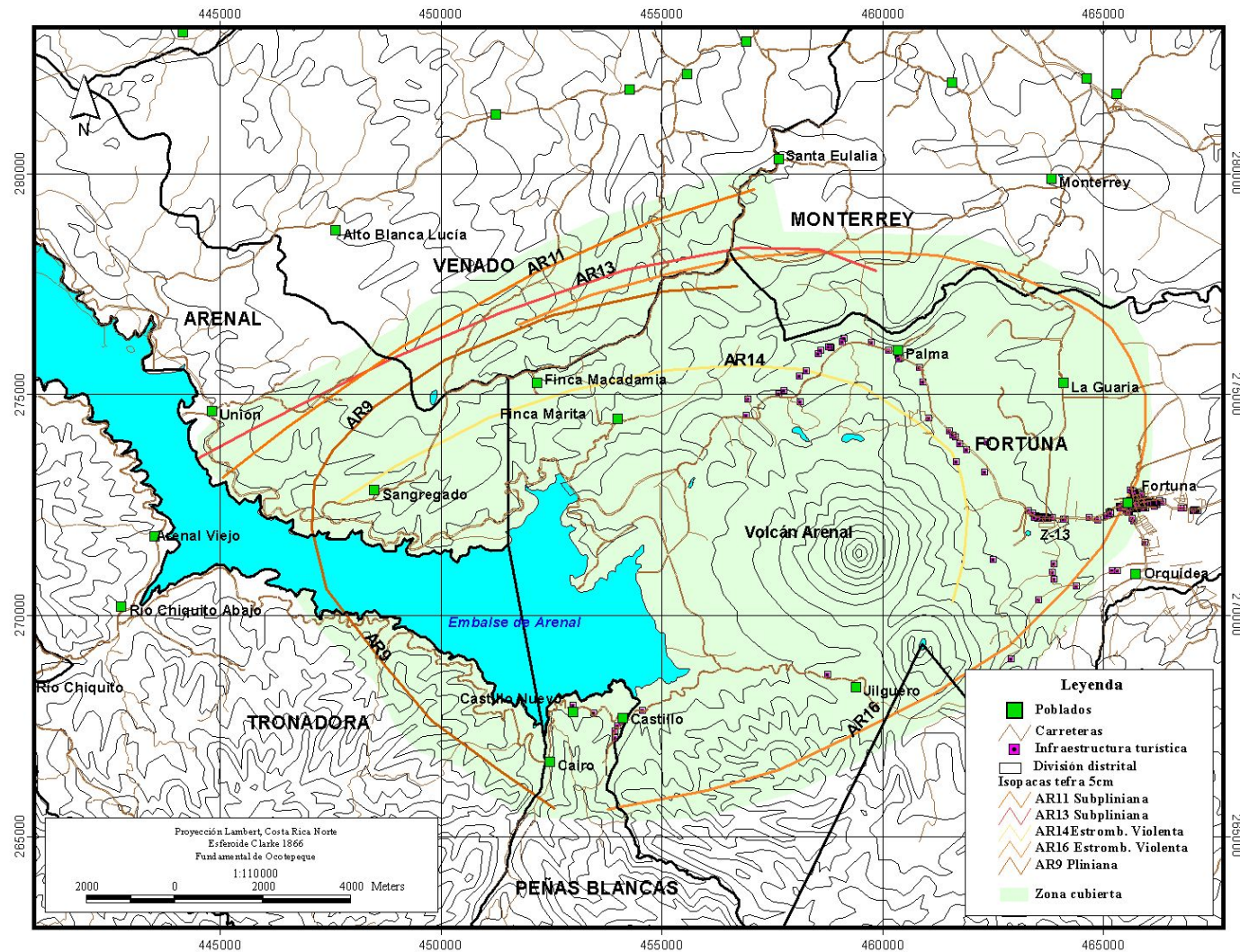
Fuente: Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)

Las erupciones subplinianas correspondientes a las capas AR11 y AR13, distribuyeron el material hacia el noroeste del volcán, las erupciones de las capas AR16, AR14 y AR9 cubrieron un área más extensa que llegó hasta lo que hoy es La Fortuna, El Castillo, La Guaria, La Palma y Sangregado.

La erupción de las capas AR14 y AR16 cubrieron zonas importantes que hoy día están ocupadas por infraestructura turística, así como las poblaciones de Z-13 y La Fortuna donde actualmente se concentra un número importante de población, así como El Castillo identificado como un polo de desarrollo importante y con un crecimiento acelerado. A modo de aclaración, la infraestructura turística que aparece en el mapa de distribución, corresponde únicamente a la ubicada alrededor del Arenal y en La Fortuna. Obviamente a lo largo del Embalse de Arenal camino a Tilarán se ubican otros comercios y poblaciones. El conglomerado más fuerte de hoteles, restaurantes y tour operadoras se encuentran asentadas en La Fortuna de San Carlos y a lo largo de la carretera que bordea el Arenal, así como en El Castillo (Ver figura 10).

El área cubierta en los 5 eventos eruptivos por la isopaca de 5 centímetros es de aproximadamente 217 km².

Figura 10. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 5 centímetros



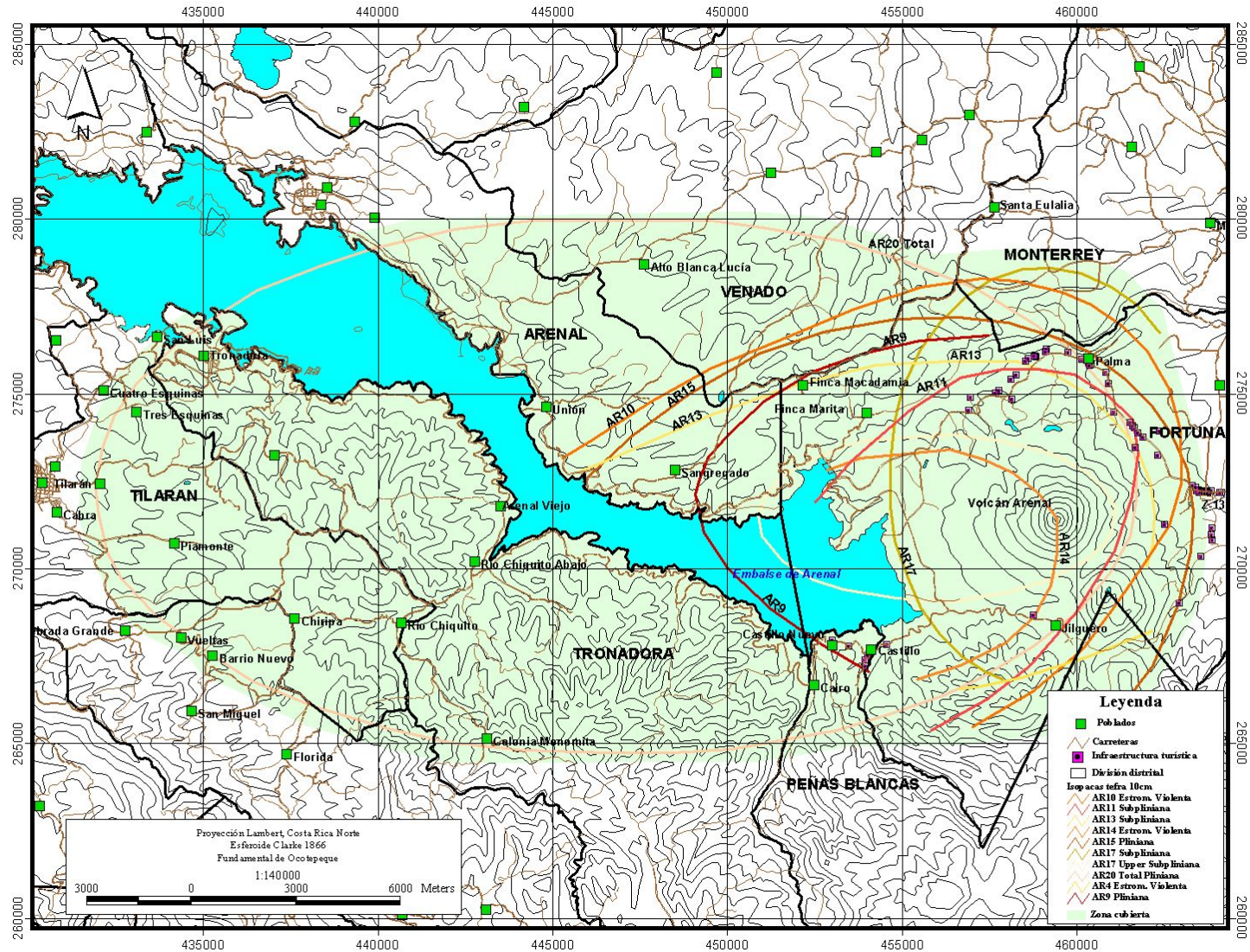
Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

3.9.3 Isopaca 10 centímetros

La isopaca de 10 centímetros muestra una zona de dispersión aún más extensa que la de 5 centímetros, ello se debe sobre todo a la erupción del año 1400 A.D, (1000 ± 200 A.D, Chiesa, 1987) es decir la capa AR20 (ET-2) identificada, la cual corresponde a un evento de tipo pliniano con uno de los volúmenes más elevados de material eyectado, 0.44 Km^3 . El material detectado en los cortes estratigráficos cubrió zonas que hoy día ocupan poblaciones como La Fortuna, Z-13, La Palma, Sangregado, Jilguero, Castillo, Río Chiquito, Tronadora, San Luis, así como la zona donde actualmente se ubican la mayoría de las infraestructuras turísticas tanto de La Fortuna como de Z-13 y las asentadas al borde de la carretera que bordea el Volcán.

La sobreposición de las isopacas de 10 cm muestra 10 eventos eruptivos importantes. El más reciente el mencionado anteriormente, según la estratigrafía, el primer evento que deposita esta cantidad de material en la zona, específicamente en lo que hoy se conoce como Jilguero al sureste del edificio volcánico fue una erupción sucedida en el año 3350 B.C identificada como capa AR4 (ET-14) y correspondió a una erupción tipo estromboliano violento (Ver figura 11 y tabla 9).

Figura 11. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 10 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Tabla 9. Eventos eruptivos de la isopaca de 10 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR4 (ET-14)	3350 B.C	550	53	0.20	4	Est. Violenta
AR-9 (ET-9)	1250 B.C	200	58	>0.13	4	Pliniana
AR10 (ET-9B)	380 B.C	870	52	0.15	4	Est. Violenta
AR11 (ET-9A)	270 B.C	110	51-56	0.15	4	Subpliniana
AR13 (ET-8B)	430 A.D	600	55	0.20	4	Subpliniana
AR14 (ET-8M)	550 A.D	120	51-52	0.15	4	Est. Violenta
AR15 (ET-7)	650 A.D	100	56-61	0.38	4	Pliniana
AR17 (ET-5)	750 A.D	50	60-62	0.12	4	Subpliniana
AR17 (ET-5)	750 A.D	0	56-58	0.045	3	Subpliniana
AR-20 (ET-2)	1400 A.D	380	62-63	0.44	4	Pliniana

Fuente: *Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)*¹⁵

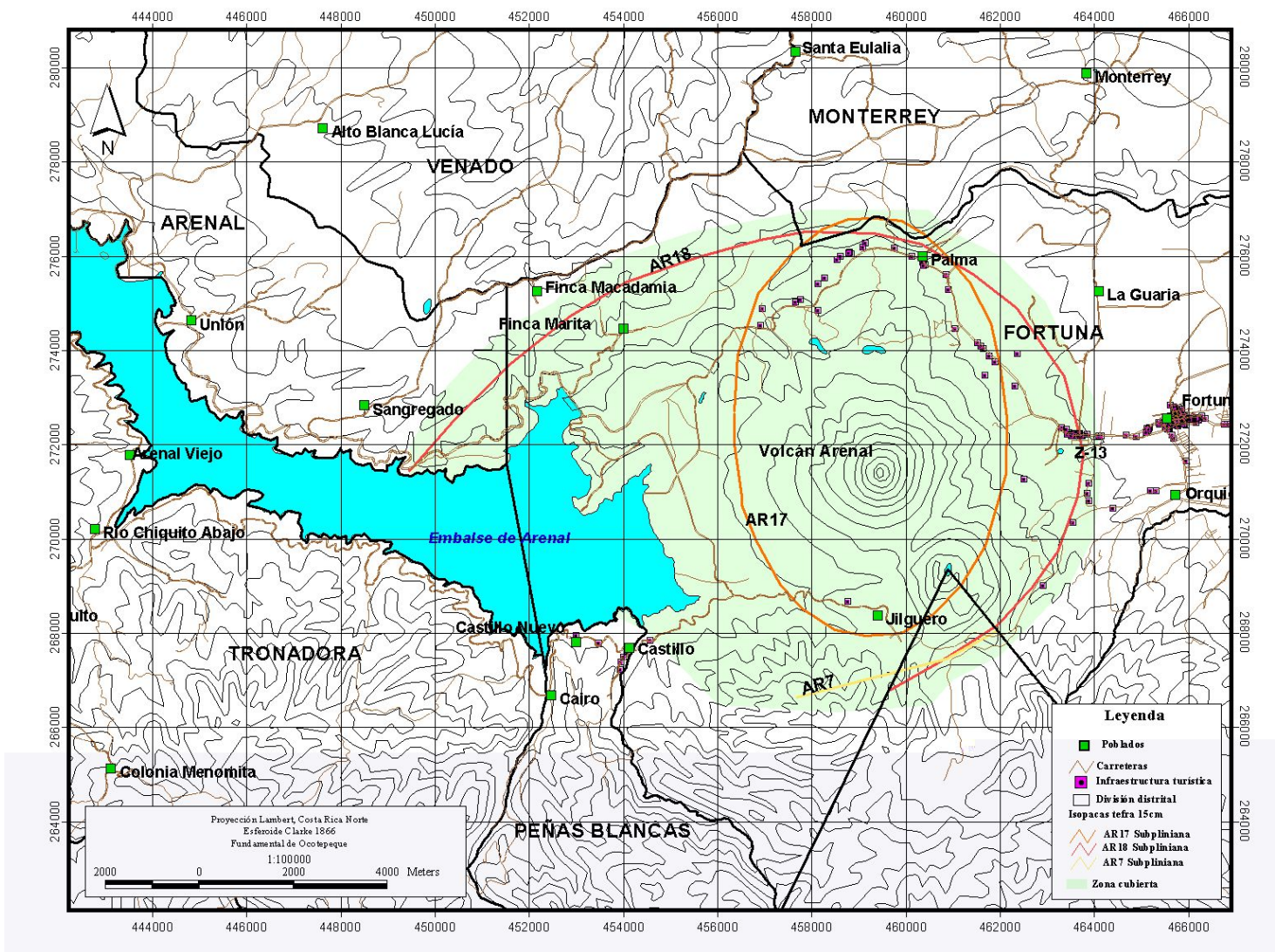
Esta isopaca en específico cubrió en su momento buena parte del territorio que hoy día ocupan 7 distritos importantes, La Fortuna, Peñas Blancas, Monterrey, Venado, Arenal, Tronadora y Tilarán así como el 80% del Embalse de Arenal que hoy día se utiliza en proyectos de riego para zonas agrícolas en el noroeste de Costa Rica, y para la producción de energía hidroeléctrica a partir del embalse del Arenal (represa Sangregado).

3.9.4 Isopaca de 15 centímetros

Esta isopaca está caracterizada por 3 eventos identificados en las capas AR7, AR17 y AR18, las cuales pertenecen a erupciones tipo subpliniana que en su momento cubrieron las áreas que hoy en día ocupan poblados como Z-13, La Palma, Finca Marita, Jilguero y Castillo, así como el sector este del embalse de Arenal, cubrió la zona noreste y norte del Volcán, justamente donde están ubicadas las infraestructuras turísticas. La dirección de caída del material está relacionada con la dirección predominante de los vientos en el momento de la erupción (Ver figura 12 y tabla 10).

¹⁵ Melson (comunicación oral, 2007) propone para el Arenal el sistema de conducto abierto, es decir que la erupción inicial es la más fuerte ya que es la que abre el conducto cerrado por varios años de reposo, por lo tanto es poco probable que una vez iniciado el ciclo eruptivo se presente una erupción mayor a la inicial. Por su parte Soto y Alvarado (2006) mencionan en su tabla resumen de erupciones del Arenal algunos periodos eruptivos con cero años de reposo.

Figura 12. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 15 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Tabla 10. Eventos eruptivos de la isopaca de 15 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR7 (ET-11)	1650 B.C	600	51-59	0.15	4	Subpliniana
AR17 (ET-5)	750 A.D	50	60-62	0.12	4	Subpliniana
AR17 (ET-5)	750 A.D	0	56-58	0.045	3	Subpliniana
AR-18 (ET-4)	1020 A.D	270	55-60	0.27	4	Subpliniana

Fuente: *Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)*

3.9.5 Isopaca de 20 centímetros

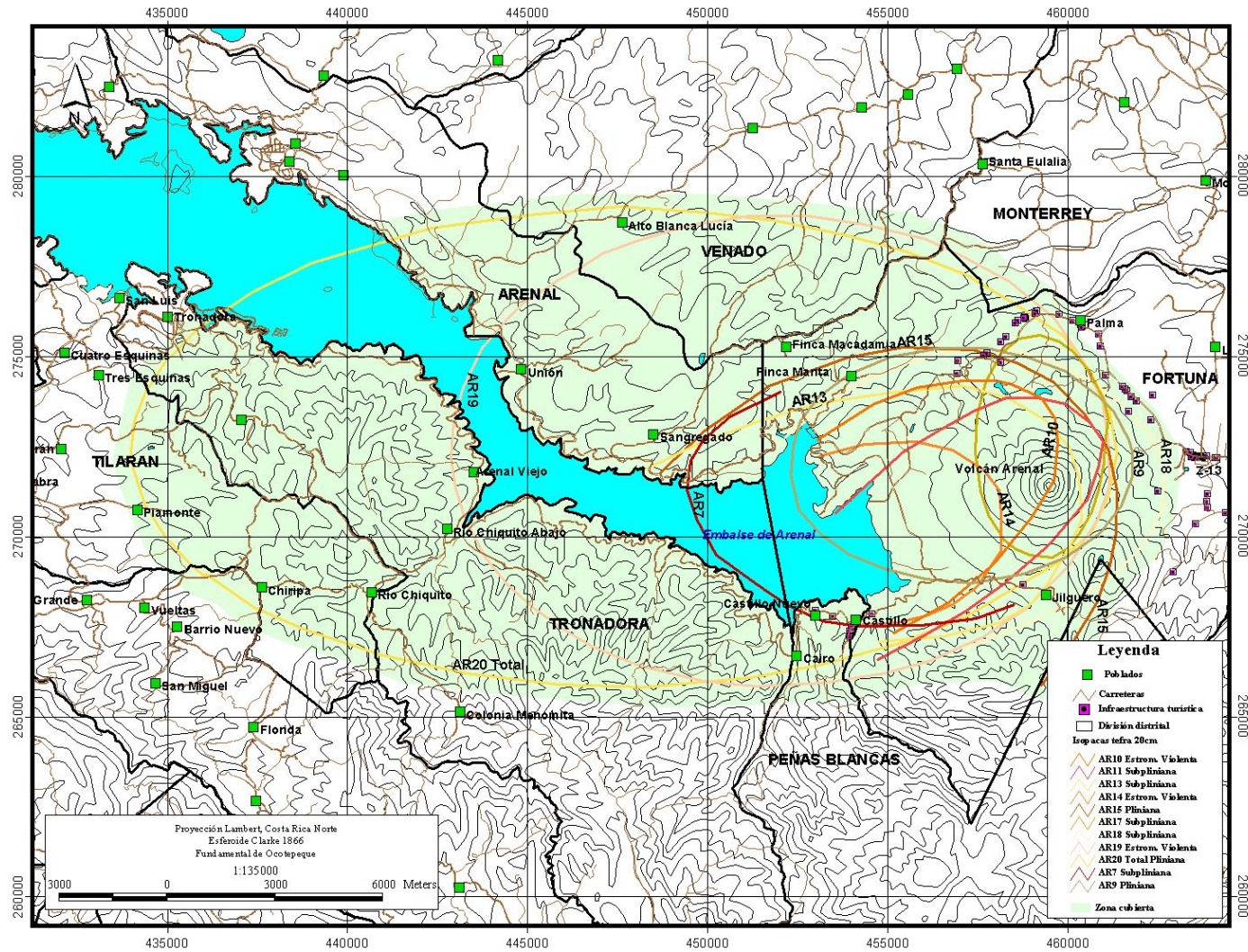
A diferencia de la isopaca de 15 centímetros, la de 20 centímetros hace referencia a 11 eventos eruptivos de importancia, incluida la capa AR20 que corresponde a una erupción tipo pliniana en el año 1400 de nuestra era y cuyo volumen eyectado fue de aproximadamente 0.44 km³. Esta erupción en concreto depositó material volcánico a distancias importantes (más 27 kilómetros de distancia) en dirección oeste, aparte de la fuerza de esta erupción en específico se debe tomar en cuenta que la dispersión del material tiene que ver con la fuerza, constancia y dirección del viento, lo que facilitó que la distribución de la tefra recorriera distancias considerables en este espesor en específico. Otra de las erupciones significativas por su potencia y que forma parte del mapa de distribución de la isopaca de 20 centímetros, es la correspondiente a la capa AR19, una erupción de tipo estromboliano con un VEI de 4 y un volumen eyectado de 0.90 km³ (Soto y Alvarado, 2006). Esta isopaca cubrió zonas importantes como por ejemplo Finca Macadamia, Alto Blanca Lucia, Sangregado, Piamonte, Río Chiquito, Castillo y Jilguero entre otras cubriendo una extensión aproximada de 341 km² (Ver figura 13 y tabla 11).

Tabla 11. Eventos eruptivos de la isopaca de 20 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR-9 (ET-9)	1250 B.C	200	58	>0.13	4	Pliniana
AR7 (ET-11)	1650 B.C	600	51-59	0.15	4	Subpliniana
AR10 (ET-9B)	380 B.C	870	52	0.15	4	Est. Violenta
AR11 (ET-9A)	270 B.C	110	51-56	0.15	4	Subpliniana
AR13 (ET-8B)	430 A.D	600	55	0.20	4	Subpliniana
AR14 (ET-8M)	550 A.D	120	51-52	0.15	4	Est. Violenta
AR15 (ET-7)	650 A.D	100	56-61	0.38	4	Pliniana
AR17 (ET-5)	750 A.D	50	60-62	0.12	4	Subpliniana
AR17 (ET-5)	750 A.D	0	56-58	0.045	3	Subpliniana
AR18 (ET-4)	1020 A.D	270	55-60	0.27	4	Subpliniana
AR19 (ET-3)	1020 A.D	0	49-53	0.90	4	Est. Violenta
AR-20 (ET-2)	1400 A.D	380	62-63	0.44	4	Pliniana

Fuente: *Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)*

Figura 13. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 20 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

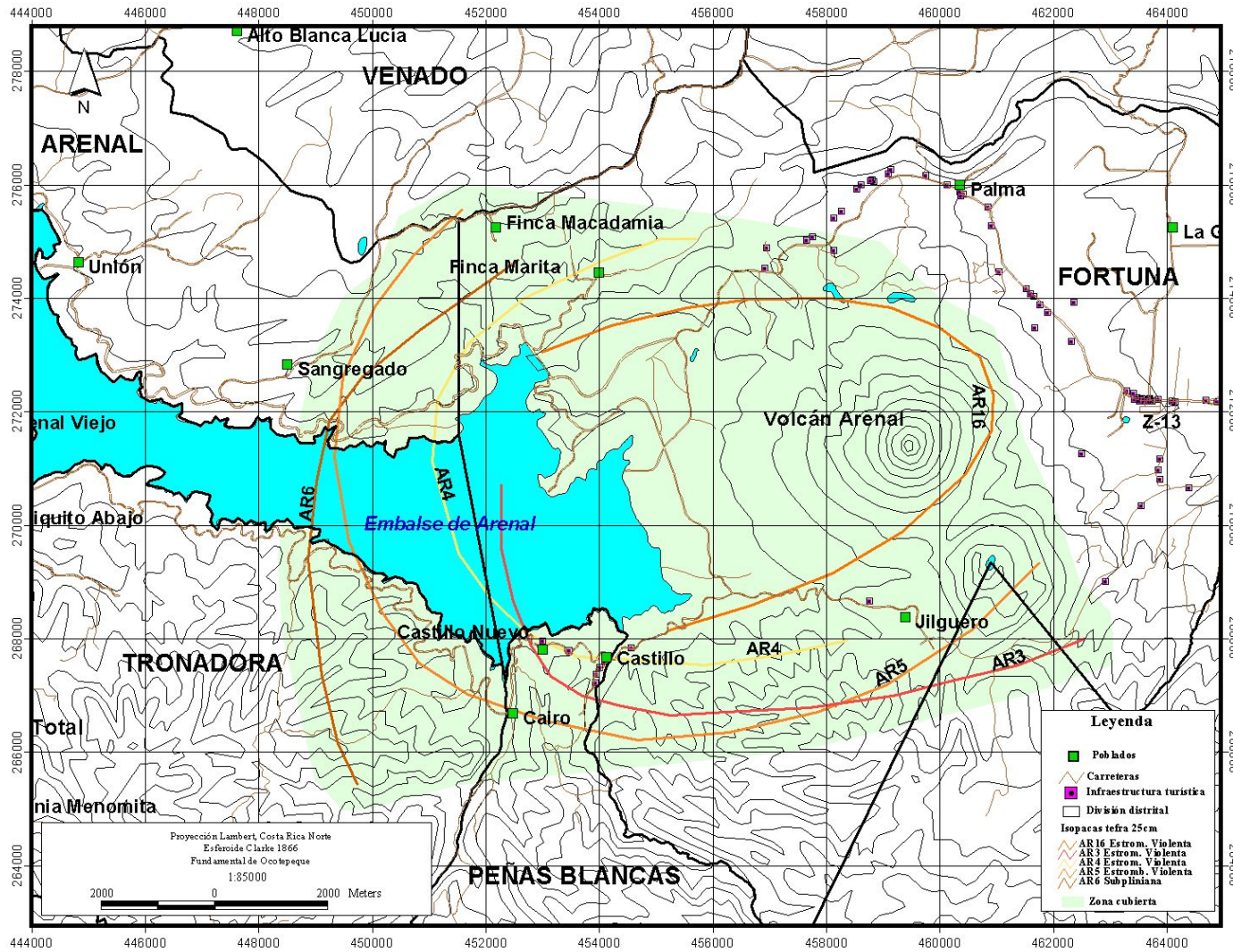
3.9.6 Isopaca de 25 centímetros

Esta isopaca está asociada a cinco eventos eruptivos, cuatro de los cuales de tipo estromboliano y uno subpliniano, una peculiaridad es que todas las erupciones son antiguas a excepción de la capa AR16 que ocurrió en el año 700 A.D, los otros 4 eventos son mucho más antiguos de hecho la más reciente de ellas corresponde a la capa AR6 (ET-12) ocurrida aproximadamente en el año 2250 B.C, otro elemento curioso es que entre estos primeros 4 eventos hay un tiempo de reposo igual de 550 años y el volumen de material eyectado, según los cálculos también es similar, oscila entre 0.15 y 0.20 km³.

El mapa demuestra que esta isopaca cubrió un área relativamente pequeña en comparación con las otras líneas de distribución, es decir 121 km², pero afectó sitios que hoy en día son importantes como Finca Macadamia y Finca Marita hacia el noroeste así como Castillo Nuevo, Castillo, Cairo al suroeste y por último Jilguero al sur, además del extremo este del Embalse de Arenal, tal parece que la afectación fue mínima hacia el norte y noreste del edificio volcánico, dejando por fuera poblaciones como La Palma, Z-13 y La Fortuna (Ver figura 14 y tabla 12).

De los 5 eventos de esta isopaca el que recorrió mayor distancia fue el identificado en la capa AR6 que corresponde a una erupción subpliniana con un VEI 4, este espesor de tefra recorrió más de 11 kilómetros en dirección suroeste.

Figura 14. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 25 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Tabla 12. Eventos eruptivos de la isopaca de 25 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR3 (ET-15)	3900 B.C	550	54	0.15	4	Est. Violenta
AR4 (ET-14)	3350 B.C	550	53	0.20	4	Est. Violenta
AR5 (ET-13)	2800 B.C	550	51-54	0.15	4	Est. Violenta
AR6 (ET-12)	2250 B.D	550	50-56	0.20	4	Subpliniana
AR16 (ET-6)	700 A.D	50	51-53	0.19	4	Est. Violenta

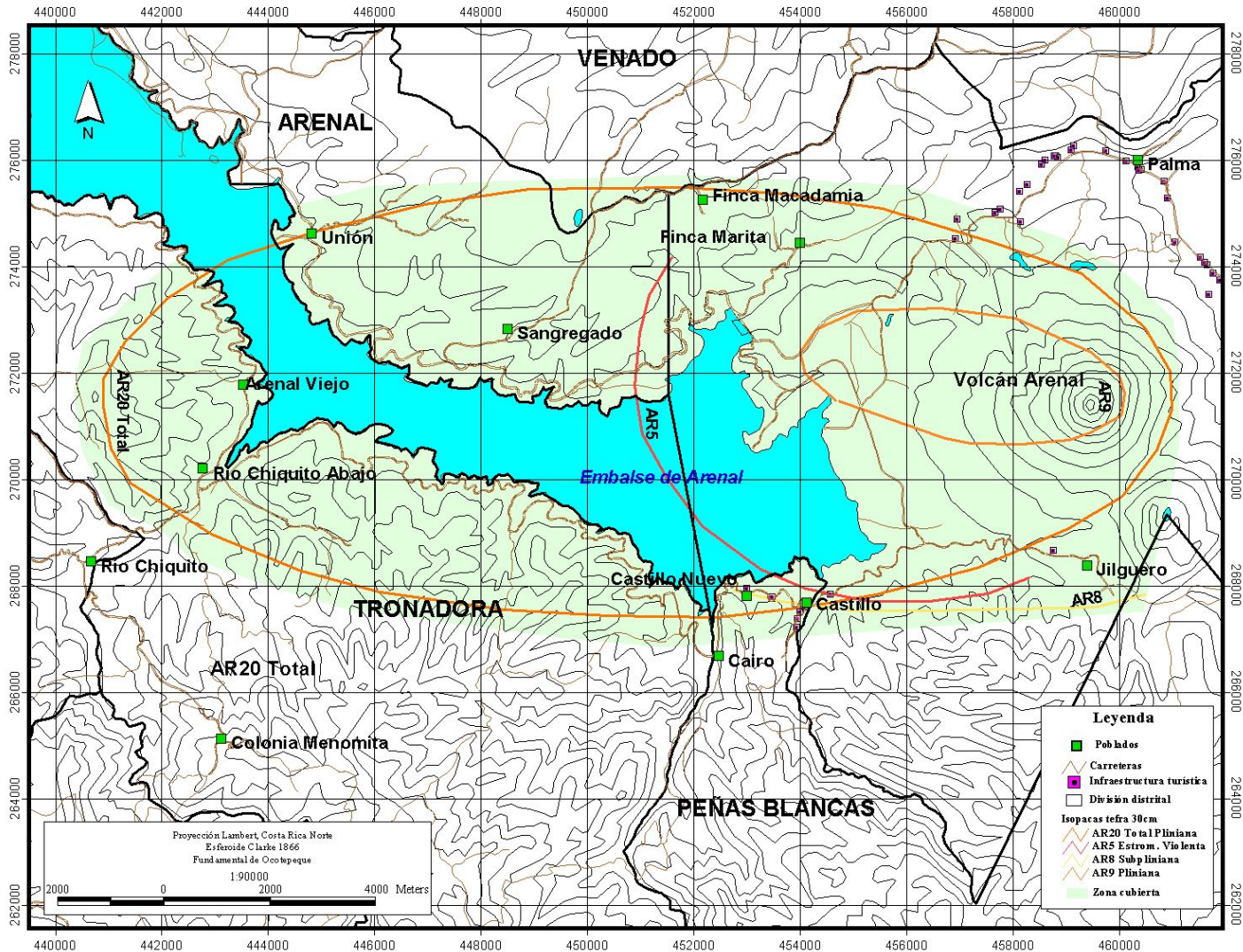
Fuente: Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)

3.9.7 Isopaca de 30 centímetros

En esta isopaca se evidencian 4 eventos eruptivos, una de ellas la capa AR20 (ET-2) esta corresponde a una erupción de tipo pliniana que ha sido catalogada como una de las más violentas que ha tenido el Arenal (Chiesa, 1987) aproximadamente en el año 1400 de nuestra era luego de 380 años de reposo y eyectando un volumen de 0.44 Km³. Es por eso que esta isopaca muestra una dispersión mayor que la isopaca de 25 centímetros.

Esta distribución de tefra abarca un área aproximada de 155 km² en dirección oeste y una distancia recorrida de 20 kilómetros en la misma dirección afectando lugares en los que hoy día se encuentran la Finca Macadamia, Finca Marita, Sangregado, Unión, Arenal Viejo, Río Chiquito Abajo, Castillo Nuevo, Castillo y Jilguero, así como el 50% del Embalse de Arenal y la actual zona del Parque Nacional Volcán Arenal y algunos hoteles importantes (Ver figura 15 y tabla 13).

Figura 15. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 30 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Tabla 13. Eventos eruptivos de la isopaca de 30 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR5 (ET-13)	2800 B.C	550	51-54	0.15	4	Est. Violenta
AR8 (ET-10)	1450 B.C	200	50-55	0.15	4	Subpliniana
AR9 (ET-9)	1250 B.C	200	58	>0.13	4	Pliniana
AR20 (ET-2)	1400 A.D	380	62-63	0.44	4	Pliniana

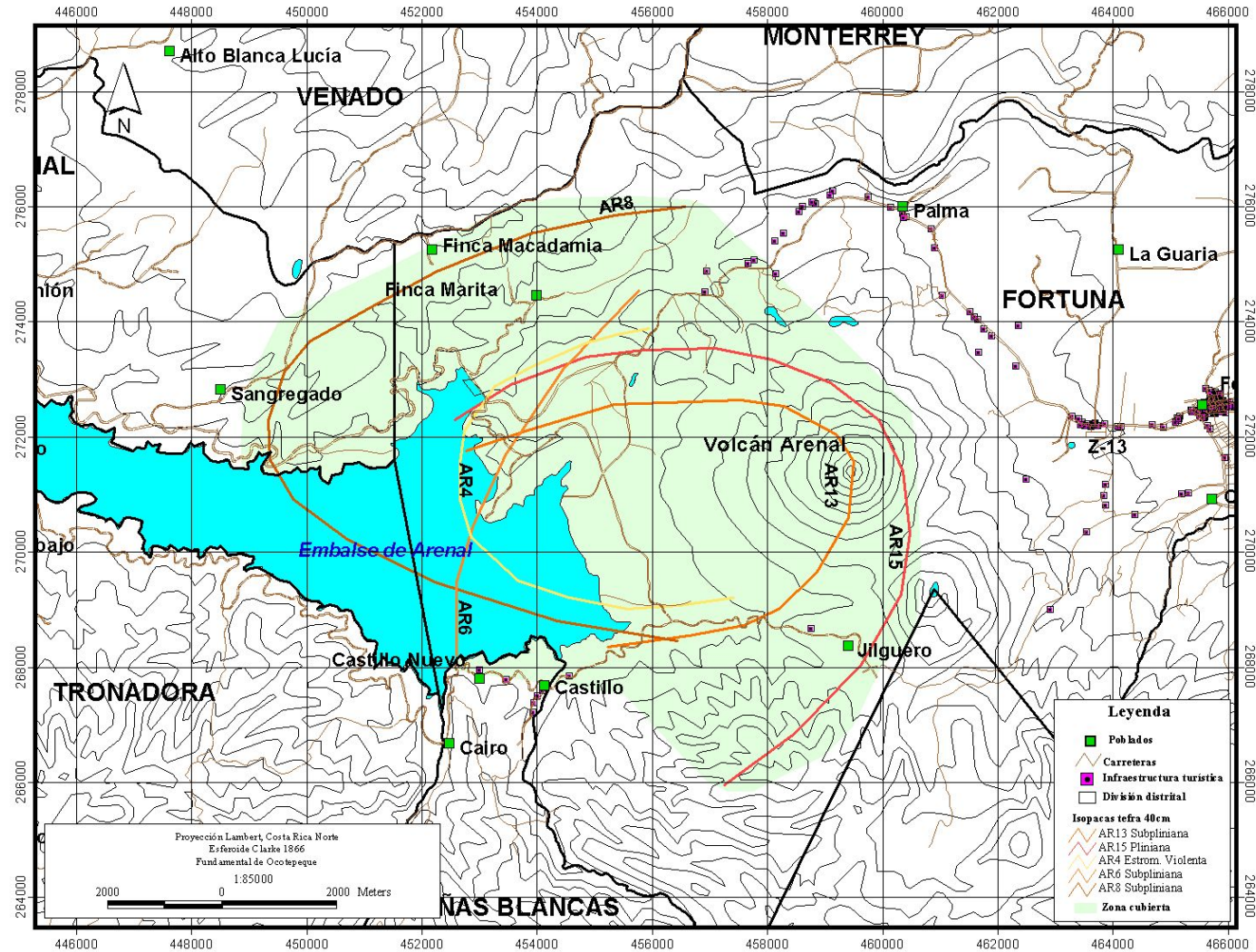
Fuente: Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)

3.9.8 Isopaca de 40 centímetros

Cinco son los eventos que caracterizan esta isopaca cuya distribución abarca un área de aproximadamente 84 km² en dirección noroeste, oeste y suroeste además del sector este del Embalse de Arenal una pequeña zona que comprende un 10% del mismo. Las poblaciones donde se encuentra Finca Macadamia, Finca Marita, Castillo Nuevo y Castillo así como Jilguero y la zona del Parque Nacional Volcán Arenal son los lugares donde esta isopaca es visible.

La eyección de este material se dio en eventos subplinianos y plinianos algunos de ellos antiguos como los de las capas AR4, AR6 y AR8, esta última ocurrida en el año 1450 B.C, así como eventos intermedios como los identificados en las capas AR13 y AR15, esta última a raíz de una erupción de tipo pliniano en el año 650 A.D con un periodo de reposo de tan solo 100 años (Ver figura 16 y tabla 14).

Figura 16. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 40 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Tabla 14. Eventos eruptivos de la isopaca de 40 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR4 (ET-14)	3350 B.C	550	53	0.20	4	Est. Violenta
AR6 (ET-12)	2250 B.C	550	50-56	0.20	4	Subpliniana
AR8 (ET-10)	1450 B.C	200	50-55	0.15	4	Subpliniana
AR13 (ET-8B)	430 A.D	600	55	0.20	4	Subpliniana
AR15 (ET-7)	650 A.D	100	56-61	0.38	4	Pliniana

Fuente: Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)

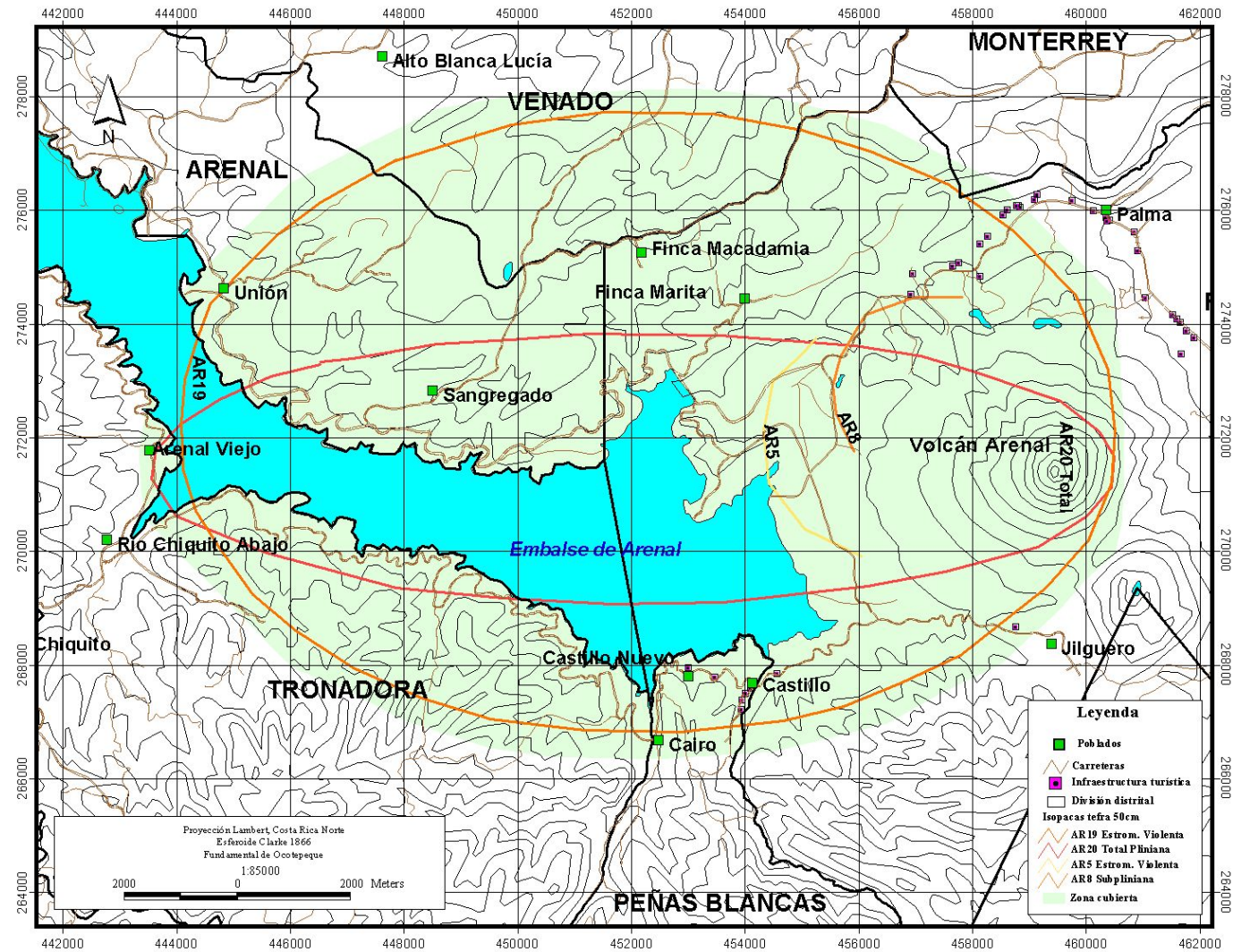
3.9.9 Isopaca de 50 centímetros

Aunque en esta isopaca solo se ubican 4 eventos volcánicos, uno de ellos es el ubicado en la capa AR20 (ET-2), esta erupción de tipo pliniano lanzó material a una distancia de aproximadamente 16 kilómetros en dirección oeste. Otro evento identificado en la capa AR19 (ET-3) de tipo estromboliano violento acontecido en el año 1020 A.D según dataciones, eyectó un volumen importante de material que se calcula en 0.9 km³, es decir, constituye uno de los eventos eruptivos más importantes, el cual distribuyó el material en un área de 164 km² alrededor del volcán, sobre todo en dirección oeste, norte y sur.

Las dos erupciones que antecedieron a las expuestas anteriormente identificadas en las capas AR5 y AR8 aunque fueron importantes y con un VEI de 4, no distribuyeron este espesor de material lejos del foco de emisión, sino que prácticamente quedaron en los flancos noroeste y oeste del edificio volcánico.

Los lugares afectados por esta cantidad de tefra son los que hoy día se conocen como Finca Macadamia, Finca Marita, Sangregado, Unión, Arenal Viejo, Río Chiquito Abajo, Castillo Nuevo, Castillo, Cairo, y la zona del Parque Nacional Volcán Arenal, así como el flanco norte del Arenal donde actualmente se ubica gran cantidad de infraestructura turística (Ver figura 17 y tabla 15).

Figura 17. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 50 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Tabla 16. Eventos eruptivos de la isopaca de 50 centímetros

Capa	Año aproximado de erupción	Años de reposo	%SiO ₂	Vol_km ³	VEI	Tipo de erupción
AR5 (ET-13)	2800 B.C	550	51-54	0.15	4	Est. Violenta
AR8 (ET-10)	1450 B.C	200	50-55	0.15	4	Subpliniana
AR19 (ET-3)	1020 A.D	0	49-53	0.90	4	Est. Violenta
AR20 (ET-2)	1400 A.D	380	62-63	0.44	4	Pliniana

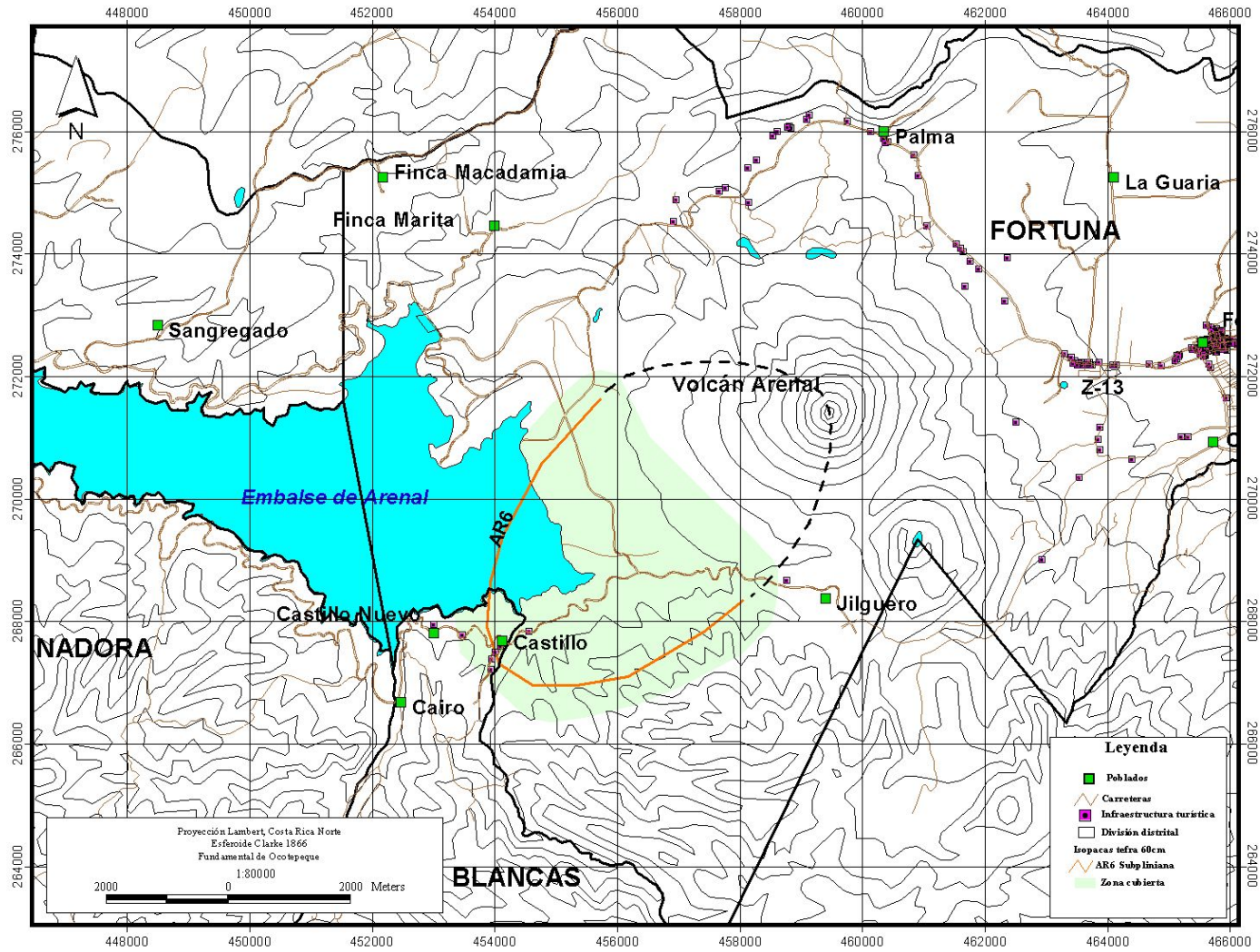
Fuente: Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006)

3.9.10 Isopacas de 60 y 70 centímetros

Estos dos espesores se distribuyeron en una zona relativamente pequeña específicamente en el sector suroeste, el espesor de 60 centímetros fue identificado en la capa AR6 que se refiere a un evento eruptivo antiguo aproximadamente en el año 2250 B.C, una erupción de tipo subpliniano luego de 550 años de reposo, y el espesor de 70 centímetros se identifica en la capa AR18, un evento más reciente en el año 1020 A.D de características similares al de la capa AR6. Este evento se concentró en el flanco suroeste del volcán en un área 20 km².

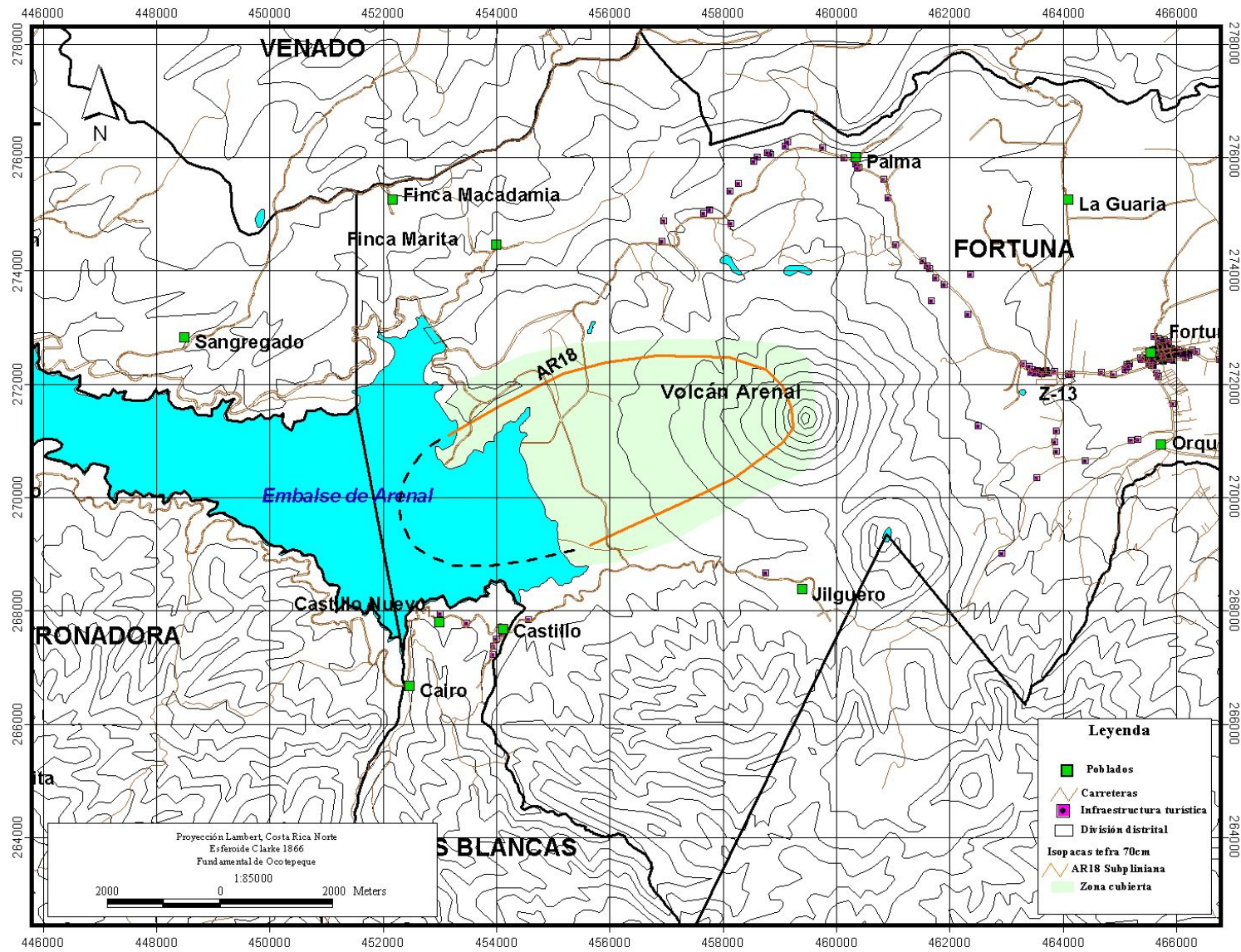
Aunque estos espesores de material se concentraron en una zona relativamente pequeña, fue lo suficientemente fuerte para afectar la zona donde hoy en día se ubica el poblado de El Castillo, un polo de desarrollo importante con un crecimiento acelerado (Ver figuras 18 y 19).

Figura 18. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 60 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

Figura 19. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 70 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

3.9.11 Isopaca de 80 centímetros

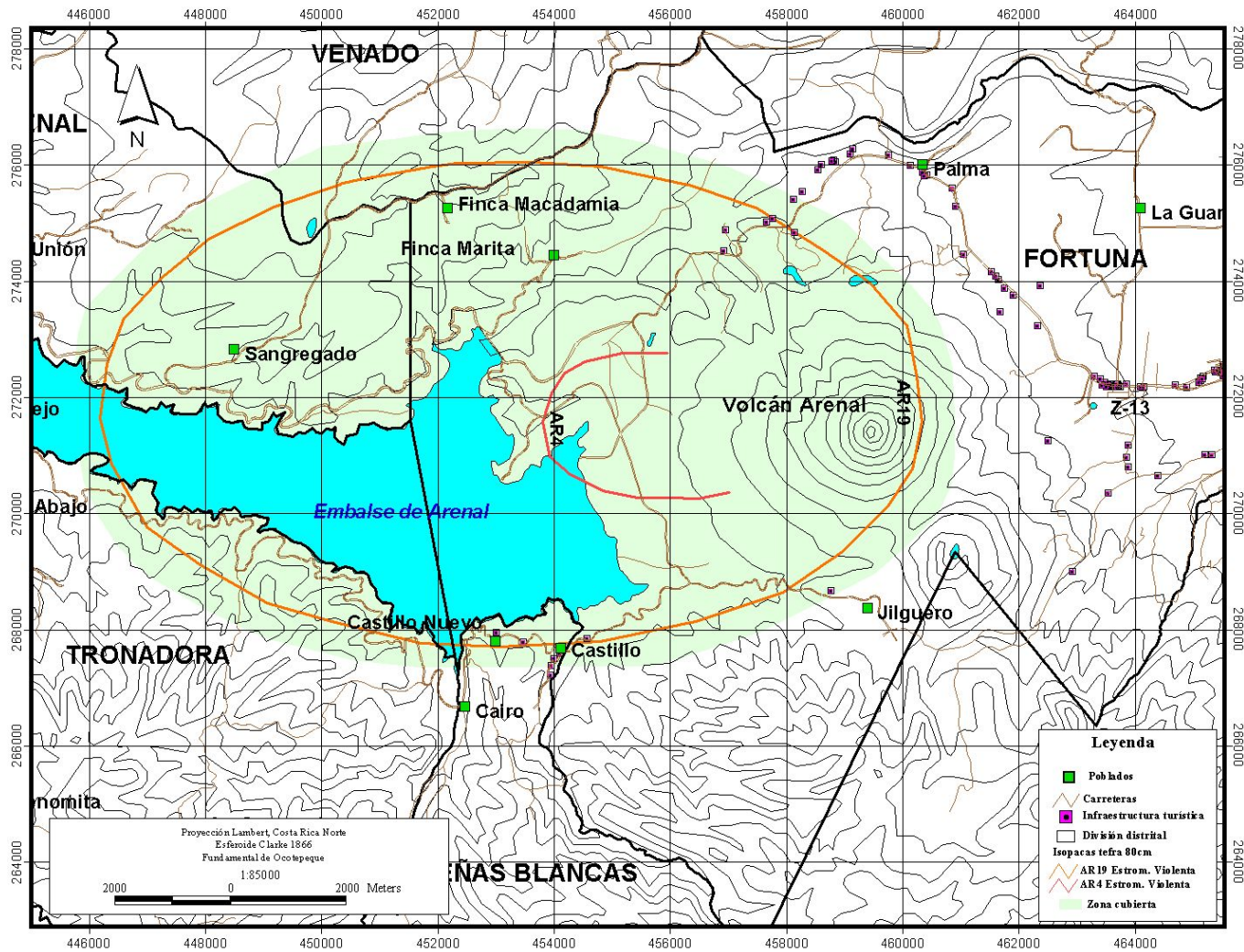
Ochenta centímetros de material eyectado es una cantidad importante que puede generar daños muy severos a la infraestructura y la agricultura en el caso de que un evento de similares características suceda al día de hoy.

Este espesor se distribuyó de forma amplia en dirección oeste del Volcán y es identificado en dos capas, la AR4 en un área cercana al punto de emisión y la capa AR19 que es la que muestra una distribución del material más importante, este espesor específicamente en la capa AR19 cubrió un área de 114 km² y una distancia aproximada de 14 kilómetros en dirección oeste.

Las zonas afectadas en su momento son las que hoy en día son ocupadas por poblaciones como Finca Macadamia, Finca Marita, Sangregado, Castillo Nuevo y Castillo, así como el flanco oeste del Arenal y casi un 50% del sector este del Embalse de Arenal.

La erupción asociada a la capa AR19 fue de tipo estromboliano violento y según dataciones ocurrió en el año 1020 A.D con un volumen de material eyectado de los más elevados hasta el momento identificados, 0.90 Km³ (Ver figura 20).

Figura 20. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 80 centímetros



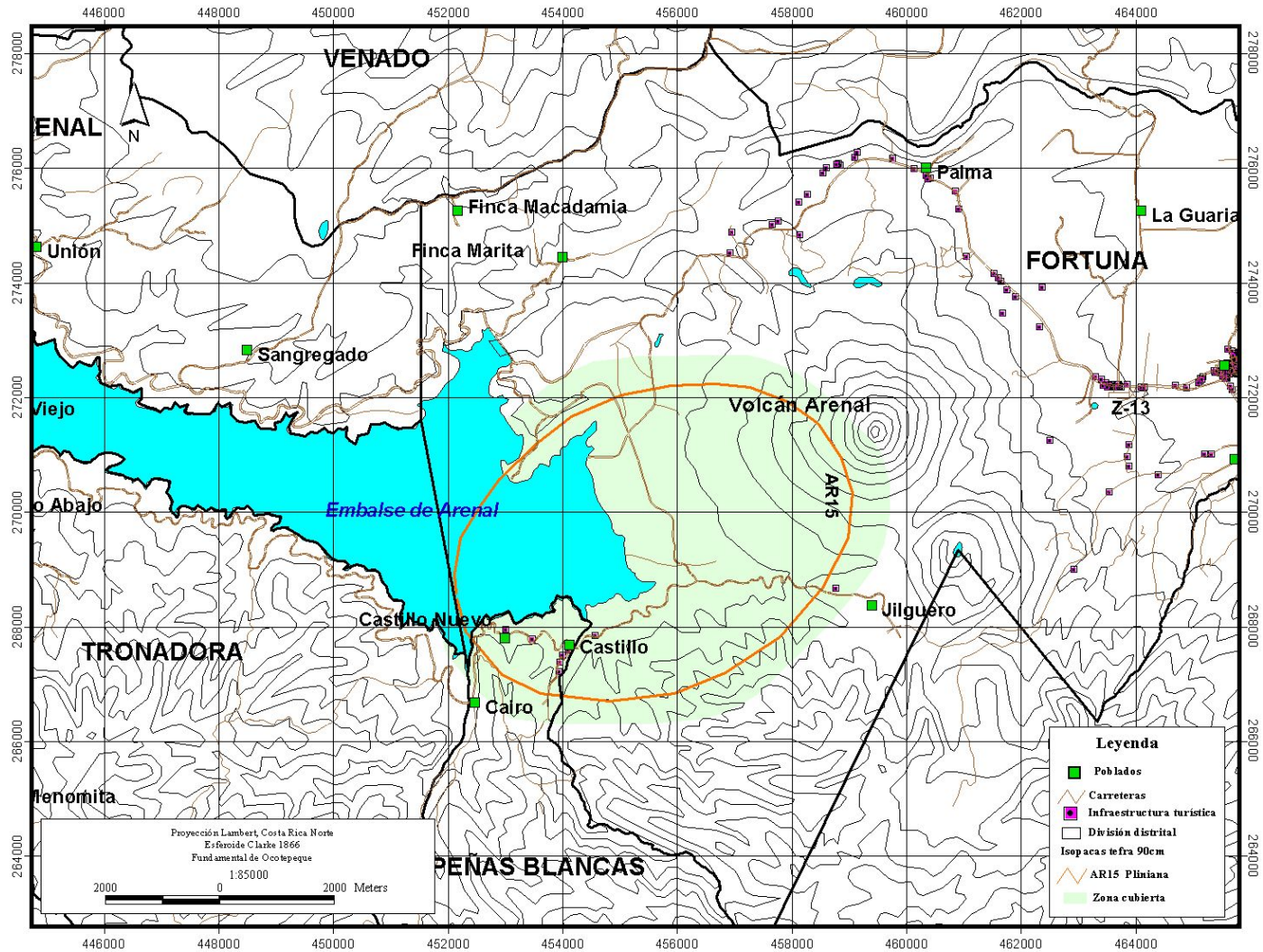
Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

3.9.12 Isopaca de 90 centímetros

Esta isopaca no menos importante que la anterior se identifica en la capa AR15 que corresponde a una erupción de tipo pliniano y que ocurrió según dataciones en el año 650 A.D, si bien el área afectada en ese momento fue relativamente pequeña de tan solo 40km², cubrió lugares que hoy en día son importantes como El Castillo Nuevo y El Castillo y el sector este del Embalse de Arenal.

En el caso de que una erupción similar ocurriera en estos momentos, el poblado de El Castillo y la zona que lo rodea se verían afectadas por la caída de material, el acceso a la zona por la actual carretera no sería posible, tan solo quedaría la vía acuática (Ver figura 21).

Figura 21. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 90 centímetros



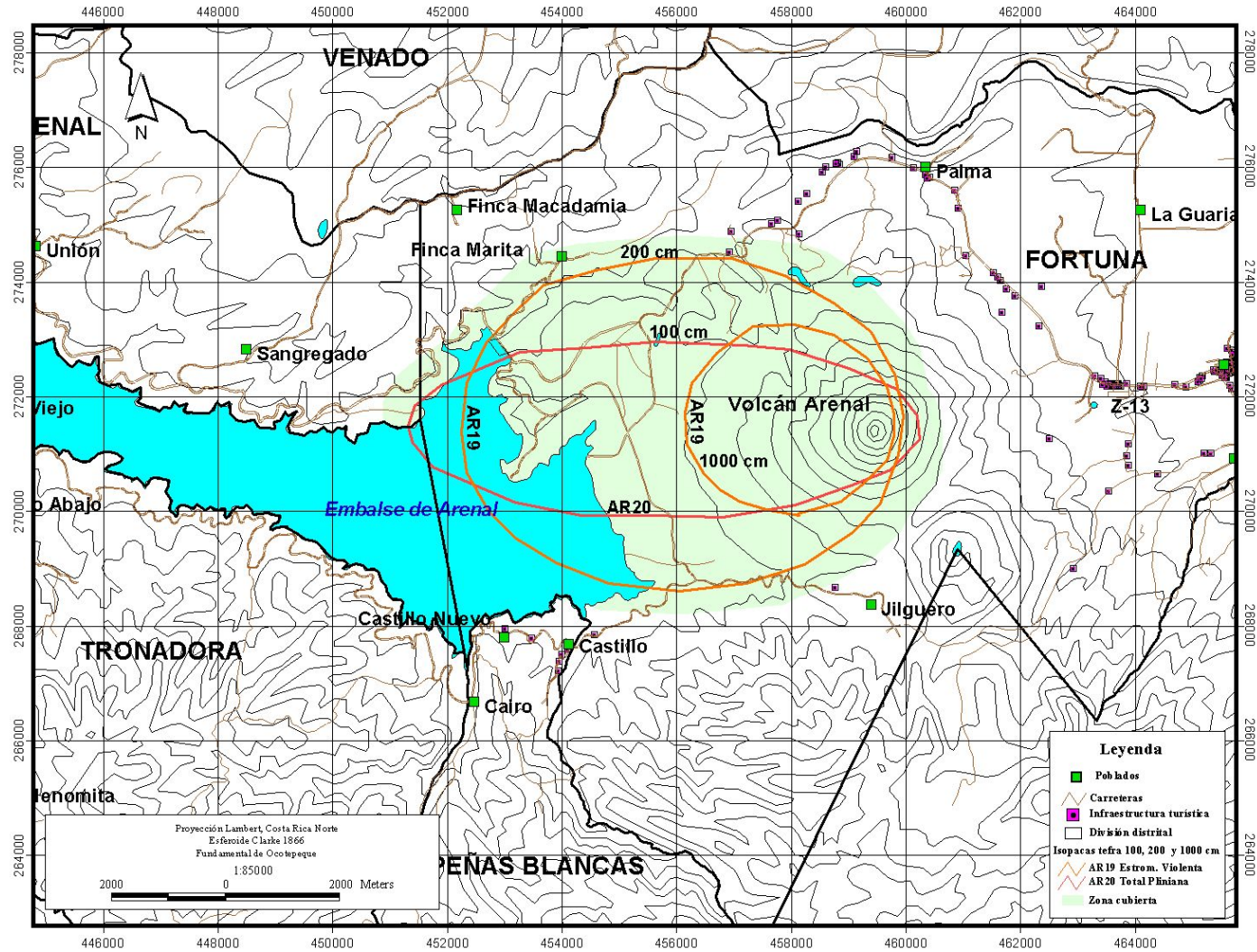
Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

3.9.13 Isopacas de 100, 200 y 1000 centímetros

Hay dos grandes erupciones asociadas a estos espesores de isopacas, por un lado la identificada en la capa AR19 que corresponde a un evento de tipo estromboliano violento en el año 1020 A.D aproximadamente y que eyectó una de las mayores cantidades de material, 0.90 km^3 , 380 años después se daría la otra gran erupción catalogada por Chiesa (1987) como la mayor erupción del Arenal. Este evento está identificado en la capa AR20 (ET-2). Ambas erupciones con un VEI de 4.

El material se depositó en dirección oeste del foco de emisión prácticamente en el flanco del Volcán y en el sector este de lo que hoy es el Embalse de Arenal, así como en la Finca Marita y en el sitio que ocupan algunos hoteles importantes (Ver figura 22).

Figura 22. Mapa de distribución de tefra. Isopaca 100, 200 y 1000 centímetros



Fuente: Geotérmica Italiana, 1992. Soto y Alvarado, 2006. Modificado para efectos de esta investigación.

3.10 Consideraciones finales

Anterior a la explosión de 1968 el Volcán Arenal no era considerado un volcán. En la ladera oeste del Arenal se ubicaban gran cantidad de fincas ganaderas y dos pequeñas poblaciones, cuya principal actividad económica era la ganadería. La mañana del 29 de julio de 1968 el Volcán Arenal abrió tres cráteres en una violenta explosión lateral (lateral blast) que acabó con la vida de 90 personas y devastó más de 12 km² de bosque y fincas ganaderas. De esta forma el Volcán Arenal iniciaba su periodo eruptivo después de más de 400 años de reposo.

Desde su explosión inicial en 1968 hasta el día de hoy este Volcán ha experimentado diversas etapas o fases en su comportamiento eruptivo, desde la emisión de extensas coladas de lavas, hasta las violentas explosiones de tipo estromboliano, la generación de flujos piroclásticos y la continua emisión de gases volcánicos.

La mayoría de los científicos se han concentrado en investigar la actividad producida en el actual ciclo eruptivo y muy pocos han incursionado en el análisis de la estratigrafía y la historia eruptiva del Arenal anterior a su explosión en 1968. Estas investigaciones de los procesos eruptivos anteriores a 1968, coinciden en que este Volcán ha presentado en el pasado erupciones violentas e importantes. Chiesa (1987) apunta que la erupción identificada en la capa AR20 (ET-2) fue 27 veces más grande que la del Monte Santa Elena en 1980 en los Estados Unidos y 4 veces mayor que la del Chichón (1982) en México.

Otro de los elementos a tomar en consideración es que las investigaciones de Frullani y Ghigliotti (1992) así como Soto y Alvarado (2006) apuntan que la erupción de 1968 es una de las menos violentas y con uno de los volúmenes menores de material eyectado (0.003 Km³). Los mapas de distribución de tefra permiten identificar lugares que en su momento fueron afectados y que al día de hoy están ocupados ya sea con infraestructura turística, proyectos hidroeléctricos y poblaciones o asentamientos.

Es importante verificar el número de veces que un lugar en específico ha sido cubierto por material. Según los mapas y tablas elaborados, los que han sido afectados más cantidad de veces en los últimos 7000 años de actividad del Arenal son: Finca Macadamia, Finca Marita, Castillo Nuevo, Castillo, Jilguero, Sangregado, Arenal Viejo, Cairo, Unión, entre otros y por supuesto los sitios ubicados sobre la carretera que bordea el Volcán, específicamente en el flanco norte (Ver tabla 17).

La posibilidad de que una futura erupción del Arenal ¹⁶ impacte sobre algunas de estas poblaciones es muy alta ya que la estratigrafía demuestra afectaciones pasadas. Por otro lado el hecho de que poblaciones como La Fortuna o Z-13 no aparezcan en la lista de lugares con mayor afectación, no significa que estén exentas de peligro, ya que como se explicó al inicio de este apartado, las investigaciones en que se basan estos mapas de distribución de tefra no continuaron la línea de corte estratigráfico en La Fortuna o más hacia el este, ya que el objetivo de estas investigaciones era la represa de Sangregado y las posibles implicaciones para el Proyecto Hidroeléctrico de la actividad actual del Arenal o una futura erupción.

¹⁶ Entiéndase futura erupción como el inicio de un nuevo período eruptivo una vez finalizado el presente.

En total la sumatoria del área afectada por la deposición de material eyectado por el Arenal a lo largo de 7000 años de actividad para un espesor de corte mayor o igual a la isopaca de 5 cm para cada erupción según los estudios de Geotérmica Italiana (1992), Soto y Alvarado (2006) es una zona de aproximadamente 35 kilómetros de largo y 17 kilómetros de ancho con un área total de 458 km² (Ver figura 23).

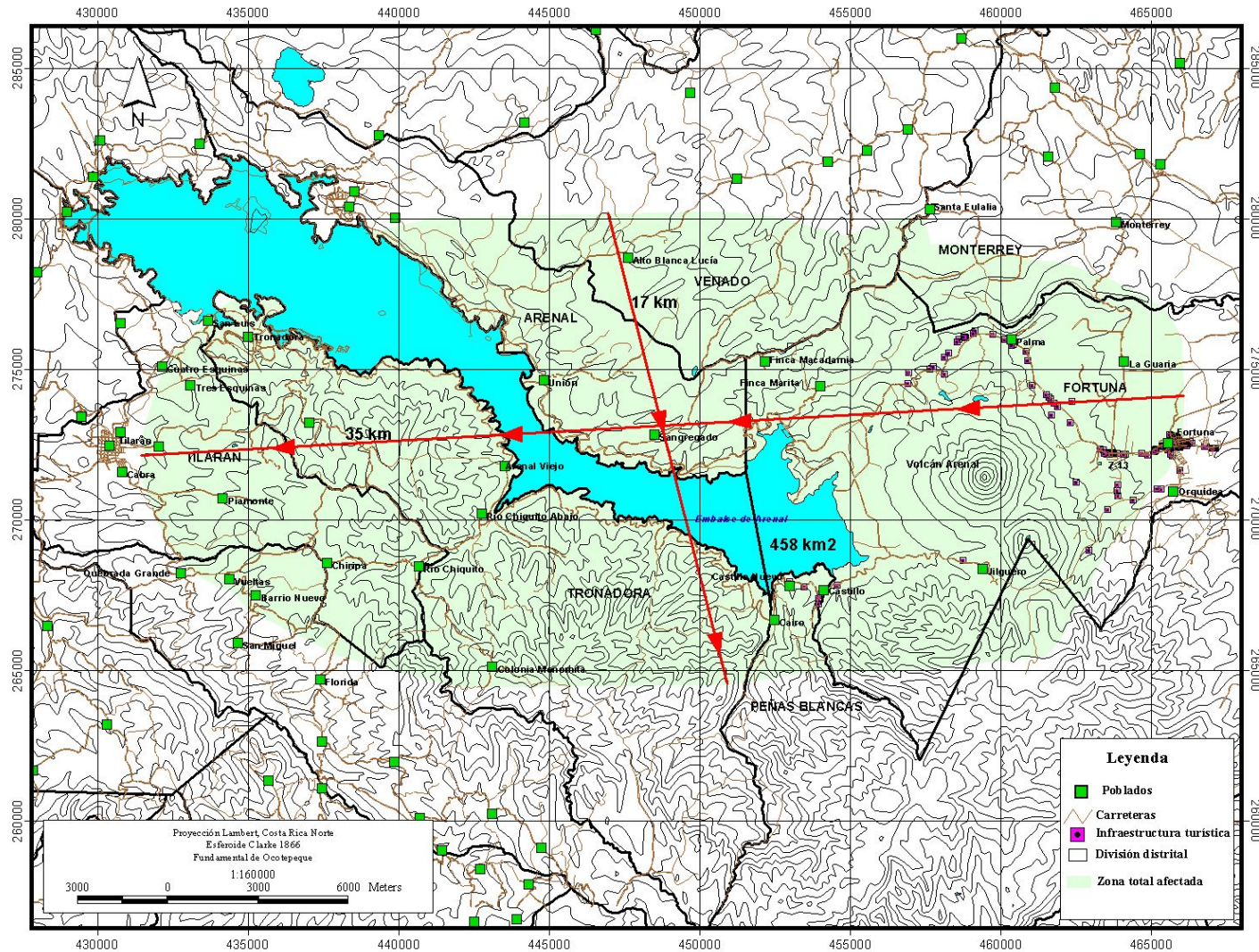
Tabla 17. Distribución de isopacas sobre las poblaciones asentadas en la actualidad

Poblado	# de veces que ha sido cubierto el lugar	Isopacas (cm)
La Fortuna	1	5
La Guaria	1	5
Z-13	3	5, 10 y 15
La Palma	3	5, 10 y 15
Finca Macadamia	8	5,10, 20, 25, 30, 40, 50 y 80
Finca Marita	10	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 80 y 200
Sangregado	6	5, 10, 20, 30, 50 y 80
Alto Blanca Lucia	2	10 y 20
Unión	5	5, 10, 20, 30 y 50
San Luis	1	10
Tronadora	1	10
Cuatro Esquinas	1	10
Tres Esquinas	1	10
Piamonte	2	10 y 20
Vueltas	1	10
Barrio Nuevo	1	10
Chiripa	2	10 y 20
Río Chiquito	2	10 y 20
Río Chiquito Abajo	3	10, 20 y 30
Arenal Viejo	4	10, 20, 30 y 50
Castillo Nuevo	9	5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 80 y 90
Castillo	11	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80 y 90
Cairo	6	5, 10, 20, 25, 50 y 90
Jilguero	8	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 y 50

Fuente: Elaboración propia.

De un total de las 20 erupciones mayores conocidas del volcán Arenal (Frullani y Ghigliotti (1992); Soto y Alvarado (2006)).

Figura 23. Distribución total de tefra del Volcán Arenal



Fuente: Geotérmica Italiana (1992). Soto y Alvarado (2006). Modificado para efectos de esta investigación. Los ejes corresponden al ancho y largo en kilómetros de las zonas afectadas durante los últimos 7000 años de actividad.

Existe la posibilidad de que el Arenal tenga una erupción tipo subpliniana o pliniana en su próximo periodo eruptivo, tomando en consideración el sumario de las principales erupciones (Soto y Alvarado, 2006) y considerando que el evento ocurrido en 1968 es uno de los menores que se han presentado. Ello afectaría poblaciones importantes como Castillo, Jilguero, Castillo Nuevo, Finca Macadamia, entre otros, así como el flanco norte donde actualmente se desarrollan los complejos turísticos. Existe en la zona infraestructura como la represa de Sangregado y líneas eléctricas de alta tensión, así como torres de telecomunicaciones que tienen una vida útil de varias decenas de años y cuya importancia para la economía del país es indiscutible. Este tipo de infraestructura podría también verse afectada en el próximo periodo eruptivo del Arenal.

Si bien planificar en la actualidad a 100 o 200 años vista suena irreal y quizás absurdo para algunas personas o instituciones, lo cierto es que las tendencias que se puedan reconocer en este momento podrán ayudar a planificar el territorio a mediano y largo plazo, evitando de esta forma aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones, bienes y servicios.

Capítulo 4. Usos del suelo y población

(...) Evidentemente, esto no quiere decir que el riesgo en sí mismo sea la antítesis del desarrollo de la humanidad, sino el resultado de determinadas formas en que la sociedad conduce y utiliza esa capacidad transformadora y se apropia y distribuye la riqueza (...)

E. Mansilla (2000, p.6)

En 1968, año de la erupción del Volcán Arenal, la frontera agrícola estaba empezando a escalar el denso bosque que cubría el edificio volcánico. A causa de la erupción inicial del Volcán, la mayoría de los pobladores que vivían en el flanco oeste del cono volcánico murieron, mientras que los habitantes del sector de La Palma (flanco norte), ubicado a 6 kilómetros lineales de La Fortuna en dirección al Arenal abandonaron el lugar, despoblando las fincas ganaderas que dejaron de ser trabajadas ó trabajadas al mínimo durante varios años. Esta tendencia cambió al pavimentarse la carretera, ya que incentivó a los finqueros a trabajar de mejor forma sus tierras y dar el verdadero aspecto de zona ganadera. Parte del bosque primario y secundario fue talado para dar paso a zonas de pastos.

La Fortuna, que a inicios de la década de 1970 era un pueblo rural, pequeño y con una economía basada en la ganadería y la agricultura, experimento un importante cambio a partir de la década de 1990 para convertirse en una de las ciudades turísticas más importantes del país. A su vez Z-13, que en su momento fue un asentamiento campesino constituido de pequeñas parcelas de tierra, pasó también a albergar hoteles y servicios turísticos. El paisaje rural con campesinos y ganado fue sustituido paulatinamente por empresarios, comerciantes y servicios dedicados a la actividad turística.

El objetivo del presente capítulo es analizar los diferentes cambios en los usos del suelo que ha experimentado La Fortuna y alrededores, así como explicar el crecimiento que ha tenido la actividad turística y, por ende, la población residente en La Fortuna.

El capítulo consta de ocho apartados, en un primer apartado se analizan los diferentes usos del suelo que existían en la zona en el año 1992, justo antes de que el crecimiento de la actividad turística cambiara el paisaje de forma acelerada. El punto de partida será el mapa de usos del suelo elaborado, para este año, por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). A continuación se expondrá el mapa de usos del suelo para el año 1997 en el cual se verificarán los cambios experimentados entre los 5 años que lo separan de 1992. Este apartado es importante porque demostrará que el crecimiento acelerado de la construcción de infraestructura turística se da a partir del año 2000. En tercer lugar y gracias a las misiones especiales de toma de fotografía aérea por parte del Programa Nacional de Investigaciones Aerotransportadas (PRIAS-CENAT), se elaborará un mapa de usos del suelo para el año 2005, inexistente hasta el momento.

Este mapa, conjuntamente con el trabajo de campo realizado durante varios años con el objetivo de documentar el crecimiento de la infraestructura turística en la zona, demostrará el rápido aumento no solo en la construcción de hoteles y restaurantes sino también en la habilitación de zonas de uso residencial y el desplazamiento de las viviendas del casco urbano de La Fortuna de San Carlos para dar paso a los locales comerciales. En cuarto lugar se contabilizarán los hoteles, hostales, pensiones, restaurantes, operadoras de tour, tiendas, etc que estaban ubicadas en la zona en el año 2003 y el cambio en su número y ubicación para el año 2007, explicando además la tendencia de construcción y la aglomeración de este tipo de infraestructura no solo en el casco urbano de la ciudad sino también en los alrededores del Volcán Arenal. El siguiente apartado explica el inicio de la actividad turística y su evolución hasta convertir a La Fortuna en una de las ciudades turísticas más importantes del país. Se utilizan los datos disponibles de los censos de población de los años 1963, 1973, 1984 y 2000 así como las proyecciones de población del año 2006, las fotografías aéreas de la zona de La Fortuna de San Carlos, etc, para explicar el proceso de crecimiento

poblacional que ha experimentado el área de estudio. Por último se hace un análisis de la evolución de la infraestructura turística ubicada en La Fortuna y alrededores, a partir del inventario de los locales comerciales en el año 2003 y su posterior actualización en el 2007. También se describen las tendencias de crecimiento de las zonas urbanas y el desplazamiento de la zona residencial del centro del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y su asentamiento en las periferias, como en el caso del asentamiento Z-13.

4.1 Usos del suelo en La Fortuna y alrededores año 1992

Para el caso específico de La Fortuna y alrededores, la cartografía de los usos del suelo para diversos períodos de estudio permite ilustrar los cambios que se han dado en los últimos años en el área de estudio.

La generación de cartografía oficial en Costa Rica corresponde al Instituto Geográfico Nacional (IGN). Ante la falta de actualización de los mapas del país por parte de este organismo, diferentes instituciones públicas y privadas han elaborado cartografía muy específica de acuerdo a sus necesidades. Esta cartografía circula como “no oficial”, aunque a falta de documentación oficial reciente es utilizada por funcionarios e investigadores para la elaboración de informes y estudios diversos.

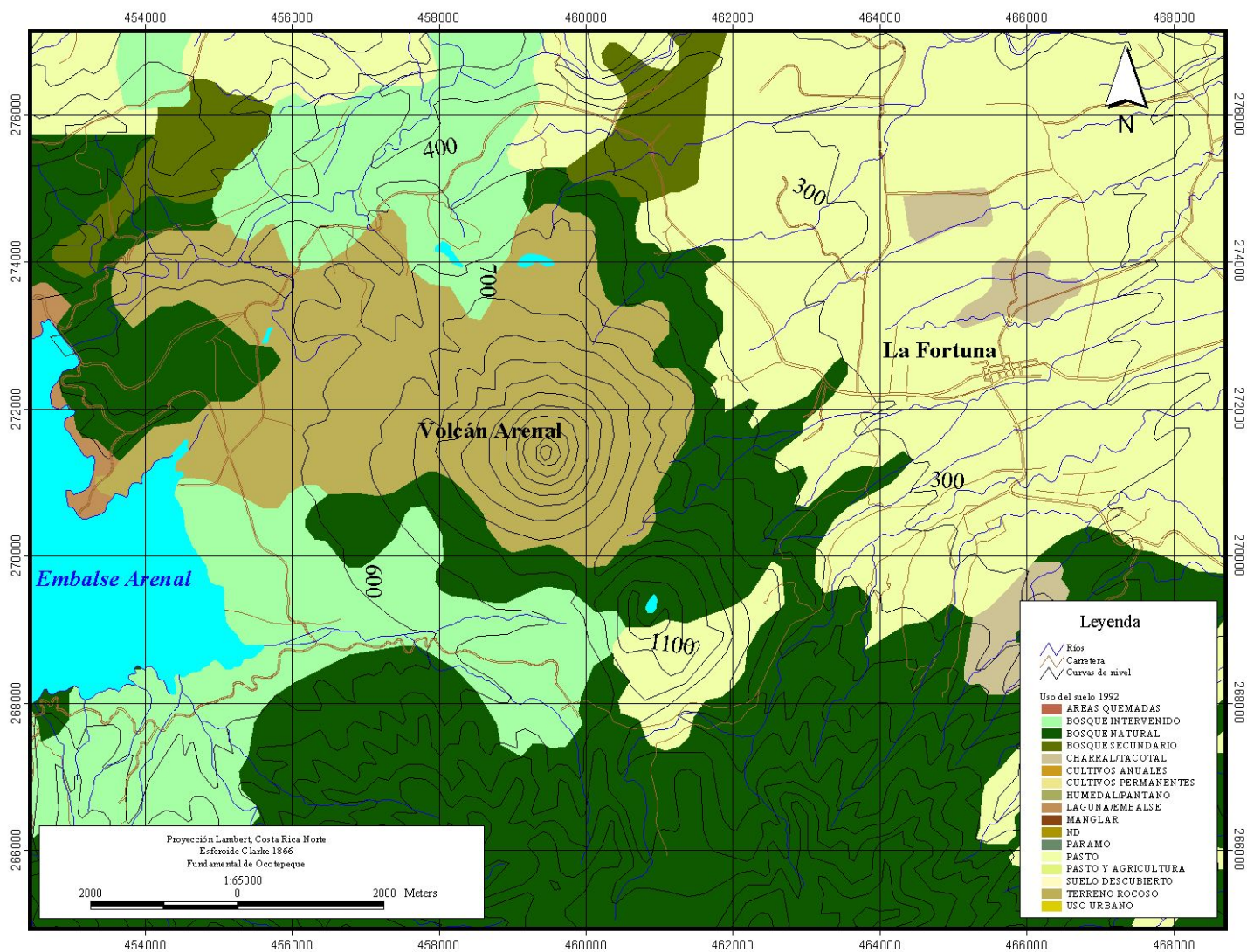
Los mapas más recientes de usos del suelo a nivel nacional fueron elaborados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) junto con otras instituciones públicas, utilizando imágenes de satélite Landsat. Si bien las imágenes de satélite son un recurso muy utilizado en la actualidad para la elaboración de cartografía en general, no lo son así para los mapas detallados de usos del suelo, ya que la resolución de las mismas impide en la mayoría de los casos apreciar el detalle real. Aunque existen imágenes de satélite como las IKONOS con una resolución de hasta un 1 x 1 metros, su coste económico es muy elevado como para abarcar un área tan grande como la de un país entero.

Por esta razón el mapa de usos del suelo de 1992 elaborado por el MAG fue basado en imágenes Landsat con un coste económico menor y una resolución de 30 x 30 metros. A pesar de resultar un mapa muy general es suficiente para identificar grandes categorías de diversos usos del suelo, tales como extensiones de cultivos, bosques, zonas urbanas de mediana y gran proporción, lagos, lagunas, entre otros.

Este mapa de 1992 de usos del suelo, publicado en el Atlas Digital de Costa Rica en sus versiones de 2000 y 2004 por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), muestra que en el sector de La Fortuna de San Carlos y alrededores predominan las zonas dedicadas a pastoreo (pastos) y el bosque natural y en menor porcentaje el bosque intervenido y el bosque secundario. No se distinguen zonas exclusivas para cultivo, es decir, grandes extensiones dedicadas a monocultivo como es característico en otras zonas del país (Ver figura 24). Las fotografías aéreas tomadas en 1992 por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGN), muestran además que la ciudad de La Fortuna ha mantenido su tamaño y forma en relación al mapa topográfico realizado en el año 1983 a partir de fotografías tomadas en 1979, 1980, 1981, por parte del mismo Instituto (Ver figura 25 y 26).

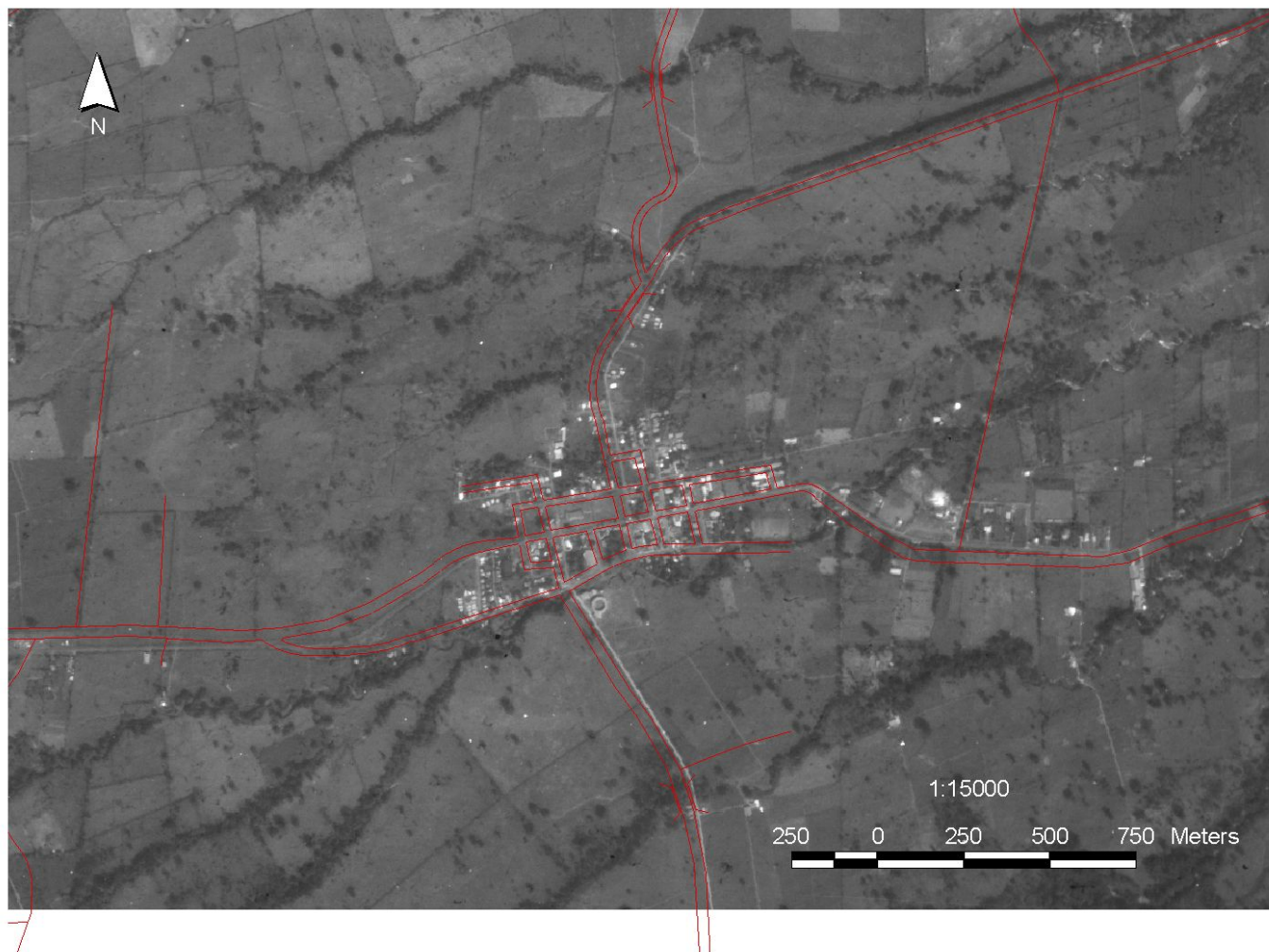
El mapa de carreteras sobrepuesto en la figura 25 fue elaborado en 1983. Es de destacar como el poblado, casi 10 años después, mantiene su estructura y tamaño invariable.

Figura 24. Mapa de usos del suelo para La Fortuna y Volcán Arenal, 1992



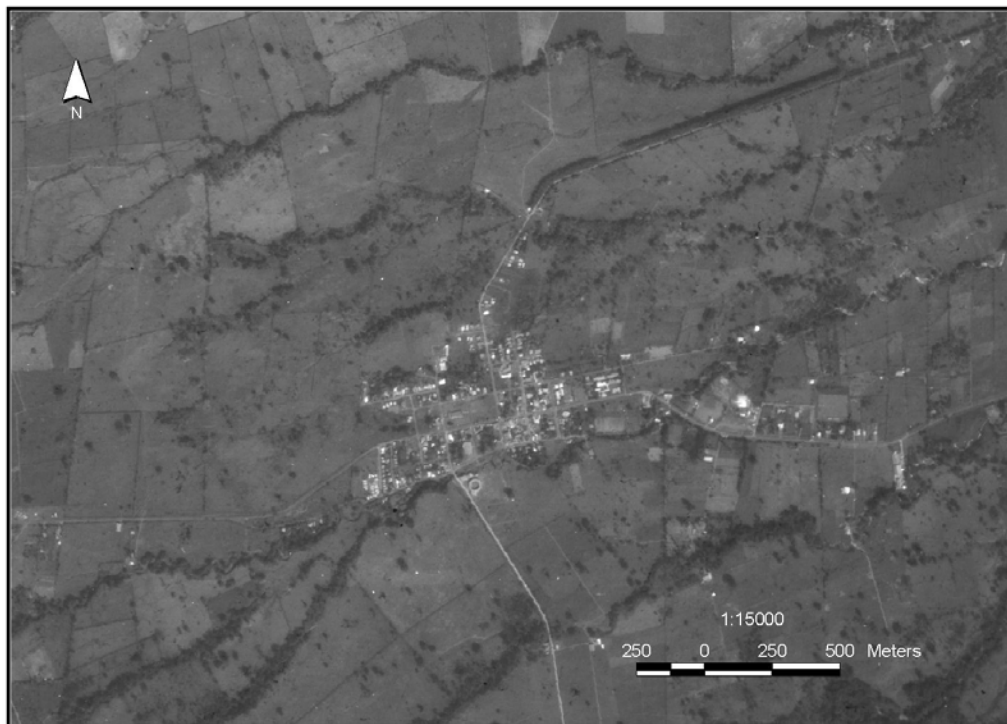
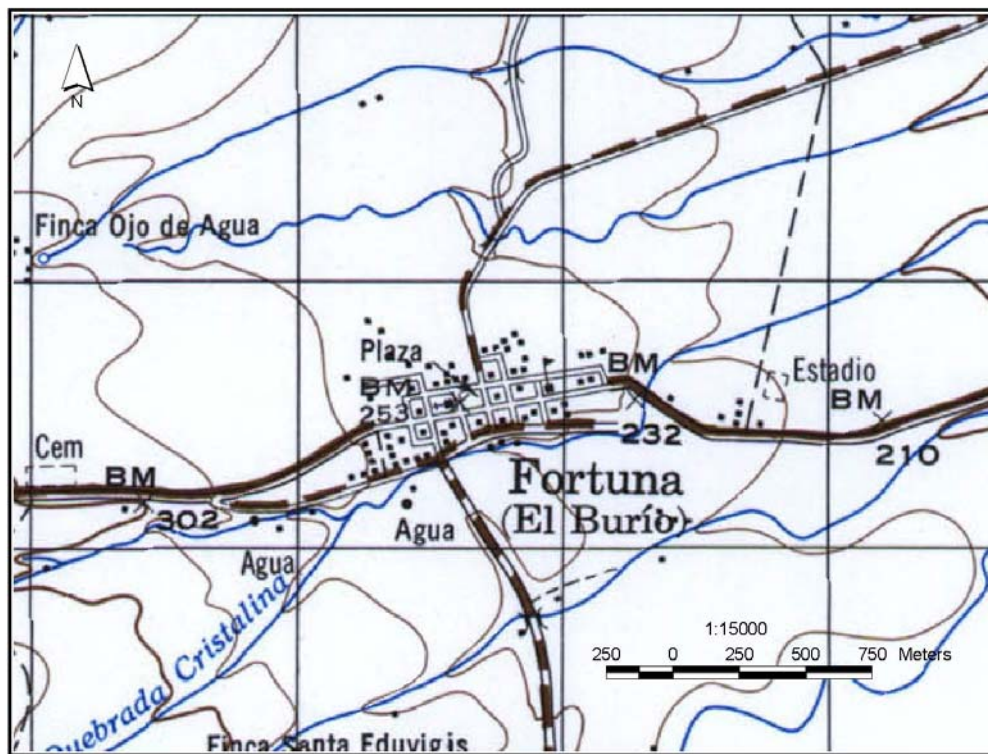
Fuente: Atlas Digital de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2004. Cartografía base: Instituto Geográfico Nacional

Figura 25. Fotografía aérea proyecto DMA – IGN, 1992 y la capa de carreteras de la hoja topográfica La Fortuna escala 1:50000 de 1983 del IGN.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. IGN

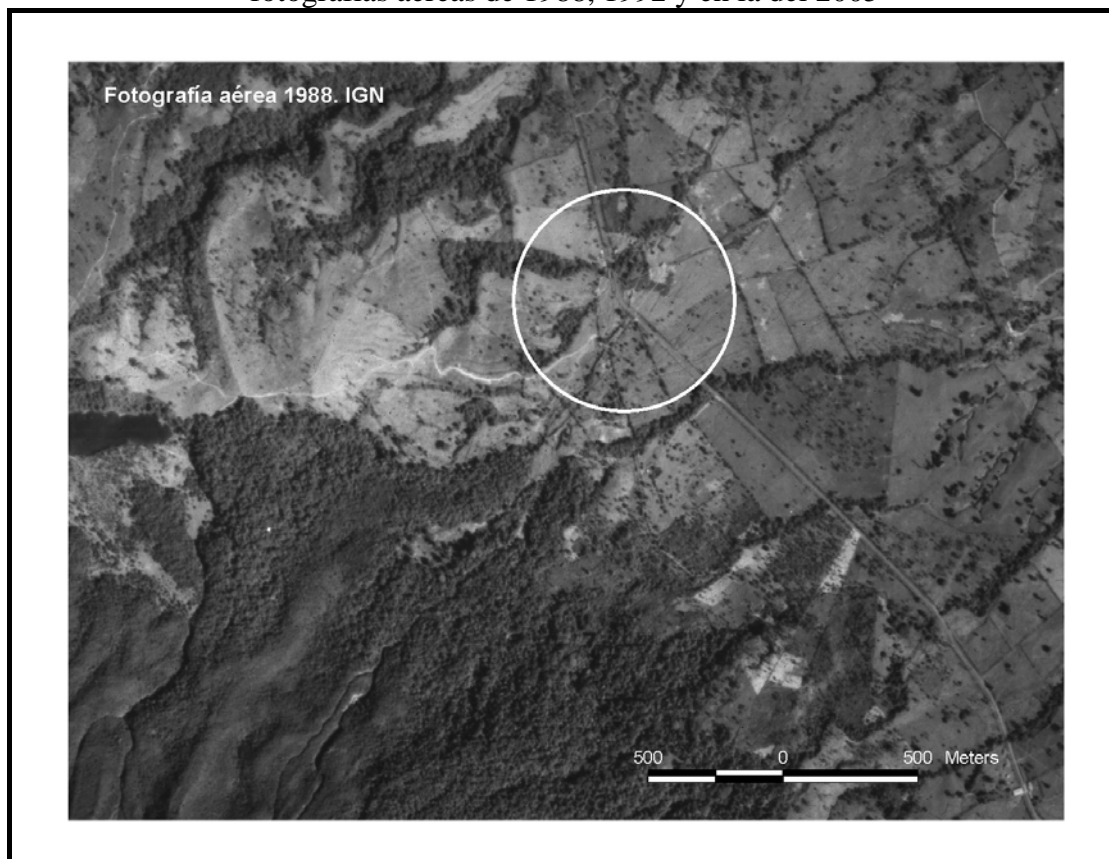
Figura 26. Comparación entre el mapa topográfico de 1983 del IGN y la fotografía aérea de 1992, con respecto al crecimiento del poblado de La Fortuna

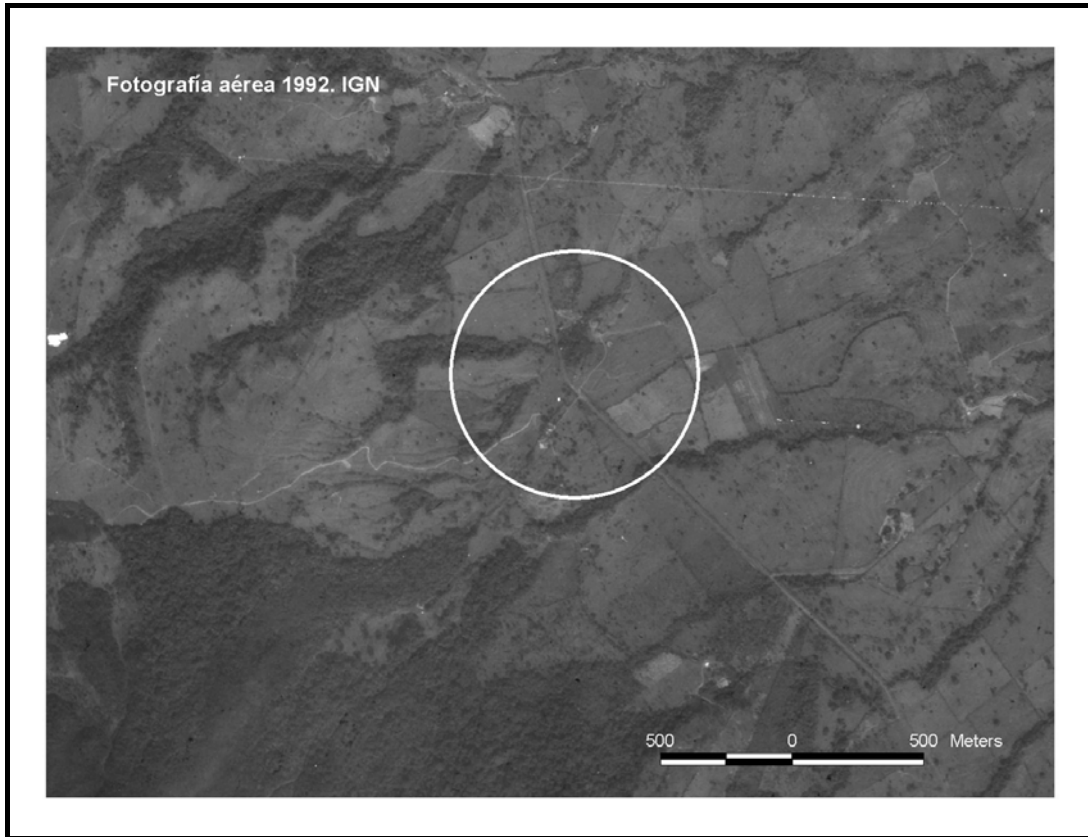


Fuente: Instituto Geográfico Nacional. IGN

Tanto en las fotografías de 1988 como en las de 1992, se puede apreciar la poca cantidad de infraestructura turística construida al lado de la carretera que rodea el Volcán Arenal. Incluso es posible observar en 1992 el inicio de infraestructuras turísticas como el Hotel Lagos y Senderos o el Balneario, Hotel y Spa Tabacón. El trayecto de la carretera entre La Fortuna y el Arenal se encontraba hace 20 años casi ausente de locales comerciales (hoteles, restaurantes) presentes hoy en día, a lo largo de la carretera. (Ver figura 27)

Figura 27. Cambios en el área del Hotel Lagos y Senderos y otros hoteles a través de las fotografías aéreas de 1988, 1992 y en la del 2005





*Fuente: Instituto Geográfico Nacional
Misión CARTA 2005. CENAT. Costa Rica*

4.2 Usos del suelo en La Fortuna y alrededores, año 1997

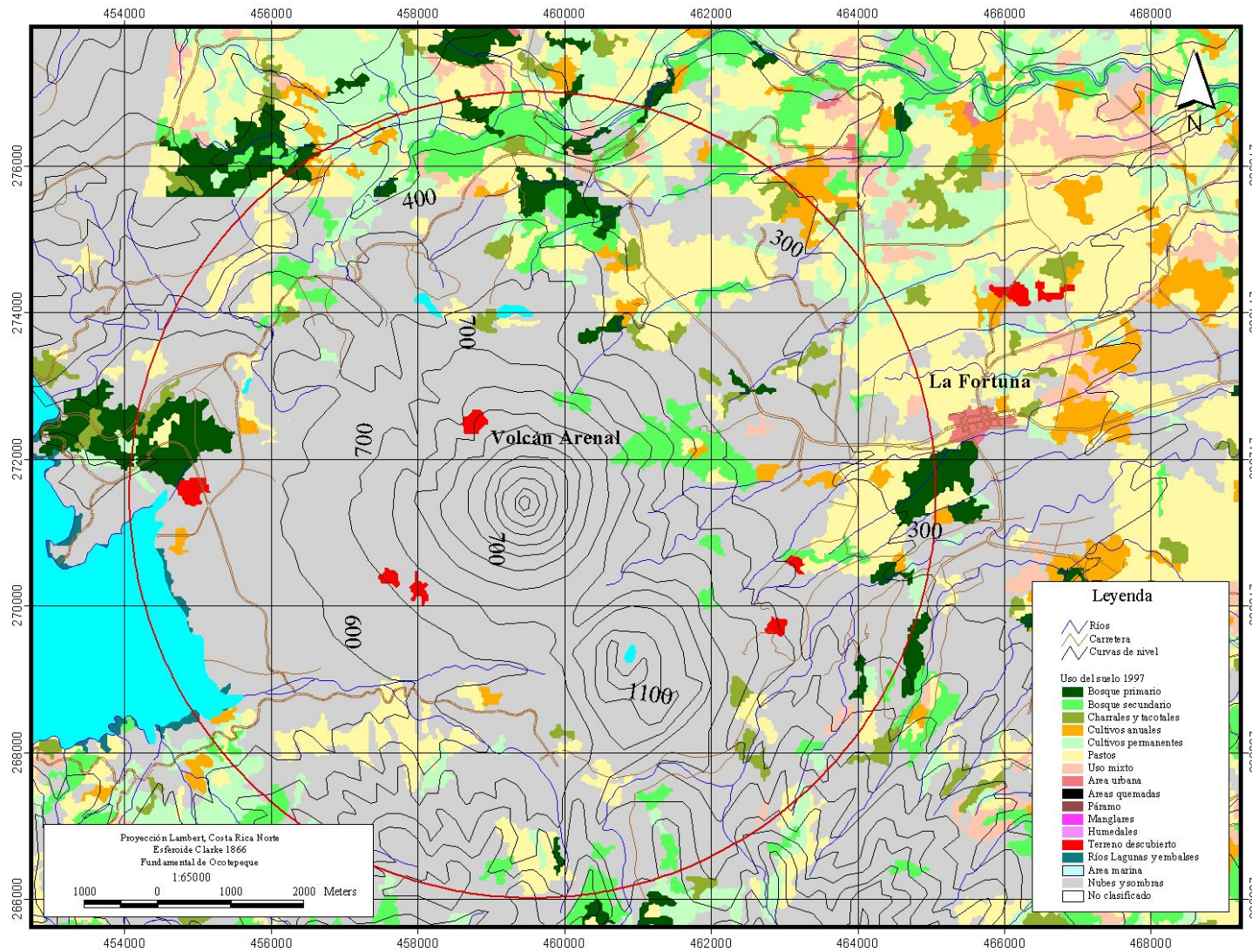
En 1996, el proyecto “Mejoramiento de la capacidad nacional para la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero” ejecutado por el Instituto Meteorológico Nacional, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y el Ministerio de Agricultura y Ganadería compartieron la elaboración a nivel nacional de mapas de usos del suelo utilizando imágenes satélite Landsat del año 1996, propiedad del Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES) de la Universidad de Costa Rica.

La particularidad de este mapa es que tiene un mayor detalle, pero en la zona del Volcán Arenal y La Fortuna de San Carlos la cobertura de nubes comporta que sea muy dificultosa la observación en detalle de los usos del suelo existentes.¹⁷

A pesar de ello, el mapa de 1997 muestra cambios importantes con respecto al mapa del año 1992. Los tipos de usos del suelo están mucho mejor definidos, persisten las zonas de pastos, el bosque primario ha disminuido, se notan áreas más definidas dedicadas a cultivos (ausentes en el mapa de 1992). El tipo de cultivo de la zona corresponde sobre todo a caña de azúcar, maíz, fríjol y yuca. El mapa muestra además un área urbana más consolidada, donde el crecimiento con respecto al año 1992 no es tan elevado sino que, por el contrario, las dimensiones se mantienen bastante similares (Ver figura 28).

¹⁷Usualmente en Costa Rica la toma de fotografías aéreas se da en los meses de febrero o marzo, que coincide con la época seca tropical, por lo que las instituciones públicas compran imágenes de satélite tomadas en estos mismos meses ya que la presencia de nubes es nula en más del 80 % del territorio nacional. Sin embargo en el Caribe y la zona norte de Costa Rica se da una variación entre la época seca y lluviosa con respecto al resto del país, debido al régimen de vientos alisios. Por tanto, la época seca en el Caribe y zona norte del país se da en setiembre u octubre. Por tal motivo la mayoría de fotografías aéreas e imágenes de satélite de estas zonas en específico contienen nubes.

Figura 28. Mapa de usos del suelo de La Fortuna y Volcán Arenal, 1997



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

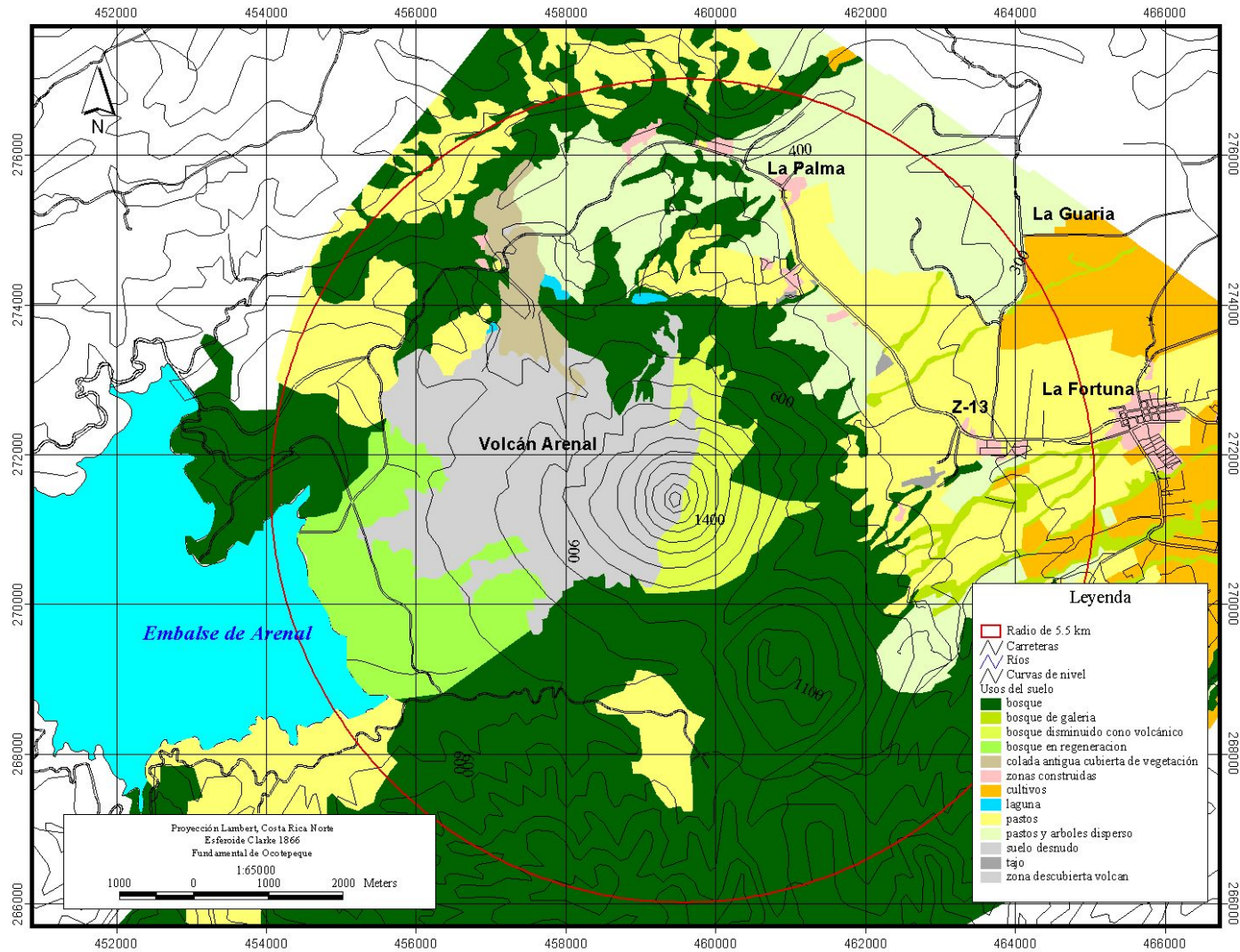
4.3 Usos del suelo en La Fortuna y alrededores, año 2005

Por último para el 2005 los cambios que experimentan los usos del suelo no son tan distintos respecto a 1997. Lo que sí es radicalmente distinto es la construcción de infraestructura turística tanto en La Fortuna como en la carretera que rodea el Volcán Arenal en todos sus flancos, así como el crecimiento del casco urbano de La Fortuna. Este crecimiento se debe al aumento de la población que se ha dado y se está dando en los últimos años a causa de la llegada de mano de obra de otras partes del país para hacer frente a la demanda de servicios turísticos (Ver figura 29).

Los usos del suelo para el año 2005 siguen presentando extensas áreas destinadas a pastos y una zona de bosque difícilmente distinguible entre primario o secundario. Lo que sí se observa claramente es la “frontera agrícola”, es decir, la presión de las zonas de pastoreo sobre el bosque. La zona de cultivos también es claramente visible. Estos cultivos corresponden a productos como cítricos, yuca, caña de azúcar, banano, piña, frijol, maíz y plantas ornamentales destinadas a la exportación.

Quizás el elemento más notorio en el mapa de uso del suelo del 2005 es el contundente crecimiento de la zona urbana, principalmente el casco urbano de La Fortuna, con respecto a los mapas de 1992 y 1997. Este crecimiento de la zona urbana se debe al incremento de la población residente, ya que La Fortuna se ha convertido en una zona de atracción de mano de obra debido al auge experimentado por el sector turístico.

Figura 29. Mapa de usos del suelo de La Fortuna y Volcán Arenal, 2005



Fuente: Elaboración propia a partir de fotografías aéreas Misión CARTA 2005 e imágenes de satélite Landsat 2001.

Anteriormente a 1995 / 1996 el casco urbano de La Fortuna era el lugar de residencia de la mayoría de los pobladores. Al día de hoy los negocios comerciales han desplazado las casas de habitación hacia las afueras del centro urbano. Muchas casas han sido remodeladas y convertidas en servicios de internet, tiendas de souvenirs, operadoras de tour, restaurantes y hasta en hostales y pensiones. La zona residencial se ha trasladado hacia el sector este, sureste y norte del centro o casco central de La Fortuna.

La carretera principal que va hacia el Arenal, atraviesa la ciudad de La Fortuna, por lo que el centro se ha convertido en la zona más importante para el establecimiento de pequeños y medianos locales comerciales, ya que todos los vehículos necesariamente deben circular por esa vía. Esto ha provocado la aglomeración de locales comerciales a lo largo de la vía y la construcción de al menos 3 centros comerciales (entiéndase como una superficie de dos o tres pisos con varios locales comerciales). En estos centros comerciales pueden ubicarse hasta 15 locales comerciales diferentes (Ver figura 30 y fotografía 18).

Figura 30. Imagen del casco urbano de La Fortuna de San Carlos, 2005



Fuente: Misión CARTA 2005. CENAT. En rojo, la carretera principal que cruza la ciudad.

Fotografía 18. Centro comercial en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos



Fuente: M. Berrocal, 2007.

4.4 Ubicación del sector turístico

Con motivo de la elaboración y posterior publicación del mapa de restricciones a los usos del suelo y libre tránsito de personas, durante el año 2003 se realizó un levantamiento cartográfico con la ubicación de infraestructura turística en La Fortuna de San Carlos. Este tipo de infraestructura comprende hoteles, cabinas, restaurantes, operadoras de tour, locales de alquiler de autos, etc, (Berrocal y Malavassi, 2003)

La infraestructura identificada en el 2003 en los alrededores del Volcán Arenal y en las afueras de La Fortuna de San Carlos corresponde a 33 hoteles, 3 balnearios y 8 restaurantes. En el casco de La Fortuna se contabilizaron, 25 hoteles, 1 balneario, 17 operadoras de tour y 18 restaurantes (Ver tabla 18).

Tabla 18. Infraestructura turística en La Fortuna y alrededores, 2003

Hoteles	58
Balnearios	4
Restaurantes	26
Operadoras de tour	17

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de campo.

Para el año 2007 la situación ha cambiado. En los últimos 4 años se ha dado un incremento significativo en la construcción de infraestructura, sobre todo hoteles y restaurantes, especialmente a lo largo de la carretera que conduce de La Fortuna al Volcán Arenal (Ver tabla 19 y figura 30).

Tabla 19. Infraestructura turística en La Fortuna y alrededores, 2007

Hoteles	86
Operadoras de tour	21
Restaurantes	22
Balnearios	4
Rent a car	3
Bancos	4
Inmobiliarias	2
Oficinas de arquitectos	2
Bufete de abogados	4

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo.

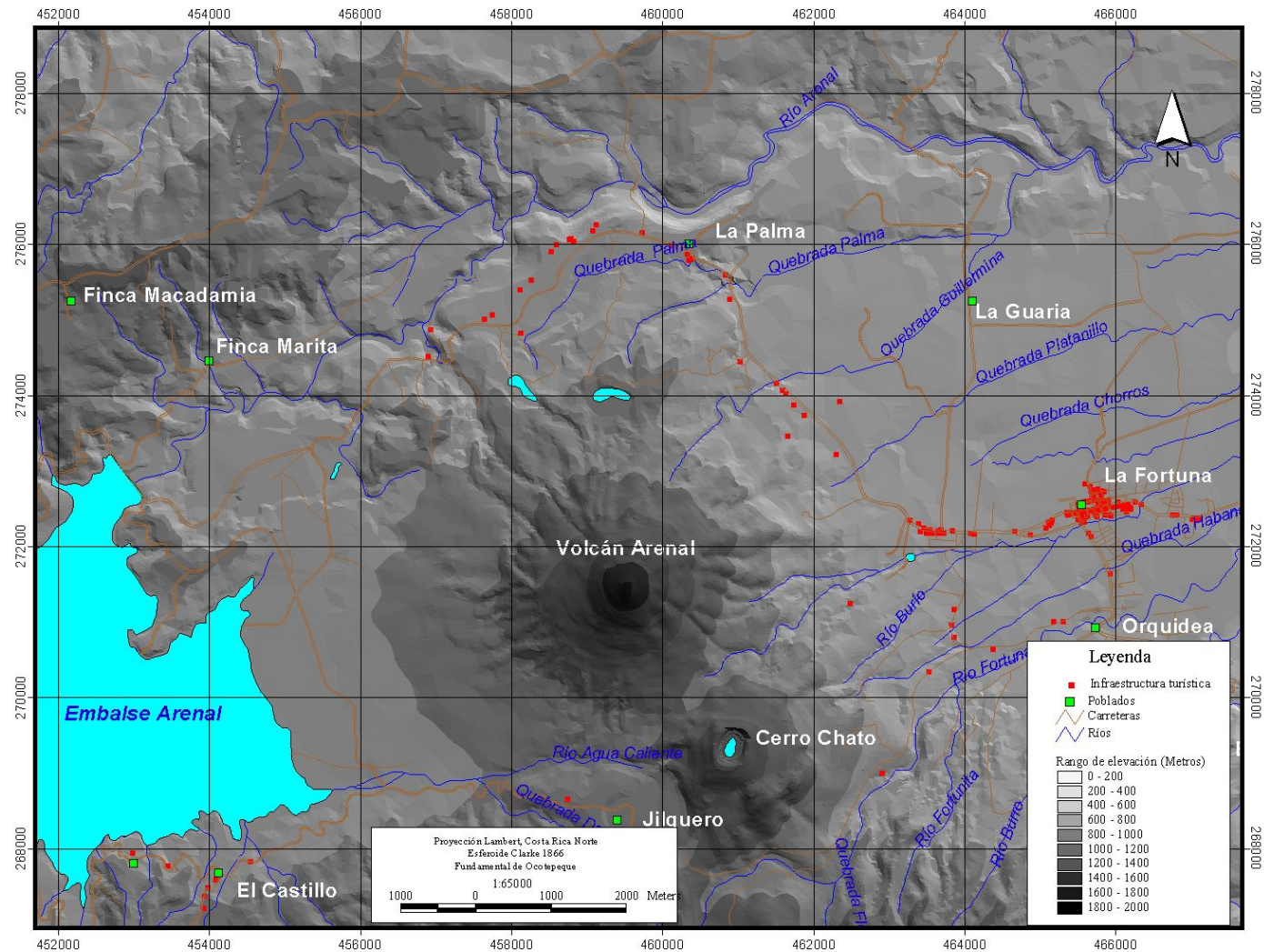
La constante durante los últimos años en la zona es la construcción de las denominadas “cabinas”, un tipo de bungalow destinado al alojamiento temporal de turistas. Es usual que en una propiedad se construyan entre 5 y 10 cabinas. Actualmente esta tendencia está cambiando y las construcciones que se están levantando corresponden a hoteles de dos o tres pisos de alto con aproximadamente 40 o 60 habitaciones cada uno de ellos. Esto evidencia, por un lado, una fuerte inyección de capital en la zona y, por otro, la apuesta que inversionistas no necesariamente autóctonos de La Fortuna están haciendo ante el incremento de visitantes (Ver fotografía 19).

Estos tipos de infraestructuras turísticas guardan una estrecha relación con el tipo de actividad turística, que desde hace unos años se viene dando en Costa Rica: el denominado turismo ecológico. Este tipo de turismo no solo busca el contacto con la naturaleza y el espectáculo que la misma brinda sino también un tipo de infraestructura acorde con el paisaje. Es por eso que lugares de alta frecuentación como Monteverde y La Fortuna de San Carlos han apostado por un tipo de infraestructura turística donde el turista puede observar e interactuar con el paisaje (las denominadas cabinas permiten a las personas el contacto directo con los jardines y los animales silvestres).

Sin duda alguna, la construcción de hoteles de varios pisos y un número elevado de habitaciones, restará al visitante esa interacción con la naturaleza que al fin y al cabo es la razón por la que las personas visitan este tipo de lugares. Si bien los arquitectos buscan que cada una de las habitaciones tenga vista panorámica hacia el volcán, lo cierto es que por las condiciones climatológicas propias de un país tropical como lo es Costa Rica, la vista nítida hacia el Volcán se da en muy pocas ocasiones dado que la mayor parte del tiempo está cubierto por nubes y/o lluvia.

El tipo de construcción en forma de edificio y no en cabinas, ciertamente maximiza el espacio físico al poder construir mayor cantidad de habitaciones en un área menor, a diferencia de las cabinas que requieren por su forma un área mayor. En otras palabras, en un espacio de 700 m² es posible construir un hotel de más de 50 habitaciones, en esa misma área de terreno solo se podrían construir 10 o 15 cabinas, con la ventaja de mantener una infraestructura acorde al paisaje y hasta cierto punto más atractiva para el visitante que busca más contacto con la naturaleza y menos cemento.

Figura 31. Ubicación de la infraestructura turística en La Fortuna y alrededores, 2007



Fuente: Elaboración propia a partir de inventario de infraestructura turística.

Si bien este cambio hacia la construcción de hoteles y no de cabinas está incursionando en la zona, posiblemente no tendrá mayor auge ya que va en contra de la génesis de La Fortuna como zona turística. Quizás por esta razón en la zona no han incursionado las grandes cadenas hoteleras transnacionales que operan en Costa Rica, como por ejemplo Best Western, Melià, Barceló, Hampton, etc, ya que no es una forma de actividad turística rentable, como si lo puede ser en zonas como el Pacífico Central y Norte (turismo de sol y playa). La zona no está preparada para grandes complejos hoteleros, tal y como se desarrollan en la costa pacífica del país, sino que por el contrario, este tipo de práctica perjudicaría a la micro empresa autóctona ya instalada.

Una señal de lo anterior es la existencia de 4 entidades bancarias diferentes en La Fortuna (Banco de Costa Rica, Banco Nacional, Banco Popular y Bac San José) las cuales no solo manejan el capital económico de la población sino que también otorgan créditos y promocionan por medio de programas especiales las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Fotografía 19. Secuencia de construcción de un hotel a lo largo de la carretera hacia el Volcán Arenal. Diferencia de tiempo entre fotografías, 3 meses



Fuente: M. Berrocal, 2007

Es importante recordar que La Fortuna nació como zona turística no con la inversión de grandes empresarios transnacionales, sino a partir de la inversión de los propios autóctonos que al principio y de forma muy artesanal se iniciaron en el turismo y que paulatinamente, y con la experiencia acumulada, han seguido desarrollando la actividad turística en la zona. Además el principal objetivo del visitante sigue siendo observar el espectáculo volcánico y el contacto con el bosque tropical, la observación de aves y desde hace pocos años, la práctica de deportes de aventura (canopy tour, puentes colgantes, caminatas, etc). Incluso la zona recibe grupos de estudiantes que a manera de aula abierta estudian y observan la naturaleza. La zona es una de las pocas en el país donde más se han desarrollado investigaciones científicas, no solo en el campo de la vulcanología, sino también en biología, arquitectura, ciencias agrarias, etc.

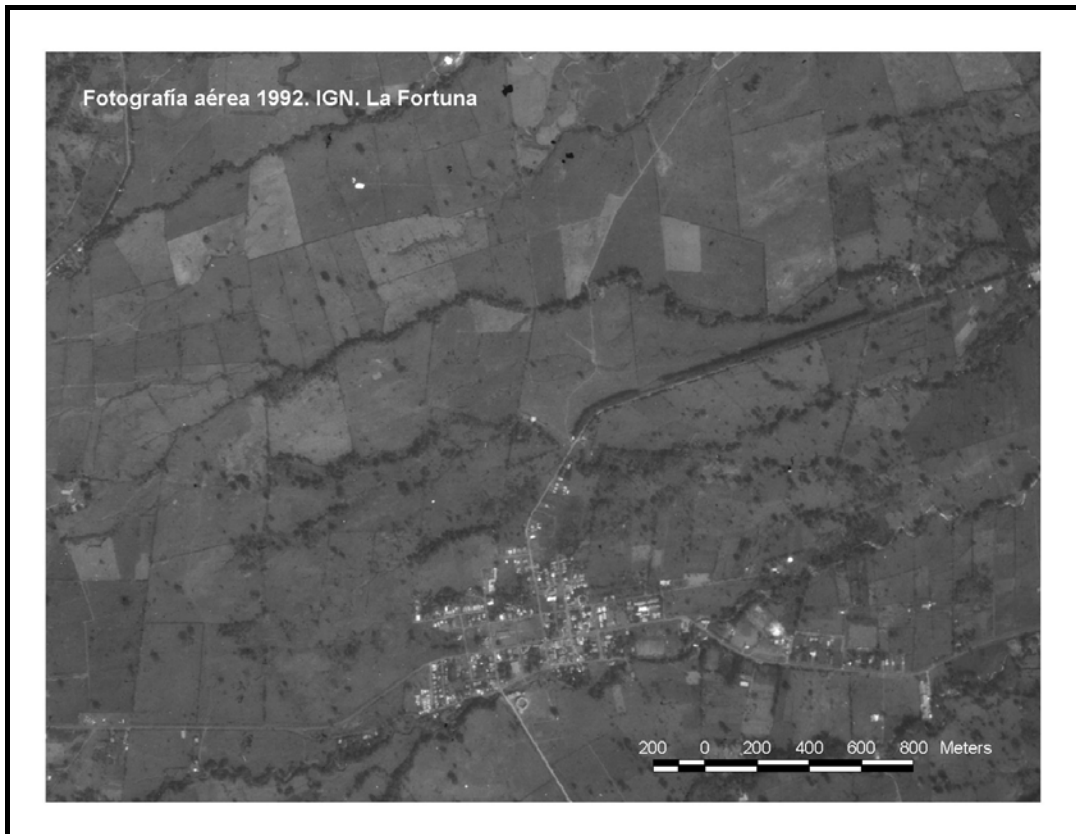
Por último, otro elemento a considerar es la diversidad de visitantes que llegan a La Fortuna y al Volcán, por lo que la variedad en la oferta hotelera también responde a este factor, donde es posible encontrar, desde hoteles y restaurantes de alto estandring hasta los más económicos.

4.5 Crecimiento poblacional y actividad turística

El análisis de los datos poblacionales de los censos de población de los años 1963, 1973, 1984, 2000 y las proyecciones para el 2006 y 2007 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) demuestra un importante crecimiento poblacional en relación a la inversión económica del sector turístico en la zona de La Fortuna. (Ver figura 32 y fotografía 20)

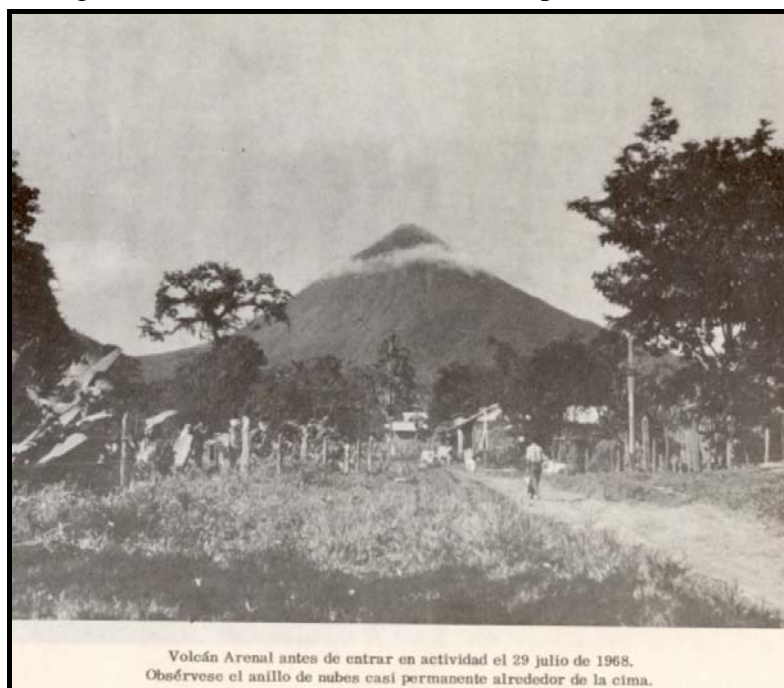
Si bien el crecimiento demográfico de La Fortuna está íntimamente ligado al desarrollo de la actividad turística en la zona, esta no se dio inmediatamente después de la erupción del Arenal en 1968. Pasaron casi 20 años para que la actividad turística se viera como una forma de vida, sustituyendo progresivamente la ganadería. Durante la década de 1960 y 1970 el acceso a la zona seguía siendo difícil a falta de una carretera con las condiciones adecuadas no solo hasta La Fortuna sino también hasta el Volcán. La curiosidad por visitar el volcán nació a raíz de la espectacularidad de sus erupciones tipo estromboliano entre 1986 y 1993 y a la creación del Parque Nacional Volcán Arenal en 1991.

Figura 32. Crecimiento del casco urbano de La Fortuna, 1992, 2005



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Misión CARTA 2005. CENAT

Fotografía 20. La Fortuna de San Carlos poco antes de 1968



Fuente: Autor desconocido.¹⁸

El censo de población de 1984 mostraba un leve aumento en la población del lugar con respecto a 1973, una tasa de crecimiento normal para un distrito rural costarricense (Ver tabla 20).

Tabla 20. Cálculo de crecimiento demográfico de La Fortuna de San Carlos

La Fortuna de San Carlos	Población total	Diferencia poblacional	Periodo años	Diferencia población entre periodo de años	Población a medio período	%
1963	2931					
1963-1973	3710	779	10	77.9	3321	2.3
1974-1984	4476	766	10	76.6	4093	1.9
1985-2000	9743	5267	15	351.1	7110	4.9
2001-2006	11785	2042	6	340.3	10764	3.2

Fuente: INEC, Censos, 1963, 1973, 1984, 2000 y cálculo de población al 2006. Cálculo utilizando la mitad de cada período.

Aunque ya en la segunda mitad de la década de 1980 La Fortuna comenzaba con la práctica artesanal del turismo, no fue hasta la segunda mitad de la década de 1990 cuando se convirtió en una actividad consolidada. Ello tuvo que ver con el desarrollo de diversas políticas a nivel nacional para desarrollar el sector turístico como opción de ingreso de divisas, lo que catapultó al turismo como la principal actividad económica del país, relegando al segundo plano la exportación de café y banano.

¹⁸ La fotografía es tomada de la exposición preparada por E. Fernández y W. Sáenz para el curso internacional sobre “Técnicas de Vigilancia Volcánica” dictado en Costa Rica en noviembre de 2003 en coordinación con el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Universidad Nacional.

El Instituto Costarricense de Turismo (ICT) en su anuario del 2002, en 1993 ingresaron a Costa Rica 684.005 turistas, cifra que se doblaría prácticamente 9 años después. En el 2002 visitaron el país 1.113.359 personas, en el 2005 la cifra aumentó a 1.679.051 personas lo que representó \$USD 1569.9 millones en ingreso de divisas (ICT, 2005).

Según datos del ICT, en 1996, el 36.4% del turismo que ingresó Costa Rica visitó el Volcán Arenal, es decir 232.562 personas. Aunque no se tienen informes más recientes por parte del ICT con respecto a la cantidad de turistas que visitan en la actualidad La Fortuna de San Carlos, la Cámara de Turismo de la Zona Norte (CARTUZON) estima que la cifra se acerca al millón de turistas anuales. El empuje más fuerte en la actividad turística en La Fortuna se dio a mediados de la década de 1990, dada la afluencia de visitantes los cuales requerían de servicios de hospedaje y alimentación de una forma menos artesanal. La aparición de hoteles, hostales, cabinas, restaurantes también requería de mano de obra, la cual no siempre se encontraba en la zona. Fue así como La Fortuna se convirtió en una zona atrayente de población a diferencia de otras zonas rurales del país que más bien son expulsoras de la misma. Se inició la inmigración de personas de las comunidades vecinas a La Fortuna y de la misma cabecera de cantón (Ciudad Quesada). Ya para el año 2000, población de San José y Alajuela se trasladó hacia La Fortuna para ocupar puestos en hoteles y restaurantes. Para el año 2006 La Fortuna de San Carlos había pasado a tener 11785 personas, 7309 más que en 1984, un crecimiento que ni la misma cabecera de cantón (Ciudad Quesada) ha conocido en ningún periodo de su historia.

En este sentido conviene comparar el crecimiento poblacional de La Fortuna de San Carlos con distritos vecinos y con la misma cabecera de cantón. Venado y Monterrey, los distritos más próximos a La Fortuna, han experimentado un lento aumento de la población. De hecho Venado incluso tuvo un crecimiento negativo en el periodo 1984-2000. En el mismo periodo otros distritos prósperos dedicados exclusivamente a la agricultura y la ganadería como Florencia y Pocosol tuvieron crecimientos elevados (entre un 50% y un 67%) lo que se explica por la incorporación de empresas agroindustriales en la zona. Ninguno de los distritos del cantón de San Carlos tuvo el crecimiento extraordinario que se presentó en La Fortuna (Ver tabla 21).

Tabla 21. Crecimiento demográfico de diversos distritos vecinos a La Fortuna de San Carlos

Venado	Hombres	Mujeres	Total
1984	971	822	1793
2000	897	808	1705
2006	1019	888	1907

Monterrey	Hombres	Mujeres	Total
1984	1405	1245	2650
2000	1660	1464	3124
2006	1911	1649	3560

Florencia	Hombres	Mujeres	Total
1984	3891	3568	7459
2000	6352	6092	12444
2006	7374	6809	14183

Pocosol	Hombres	Mujeres	Total
1984	4278	3827	8105
2000	6339	5838	12177
2006	7430	6680	14110

Cutris	Hombres	Mujeres	Total
1984	3540	3033	6573
2000	4158	3734	7892
2006	4873	4344	9217

Quesada	Hombres	Mujeres	Total
1984	10577	11119	21696
2000	17879	18486	36365
2006	20799	20737	41536

Fuente: INEC, Censos, 1984, 2000 y proyección al 2006

Por otra parte, la progresiva especialización de la mano de obra explica que el Instituto Nacional de Aprendizaje actuara en la zona para capacitar a la población en temas de administración de empresas, contaduría, chef, ayudantes de cocina, camareros, personal de limpieza de habitaciones, hotelería, turismo, etc. Por otra parte el manejo del idioma inglés se convirtió en una necesidad, de ahí el establecimiento de una escuela de idiomas.

Según el informe anual de actividades del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) en el 2005 en el cantón de San Carlos se matricularon 13345 personas divididas de la siguiente forma, 676 matriculas en cursos del sector agropecuario, 3173 matriculas en cursos sobre industria y 9496 matriculas en cursos del sector comercio y turismo.

4.6 Evolución de la infraestructura turística en el casco urbano de La Fortuna y el asentamiento de Z-13

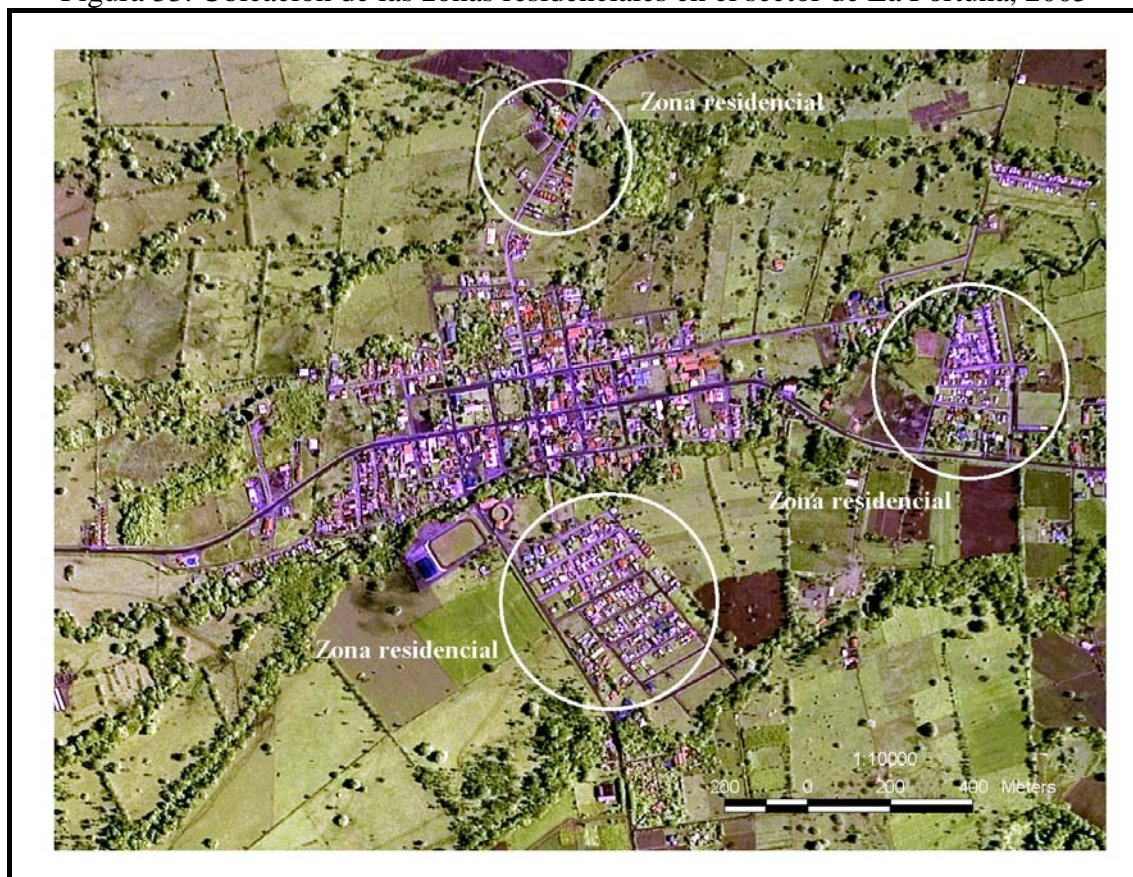
4.6.1 Casco urbano La Fortuna

La Fortuna posee un casco urbano pequeño (aproximadamente 26 cuadras) lo cual permite trasladarse de un lugar a otro sin necesidad de vehículo. La cercanía de servicios como la Clínica de la Caja Costarricense de Seguro Social, bancos, supermercados, cooperativa de ahorro y crédito, etc, permite al residente realizar la mayor parte de los trámites administrativos en el lugar, sin tener que desplazarse largas distancias, dado que los servicios se encuentran concentrados en los cuadrantes del centro.

En la década de 1990 esos cuadrantes ubicados en el centro de la ciudad eran ocupados por negocios comerciales y viviendas, poco a poco las casas se han ido trasladando fuera del centro con el propósito de aprovechar la céntrica ubicación para la instalación de pequeños hoteles, restaurantes o tiendas y de esta forma ser más competitivos. Por otra parte el aumento de población en la zona (ver tabla 22) demanda sitios para la construcción de viviendas. Evidentemente los terrenos sobre la carretera principal que va al Volcán son mucho más costosos ya que son lugares potencialmente atractivos para

la instalación de infraestructura turística. Todo ello explica porque la ubicación de zonas residenciales se ha trasladado hacia el norte, el sur y el este del casco de La Fortuna. El mayor complejo residencial se ha construido en el sector sur (Ver figura 33).

Figura 33. Ubicación de las zonas residenciales en el sector de La Fortuna, 2005



Fuente: Misión CARTA 2005. CENAT.

La construcción de viviendas en el distrito de La Fortuna de San Carlos ha sido masiva en la última década. A modo comparativo, en el periodo 1984-2000, en distritos vecinos como Monterrey, Florencia y Pocosol, el incremento de viviendas en este período osciló entre el 26% y 74%. Ciudad Quesada, la cabecera de cantón, tuvo un crecimiento del 86%, La Fortuna de San Carlos alcanzó un crecimiento de construcción de viviendas del 160% (Ver tabla 22). Este comportamiento se explica de la siguiente forma: por un lado las viviendas que se ubicaban en el centro del casco urbano fueron remodeladas y convertidas en pequeños negocios comerciales, por lo que los ocupantes de las mismas han construido nuevas casas en la periferia del casco urbano. Por otro lado La Fortuna de San Carlos se ha convertido en un distrito receptor de población, por lo que se hace necesario dedicar áreas exclusivas a la construcción de nuevas viviendas (Ver fotografía 21).

Tabla 22. Crecimiento comparativo de viviendas en La Fortuna con respecto a distritos vecinos

La Fortuna	Número viviendas	% crecimiento
1963		n.d
1973	560	n.d
1984	887	58
2000	2315	160
2006	n.d	n.d

Venado	Número viviendas	% crecimiento
1984	440	n.d
2000	431	-3
2006	n.d	n.d

Monterrey	Número viviendas	% crecimiento
1984	585	n.d
2000	741	26
2006	n.d	n.d

Florencia	Número viviendas	% crecimiento
1984	1729	n.d
2000	3025	74
2006	n.d	n.d

Pocosol	Número viviendas	% crecimiento
1984	1789	n.d
2000	2690	50
2006	n.d	n.d

Cutris	Número viviendas	% crecimiento
1984	1422	n.d
2000	1766	24
2006	n.d	n.d

Quesada	Número viviendas	% crecimiento
1984	4862	n.d
2000	9087	86
2006	n.d	n.d

Fuente: Censo de la Población, 1963, 1973, 1984, 2000. Proyección 2006. INEC

Estos nuevos sectores de crecimiento residencial (denominados “residenciales”) se han construido principalmente en el sur y este del casco central de La Fortuna, convirtiéndose en los residenciales de mayor tamaño ubicados en el casco urbano. El sector sur es el que ha crecido más, debido a la cercanía del sector al centro o casco urbano de la Fortuna, lo que le facilita a los residentes el traslado a sus puestos de trabajo.

Fotografía 21. Zona residencial al sur de La Fortuna de San Carlos



Fuente: M. Berrocal, 2007.

En cuanto al uso comercial, como se ha mencionado anteriormente, es en los cuadrantes más céntricos donde se concentra la mayor aglomeración de locales comerciales, sobre todo en los cuadrantes que son atravesados por la carretera principal camino hacia el Volcán (Ver fotografía 22).

Fotografía 22. Vista del centro de La Fortuna



Fuente: M. Berrocal, 2007.

La tendencia del crecimiento turístico está también bien definida: se aprovecha el paso de la carretera principal por el medio del poblado no solo como vía de acceso sino como vía de desarrollo comercial. El comercio de pequeña escala como zapaterías, algunas tiendas de souvenirs, pequeños restaurantes y operadoras de tour son más competitivos en el casco urbano de La Fortuna. El precio de la tierra aumenta cuanto más cerca se está de Volcán, por lo tanto los medianos y grandes hoteleros buscan estos puntos panorámicos para construir habitaciones con vista al Volcán (Ver fotografía 23).¹⁹

¹⁹ El precio de las tierras en lugares potencialmente turísticos es elevado. En el casco urbano de La Fortuna, existen sitios cuyo valor por metro cuadrado es de alrededor de \$USD 500, en las afueras de La Fortuna hacia el suroeste y al este los precios pueden alcanzar los \$USD 100 por metro cuadrado. A modo de ejemplo, en 2007, existían algunas ofertas de venta de hoteles, uno de ellos un pequeño hotel de 12 habitaciones ubicado en las afueras de La Fortuna sobre la carretera al Volcán, se estaba vendiendo en \$USD 995.000.

El desarrollo de infraestructura turística sobre la carretera que va al Volcán en estos momentos es accesible a personas con un fuerte capital económico, no solo por el coste del metro cuadrado de terreno sino por el coste del metro de construcción. Sin embargo algunos pobladores locales que se iniciaron en el turismo en la década de 1990 tienen el respaldo financiero o al menos propiedades que pueden respaldar un crédito bancario de varios miles de dólares.

Fotografía 23. Ubicación de hoteles al lado de la carretera hacia el Volcán Arenal

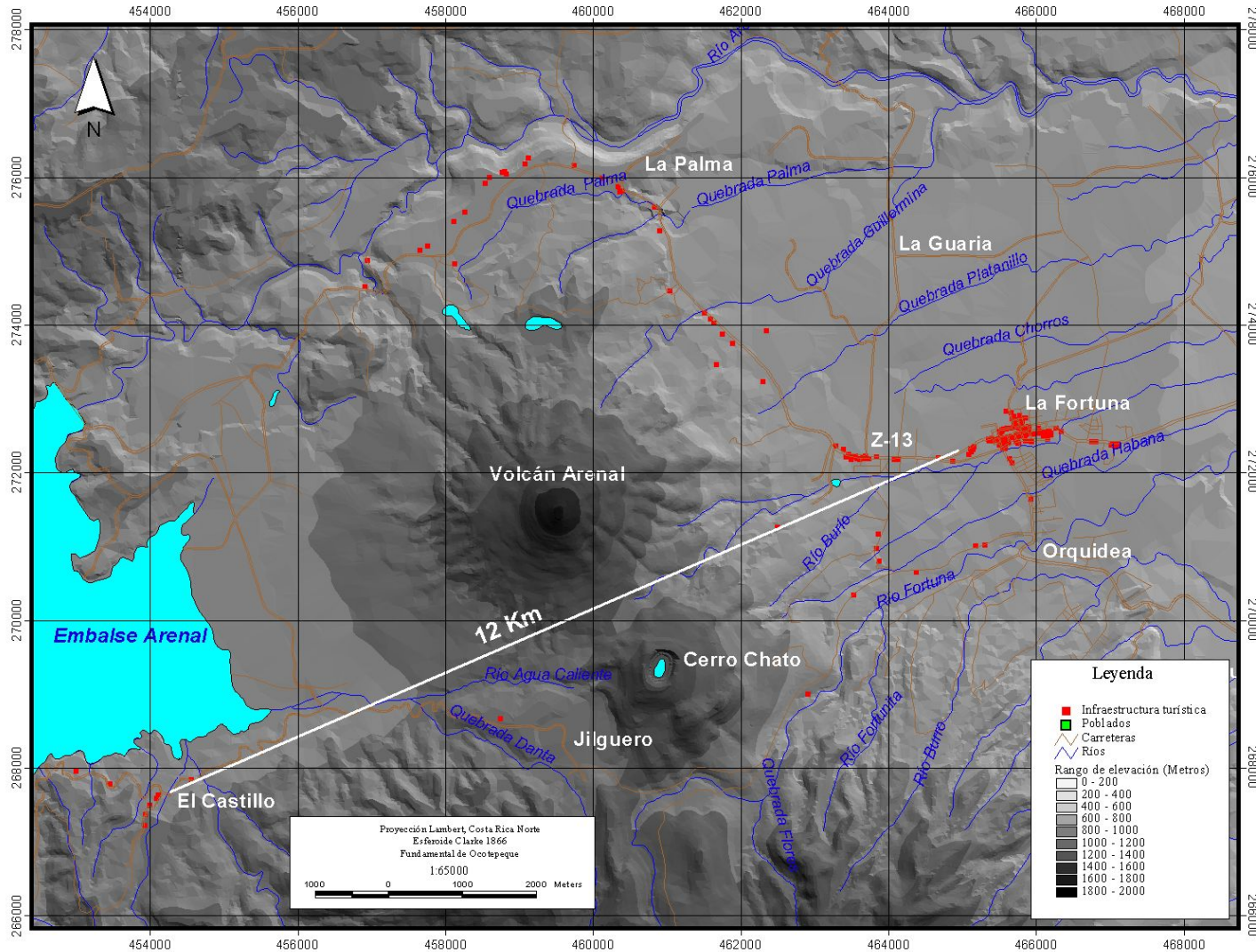


Fuente: M. Berrocal, 2007.

Pero también existen polos de desarrollo potenciales cercanos al volcán y que apenas están siendo explotados, como es el caso del poblado de El Castillo situado al suroeste del Arenal. Este es un poblado pequeño, que posee un *plus* comparativo con La Fortuna: la vista panorámica al Embalse de Arenal y al Volcán. En este sitio el precio de la tierra es un poco más barato, ya que, no posee servicios cercanos lo que implica el desplazamiento a La Fortuna para la compra de materiales de construcción, alimentos, medicamentos, etc (Ver figura 34 y fotografía 24).

Este pequeño poblado posee 4 hoteles, 3 complejos de cabinas, un jardín zoológico, un mariposario, una operadora de tour y un pequeño muelle con algunas embarcaciones que realizan itinerarios por el Lago. Aunque el poblado de El Castillo está creciendo rápidamente en cuanto a la construcción de infraestructura turística se refiere, la ruta entre La Fortuna y el Volcán Arenal sigue siendo la más atractiva para la inversión.

Figura 34. Localización geográfica de El Castillo y La Fortuna



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo.

Fotografía 24. Vista del Volcán Arenal desde El Castillo



Fuente: M. Berrocal, 2005.

En definitiva, y aunque el crecimiento de la infraestructura turística tiene una tendencia bien marcada en dirección al Volcán, se está realizando de forma desordenada, sin normativa que contemple aspectos de arquitectura del paisaje o incluso la capacidad de carga de infraestructura para la zona. Los hoteles en secuencia lineal a la orilla de la carretera le restan atractivo natural a la zona y se presentan como moles de cemento que sobresalen de entre los pastizales y el bosque secundario que aún queda.

4.6.2 Asentamiento Z-13

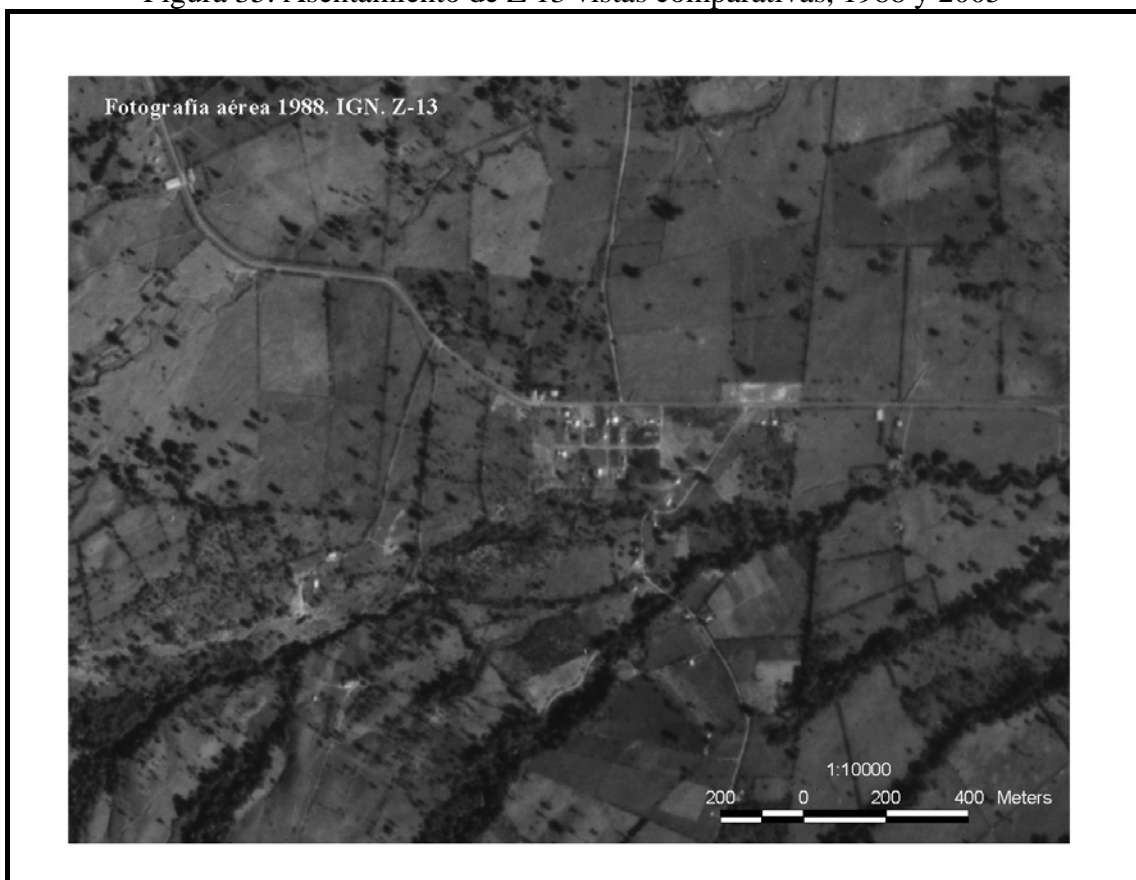
Otro punto de crecimiento poblacional es el asentamiento de Z-13, ubicado a poco más de 1 kilómetro al oeste de La Fortuna sobre la carretera al Volcán. Su origen se remonta a inicios de la década de 1980, en el momento en que el Gobierno Central de Costa Rica, a través del Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) interviene a raíz que una finca es ocupada por campesinos. El IDA compra la propiedad y la divide entre los mismos campesinos, en el entendido de que se trataba de tierras fértiles aptas para la agricultura. Son tierras de arenas gruesas eyectadas por el Arenal, con poca vocación agrícola, pero la idea de los parceleros era ser propietarios de una pequeña parcela de tierra para construir sus casas.

En el momento de la segregación de la tierra el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) pensó en la consolidación de un pequeño asentamiento agrícola y urbano con un salón comunal, una escuela y fincas en sus alrededores. El poblado de Z-13 posee una pequeña escuela primaria, un centro comunal donde se desarrollan actividades de la misma comunidad, dos pequeñas tiendas de abarrotes y una carnicería (Ver figura 35).

Z-13 es un pequeño asentamiento de 5 cuadrantes (en su casco urbano) no muy bien definidos, con calles de grava y el nivel económico de sus pobladores es bajo. Muchos de ellos laboran como trabajadores agrícolas y como empleados de algún tipo de infraestructura turística. Hacia el sureste del casco urbano se ubican pequeñas fincas de entre 3 y 3.5 hectáreas, especialmente dedicadas a pastoreo y uso forestal.

Los locales comerciales ubicados sobre la carretera y que colindan con Z-13 no responden al empuje económico del asentamiento. Algunos de estos locales comerciales fundados en la década de 1980 como el Bar y Restaurante La Vaca Muca, se han mantenido por la afluencia del turismo, otros de creación más reciente como los hoteles Las Flores, Cabinas Rossi (década de 1990), fueron levantados por autóctonos de La Fortuna quienes poseían tierras en ese sector.

Figura 35. Asentamiento de Z 13 vistas comparativas, 1988 y 2005





*Fuente: Instituto Geográfico Nacional
Misión CARTA 2005. CENAT*

4.7 Consideraciones finales

Aunque anteriormente a 1968 La Fortuna de San Carlos era una pequeña población rural poco conocida, el inicio del ciclo eruptivo actual del Volcán Arenal cambió esta situación. Al inicio la zona era visitada por científicos que pasaban largos periodos de tiempo estudiando y analizando la actividad volcánica, pero este patrón cambió casi 20 años después, cuando el turismo comenzó a hacerse presente en la zona, lo que requirió la instalación de servicios para el visitante.

Si bien los mapas de usos del suelo de la década de 1970 e incluso 1980 son escasos y en algunas ocasiones inexistentes para localidades tan pequeñas como La Fortuna, los publicados en 1992 en el Atlas Digital de Costa Rica elaborado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), resultaron de gran ayuda para constatar la evolución que ha experimentado nuestra área de estudio. Por un lado permitió evidenciar que el casco urbano de La Fortuna no había crecido con respecto a los mapas oficiales de la zona del año 1983. Por otra parte mostró que la zona dedicada a pastizales seguía abarcando la mayor parte de la zona. En el mapa de usos del suelo y fotografías aéreas de 1988 y 1992 de la zona se comienzan a notar los inicios de la instalación de infraestructura turística, específicamente la génesis de algunos hoteles que al día de hoy se han transformado en grandes establecimientos turísticos.

Por su parte el análisis del mapa de usos del suelo de 1997 demostró que algunas actividades agrícolas se habían diversificado, los campos de cultivo sobre todo en el sector este sustituyeron algunos pastizales, permaneciendo en el sector norte y noreste el dominio de fincas dedicadas a la ganadería.

Pero sin duda alguna ha sido el mapa de usos del suelo del año 2005 el que muestra los mayores cambios en el área de estudio, sobre todo con respecto a la ubicación de infraestructura turística alrededor del Volcán Arenal, así como con la ampliación de las zonas residenciales en los sectores sur, norte y este de La Fortuna, Z-13 y El Castillo.

La cartografía de usos del suelo para el año 2005 también ha plasmado tendencias de crecimiento bien establecidas, por un lado el sector residencial crece en los sectores sur, norte y este de La Fortuna, pero también crece aunque de menor forma en el asentamiento de Z-13. Otra tendencia de crecimiento que se evidenció fue la infraestructura turística. Sin bien esta actividad se ubica en los alrededores del Arenal (grandes y medianas empresas), y en el casco urbano de La Fortuna (pequeñas empresas), el poblado de El Castillo se está perfilando como un polo de crecimiento importante, que al momento ofrece ventajas comparativas atractivas para algunos inversionistas (paisaje y coste de la tierra).

Este aumento en la infraestructura turística ha ido acompañado de un extraordinario incremento de población. Se trata de una población relativamente joven (entre 18 y 40 años) que trabaja en el sector de servicios. De los 4476 habitantes del 1984 se pasó a los 11943 del año 2007, es decir, 7467 personas más, lo cual no responde al simple crecimiento vegetativo, sino a la migración que se ha dado en el distrito debido a la elevada oferta laboral.

Capítulo 5. Decreto de Ley Restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas

(...) Public action with respect to floods in the Unites States has emerged from three streams of thought, each reflecting a distinct social technique, and each fostered by a separate processional group (...)

G. F. White (1945, p.4)

A raíz de la muerte de un guía de turistas y una turista que se encontraban en una zona de alto riesgo en el momento de la ocurrencia de un flujo piroclástico en el año 2000, y la posterior disminución de la llegada de visitantes a la zona dada la exclusión del tour al Arenal por parte de las empresas de turismo internacional, el gobierno de la república le otorga a la CNE la potestad de restringir la zona a la expansión de infraestructura turística y el libre tránsito de personas. Esa tarea se delega en vulcanólogos costarricenses de reconocido prestigio.

La zonificación entra en vigor en el año 2001, con el objetivo primordial de retornar a la zona cierta tranquilidad en cuanto a la seguridad de las personas y los bienes que en ella se encuentran. En este capítulo se explicarán no solo los antecedentes del decreto sino también se realizará un análisis exhaustivo del mismo para poder comprender el significado y las implicaciones que conlleva.

En primera instancia, se explica la génesis del decreto, y los acontecimientos que marcaron el antes y el después del Decreto de Ley, así como las instituciones e investigadores responsables del mismo. Posteriormente se analizan las consideraciones que se tomaron en consideración para la elaboración de la zonificación de usos del suelo. Se analiza además el comportamiento volcánico del Volcán Arenal de acuerdo a la evolución del actual periodo eruptivo iniciado en 1968. Por último se describen todas y cada una de las zonas de restricción a los usos del suelo, con ayuda de mapas y fotografías recientes de la zona y se exponen las principales conclusiones sobre el Decreto de Ley, sus alcances y limitantes, así como la situación antes y después del decreto.

5.1 Antecedentes del decreto

El decreto de ley sobre la restricción de usos del suelo y libre tránsito de personas en el Volcán Arenal y alrededores nace con la necesidad de establecer una normativa que controle el crecimiento desmedido de la actividad e infraestructura turística hacia sitios catalogados por los vulcanólogos como de alto riesgo y salvaguardar la vida y los bienes de los habitantes.

Acontecimientos anteriores al decreto fueron claves para la creación del mismo. Por un lado al alcanzar el cono sobre el cráter C una altura igual o un poco mayor que el mismo cono prehistórico D, se expandía el área de influencia potencial de las erupciones. Esto hizo que cuando empezaron a descender coladas de lava hacia el flanco noreste (es decir, hacia la instalación turística conocida como Lagos y Senderos) el OVSICORI advirtiera a la CNE sobre el inminente peligro de que si esa tendencia continuara en ese flanco se produjeran flujos piroclásticos que pudieran impactar la parte alta de sus instalaciones, la sección del flanco noreste que fue impactada luego por el flujo piroclástico del año 2000. Esta advertencia fue reproducida por la prensa, sin que se produjeran más que algunas muestras de negación de esa posibilidad por parte de los propietarios. La respuesta de la CNE fue la instalación de rótulos de advertencia a los turistas sobre el peligro de acercarse a un volcán activo en algunos lugares. Por otro lado se ha presentado el desarrollo de infraestructura turística en zonas catalogadas de alto riesgo volcánico, un ejemplo de ello es la instalación del Balneario Tabacón, ubicado en el cauce del Río Tabacón, del cual se extraen las aguas termales que alimentan las piscinas del balneario. El cauce de este río fue afectado por flujos

piroclásticos durante la erupción prehistórica de 1525 (Melson y Sáenz, 1973) y, en tiempos recientes, fue utilizado por el flujo piroclástico de 1975 para descender pendiente abajo y recorrer una distancia de 4.3 km. Este flujo piroclástico ha sido el de mayor volumen que se conoce en el volcán Arenal (Ver fotografía 25).

Fotografía 25. Flujo piroclástico de 1975 en el Volcán Arenal



Fuente: E. Malavassi, 2004.²⁰

Otra instalación turística ubicada en una zona donde la estratigrafía muestra evidencias de flujos piroclásticos en el pasado es el Hotel Lagos y Senderos, situado sobre el flanco noreste. Precisamente este hotel tiene además extensas áreas para realizar caminatas y cabalgatas como parte de las actividades que el mismo ofrece a los clientes en el flanco noreste del cono.

Otros accidentes fatales cerca de la cima del volcán también se habían dado anteriormente al año 2000. En 1988 tres turistas de un grupo familiar iniciaron un ascenso espontáneo hasta la cima del Arenal por el flanco oeste, a partir de lo que hoy es el Parque Nacional. Cada miembro del grupo avanzó de acuerdo a su condición física y cuando el de mayor avanzada se encontraba cerca del borde del cráter, los otros dos miembros del grupo vieron como se produjo una erupción estromboliana cuyos balísticos impactaron al turista. Los otros miembros del grupo huyeron para salvar su vida, teniendo que organizarse operaciones de rescate por parte de las autoridades

²⁰ Fotografía tomada de la presentación oral titulada “Vents, voluminous lava flows, steep slopes and pyroclastic flows at Arenal Volcano, Costa Rica” expuesta por Malavassi en la Asamblea General de la AGU en San Francisco, California, 2004.

locales, para rescatar el cadáver del turista al día siguiente, arriesgando también sus vidas en la maniobra de rescate.

Durante muchos años en la zona no existió ningún tipo de normativa que restringiera a los inversionistas y a los turistas de instalarse o recorrer cualquier sitio del volcán sin importar la peligrosidad. Incluso en la década de 1980 algunos guías locales ofrecían la posibilidad al turista de subir a la cima y vivir las explosiones volcánicas más de cerca.

En el año 2000 se presentó un incidente con consecuencias fatales que cambiaría la perspectiva tanto del sector turístico como de la población en general. Un guía turístico y dos mujeres norteamericanas, una niña de 8 años y su madre, realizaban una caminata en uno de los sitios habilitados por el Hotel Lagos y Senderos para tal fin, cuando se produjo un flujo piroclástico que bajo justo por el flanco donde se encontraban estas personas caminando.

Aunque el flujo piroclástico no llegó a impactar los cuerpos de estas personas, sí lo hizo una oleada piroclástica de la parte distal del flujo, es decir, fueron impactados por gases calientes con un poco de ceniza los cuales les provocaron graves quemaduras. Las oleadas piroclásticas descienden a gran velocidad acomodándose a la topografía. El guía turístico logró llevar a las mujeres a un sitio más seguro y pedir ayuda. Esa misma noche el guía moriría en el hospital producto de las quemaduras. Las dos mujeres fueron trasladadas a un hospital del estado de Texas, Estados Unidos, donde a los pocos días moriría una de ellas.

Pocos días después ocurrió un accidente aéreo sobre el flanco este del volcán. Aparentemente, un pequeño avión que hacía servicio de rutina para dejar turistas en un aeropuerto cercano a La Fortuna, decidió salirse de su ruta a solicitud de los turistas y sobrevolar el flanco noreste para de ver los depósitos dejados por el flujo piroclástico ocurrido recientemente. El piloto no tomó en consideración las fuertes corrientes de aire que se generan alrededor del edificio volcánico y el encuentro de masas de aire caliente con otras frías, lo que provoca una fuerte turbulencia en la zona, condiciones normales en los alrededores de todo volcán activo. Al hacer el sobrevuelo el avión se estrelló en una de las laderas del volcán muriendo todos sus ocupantes y tripulación (más de 10 personas). Como resultado, las agencias de turismo norteamericanas alertaron sobre la seguridad turística alrededor del volcán Arenal. Pocos semanas después, de nuevo un piloto comercial decidió suicidarse estrellando su avioneta contra el flanco del volcán Arenal.

Estos incidentes evidenciaron el descontrol y la inseguridad en la zona. A raíz de ello la afluencia de turistas disminuyó considerablemente y algunas empresas internacionales dedicadas a vender itinerarios turísticos eliminaron de su lista La Fortuna y Volcán Arenal. Esto significó una caída en la economía del lugar, ya que la mayoría de sus habitantes dependen directa o indirectamente del sector turismo.

La CNE reunió entonces a 4 especialistas, Eduardo Malavassi, vulcanólogo del OVSICORI, Sergio Paniagua, geólogo de la Red Sismológica Nacional, Guillermo Alvarado vulcanólogo del Observatorio Sismológico y Vulcanológico Arenal y Miravalles del Instituto Costarricense de Electricidad y Lidier Esquivel, geólogo de la CNE, quienes basándose en estudios vulcanológicos, muchos de ellos realizados por Malavassi, Paniagua y Alvarado, estratigrafía del Arenal y el análisis y evolución de la

actividad del Arenal desde 1968 a la fecha, elaboraron el informe técnico-científico de las zonas de restricción a los usos del suelo y libre tránsito de personas en el Arenal y alrededores.

El decreto fue publicado en el diario oficial *La Gaceta* el 11 de enero de 2001, de esta forma se le daba validez y categoría de ley de la república, haciéndose obligatorio su aplicación. Cabe mencionar que el decreto no tiene carácter retroactivo.

5.2 Análisis del decreto

Las principales consideraciones que tiene en cuenta el decreto se pueden resumir en los siguientes nueve puntos:

1. El Volcán Arenal por su actividad y espectacularidad se ha convertido en uno de los máximos atractivos turísticos de la zona. Sobre todo a partir de 1985 cuando las explosiones estrombolianas del Arenal tanto de día como de noche generaron la llegada en forma regular de turistas.
2. La construcción de infraestructura (cabinas, hoteles, restaurantes, balnearios, etc) se ha desarrollado muy rápido y parte de estas edificaciones se encuentran ubicadas en zonas de inminente amenaza volcánica, producto de la poca fiscalización sobre todo del Gobierno Local, quien es el órgano encargado de controlar los proyectos por medio de la emisión de permisos de construcción, permisos de extracción de material (caso de los tajos), y los permisos de funcionamiento de las instalaciones. En los requisitos a tomar en cuenta para la aprobación de hoteles no se consideraba ningún aspecto de seguridad de parte de la Municipalidad local.

Uno de los inconvenientes que tiene el Gobierno Local (Municipalidad de San Carlos) es la extensión de su cantón (más de 3300 km²) que lo convierten en uno de los más extensos del país (Ver figura 36), lo que dificulta la fiscalización en el otorgamiento de permisos de construcción, en la escasez de personal y el desorden administrativo.

3. Buena parte de la infraestructura turística tiende a ubicarse sobre antiguas zonas de pastoreo. Algunos autóctonos han vendido parte de sus tierras para el desarrollo de proyectos turísticos e incluso ellos mismos han desarrollado sus propios proyectos.
4. Las investigaciones de las instituciones dedicadas al estudio vulcanológico en el país expresan que debido al limitado conocimiento que se tiene en torno a los procesos volcánicos en general, no es posible instalar en la zona un sistema de alerta temprana (SAT) eficiente que permita la evacuación de personas situadas en espacio expuestos al riesgo con la suficiente antelación. Es posible identificar con certeza áreas que pueden ser afectadas por los procesos volcánicos.

Los sistemas de alerta temprana (SAT) han sido utilizados con éxito en la prevención de inundaciones o crecidas repentinas de cauces de ríos producto de fuertes lluvias en Costa Rica, y en algunos países como México avisan a la

población sobre los incrementos de actividad volcánica. Estos sistemas aún no han sido instalados en el Arenal por lo tanto no hay por el momento una forma definida para alertar a la población de la zona sobre la actividad volcánica.

5. Los estudios vulcanológicos de Melson y Sáenz (1973) sugirieron que el riesgo volcánico de los terrenos ubicados alrededor del volcán Arenal durante su ciclo eruptivo no es homogéneo, sino que es máximo en el momento de la apertura de conductos y disminuye a partir del momento en que el volcán alcanza un régimen de conducto abierto por el resto del periodo de actividad del volcán.

Como resultado nos encontramos dentro de un régimen de conducto abierto desde mediados de setiembre de 1968 y los peligros volcánicos a los que nos tenemos que enfrentar son principalmente aquellos que se derivan de la ocurrencia de coladas de lava y flujos piroclásticos de dos tipos: los que se producen por colapso del borde del cráter activo o de una colada de lava (frontales o laterales) y aquellos que se producen como resultado del colapso de la columna eruptiva cuando ocurren erupciones estrombolianas muy intensas como las de 1987-1989. Otros peligros volcánicos como los balísticos quedan encerrados dentro del área potencialmente impactada por los flujos piroclásticos y coladas de lava. Obviamente la lluvia ácida o las emisiones de ceniza remontan el área potencialmente afectada por las coladas de lava y los flujos piroclásticos, y no son tomadas en cuenta en la definición anterior. La lluvia ácida y la ceniza volcánica tienen la ventaja de que con medidas estructurales pueden ser mitigadas.

Por su parte el mapa geológico de Malavassi (1979) y sus modificaciones posteriores (dado que el mapa geológico de un volcán activo cambia constantemente), determina las distancias máximas alcanzadas por un flujo piroclástico y una colada de lava, la colada de 1525 que descendió paralela al río Tabacón hasta llegar al valle del río Arenal y el flujo piroclástico de 1975 que descendió por el drenaje del río Tabacón hasta la confluencia de ese río con el río Arenal. La distancia recorrida por ambos flujos fue de 4.3 km.

Otro aspecto importante que se consideró en el caso del volcán Arenal fue la ubicación de los cráteres activos (A y C) sobre el flanco oeste del volcán. También se tomó en cuenta la evolución en el tiempo del área afectada por las erupciones volcánicas conforme fueron aumentando de altura los puntos de emisión y se fueron desarrollando los conos A y C. El último aspecto que podemos mencionar es la topografía dado que por tratarse de flujos, piroclásticos o de lava, tienden a acomodarse a la topografía preexistente por lo que la topografía es una variable importante a considerar, sobre todo en los casos en donde una depresión puede capturar y encauzar un flujo en movimiento.

La síntesis de estas variables y el análisis a la luz de estudios estratigráficos más recientes permitieron establecer la zona potencialmente afectada por las erupciones del volcán Arenal para lo que resta del período eruptivo actual. La distancia máxima viajada por un flujo piroclástico o de lava de acuerdo a estudios geológicos y estratigráficos (4.3 km desde la cima) a lo que cabe añadir más 1.2 km como factor de seguridad definen un radio a partir de la cima del volcán de 5.5 km que permite generar un círculo del área potencialmente

afectada por las erupciones del volcán Arenal para lo que resta del presente período activo. El factor de seguridad toma en cuenta dos aspectos. El primero es que en el caso de flujos piroclásticos es común que en su parte distal ocurran oleadas piroclásticas e incendios forestales, que también son comunes en las coladas de lava, capaces de ocasionar una gran destrucción pero que no dejan normalmente registros estratigráficos. El segundo toma en cuenta la posibilidad de que existan depresiones o condiciones aún más favorables para que volúmenes de lava como el de 1525 o flujos piroclásticos de las dimensiones del de 1975 puedan alejarse aún un poco más de la cima del volcán.

Malavassi había venido elaborando en el tiempo un modelo conceptual del área de impacto de las erupciones del Arenal para el presente ciclo eruptivo desde su trabajo de tesis de maestría de 1979 donde define un área de influencia de las erupciones y reconoce que la amenaza no está distribuida uniformemente alrededor del volcán, sino que existen cuadrantes más expuestos que otros. Este modelo había sido presentado a la CNE con anterioridad al funcionamiento de la comisión encargada de proponer las bases técnico-científico de las zonas de restricción y posteriormente fue conocido por esa comisión, que se encargó con el aporte de sus miembros de analizarlo y mejorarlo a la luz del conocimiento de la geología y evolución del volcán Arenal aportada por sus miembros.

Cada uno de los límites de las zonas fue analizado cuidadosamente por el grupo a pesar de las restricciones de tiempo impuestas a la comisión resultando una zonificación que se ha mantenido en el tiempo. El geólogo Lidier Esquivel de la CNE hizo aportes importantes para traducir los criterios técnico-científicos de los vulcanólogos en las regulaciones concretas que demandaban los miembros de la Junta Directiva de la CNE.

6. También se analizó el potencial de lahares o de flujos de barro del volcán Arenal tomando muy en cuenta la existencia de cauces (permanentes o intermitentes) que drenan el cono volcánico, ya que estas depresiones pueden encauzar los lahares, al igual que lo hacen con los flujos piroclásticos. No olvidemos que el volcán Arenal se encuentra en una zona en la que llueven de 3000 a 4000 mm por año y en que es común que ondas tropicales produzcan aguaceros muy intensos.
7. Dentro del área de los 5.5 km de radio a partir del centro del cráter del volcán existe una zona con alto nivel de amenaza volcánica, topografía muy empinada, territorio del Área de Conservación Arenal, bosques primarios que deben ser considerados como áreas de reserva (restricción) absoluta. Si es el flanco oeste hay que decir que está ubicado viento abajo de la dirección predominante del viento para la zona. Esta zona abarca unos 40 km² en el sector noroeste y suroeste.
8. No es recomendable incentivar polos de desarrollo en las áreas de alto riesgo, porque aunque no fueran afectadas durante el presente ciclo eruptivo, podrían convertirse con el tiempo en zonas expuestas al riesgo durante los períodos de apertura de conductos de los periodos eruptivos futuros del volcán. Los vulcanólogos que participaron en la redacción de la propuesta estuvieron conscientes de que las explosiones iniciales de un periodo eruptivo del volcán

Arenal abarcan áreas mucho más extensas que la zona de restricción propuesta por ellos mismos para lo que resta del presente ciclo eruptivo.

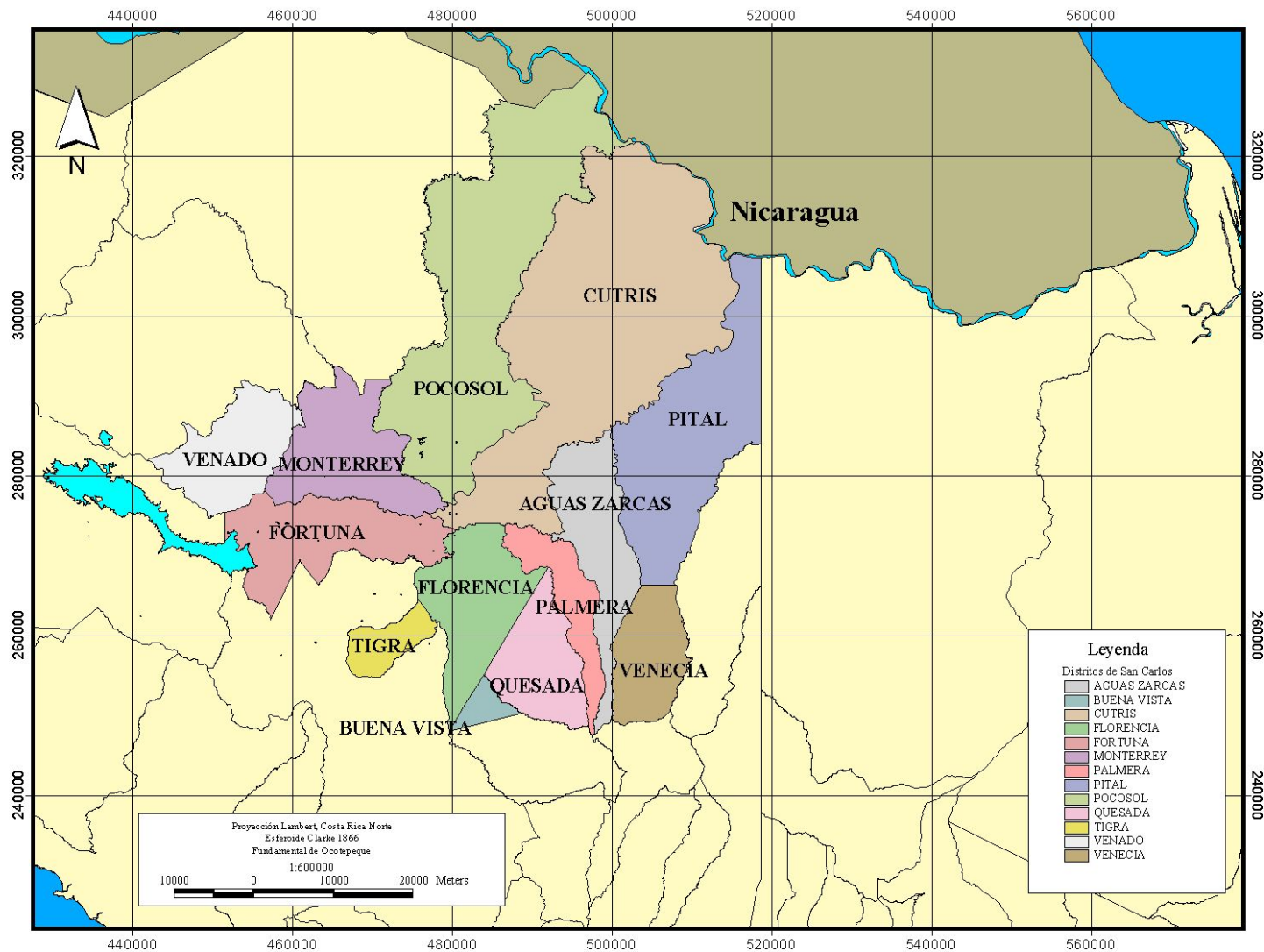
Dado que con base a las dataciones de los ciclos eruptivos prehistóricos del volcán Arenal se ha determinado que los periodos de retorno de los periodos eruptivos están separados por lo general por varios siglos, consideraron inadecuado preocuparse por regular el territorio para plazos tan largos con los que la planificación del territorio normalmente no se involucra. En aquellos momentos, Malavassi (2001) argumentaba que en los planes reguladores costeros no se estaba tomando en cuenta la posible variación del nivel del mar, que puede estar mucho más cercana en el tiempo que la próxima erupción del volcán Arenal. Además, en uno o dos siglos, la vulcanología habría avanzado lo suficiente como para pensar en esquemas de evacuación. Existen áreas como las circundantes al Embalse del proyecto hidroeléctrico del Arenal, donde se desarrollan diversas actividades y deportes acuáticos. Hasta el momento se ha logrado por medio del decreto detener la construcción de proyectos turísticos a la orilla del lago en el sector del Volcán.

9. Existe riesgo para los bienes y las vidas de las personas que transitan o habitan dentro del radio inferior a 5.5 km, pero también fuera de las zonas de restricción absolutas. Existe la posibilidad del uso de la tierra en esta área siempre y cuando estas ocupaciones estén avaladas por un estudio de vulnerabilidad volcánica realizado por alguno de los centros de investigación volcánica existentes.

Dentro del radio de 5.5 km alrededor del Volcán, existen algunas zonas donde es posible la construcción de infraestructura siempre y cuando se proceda a solicitar un estudio de riesgo volcánico a alguno de los institutos científicos encargados del monitoreo volcánico. El estudio dictaminará si en el área evaluada se puede construir o no. Aunque este estudio es un requisito para obtener el permiso de construcción del Gobierno Local, muchas construcciones que en la actualidad se están desarrollando en la zona carecen del mismo.

Posteriormente a la entrada en vigencia de la zonificación de restricciones a los usos del suelo, las agencias de viajes más responsables del país encargaron estudios de vulnerabilidad de las zonas recorridas por sus circuitos turísticos (tours) para poder certificar a las empresas mayoristas en el extranjero que sus rutas turísticas en el volcán Arenal están libres de la amenaza volcánica.

Figura 36. Mapa del Cantón de San Carlos y distritos



Fuente: Atlas Digital de Costa Rica. ITCR, 2004.

5.3 Zonas de restricción a los usos del suelo y libre tránsito de personas

Las zonas de restricción alrededor del Arenal son 4: R1, R2, R3 y R4.

En todas las zonas de restricción está prohibida la construcción de nuevas infraestructuras y actividades turísticas (hoteles, canopy, senderos, restaurantes, balnearios, caminatas, bodegas, escampaderos, etc) o bien la ampliación o remodelación de la infraestructura ya existente. También se prohíbe la construcción de nuevas viviendas o la segregación de los terrenos. Un elemento importante es que este decreto no es retroactivo, es decir, la infraestructura que ya está construida en zonas de alto riesgo, está exenta de adecuación a los requisitos del decreto.

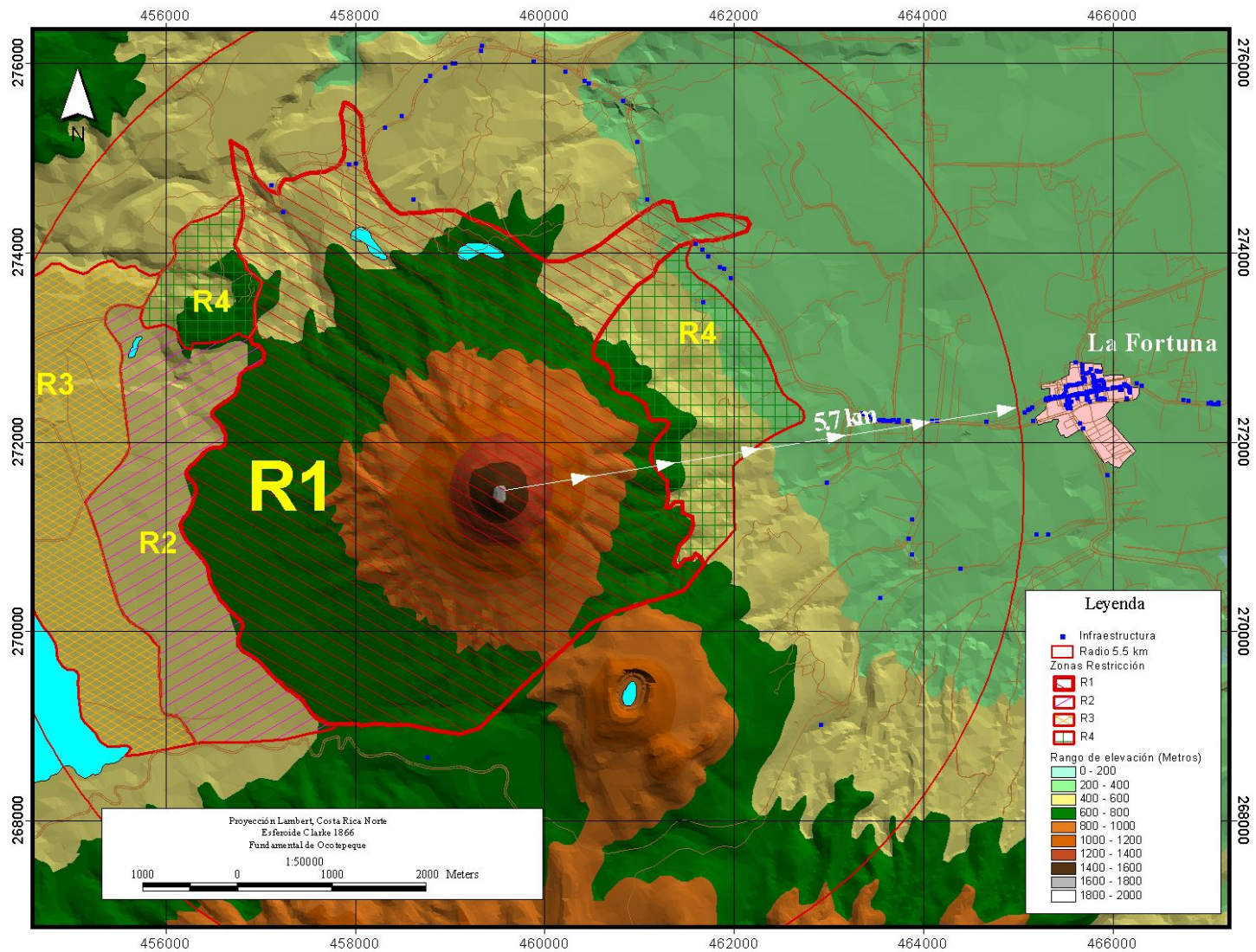
Se establece un radio de 5.5 km alrededor del Volcán. Se estima que la máxima distancia a la que se ha desplazado una colada de lava o flujo piroclástico producido por colapso gravitacional y fuentes de lava del borde del cráter activo en erupciones históricas y prehistóricas es de 4.5 km aproximadamente. Como margen de seguridad se le agrega a esta distancia 1 km por la posibilidad de que se puedan producir condiciones favorables al desplazamiento de los flujos piroclásticos o de coladas de lava que se hayan producido en el pasado y para tomar en cuenta los efectos colaterales peligrosos de los flujos piroclásticos que no dejan registro estratigráfico alguno, como ocurre con los incendios forestales y desplazamiento de gases calientes (oleada piroclástica).

5.3.1 Zona de restricción 1 (R1)

La zona de restricción R1 o zona roja es el área más peligrosa. Los antecedentes históricos señalan que este sitio está afectado continuamente por coladas de lava y flujos piroclásticos (en la actualizada por flujos piroclásticos y coladas de lava de corta longitud), además de caída continua de material procedente de la zona sumital del cráter C.

En esta zona se prohíbe la construcción de nueva infraestructura turística (hoteles, restaurantes, balnearios, senderos, campamentos, canopy tour, andinismo, práctica de senderismo, cabalgatas, construcción de caminos, instalaciones complementarias, etc) cualquier ampliación de las estructuras ya instaladas también está prohibida (Ver figura 37) (Ver fotografía 26).

Figura 37. Distancia en línea recta entre el Volcán Arenal y el casco urbano de La Fortuna



Fuente: Elaboración propia a partir de: Comisión Nacional de Emergencias.

Existen dos hoteles de medianas proporciones instalados en la R1 los cuales fueron construidos anteriormente al decreto. Dado que el mismo no tiene carácter retroactivo, no es posible deshabilitar estas instalaciones. Si se les ha hecho la recomendación de trasladar sus actividades a sitios más seguros. Estos hoteles son Los Lagos y Tabacón Balneario y Resort.

Fotografía 26. Imagen parcial de la zona de restricción R1 en el flanco suroeste del Arenal



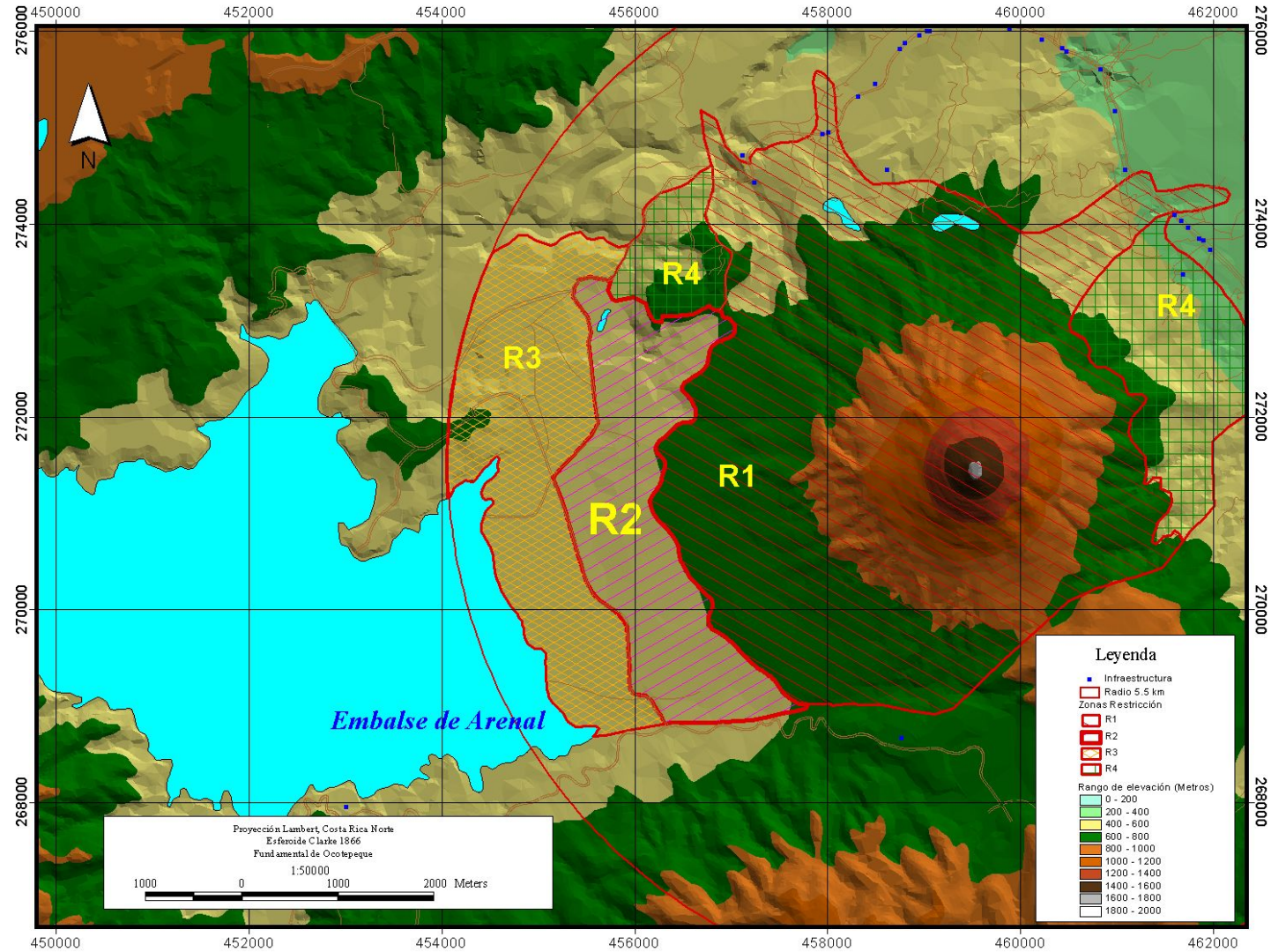
Fuente: M. Berrocal, 2005.

5.3.2 Zona de restricción 2 (R2)

Esta zona es utilizada por el Área de Conservación Arenal y es donde está ubicado parte del Parque Nacional Volcán Arenal. El decreto obliga al Parque Nacional a contar con un plan de emergencia aprobado por la CNE que incluye, señalización en senderos, salidas de emergencia, información sobre amenazas (en diferentes idiomas). Aspecto último que ha sido solo cumplido parcialmente por la Administración del Parque Nacional. La zona R2 fue devastada en la explosión inicial del volcán en 1968.

Al tratarse de un Parque Nacional, se garantiza el control de acceso de las personas al sitio, y la vigilancia de los guardaparques. Lo mismo que el cierre en caso de un evento volcánico extraordinario (Ver figura 38) (Ver fotografía 27).

Figura 38. Mapa de zonas de restricción R2 según el decreto y ubicación de infraestructura turística



Fuente: Elaboración propia a partir de: Comisión Nacional de Emergencias.

Fotografía 27. Sectores de las zonas R2 y R3 en el Parque Nacional Volcán Arenal



Fuente: M. Berrocal, 2004.

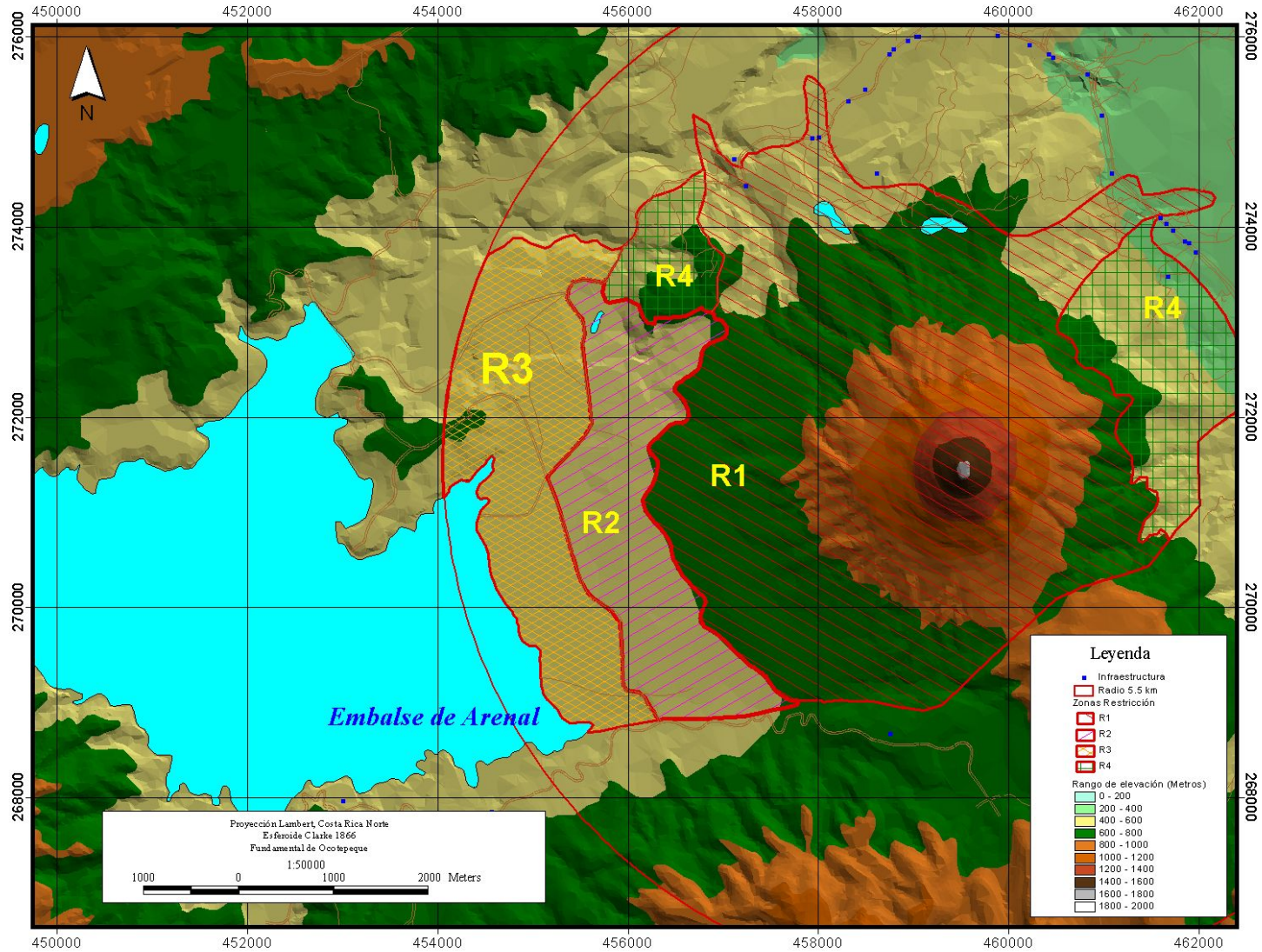
5.3.3 Zona de restricción 3 (R3)

Esta zona colinda con el borde del lago de Arenal. Aquí es permitida únicamente la construcción de senderos para caminatas y cabalgatas, así como actividades al aire libre que no impliquen construcción de infraestructura alguna. No se permite la instalación de zonas de camping.

Esta zona tiene como límite este la carretera que conduce al poblado de El Castillo y el Observatorio Lodge. La ausencia de infraestructura ha permitido que se desarrolle el bosque y se regeneren espacios naturales afectados por la explosión inicial del volcán en 1968.

Dado que el Parque Nacional cierra el ingreso a las 5 pm, es usual que algunos turistas se sitúen a la orilla de la carretera durante la noche para ver los derrames de lava. La permanencia en el sitio es de algunas horas, únicamente para observar la actividad nocturna del volcán (Ver figura 39).

Figura 39. Mapa de zonas de restricción R3 según el decreto y ubicación de infraestructura turística



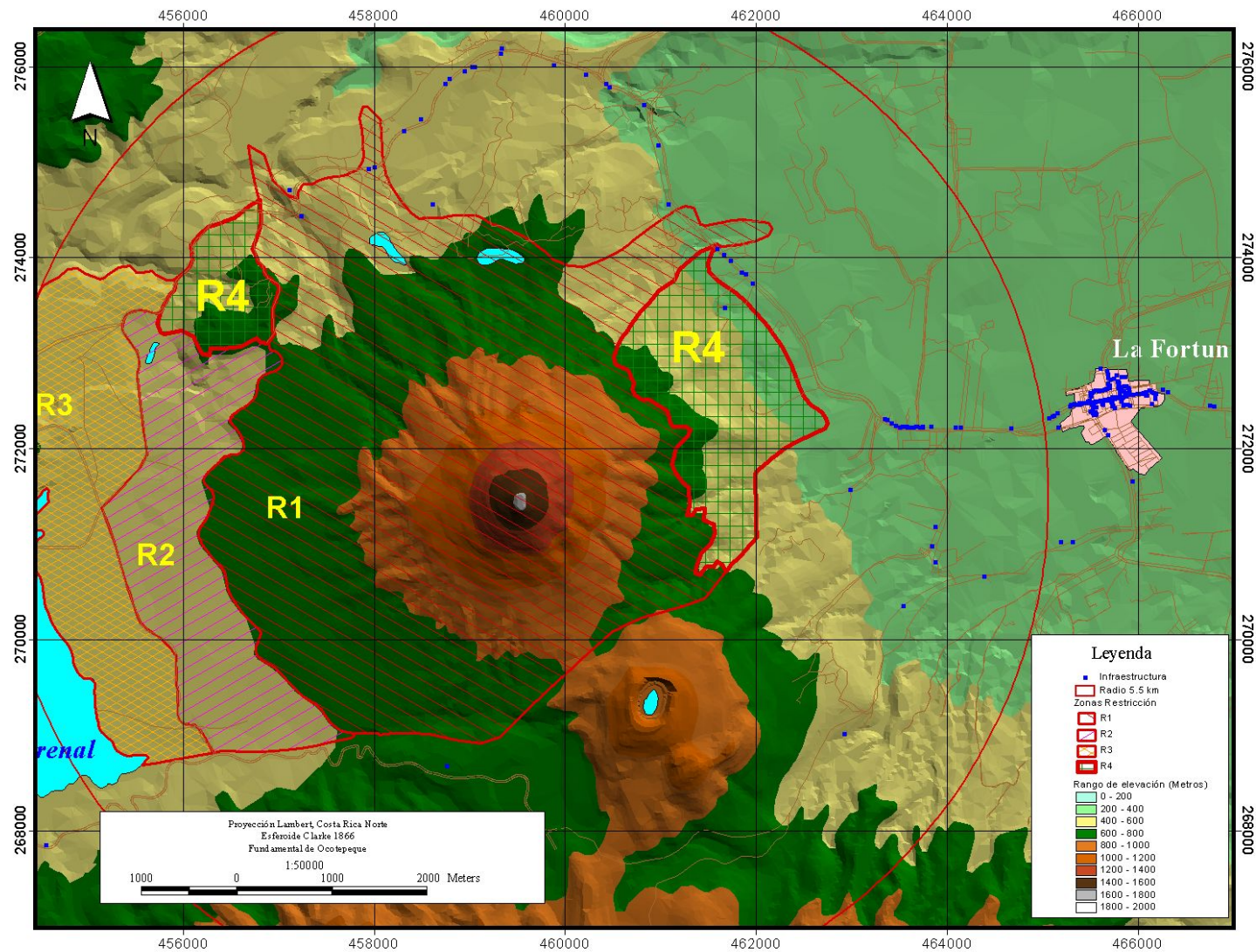
Fuente: Elaboración propia a partir de: Comisión Nacional de Emergencias.

5.3.4 Zona de restricción 4 (R4)

En estas zonas solo se permite la actividad forestal, agropecuaria y la explotación de materiales para la construcción siempre y cuando se cuente con los respectivos permisos y que estas actividades no impliquen ninguna concentración de población (más de 7 personas). Está prohibida la construcción de cualquier tipo de infraestructura.

En estas zonas los usos del suelo actual son exclusivamente zonas de pastoreo y bosque, aunque existen algunas estructuras como bodegas y lecherías, instaladas anteriormente a la aplicación de la ley. Como parte de los incumplimientos en esta zona R4, está el establecimiento de trillos o senderos por parte de una de las empresas turísticas de la zona, así como la construcción de un hotel y la ampliación de locales comerciales muy cercanos a los límites de la R4 (Ver figura 40) (Ver fotografía 28).

Figura 40. Mapa de zonas de restricción R4 según decreto y ubicación de infraestructura turística



Fuente: Elaboración propia a partir de: Comisión Nacional de Emergencias.

Fotografía 28. Imagen parcial de la zona R4 en el flanco noreste del Arenal



Fuente: M. Berrocal, 2006.

5.3.5 Libre tránsito de personas

Mientras el Volcán Arenal se mantenga activo con emisión de coladas de lava, flujos piroclásticos, cenizas, gases volcánicos, el área restringida se dividirá en dos subzonas en lo que se refiere a visita de personas y tránsito. La R1 y R4 componen la subzona 1 y la R2 y R3 la subzona 2.

En la subzona 1 está absolutamente prohibida la visita y el tránsito de personas. Solo se permite el acceso a investigadores en el campo de la vulcanología al servicio de instituciones públicas o privadas y científicos extranjeros acompañados de personal científico de instituciones costarricenses y con acreditación oficial. También se permite el paso a funcionarios de instituciones de atención de emergencias y operaciones de salvamento y rescate. Este es el caso del personal de la Comisión Nacional de Emergencias, Cruz Roja, Bomberos, etc. Las autoridades policiales también están autorizadas para transitar por estos sitios en caso de captura de personas o de investigaciones judiciales.

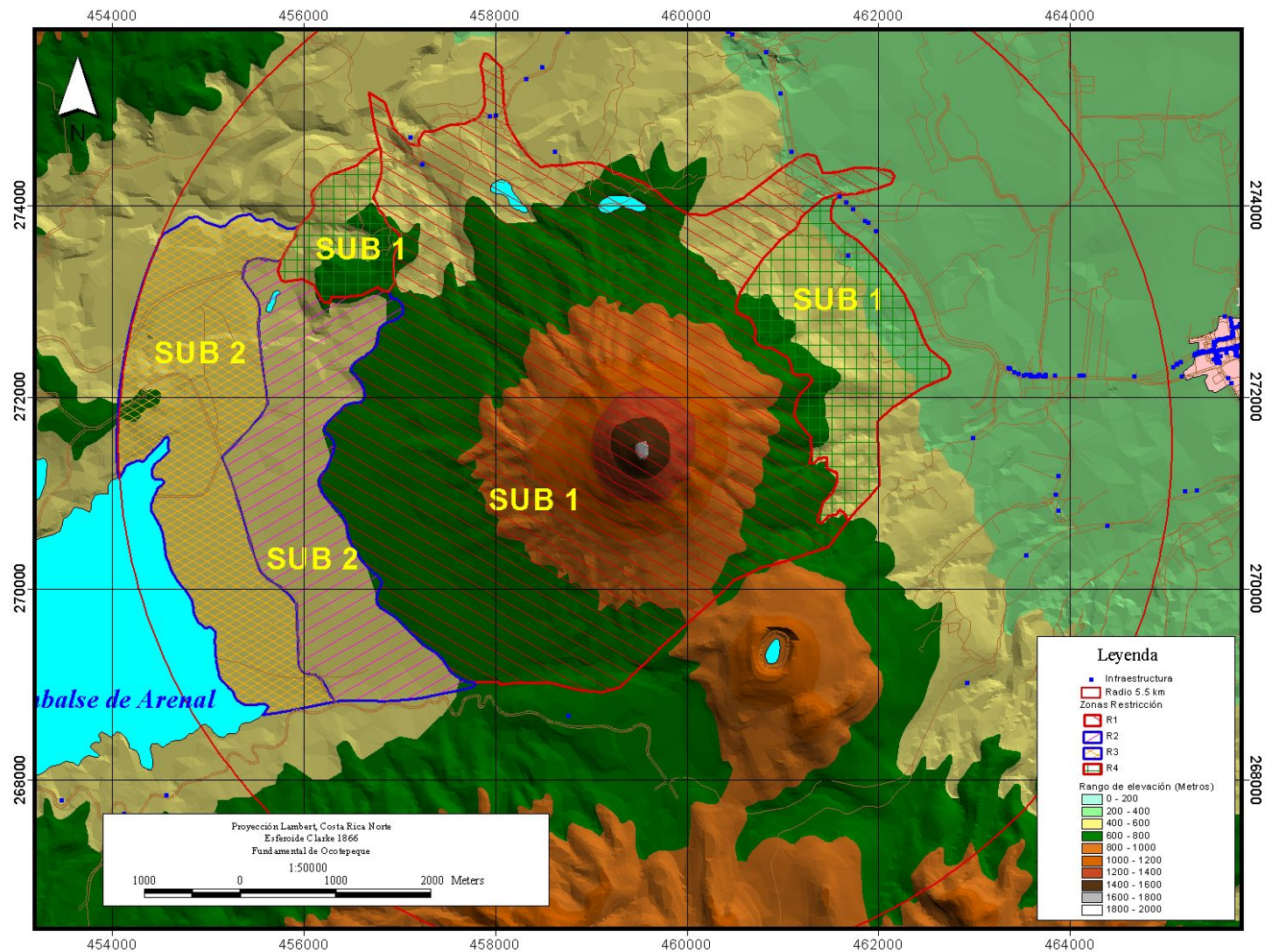
En esta zona tanto el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, como la Red Sismológica Nacional y el Observatorio Vulcanológico del Instituto Costarricense de Electricidad, tienen instalado equipo de monitoreo. Además frecuentan la zona cada semana tanto para el mantenimiento del mismo equipo

como para realizar observaciones físicas y toma de fotografías. Los funcionarios de la CNE, realizan inspecciones rutinarias para verificar que la rotulación esté debidamente instalada y atender demandas de los diversos grupos comunales relacionadas con la atención y la prevención. En el 2005 esta institución inició una campaña de rotulación en algunos sitios ubicados dentro de la R1, R2 y R3, indicando la prohibición de acceso por tratarse de zonas altamente peligrosas.

En cuanto al ingreso de grupos de rescate, se han presentado algunos incidentes, sobre todo accidentes aéreos que han provocado el ingreso de la Cruz Roja y grupos especializados de rescate de montaña para la recuperación de los cuerpos.

En la subzona 2 solo se permite el acceso a la zona inferior del flanco oeste del volcán, el lugar comprendido entre el Parque Nacional, la Laguna Arenal y el Río Arenal, en grupos pequeños no mayores a 10 personas al Parque Nacional y bajo la supervisión de los guardaparques. Así mismo el Parque deberá tener un sistema de alarmas que permitan la evacuación ordenada. Se prohíbe acampar en el interior del Parque Nacional. El único servicio turístico permitido dentro del Parque es la visita guiada a los turistas, con guías debidamente acreditados por el Instituto Costarricense de Turismo (Ver figura 41).

Figura 41. Mapa de Sub zonas de restricción al libre tránsito de personas



Fuente: Elaboración propia a partir de: Comisión Nacional de Emergencias.

Existen consideraciones que estipula el decreto y que no se han cumplido por parte del Gobierno Central hasta el momento, entre las que se pueden enumerar:

- El Instituto Geográfico Nacional, debe calcular las coordenadas de la circunferencia de 5.5 km de radio alrededor del Volcán Arenal y delimitar la zona con mojones.
- El Instituto Geográfico Nacional debe incluir en sus hojas topográficas las zonas de restricción en el Volcán Arenal.
- Según el decreto, el Instituto Geográfico Nacional debe realizar el amojonamiento respectivo en la zona, tarea que tampoco se ha realizado.
- Por otra parte el Gobierno Local debe suspender el otorgamiento de permisos de construcción en las zonas de restricción. La realidad es que no se tiene ningún control sobre este tipo de permisos ni sobre las obras que se construyen en la zona. Este aspecto, que es común a todo el sistema de otorgamiento de permisos de construcción en Costa Rica, no se administra con la transparencia y con los mecanismos de supervisión-control adecuados, lo que puede estimular situaciones de excepción al margen de la ley. La Municipalidad por su parte tampoco exige el estudio de vulnerabilidad volcánica para todas las construcciones que se vayan a desarrollar en el radio de los 5.5 km o existe un grado de incumplimiento de los requisitos que permite construcciones sin permiso. Y todo ello a pesar de que existen sanciones que la ley prevé para los funcionarios públicos que incumplan con sus obligaciones.

Es importante mencionar que la actualización de este mapa de restricciones a los usos del suelo y libre tránsito de personas se debe hacer al menos cada 5 años (2008 próxima edición). La zonificación puede ser ampliada de acuerdo a la evolución de la actividad volcánica, es decir las R2, R3 y R4 pueden convertirse en cualquier momento en una R1, dependiendo de los cambios que se presenten en cuanto a la peligrosidad de la actividad del Arenal.

Aunque el decreto entró en vigor en el año 2001 como decreto oficial y de acatación obligatoria, no ha sido difundido de forma constante entre la población de La Fortuna y alrededores. Por parte del OVSICORI, en el año 2003 se realizaron 3 talleres de divulgación dirigidos a los guardaparques, empresarios y residentes, se repartieron más de 300 ejemplares del mapa que muestra las zonas de restricción y se explicaron los criterios técnicos que llevaron a la delimitación del terreno.

El seguimiento en la divulgación y en programas de información corresponde estrictamente a la Comisión Nacional de Emergencias, quien es el órgano facultado por ley para estas tareas. Como se constatará más adelante, la población residente desconoce mayoritariamente esta información.

Es la misma Comisión Nacional de Emergencias quien debe vigilar, en primera instancia, que el Gobierno Local aplique el decreto y no otorgue permisos de construcción en las zonas catalogadas como de alto riesgo.

En este sentido, cualquier ciudadano tiene el derecho de solicitar al Ministerio Público o a la Contraloría General de la República que se realice una auditoría de los procesos de otorgamiento de permisos de construcción dentro del radio de 5.5 km, fuera de las zonas de restricción.

5.4 Consideraciones finales

Aunque el decreto de ley entra en funcionamiento el 11 de enero de 2001 como respuesta a la ocurrencia de dos incidentes importantes en las laderas del Volcán que dejaron más de 10 víctimas, lo cierto es que los científicos en vulcanología ya venían hablando de la necesidad de regular no solo la construcción de infraestructura sino también el acceso de personas a las zonas más peligrosas.

El decreto se basa en criterios técnico-científicos para definir las zonas y sub zonas de restricción alrededor del Arenal. Constituye la primera experiencia a nivel mundial, donde se diseñan normativas con carácter de decreto de ley para la zonificación de zonas de restricción y libre tránsito de personas en un volcán activo.

Si bien el decreto señala 4 zonas de restricción bien señalizadas (R1, R2, R3, R4) estas pueden cambiar de acuerdo a la evolución de la actividad del Arenal, de tal forma que la R2, R3 y R4 pueden convertirse en cualquier momento en R1. Aquellas infraestructuras ubicadas en zonas de restricción anteriormente a la vigencia del decreto no están obligadas a adaptarse al mismo.

La normativa establecida por el decreto ayuda a regular el crecimiento descontrolado de infraestructura en los alrededores del Volcán. Existe poco control por parte del Gobierno Local del cantón de San Carlos y la CNE en torno a nuevas edificaciones asentadas en zonas de restricción y en la ampliación y remodelación de infraestructura turística ubicada cerca y/o dentro de R1 y R4 principalmente.

Aunque instituciones como CNE y OVSICORI han hecho esfuerzos para dar a conocer el decreto de ley en la zona y distribuir mapas temáticos, lo cierto es que se hace necesario todo un programa de divulgación que no solo informe a los empresarios del turismo, sino a la población en general sobre los contenidos y la utilidad del decreto, así como concienciar al Gobierno Local en su obligación de velar por su cumplimiento.

Capítulo 6. Propuesta de zonificación de usos del suelo

(...) La palabra “participación” con todas sus variables es, hoy por hoy, de uso obligado en todo proyecto, documento o discurso (...)

G. Wilches-Chaux (1997, p.103)

La realización de propuestas de zonificación de usos del suelo para una región determinada no es una tarea fácil, ya que existen gran cantidad de factores que se deben tomar en consideración. En este capítulo, con base en los peligros de origen volcánico y la tendencia de crecimiento poblacional y extensión de la actividad turística, se propone una zonificación de usos del suelo para La Fortuna de San Carlos. Tomando en consideración los elementos de riesgo volcánico se realizaron mapas de peligros volcánicos para la zona y se explican las razones por las que la zona es vulnerable de acuerdo a la evolución del actual periodo eruptivo. Se proponen mapas de zonas susceptibles a lahares, flujos piroclásticos y caída de material producto del proceso de relleno del cráter D.

Por último se analiza el mapa de zonificación de usos del suelo propuesto para La Fortuna y alrededores dándole énfasis a la actividad de tipo volcánico aledaña a la ciudad. Para lo anterior se han utilizado investigaciones realizadas por Geotérmica Italiana, Soto y Alvarado, Malavassi, en torno a la estratigrafía y los ciclos eruptivos del Arenal anteriores a 1968, así como las zonas propuestas en el decreto de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas en La Fortuna y alrededores, y las tendencias de crecimiento poblacional y la ocupación actual del suelo en la región analizadas en el capítulo 4 del presente trabajo.

6.1 Cartografía de los distintos peligros volcánicos

La propuesta de zonificación de los usos del suelo en La Fortuna y alrededores del Volcán Arenal requiere, tal y como hemos mencionado hace un momento, tomar en consideración varios factores. Por tal motivo es importante visualizar en primer lugar, los peligros naturales presentes en la zona y la dinámica de crecimiento urbanístico hacia las zonas susceptibles a ser afectadas por estos peligros naturales.

6.1.1 Zona de lahares

Un lahar es una corriente fangosa que contiene roca volcánica de muy variados diámetros y escombros fluidizados por agua, usualmente de lluvia, o en su defecto por hielo derretido a causa del calor del material volcánico.

En la zona aledaña al Volcán Arenal se pueden identificar zonas propensas a lahar. Los lahares en el Arenal no son elementos aislados, sino que existen evidencias sobre todo en el cauce de la Quebrada Guillermina, así como en los ríos Calle de Arena y Burío, de lahares antiguos, algunos de los cuales se mezclan con flujos piroclásticos que se presentaron poco antes o poco después del lahar. Un ejemplo se encuentra en el cauce de la Quebrada Guillermina. Igualmente en el cauce del río Burío se ha identificado arrastre de material volcánico a causa de la corriente de agua en dirección a La Fortuna.

El Arenal se ubica en medio de una zona de llanuras, donde el edificio volcánico posee una pendiente mayor a los 45 grados, lo que facilita por efecto gravitacional que el material caiga sobre todo por las cárcavas que ha formado la erosión a lo largo de los años y que conducen a cauces de ríos importantes, específicamente en el flanco este (Ver fotografía 29).

Fotografía 29. Vista de las cárcavas producto de la erosión en el flanco este

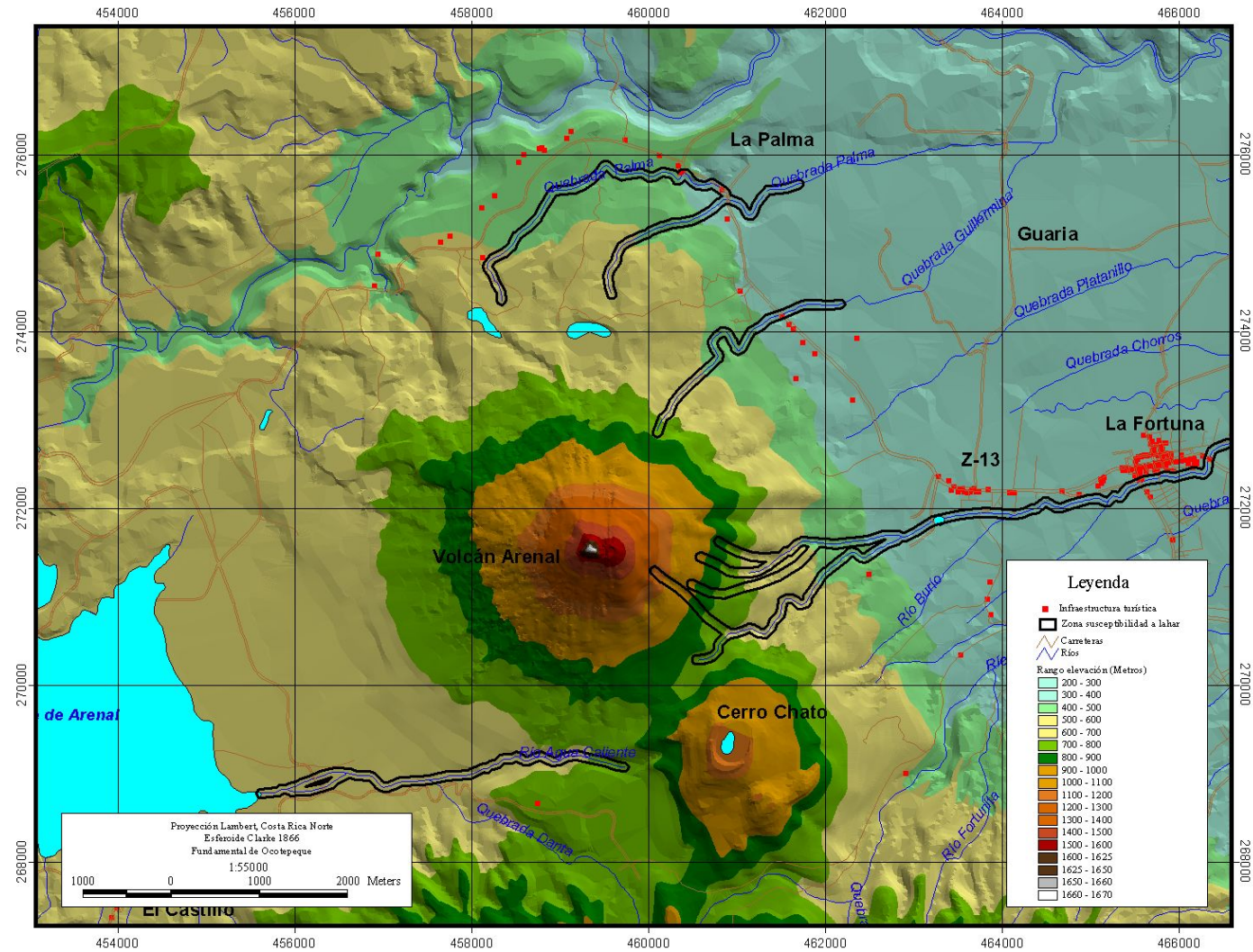


Fuente: F. Chavarría, 1999.

La posibilidad de caída de material e incluso de generación de pequeños y medianos lahares que tomen como guía los cauces de la Quebrada Guillermina, ríos Calle de Arena y Burío, Quebrada Palma y río Agua Caliente depende de varios factores. Por un lado los lahares y/o caída de material en la Quebrada Guillermina se podrían generar a causa de un flujo piroclástico de medianas o grandes dimensiones por el flanco noreste, similar al ocurrido en el año 2000 y que se desplazó a escasos metros al oeste del cauce de esta quebrada.

De igual forma la ocurrencia de un lahar por el cauce del río Agua Caliente está supeditado a la caída de material mezclado con agua por el flanco sur y suroeste del volcán. En los ríos Calle de Arena y Burío (los más próximos a La Fortuna) esto tendría que ver con la caída continua de material desde el flanco este del volcán. Esta condición podría presentarse en el momento que el material eyectado por el cráter activo C rellene por completo el cráter antiguo D generando un solo cono. En este caso el material, al no encontrar ningún obstáculo, por movimiento gravitacional caería sobre el flanco este. Es importante mencionar que el proceso de relleno del cráter D se está dando desde hace varios años, por lo que es de suponer que si la eyección de materia del cráter C continúa como hasta el momento, el cráter D será rellenado por completo en 10 o 15 años (Ver figura 42).

Figura 42. Mapa de zonas susceptibles a lahar



Fuente: Curvas de nivel de la CNE, actualización y elaboración propia del DEM.

Aunque los lahares por los cauces de los ríos mencionados y por el flanco este del volcán no es un proceso cotidiano como lo son otros de origen volcánico, no se puede descartar la posibilidad de ocurrencia ya que la evidencia en la estratigrafía del lugar demuestra la existencia de este tipo de procesos en la antigüedad.

Frullani y Ghigliotti (1992) hablan sobre esta posibilidad en su informe de evaluación del riesgo y monitoreo del volcán Arenal. Incluso estos autores extienden la zona susceptible de lahares hacia el Río Arenal al norte y una zona muy extensa del Río Burío que cubre casi la mitad de la ciudad de La Fortuna.

6.1.2 Flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos se pueden producir por dos motivos. Por un lado una erupción con una columna eruptiva de varios cientos de metros puede provocar que el material caiga sobre el mismo edificio volcánico, desplazándose ladera abajo. Los flujos piroclásticos también se pueden generar por colapso de frente de colada de lava en la parte sumital del cráter, donde por acción gravitacional el material cae por la pendiente del edificio.

Esta última es la forma más común de generación de flujos piroclásticos en el Arenal en los últimos años. La lava, de una viscosidad elevada, genera coladas que usualmente recorren pocos metros en varios días y tienen a estacionarse en la parte sumital del cráter C. La presión de salida del material genera inestabilidad en la colada, por lo tanto secciones de la colada de lava se desprenden cayendo por las laderas del volcán, laderas que de por sí tienen una pendiente elevada (Ver fotografía 30).

Fotografía 30. Canal producido por un flujo piroclástico por colapso gravitacional de frente de colada de lava



Fuente: F. Chavarría, 2000.

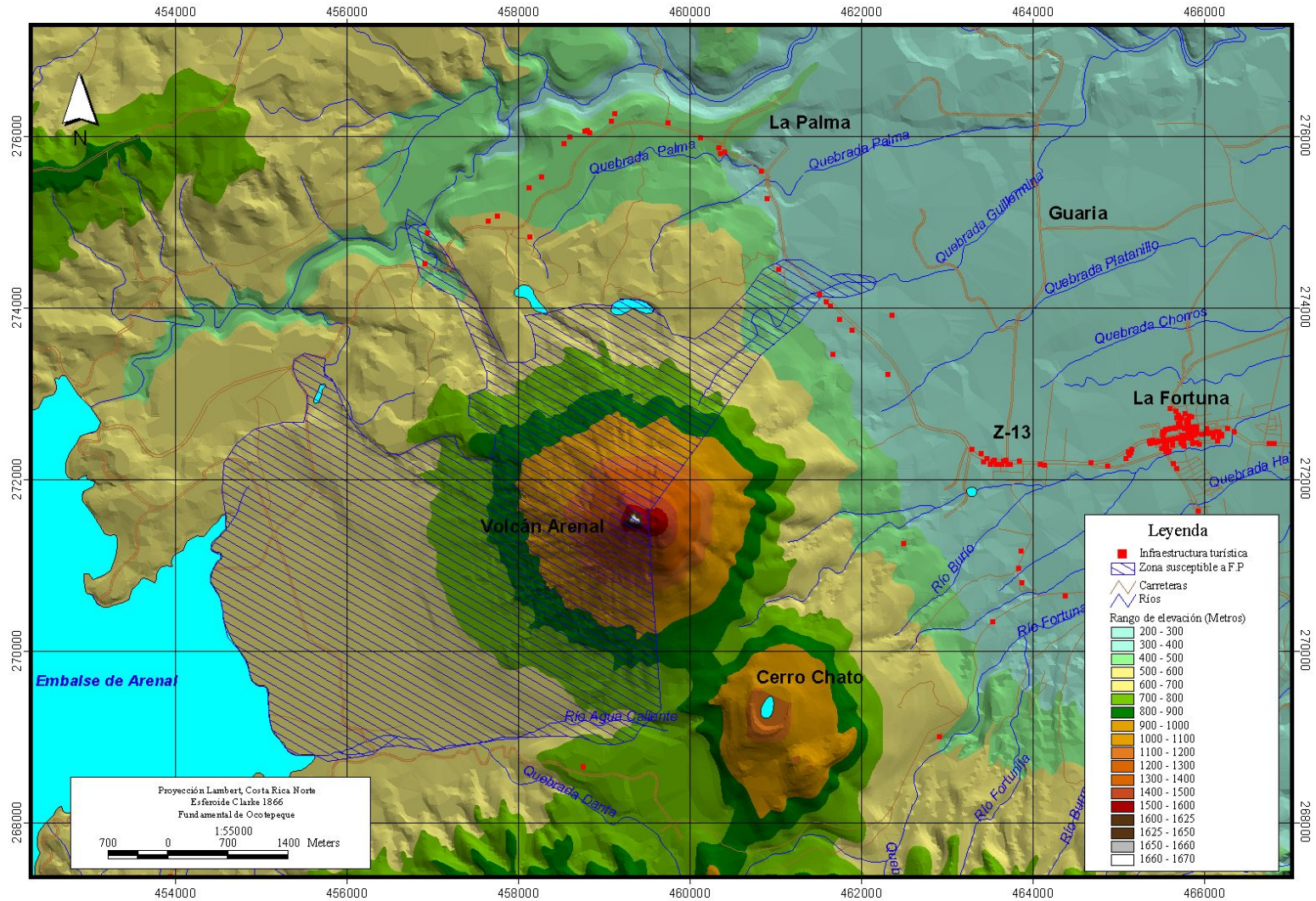
En los últimos años se han presentado importantes flujos piroclásticos que han afectado los flancos noreste, oeste y suroeste. En el año 2000 se presentó sobre el flanco noreste uno de los flujos piroclásticos más importantes el cual recorrió poco más de 2000 metros desde la parte sumital del cráter C hasta la laguna Cedeño. Flujos de menor tamaño se han presentado en los años 2005, 2006 y 2007. Uno de los flujos más grandes ocurridos en el Arenal se dio en el año 1975 en el flanco norte, recorriendo más de 4 kilómetros de distancia y afectando el cauce del río Tabacón.

En la actualidad, a causa de la alta viscosidad de las lavas del Arenal, las coladas de lava recorren distancias cortas. La eyección de material es constante en los “vents” del volcán. El edificio volcánico tiene una fuerte pendiente de más de 45 grados, lo que provoca que el material desprendido de la colada viaje ladera abajo arrastrando otros materiales encontrados en el camino y liberando el gas contenido en la lava. Este material posee temperaturas elevadas de más de 500 grados centígrados lo que genera la incineración de partes de bosque. El mismo edificio volcánico del Arenal posee irregularidades que pueden desviar el trayecto del flujo piroclástico, como por ejemplo pequeñas lomas o colinas que un flujo de pequeñas o medianas dimensiones no puede remontar.

Aunque en la actualidad los flujos piroclásticos son de pequeñas y medianas dimensiones, no se descarta la posibilidad de la ocurrencia de un flujo de grandes dimensiones que pueda afectar una superficie importante. La zona que se propone como susceptible a este tipo de procesos está pensada para flujos pequeños y medianos. En el mapa de restricciones al uso del uso y libre tránsito de personas elaborado por Malavassi, Alvarado, Paniagua y Esquivel (2001) y publicado por Berrocal y Mavalassi

(2003) se toma en consideración una zona más amplia de susceptibilidad de flujos piroclásticos pensando no solo en el flujo en si sino en la nube acompañante de gases y ceniza y sobre todo en flujos de grandes dimensiones (Ver figura 43).

Figura 43. Mapa de zonas susceptibles a ser afectadas por flujos piroclásticos de pequeña y mediana dimensión



Fuente: DEM basado en las curvas de nivel del 2005 de CNE, modificadas para esta investigación. Zonas susceptibles a F.P basado en topografía y mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas, 2003. Modificaciones propias.

6.1.3 Caída de material volcánico flanco este

En el actual periodo eruptivo iniciado en 1968 no se ha producido hasta el momento caída de material volcánico en el flanco este del Arenal. La razón es que la explosión inicial se dio en el flanco oeste y correspondió a un “lateral blast”. El cráter A (cráter lateral) estaba a unos 1000 metros de altitud, por tanto la dirección de caída del material en ese momento fue al oeste.

De 1968 a 1973 el cráter A mantuvo una actividad constante, con emisión de coladas de lava, gases y explosiones. El inicio del periodo eruptivo en el Arenal abrió tres cráteres, a partir de 1973 migró al cráter C, el cráter B no tuvo mayor actividad que la poca emisión de gases, dado que la actividad se centró en el cráter C con una continua eyección de material. El mismo fue creciendo hasta crear un edificio volcánico anexo al existente (Ver fotografía 31).

La posibilidad de caída de material en el flanco este se daría en el caso de que el material eyectado por el cráter C rellene el cráter D. En este caso el material no tendría obstáculo para caer sobre el flanco este. Este proceso de relleno se ha venido presentando durante varios años ya que la eyección de material ha sido constante en los últimos 10 años aproximadamente.

Fotografía 31. A la derecha el cráter C y el edificio volcánico construido en el actual ciclo eruptivo, a la izquierda el cráter D y el edificio volcánico antiguo



Fuente: M. Berrocal, 2005.

En el caso de que el cráter D sea rellenado por el material emitido por el cráter C, la caída de material en el flanco este podría afectar zonas que en la actualidad son ocupadas por bosque o incluso zonas de pastizales. En un principio se podrían presentar pequeños incendios en el bosque producto del contacto del material caliente con los árboles. Paulatinamente el bosque iría retrocediendo. Estos pequeños incendios forestales y la caída de material por el flanco serán vistos desde La Fortuna (Ver fotografía 32).

Dependiendo del tamaño de las rocas que puedan caer y de los obstáculos que encuentre en el camino (bosque y arbustos), variará la distancia recorrida del material eyectado o desprendido de los frentes de colada de lava.

En el mapa de caída de material propuesto se muestra un área extensa, ya que es difícil pronosticar la parte del cráter D que pueda ser rellenada en primera instancia ni la forma topográfica de la zona de relleno.

Fotografía 32. Proceso de relleno del cráter D producto de la emisión de material del cráter C. Volcán Arenal

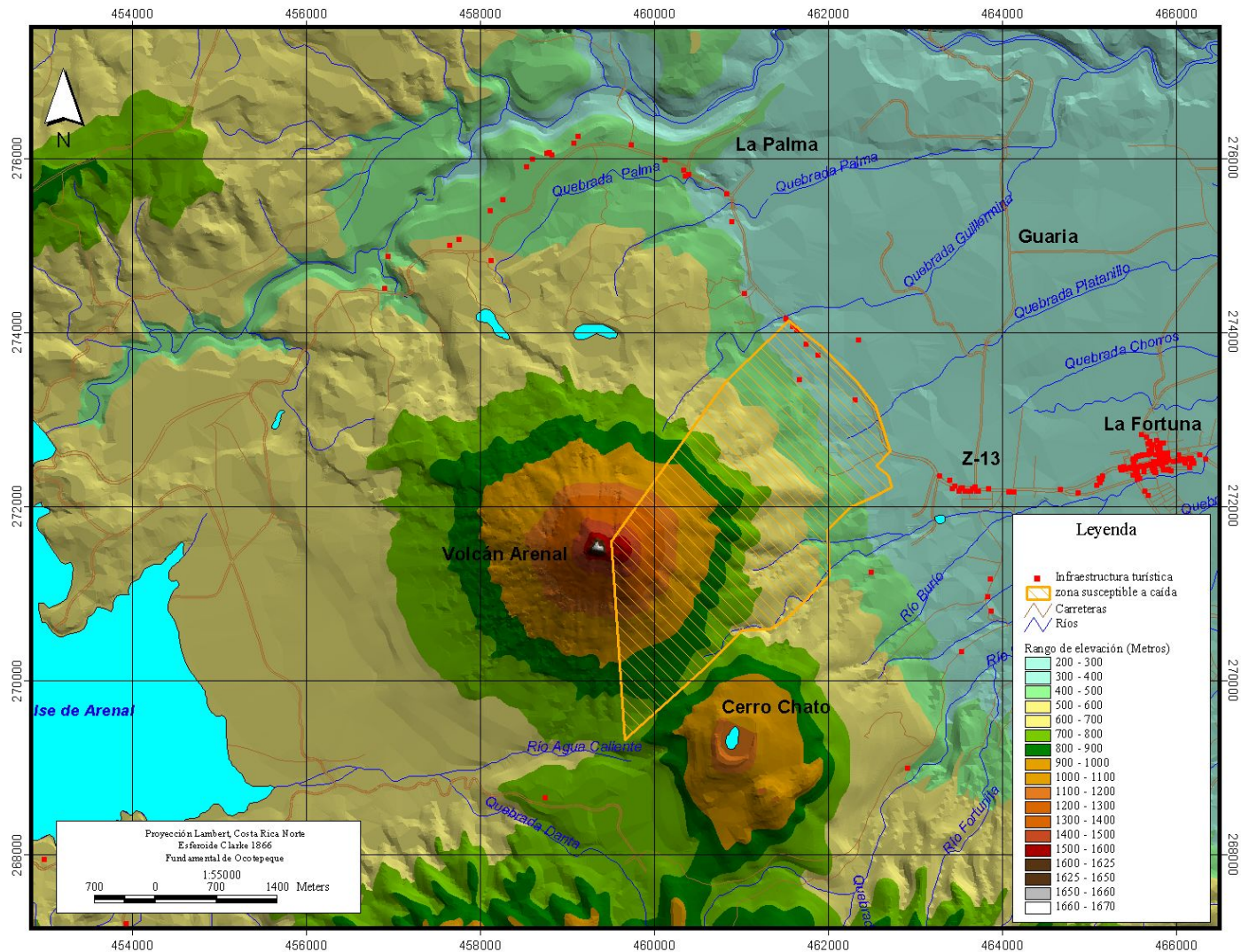


Fuente: F. Chavarría

Se debe tomar en consideración una distancia prudencial de las infraestructuras y las actividades para evitar incidentes con respecto al volcán, para evitar la posible pérdida de vidas humanas y bienes (Ver figura 44).

Se ha tomado como base el mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas publicado en el 2003, variando la extensión de la zona hasta la zona de la carretera, basada en los elementos explicados anteriormente.

Figura 44. Zonas susceptibles a caída de material en el caso de que el cráter D será rellenado por el material emitido por el cráter C



Fuente: DEM basado en las curvas de nivel del 2005 de CNE, modificadas para esta investigación. Zonas susceptibles a F.P basado en topografía y mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas, 2003. Modificaciones propias.

6.1.4 Zonas susceptibles a peligros volcánicos para el actual periodo eruptivo

Los peligros volcánicos más importantes para lo que resta del actual periodo eruptivo del Arenal se pueden resumir en flujos piroclásticos, lahares y caída de material volcánico en el flanco este, aparte de emisión de gases y explosiones esporádicas. Esto no significa que en el transcurso de los años no puedan producirse otro tipo de manifestaciones volcánicas importantes.

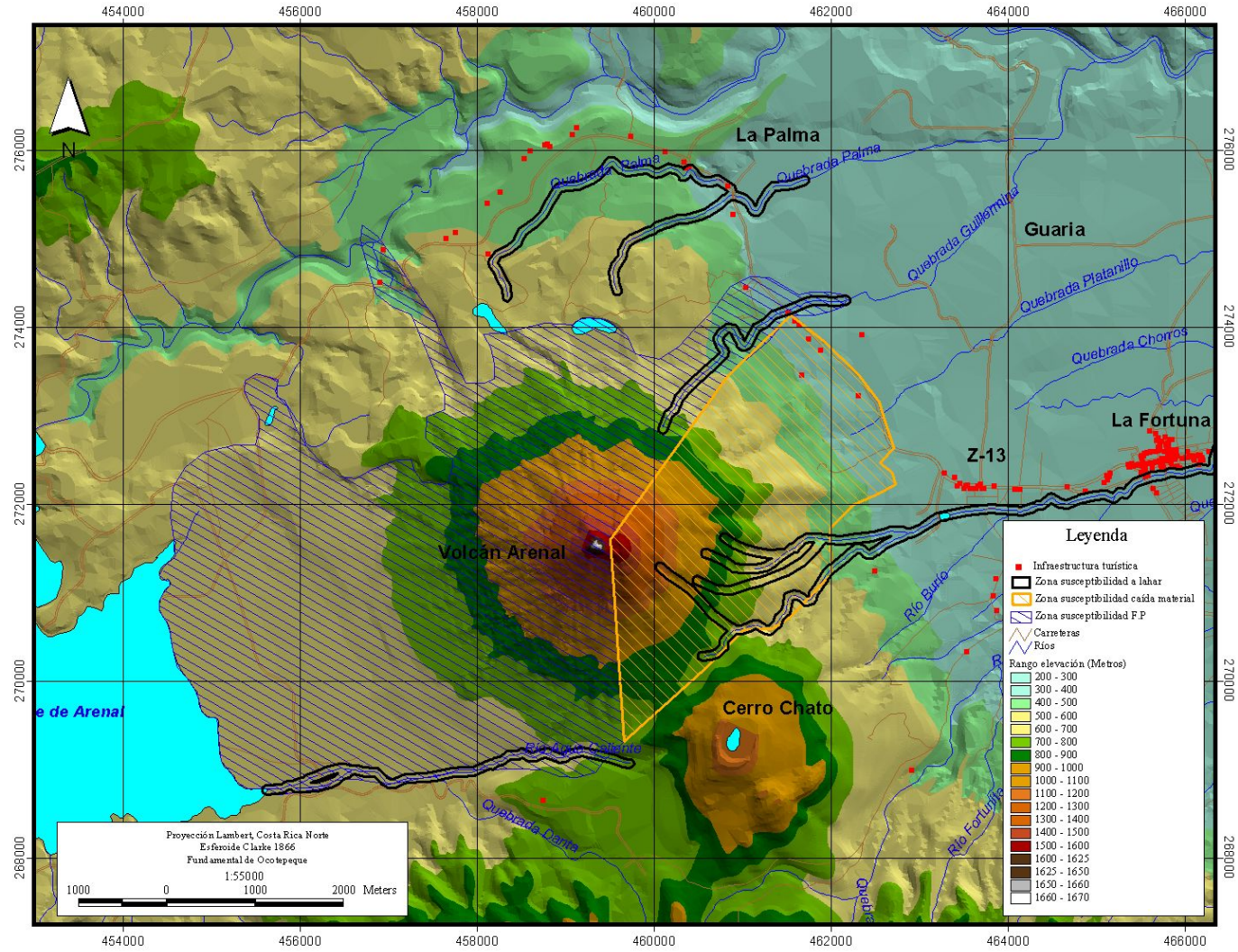
El peligro de origen volcánico que en la actualidad genera mayor riesgo son los flujos piroclásticos. Estos se han presentado en los flancos noreste, oeste y suroeste, producto de colapso gravitacional de colada de lava. La dirección de los flujos piroclásticos futuros podrá ser por cualquiera de los flancos del volcán sobre todo si se completa el proceso de relleno del cráter D.

Por la dirección predominante del viento hacia el oeste la caída de pequeñas cantidades de ceniza y la lluvia ácida se concentran en el flanco oeste del volcán específicamente en la zona del Parque Nacional y sobre el embalse de Arenal. Dado que estos sectores no están poblados ni existe actividad agrícola, estos dos procesos no generan riesgos inminentes para la población.

El crecimiento de la infraestructura turística en los alrededores del Arenal, así como el crecimiento de la población en la zona deben ser normadas ante la presencia de un peligro volcánico inminente y la ocupación por parte de la población de zonas peligrosas.

De la lectura del mapa resultante se desprende que en las zonas mayormente expuestas se encuentra infraestructura turística específicamente, el área del Parque Nacional Volcán Arenal, el camino de acceso a poblaciones como El Castillo, Jilguero, Cairo, entre otros, e incluso zonas de la periferia de La Fortuna (Ver figura 45).

Figura 45. Zonas susceptibles a peligros volcánicos. Volcán Arenal



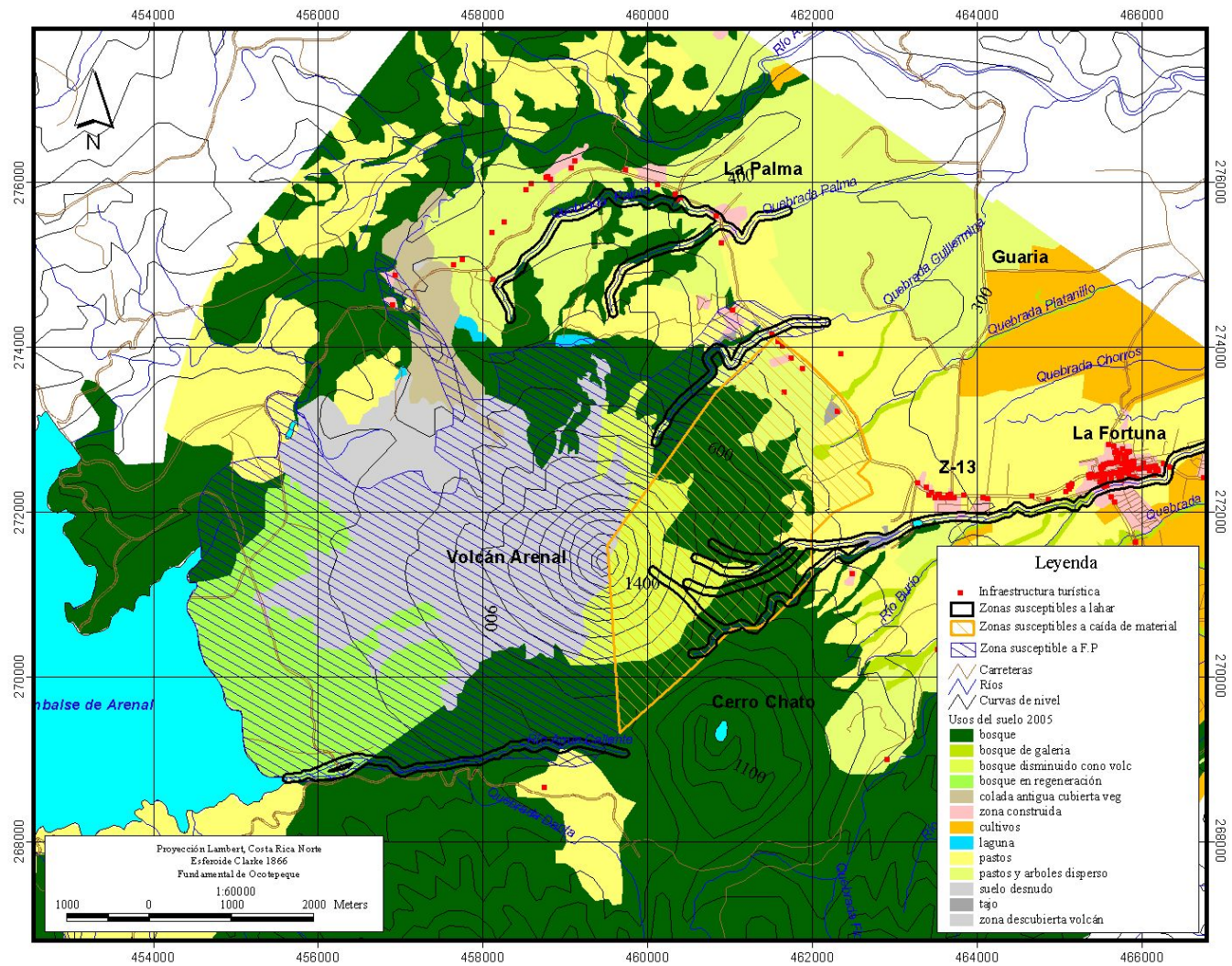
Fuente: DEM basado en las curvas de nivel del 2005 de CNE, modificadas para esta investigación. Zonas susceptibles a F.P basado en topografía y mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas, 2003. Modificaciones propias.

Las zonas susceptibles a peligros volcánicos propuestas concuerdan en gran medida con el mapa de peligrosidad propuesto por Frullani y Ghigliotti (1992) y por el mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas de Malavassi, Alvarado, Paniaga y Esquivel (2001) (Berrocal, Malavassi, 2003).

El conjunto no solo del mapa propuesto de peligros volcánicos sino también de la zona propuesta en el mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas (2001) conforman un área donde la fijación de una normativa en los usos del suelo es indispensable.

Las zonas que eventualmente se pueden ver afectadas por peligros de origen volcánico son áreas de bosque principalmente del edificio volcánico antiguo y alrededores, así como de pastizales, el área del Parque Nacional Volcán Arenal, eventualmente la carretera que va del Parque Nacional a El Castillo y por último algunos sectores donde actualmente se ubica infraestructura turística y otros donde se realizan actividades como caminatas y cabalgatas (Ver figura 46).

Figura 46. Mapa de usos del suelo y áreas susceptibles a peligros volcánicos para lo que resta del actual periodo eruptivo del Arenal.



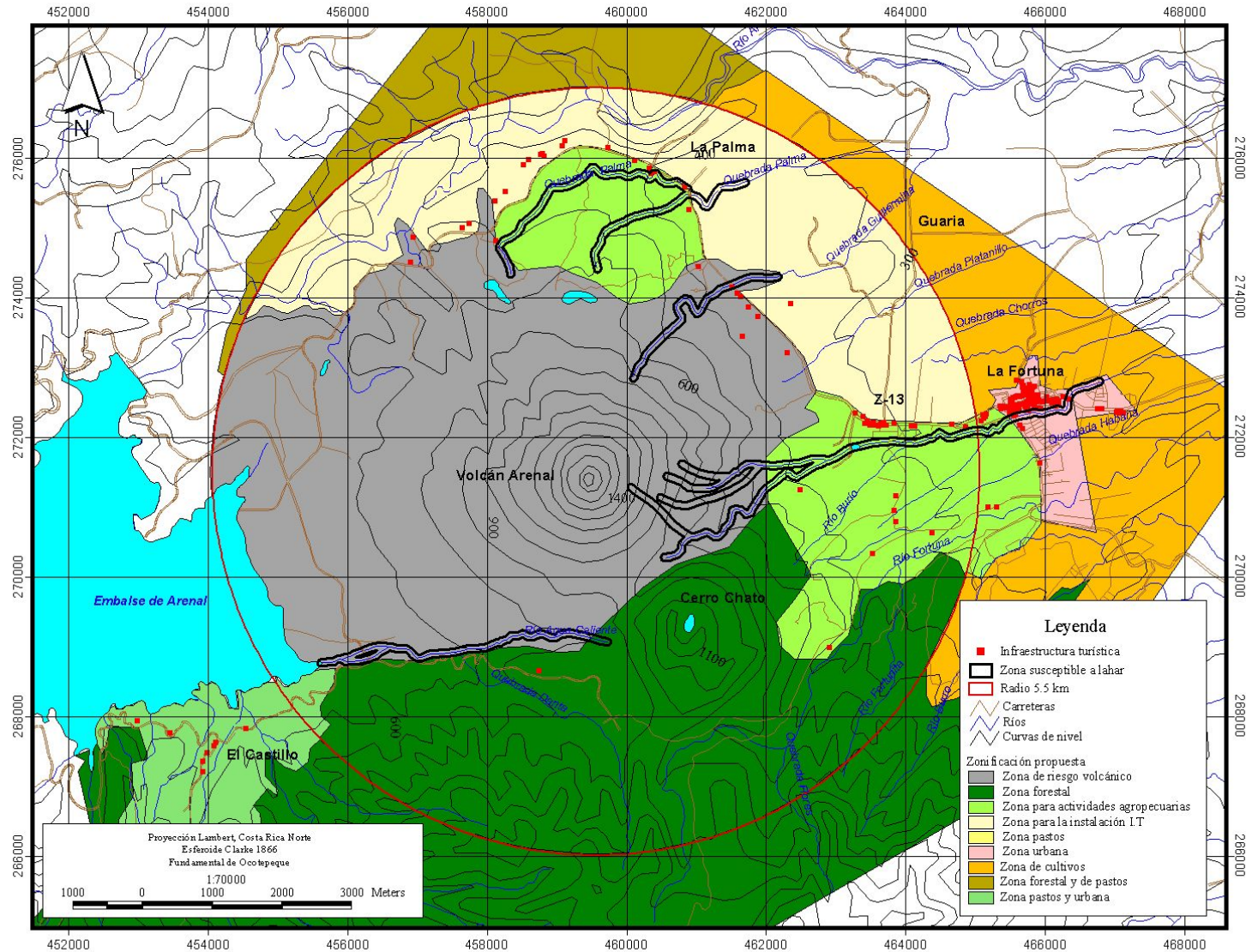
Fuente: Zonas susceptibles a F.P basado en topografía y mapa de restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas, 2003. Fotografía aérea 2005 CARTA, imágenes de satélite Landsat 2001. Informe final Geotérmica Italiana 1992. Modificaciones propias.

6.2 Propuesta de cartografía de zonificación de usos del suelo

Obviamente, sobre las zonas propuestas en el mapa de zonificación elaborado ya existen actividades de índole turística y agropecuarias establecidas desde hace varios años. No se pretende con esta zonificación prohibir las actividades ya asentadas en la zona sino concienciar de los riesgos presentes con los que algunas personas decidieron convivir para sacar un provecho de tipo económico.

Los riesgos y peligros que se tomaron en consideración para la elaboración de cartografía de zonificación de usos del suelo son de origen estrictamente volcánico para lo que resta del actual periodo eruptivo del Volcán Arenal. En el momento que este periodo eruptivo iniciado en 1968 finalice, la cartografía queda sin vigencia, ya que para el siguiente periodo eruptivo se deben tomar en consideración el crecimiento demográfico, las actividades económicas y la posible zona de afectación de acuerdo a la información de monitoreo volcánico que indique el inicio de un nuevo periodo eruptivo (Ver figura 47).

Figura 47. Propuesta de zonificación de usos del suelo en La Fortuna y alrededores del Arenal



Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Zona de restricción a los asentamientos humanos y actividades permanentes

El mapa de zonificación propuesto identifica claramente una zona de riesgo volcánico que comprende parte del flanco noreste, norte, noroeste y todo el flanco oeste. Sobre todo en el flanco noreste se ubican gran cantidad de hoteles y balnearios, así como la carretera que conduce de La Fortuna al Volcán. También la zona baja del cauce del Río Tabacón, el Parque Nacional y el cruce de caminos entre El Castillo y Jilguero. Como se ha mencionado, es en esta área donde la posibilidad de afectación de un flujo piroclástico, caída de material, lahares, entre otros es más alta. El desarrollo de asentamientos humanos y actividades que contemplen la aglomeración de personas no es recomendada. Una ventaja de este sector es que la mayor parte del área está ocupada por el Parque Nacional. En caso de crisis volcánica, los funcionarios del Parque previa orden de los institutos de investigación vulcanológica y/o la Comisión Nacional de Emergencias deben cerrar la zona del Parque Nacional e impedir el paso de personas (Ver fotografía 33).

Cabe tener en cuenta que existen propiedades privadas expuestas al riesgo, lo que puede comportar mayor complejidad de manejo sobre todo en caso de crisis volcánica.

Fotografía 33. Vista del flanco este del Arenal, zona del Parque Nacional



Fuente: M. Berrocal, 2005.

Otro inconveniente en este sector es la carretera que conduce a los sectores de El Castillo y Jilguero, ya que en el caso de que esta se vea afectada por una eventual crisis volcánica estas poblaciones quedarían aisladas al menos vía terrestre, ya que la carretera que va de El Castillo a Río Chiquito se encuentra en malas condiciones y es transitable solo en época seca. En el periodo de lluvias el Río Chiquito crece y el paso de vehículos está restringido. En este caso estas poblaciones deberán utilizar el transporte vía acuática.

6.2.2 Zona destinada a la instalación de infraestructura turística

Desde los inicios de la expansión del turismo en la zona, los empresarios han explotado el área aledaña a la carretera que comunica La Fortuna con el Volcán Arenal. Esta zona posee un valor paisajístico muy elevado ya que desde cualquier ángulo existe una excelente vista panorámica hacia el Volcán y las zonas de pastizales.

Evidentemente la existencia de esta única vía de comunicación (la más importante) incentiva a los empresarios a instalar sus comercios a lo largo de la carretera. Si existiera una segunda vía que de igual forma rodeara el Volcán pero situada a una mayor distancia del mismo, y sin perder el elemento panorámico y paisajístico, podría actuar como una opción de instalación de infraestructura turística a una distancia más segura con respecto al Volcán.

Se propone la zona periférica del flanco noreste, norte y noroeste para la instalación de infraestructura turística, tomando en consideración que las irregularidades topográficas

sobre todo del sector norte impiden que en caso de ocurrencia de un flujo piroclástico de medianas dimensiones el material llegue a este sector, ya que la misma topografía actuaría como un muro protector y detendría la avalancha de material. Además estratigráficamente no se ha identificado ningún flujo piroclástico en esta zona, ya que el Arenal es un sistema de conducto abierto, al menos para lo que resta del periodo eruptivo actual no se espera la ocurrencia de explosiones estrombolianas de grandes dimensiones que puedan lanzar bombas volcánicas a grandes distancias (Ver fotografía 34).

Tal y como dicta el Decreto de Ley es de esperar que toda actividad que se instale en esta zona realicen los estudios de evaluación de peligros volcánicos. De igual forma se deben impulsar a nivel de la Comisión Nacional de Emergencias, Comisión Local de Emergencias, institutos científicos de investigación vulcanológica y la sociedad civil, programas de información y educación sobre los peligros volcánicos actuales de tal forma que los mismos empresarios puedan informar a los turistas del riesgo que ocupan sus instalaciones. De la misma manera que sería necesario planificar las actividades de corte recreacional de acuerdo a las zonas que brinden mayor seguridad sin exponer innecesariamente las personas y los bienes. También se recomienda que los hoteles, restaurantes y balnearios tengan sus planes de emergencia en caso de crisis volcánicas y programas de educación.

Fotografía 34. Vista del Arenal y zona de pastizales desde el flanco norte



Fuente: M. Berrocal, 2003.

La zona propuesta muestra dos límites, por un lado la carretera y por otro el límite del radio de 5.5 kilómetros. El límite de la carretera se propone tomando en consideración

la accesibilidad y conectividad con una vía de comunicación hacia el centro de La Fortuna o zonas como el Embalse, El Castillo, Monteverde, entre otros, y que eventualmente puede actuar como la vía más rápida para la evacuación de los lugares en caso de crisis volcánica. El segundo límite correspondiente al radio de 5.5 kilómetros, tiene que ver con los elementos expuestos en el Decreto de Ley sobre restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas (2001). Ello no significa que en los lugares más allá de este límite no se puedan instalar locales de descanso y recreación.

Otro elemento a tomar en consideración es la generación de planes de emergencia que vayan acompañados de programa de educación en los riesgos volcánicos y por último la colocación de sistemas de alerta temprana (SAT) que puedan avisar a la población y a los turistas sobre el estado de peligrosidad del volcán día a día. En este sentido la experiencia de países como México es importante, donde un semáforo avisa a la población el grado de peligrosidad inmediata sobre todo de posibles explosiones del volcán Popocatepetl, con los colores verde, amarillo y rojo.

6.2.3 Zona urbana

A lo largo de este trabajo se ha descrito el crecimiento urbanístico que ha experimentado La Fortuna de San Carlos en su casco urbano y las razones por las que los locales comerciales²¹ han desplazado las viviendas a las periferias del centro de la ciudad.

Si bien la tendencia de ubicación de viviendas en el casco urbano de La Fortuna tiene tres vertientes (sur, norte, este) lo recomendado es que este crecimiento constante de zonas residenciales se aleje del volcán, de tal manera que la ubicación de viviendas se sitúe hacia el sector sur y este, zonas que en la actualidad son ocupadas por pastizales y cultivos.

Comparativamente con La Fortuna, el valor de la tierra en las cercanías del Volcán es elevado, lo que podría actuar como un elemento desincentivador para la expansión de la zona residencial hacia la carretera al volcán. Ello no significa que empresarios que tienen sus locales comerciales en esta zona aprovechen para construir sus casas en la misma propiedad que los locales.

Por el momento mientras el Arenal se mantenga activo es de esperar que el valor de la tierra en sus cercanías sea elevado. Esta tendencia no se puede asegurar una vez el Volcán haya concluido su actual ciclo eruptivo. Lo importante es seguir manteniendo libres de conglomerados residenciales las periferias del Arenal ya que, aunque finalice la actividad eruptiva actual, volverá a reactivarse y a iniciar un nuevo ciclo eruptivo.

En definitiva no se recomienda el uso del suelo residencial en las proximidades del Arenal ni para lo que resta de su actual ciclo eruptivo ni para el periodo de reposo, pensando en que la reactivación del Volcán puede ser violenta.

²¹ Entiéndase “local comercial” como un servicio comercial privado con fines de lucro. En esta categoría se incluye no solo la infraestructura de servicios turísticos (hoteles, restaurantes, operadoras de tour, etc) sino también servicios destinados a satisfacer las necesidades básicas de la población residente (supermercados, tiendas de ropa, zapaterías, peluquerías, ferreterías, etc).

6.2.4 Zonas destinadas a actividades agropecuarias

Manteniendo la génesis de la zona con respecto a la actividad ganadera, se recomiendan dos zonas para la actividad agropecuaria, específicamente el sector norte y el este. El sector norte se propone como zona de amortiguamiento entre la zona de riesgo volcánico y el área de instalación de infraestructura turística. A efectos paisajísticos se mantendrá el espacio con árboles y pastos en contraste con las zonas de suelo desnudo producto de la actividad volcánica. También se evitaría la instalación de locales comerciales en el lugar lo que disminuiría la aglomeración de personas en lugares expuestos.

El segundo lugar propuesto para este uso es el sector este que corresponde a lo que actualmente es el asentamiento de Z-13 y las zonas aledañas al camino que conduce a La Catarata del Río Fortuna. Esta área se propone para actividades agropecuarias tomando en consideración el eventual relleno del cráter D producto de la emisión de material del cráter C, y la eventual caída de material que pueda producirse en este flanco del Volcán.

Si bien en esta zona ubicada al este del Volcán ya predominan las fincas ganaderas, también es posible encontrar algunos hoteles y restaurantes. La eventual caída de material en este flanco les supone una amenaza constante ya que es difícil predecir las distancias que recorrerán las rocas que se precipiten por este flanco.

6.2.5 Zona de pastos y urbana

Esta categoría es especial porque se refiere al lugar donde está asentado el poblado de El Castillo y El Castillo Nuevo. Como se ha mencionado anteriormente estas poblaciones son un polo de desarrollo importante y han experimentado un crecimiento acelerado (en especial El Castillo) debido a la instalación de infraestructura turística. Son poblaciones pequeñas y con acceso a pocos servicios, de hecho los habitantes deben trasladarse a La Fortuna para realizar trámites bancarios, compra de materiales de construcción, asistencia médica en la clínica de la Caja Costarricense de Seguro Social y trámites específicos varios (Ver fotografía 35 y 36). El valor de la tierra en esta zona es mucho menor que en La Fortuna dado que aunque su crecimiento es acelerado su desarrollo es aún reducido comparativamente con La Fortuna y Monteverde.

Fotografía 35. Información de infraestructura turística en la entrada de El Castillo



Fuente: M. Berrocal, 2007.

Si bien la instalación de hoteles ha encontrado en El Castillo un lugar paisajísticamente rico, no es recomendable que se desarrolle al nivel de La Fortuna, sobre todo si se toma en consideración que los mapas de distribución de tefra de Geotérmica Italiana (1992) así como las investigaciones de Soto y Alvarado (2006) evidencian que es un lugar que ha sido afectado en la mayoría de las erupciones que ha tenido el Arenal a lo largo de los últimos 7000 años. Las evidencias estratigráficas encontradas en la zona demuestran la violencia de erupciones pasadas de Arenal y la tendencia de rumbo de la columna eruptiva. El Castillo ha sido afectado en varias ocasiones por erupciones volcánicas, la última vez sucedió aproximadamente en el año 1400 A.D, la denominada capa AR20 (ET-2 de Melson), una erupción de tipo pliniano con un VEI de 4. De las 22 erupciones documentadas por Geotérmica Italiana (1992), Soto y Alvarado (2006), El Castillo ha recibido el impacto directo de 17.

Fotografía 36. Vista del centro de El Castillo



Fuente: M. Berrocal, 2007.

6.2.6 Zona forestal, zona de cultivos y de pastos

La zona forestal comprende básicamente el Cerro Chato y el flanco suroeste del Arenal. Estos lugares poseen fuertes pendientes y están cubiertos de denso bosque tropical casi inaccesible. No existen caminos importantes, lo cual es recomendable que continúe así (Ver fotografía 37).

La zona de cultivos se ubica en los sectores norte, sur y este de La Fortuna. Los productos que se producen en la zona con mayor importancia son yuca, banano, frijol, maíz, cítricos, entre otros. La tierra, dada la influencia volcánica, es altamente fértil, y unido al clima tropical de altas temperaturas y lluvias constantes durante 8 meses al año han convertido a la zona norte del país en una de las más productivas.

Fotografía 37. Vista aérea del Cerro Chato y la cobertura de bosque tropical



Fuente: F. Chavarría, 2000.

La zona forestal y de pastos se ubica en el sector noroeste. Históricamente estas son áreas ganaderas y la deforestación no se ha dado por completo en algunos sectores, lo que favorece el desarrollo de bosque secundario y la regeneración de zonas forestales. Es importante mencionar que la zona está bajo la categoría de PSA (Pago por Servicios Ambientales) del Ministerio de Ambiente y Energía, lo que significa que el Estado costarricense paga a los propietarios de áreas cubiertas con bosque o zonas en regeneración un cánón anual por mantener las fincas libres de cultivos y permitir el desarrollo del bosque en forma natural. La categoría de pago por servicios ambientales (PSA) también se presenta en la zona forestal y en sitios colindantes con el Parque Nacional Volcán Arenal.

6.3 Consideraciones finales

A lo largo de este capítulo se ha identificado y cartografiado las áreas de afectación de los peligros de origen volcánico. Los principales peligros volcánicos identificados son zonas de lahares, flujos piroclásticos, caída de material y otras zonas susceptibles a peligros volcánicos para el actual periodo eruptivo. Es importante mencionar que los peligros volcánicos identificados corresponden al actual ciclo eruptivo del Arenal, iniciado en 1968.

Es importante mencionar que las zonas que se han identificado con peligros de origen volcánico están argumentadas en la secuencia de actividad volcánica sucedida en los últimos 10 años y donde se han encontrado patrones en común sobre todo en las zonas susceptibles a caída de material como por ejemplo el flanco noroeste y noreste, y en los últimos meses el flanco sur, así como las zonas afectadas históricamente por flujos piroclásticos.

En cuanto a la propuesta de zonificación de los usos de suelo, se ha logrado delimitar básicamente 6 zonas distintas: zonas de restricción a los asentamientos humanos y actividades permanentes, zonas destinadas a la instalación de infraestructura turística, zona urbana, zonas destinadas a actividades agropecuarias, zonas de pastos y urbanización y por último zonas para fines forestales y agropecuarios.

Cada una de las zonas propuestas se delimitó tomando en consideración los elementos físicos-volcánicos del actual período eruptivo del Volcán Arenal, así como el uso del suelo actual y las tendencias de crecimientos de los últimos 15 años. También se tomó en consideración el Decreto de Ley sobre restricción al uso del suelo y libre tránsito de personas emitido en el año 2001. Esta propuesta de zonificación del uso del suelo para el casco urbano de La Fortuna de San Carlos así como los alrededores del Volcán Arenal, resume a continuación (Ver tabla 23).

Tabla 23. Descripción de los usos del suelo en la propuesta de zonificación realizada

Zona propuesta	Usos permitidos	Usos no recomendados
Zonas de restricción a los asentamientos humanos y actividades permanentes	<p>Caminatas controladas por el interior del Parque Nacional y en la zona de senderos de los hoteles.</p> <p>Cabalgatas controladas por los senderos de los hoteles.</p> <p>Estadía temporal</p>	<p>Ingresar a las zonas de restricción dictadas por el Decreto de Ley.</p> <p>Construir nueva infraestructura turística o residencial.</p> <p>Ampliar la infraestructura existente.</p> <p>Estadía permanente en el lugar.</p>
Zona destinada a la instalación de infraestructura turística	<p>Construcción de nueva infraestructura turística o residencial con el respectivo estudio de evaluación de riesgo volcánico avalado por CNE.</p> <p>Tránsito de vehículos y personas.</p> <p>Actividades recreativas desarrolladas por los complejos hoteleros</p>	<p>Construcción de infraestructura turística y/o residencial sin el respectivo estudio de evaluación de riesgo volcánico avalado por CNE.</p> <p>Construcción de infraestructura turística sin tener en cuenta el impacto paisajístico en la zona.</p>
Zona urbana	<p>Construcción de zonas residenciales.</p> <p>Ampliación de la zona comercial a pequeña escala.</p>	<p>Instalación de industria pesada o actividades que generen contaminación acústica y/o atmosférica.</p>
Zona destinada a actividades agropecuarias	<p>Desarrollo de áreas para cultivo a pequeña escala.</p>	<p>Instalación de infraestructura turística.</p> <p>Instalación de zonas</p>

	Extensión y/o desarrollo de áreas de pastizales.	residenciales.
	Caminatas y cabalgatas de forma controlada.	
Zona de pastos y urbana	Desarrollo de áreas destinadas al cultivos a pequeña escala.	Instalación de industria pesada o actividades que generen contaminación acústica y/o atmosférica.
	Extensión y/o desarrollo de áreas de pastizales.	Instalación y/o desarrollo de grandes extensiones dedicadas a barrios residenciales.
	Caminatas y cabalgatas de forma controlada.	
	Desarrollo de áreas residenciales a pequeña escala.	Desarrollo de infraestructura turística a gran escala.
	Instalación de infraestructura turística a pequeña escala.	
	Desarrollo de senderos para caminatas de forma controlada.	
Zona forestal, cultivos y pastos	Desarrollo de zonas de regeneración forestal.	Instalación de industria pesada o actividades que generen contaminación acústica y/o atmosférica.
	Desarrollo de zonas de cultivo varios y áreas de pastizales a pequeña y mediana escala.	Instalación y/o desarrollo de grandes extensiones dedicadas a barrios residenciales.
	Desarrollo de senderos para caminatas y cabalgatas de forma controlada.	Desarrollo de infraestructura turística a gran escala.

Capítulo 7. Percepción del riesgo volcánico del sector turístico del casco urbano de la Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal

(...) Los resultados mejor establecidos de la investigación del riesgo muestran que los individuos tienen un sentido fuerte, pero injustificado, de inmunidad subjetiva (...)

M. Douglas (1996, p.57)

En este capítulo se analizará la percepción del riesgo volcánico del sector turístico y del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal y la forma como impacta positiva o negativamente en su forma de relacionarse con el volcán.

Por medio de una entrevista diseñada específicamente para los trabajadores del sector turístico de la zona, se analiza la percepción del riesgo de acuerdo a la ubicación geográfica, los años de residencia en la zona, el tipo de actividad económica a la que se dedican, la posibilidad de existencia de riesgos naturales en la zona, el acceso a la información sobre la actividad volcánica que tiene la población, su nivel de conocimiento sobre el decreto de ley sobre las zonas de restricción al uso del suelo, la valoración hacia las instituciones públicas y, en definitiva, su forma de ver, entender y vivir el Volcán Arenal como parte del paisaje y de su actividad económica.

El capítulo se divide en varios apartados. En primer lugar se describe la metodología aplicada y la elaboración de la entrevista que se aplicó al sector turístico de la zona, para posteriormente describir la metodología que se utilizó en el procesamiento de la información adquirida en las entrevistas. Por último se analiza los resultados obtenidos de la entrevista dirigida al sector turístico del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal.

7.1 Metodología

7.1.1 Diseño de la entrevista

Uno de los instrumentos más utilizados para poder analizar la percepción del riesgo por parte de una población determinada son las entrevistas, donde por medio de preguntas especialmente diseñadas, se obtiene la información requerida. Las entrevistas deben contener preguntas específicas sobre el tipo de riesgo natural que se presenta en la zona a estudiar, y las preguntas deben estar esquematizadas de tal forma que puedan ser comprendidas por todas las personas a entrevistar, sin importar el grado de escolaridad.

La entrevista que se diseñó y se aplicó en La Fortuna y alrededores estuvo estructurada en 5 bloques:

1. Información personal: Incluyó el cargo laboral de la persona entrevistada, dueño o empleado, y sexo. En cuanto a la edad, esta no fue posible tomarla, ya que la pregunta incomodaba al entrevistado.
2. Ubicación geográfica: En este apartado se ubicaba el local comercial según su localización geográfica:
 - Afueras del casco urbano
 - Casco urbano de La Fortuna
 - Dentro de un radio de 5.5 km
 - Zona de restricción R1
 - Zona de restricción R2
 - Zona de restricción R3
 - Zona de restricción R4

3. Caracterización de la actividad turística: Considerando la diversidad turística en la zona, se identificó según su especialidad: hospedaje, alimentación, venta de servicios, actividades recreativas, itinerarios turísticos, etc. También se preguntó el tiempo que venía la empresa prestando servicios y el motivo por el cual se decidió a abrir el negocio en la zona.
4. Percepción del riesgo o peligro: Se consideró el tiempo de estancia en la zona, el tipo de actividad volcánica que ha conocido, su visión sobre el peligro potencial del Arenal, así como la percepción de in/seguridad de ubicación de su negocio. Se preguntó también sobre la población que desde su punto de vista se encuentra amenazada y lo que significaría para ellos como comerciantes el cese de la actividad volcánica del Arenal como principal atractivo de la zona.

Este apartado también recoge la intención de los entrevistados respecto a trasladar su negocio a sitios más cercanos al volcán, el conocimiento que existe sobre las zonas de restricción que estipula el decreto de ley y su visión sobre la existencia o no de lugares peligrosos alrededor del Volcán, tanto para los turistas como para la población en general.

Se consultó a la población del sector turístico sobre las señales volcánicas (o manifestaciones de la actividad volcánica) que les provocaban preocupación o nerviosismo y que los harían pensar en la evacuación del sitio o en alejarse momentáneamente de los lugares cercanos al Volcán.

5. Información: En esta sección se indagó sobre la percepción de la población comerciante hacia la labor de las instituciones públicas encargadas de la gestión de emergencias naturales, el Gobierno Local y Universidades. Además se consultó sobre el tipo de información que maneja la población y las operadoras de tour en torno a la actividad volcánica.

También se preguntó a la población del sector turístico sobre la tenencia o no del estudio de riesgo volcánico para el local comercial, como parte de los requisitos de construcción que dicta el decreto de ley. Se preguntó sobre la existencia o no de un plan de emergencias en el negocio en caso de crisis volcánica.

El instrumento o entrevista fue revisado por distintos profesionales; Eduardo Malavassi, vulcanólogo, Anna Ribas y Lluís Ribera, geógrafos, Rocío Loría, antropóloga, con el objetivo de asegurar los contenidos, la claridad de las preguntas, el tipo de preguntas (sobre todo preguntas cerradas de respuesta única) y garantizar que las respuestas recabaran la visión de la población entrevistada sobre la percepción del riesgo: actividad turística versus actividad volcánica. Además se contó con la guía de Timo Partanen, especialista en estadística, para la selección de la población muestra (Ver figura 48).

Figura 48. Modelo de entrevista destinado a la población del sector turismo del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal.

I- DEL ENTREVISTADO

Cargo que desempeña el entrevistado. *(Para el entrevistador)*

- Dueño del negocio
- Gerente
- Jefe de personal
- Otro

Edad del entrevistado_____

Sexo del entrevistado. *(Para el entrevistador)*

- M
- F

II- UBICACIÓN

1. Ubicación del local comercial. *(Para el entrevistador)*

- Casco urbano de La Fortuna
- Dentro del radio de 5.5 Km
- Dentro de la R1
- Dentro de la R2
- Dentro de la R3
- Dentro de la R4

2. Considera que su ubicación actual es cercana al volcán?

- Sí
- No

III- CARACTERIZACION DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA

3. Tipo de actividad turística. *(Para el entrevistador)*

- Hotel
- Cabinas (Hostal)
- Operadora de tours
- Restaurante, bar, comidas varias
- Balneario y Spa
- Alquiler de motos, cuatriciclos, autos, caballos.
- Puentes colgantes, Canopy
- Transporte informal de turistas
- Ventas a la orilla del camino
- Otro

4. Cuándo empezó su empresa a prestar servicios en forma regular?

- 0 – 2 años
- 3 – 5 años
- 6 – 10 años
- Más de 10 años. (Quizás fecha)

5. Por qué decidió abrir este negocio turístico cerca de un volcán? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Porque este es el terreno de mi familia
 - Porque es un sitio más competitivo
 - Otras
-
-

III- PERCEPCION DEL RIESGO O PELIGRO

6. Cree que la actividad volcánica del Arenal es potencialmente peligrosa?

- Sí
- No

7. Para quiénes puede ser peligrosa? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Para los que se suben en el cono volcánico y se acercan mucho a la cima.
- Para los que viven o realizan actividades económicas cerca de la base del cono?
- Para los que viven a lo largo de la carretera La Fortuna- Sangregado.
- Para los que viven en La Fortuna.
- Para los que viven a menos de 12 km del volcán (eventos prehistóricos)
- Para todos los habitantes de la zona norte
- Otras

8. Considera que la ubicación de su local comercial es segura para usted, sus empleados y sus clientes con respecto a la actividad volcánica? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

- Sí porque estoy fuera de las zonas afectadas en 1968
- Sí porque tengo el estudio de vulnerabilidad y riesgo volcánico
- Sí porque aquí nunca ha sucedido nada
- Sí porque tengo planes de emergencia en mi negocio
- Sí porque les informamos a los clientes sobre la actividad del volcán

- No porque no estoy muy cerca del volcán
- No porque no tengo ningún estudio de vulnerabilidad y riesgo volcánico
- No porque me han dicho que este lugar es peligroso

9. Trasladaría su local comercial más cerca del volcán. *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

Sí para ser más competitivo con el resto de negocios

- No porque el precio de la tierra es muy alto
- No porque aún le estoy pagando al banco el préstamo
- No porque es peligroso estar tan cerca del volcán
- No porque aquí estoy bien

10. En los alrededores del volcán existen lugares peligrosos para visitarlo? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

- Sí como el Parque Nacional
- Sí como el Tabacón, Los Lagos, Kyoro, otros

- No, todo está bien regulado
- No, ya no va a pasar nada más con el volcán

11. Piensa usted que el decreto con las restricciones al uso del suelo han ayudado reducir el riesgo al que se pueden exponer los turistas durante sus visitas al volcán Arenal y los nuevos hoteles? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

- Sí porque la gente está más informada
- Sí porque marcan las zonas peligrosas
- Sí por que se pide un estudio de vulnerabilidad y riesgo volcánico

- No porque la gente no lo conoce
- No porque nadie lo cumple
- No conoce el decreto

12. Las empresas que realizan los “tours” alrededor del volcán toman en cuenta la relativa peligrosidad del sitio que visitan? *(Pregunta para las operadoras de tour y los negocios que subcontratan los tour) (La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

- Sí porque ya conocen la zona
- Sí porque tienen mucha experiencia en tours
- Sí porque hablan con funcionarios de las universidades y de la CNE que visitan la zona regularmente
- Sí porque leen los reportes vulcanológicos de las universidades

- No porque no tienen información sobre la actividad del volcán
- No porque nunca ha sucedido nada
- No porque el volcán ya no hace erupciones peligrosas

13. Tiene Ud. información sobre la actividad del volcán Arenal? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

- Boletines vulcanológicos
- Noticias del periódico
- Conversaciones con personal de universidades o CNE que visitan la zona.

14. Sabe a qué instituciones puede dirigirse para obtener información sobre la actividad del Arenal o sobre el decreto de la CNE?

- Municipalidad de San Carlos
- Universidades (OVSICORI-ICE-UCR)
- Comité local de emergencias
- Comisión Nacional de Emergencias en San José
- Parque Nacional Volcán Arenal
- RECOPE
- Cruz Roja
- Cámara de Turismo
- Otro

15. Le interesa conocer sobre los peligros volcánicos y las zonas de restricción del uso del suelo en los alrededores del Arenal?

- Sí
- No

- Me interesa tener mapas y boletines
- Me interesa que se hagan más talleres informativos en la zona

- No me interesa porque conozco la zona
- No me interesa porque nunca ha sucedido nada
- No me interesa porque siempre hablan de cerrar negocios
- No me interesa porque me pueden cobrar más impuestos

16. Ha participado o a recibido información sobre la peligrosidad del volcán?

- Sí, qué recuerda?
- No.

IV- PERCEPCION DEL EFECTO DE LA ACTIVIDAD TURISTICA DE LA EVENTUAL DESAPARICION DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN.

17. De qué manera impactaría a la actividad económica de la zona una eventual finalización de la actividad del volcán Arenal. *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- No impactaría porque existen otras alternativas turísticas
- Disminuiría un poco la afluencia de turistas
- Disminuiría mucho la afluencia de turistas
- Se tendrían que buscar otras formas de turismo

18. Posee su terreno (donde está asentado el negocio) el estudio de evaluación de vulnerabilidad volcánica que elaboran las universidades y la CNE? *(Solo aplica para infraestructura construida en los últimos 5 años y que se encuentran dentro del radio de 5.5 Km que dicta el decreto).*

- Sí
- No.

19. Su negocio posee algún tipo de plan de emergencia o medidas preventivas en caso de actividad volcánica peligrosa? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Sí
- No

- Señalización, salidas de emergencia, rutas de evacuación, etc
- Mapas
- Plan de emergencia
- Charlas con los empleados

20. Qué tipo de señales volcánicas representarían peligro para usted? *(La selección de opciones es para el entrevistador)*

- Erupción de una colada de lava.
- Desprendimiento de rocas incandescentes.
- Muy vigorosas y muy frecuentes erupciones de ceniza, rocas y retumbos.
- Fuertes retumbos.
- Lluvia con ceniza y barro.
- Lluvia con sabor ácido que afecta la vegetación.
- Avalanchas de ceniza y rocas que bajan con gran velocidad sobre un flanco
- Temblores fuertes que solo se sienten alrededor del volcán.
- Vigorosa desgasificación con columnas de varios kilómetros de altura.
- Cabezas de agua que depositan gran cantidad de arena y barro al pie del volcán.
- Deslizamientos grandes de paredes superiores del cono volcánico.
- Extravío de varios turistas.
- Desaparición de señales de actividad volcánica por días o semanas.

7.1.2 Muestra poblacional comerciante a entrevistar

En primer lugar se actualizó la información sobre usos turísticos del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, dado que la última actualización se hizo en el año 2003. Se contabilizaron 265 locales comerciales en la zona. Paralelamente se calculó la ubicación geográfica de cada local comercial con un GPS de mano.

La información fue volcada en los mapas digitales de la zona utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se trabajó con el software ARCVIEW 3.3 ® y ARCGIS 9.0 ®

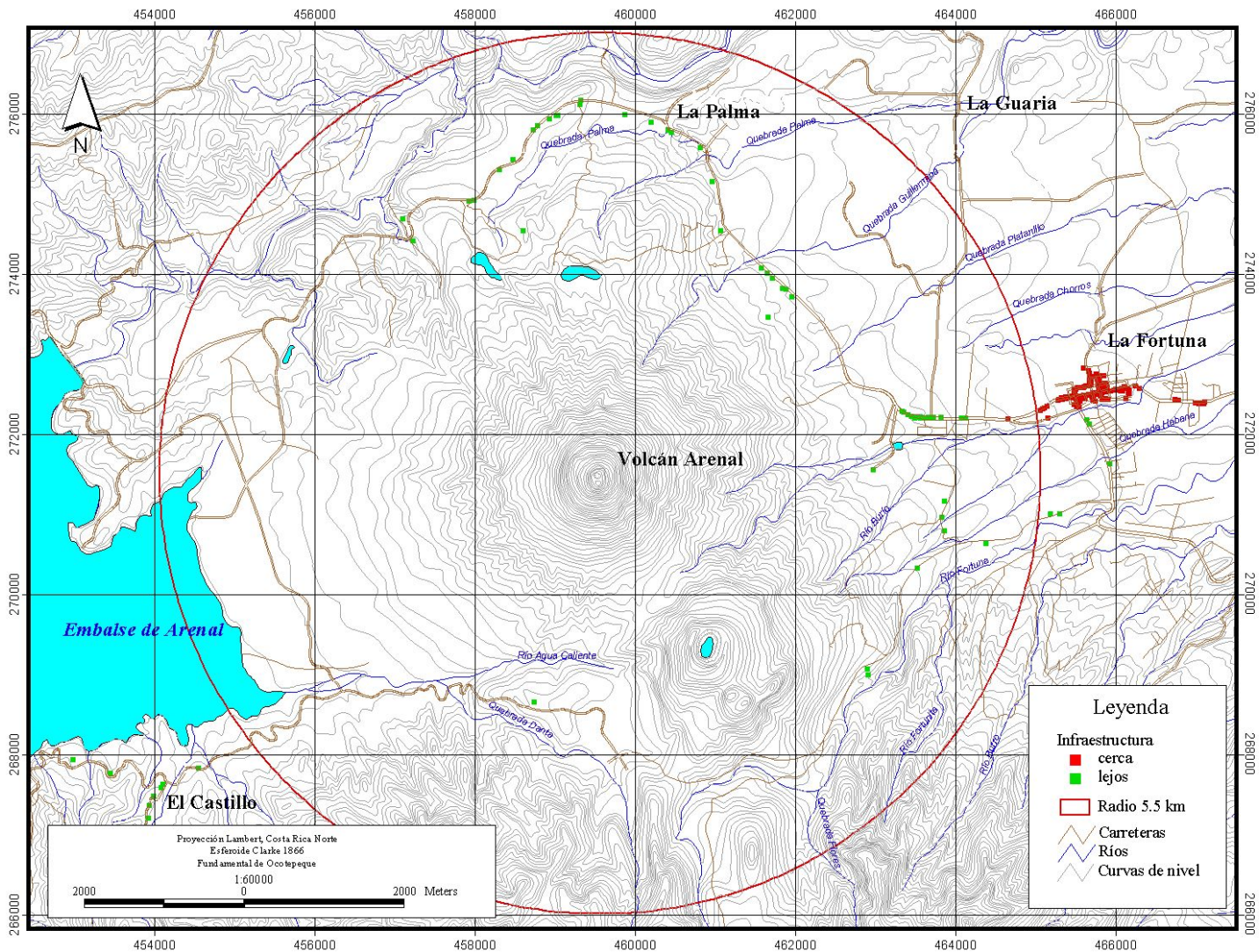
Para seleccionar una muestra representativa de las personas a entrevistar, a cada local comercial se les asignó una “etiqueta” o “peso”, el cual caracterizaba el punto de acuerdo a su cercanía o lejanía al centro económico de la ciudad de La Fortuna.

Al final la zona quedó subdividida en 4 segmentos de la siguiente forma:

	ALTO	BAJO
CERCA	10	10
LEJOS	10	10

Los locales comerciales con la etiqueta “cerca” son los comercios ubicados en el casco urbano de La Fortuna, los que tienen la etiqueta “lejos” son los ubicados alrededor del Volcán, sobre la carretera o en el poblado de El Castillo (Ver figura 49).

Figura 49. Ubicación de infraestructura turística de acuerdo a su cercanía a La Fortuna



Fuente: Cartografía base del IGN. Infraestructura turística: elaboración propia

La etiqueta “bajo” y “alto” en la categorización de negocios comerciales, se asigna en base a la cantidad de personas que permanecen en un local comercial durante periodos medios y largos de tiempo (entiéndase, horas y/o días), como por la densidad de locales de la misma línea comercial.

La categoría “Alto” abarca los siguientes negocios comerciales:

- Hoteles
- Centros comerciales
- Cabinas
- Restaurantes
- Tiendas
- Operadoras de tour

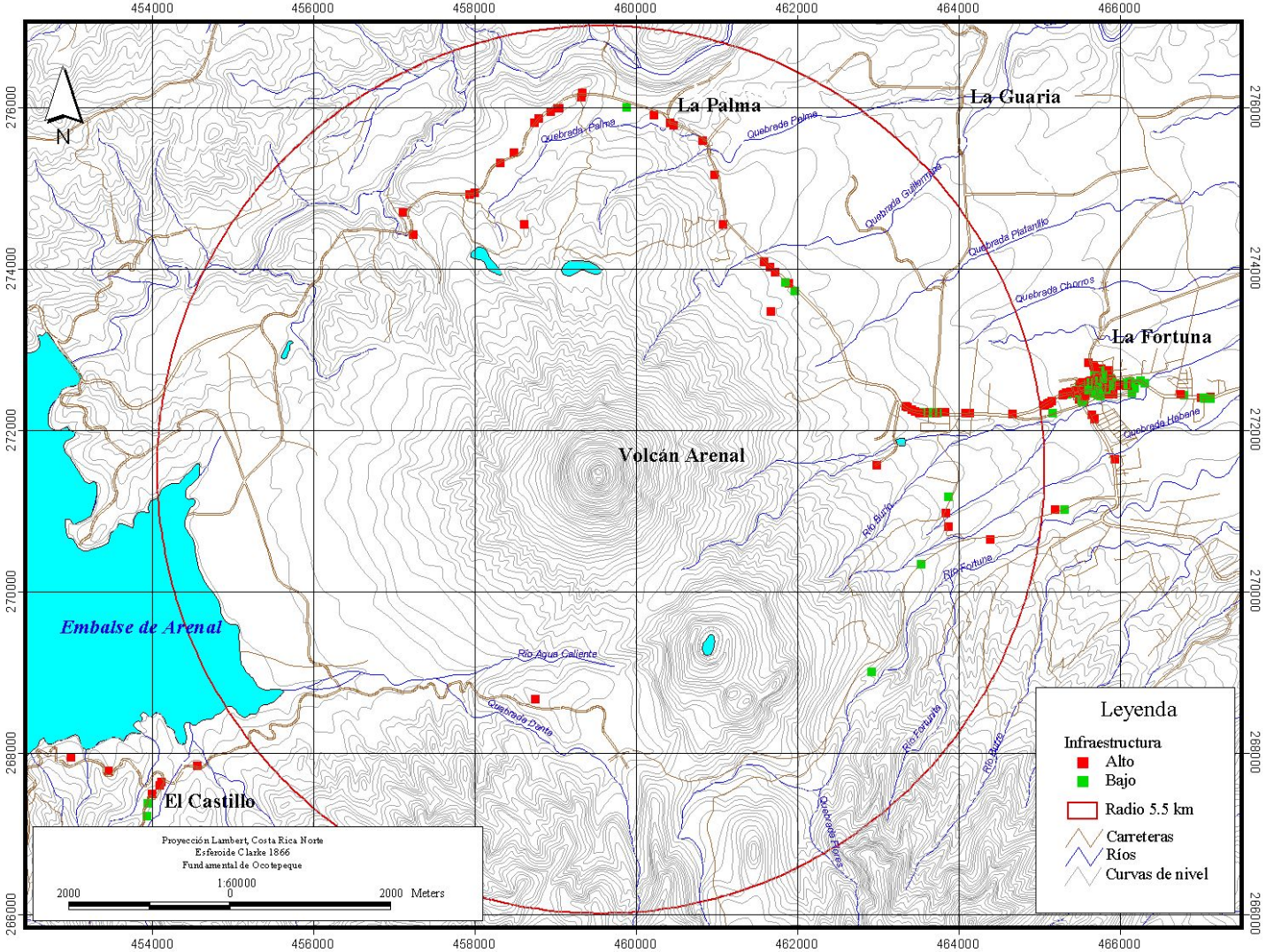
Los hoteles y las cabinas pueden aglomerar a un número significativo de personas y existe una gran variedad operando en la zona. Existen dos centros comerciales que reúnen gran cantidad de locales comerciales pequeños en una misma superficie. Los restaurantes son también numerosos tanto en La Fortuna como en los alrededores del Volcán. Algunos hoteles pueden agrupar una cantidad importante de personas en diferentes horas del día y la noche. También proliferan en la zona las tiendas y las operadoras de tour, distribuidos en locales comerciales pequeños.

La categoría “Bajo” abarca los siguientes negocios comerciales:

- Gasolinera
- Soda
- Autorepuestos
- Tienda de artículos electrónicos
- Supermercado
- Oficina de arquitectos
- Bancos
- Inmobiliarias
- Farmacias
- Estudio fotográfico
- Internet
- Lavandería
- Ferretería
- Farmacia
- Panadería
- Oficina de correos
- Carnicería
- Heladerías
- Alquiler de autos

En estos sitios no es usual la aglomeración de personas. Los usuarios tienden a hacer un uso puntual de los servicios (visitas de pocos minutos) (Ver figura 50).

Figura 50. Clasificación de infraestructura turística de acuerdo a la capacidad de aglomeración de personas



Fuente: Cartografía base del IGN. Infraestructura turística: elaboración propia

Con base a la clasificación de cada uno de los locales comerciales se procedió a enumerar los sitios de la siguiente forma (Ver tabla 24):

- Locales comerciales “cerca” y “alto”
- Locales comerciales “cerca” y “bajo”
- Locales comerciales “lejos” y “alto”
- Locales comerciales “lejos” y “bajo”

Tabla 24. Cantidad de locales comerciales por segmento

	ALTO	BAJO
CERCA	92 locales comerciales	106 locales comerciales
LEJOS	53 locales comerciales	14 locales comerciales

El listado enumera consecutivamente cada uno de los locales comerciales. Los diez locales a entrevistar se seleccionaron utilizando el RNG (Random Number Generator), introduciendo el número máximo de entrevistas a realizar y el número total de población, en este caso, el número total de locales comerciales por segmento (Ver figura 51).

Figura 51. Selección de locales comerciales a entrevistar de acuerdo al RNG

The screenshot shows the 'Random Integer Generator' interface. The top section is titled 'Random Integer Generator' and includes a description: 'This form allows you to generate random integers. The randomness comes from atmospheric noise, which for many purposes is better than the pseudo-random number algorithms typically used in computer programs.' Below this, 'Part 1: The Integers' contains input fields for 'Generate 10 random integers (maximum 10,000)', 'Each integer should have a value between 1 and 92 (both inclusive; limits ±1,000,000,000)', and 'Format in 1 column(s)'. 'Part 2: Go!' includes a message 'Be patient! It may take a little while to generate your numbers...' and buttons for 'Get Numbers', 'Reset Form', and 'Switch to Advanced Mode'. The bottom section displays the results under the heading 'RANDOM.ORG v2.0 beta True Random Number Service'. The text 'Random Integer Generator' is repeated. Below it, 'Here are your random numbers:' is followed by a list of ten numbers: 10, 51, 7, 76, 77, 90, 79, 64, 59, 51. At the bottom, the timestamp 'Timestamp: 2007-05-02 17:05:36 GMT' and buttons for 'Again!' and 'Go Back' are visible.

Una vez obtenido el listado definitivo con los números y nombres de los locales comerciales a entrevistar se ubican en el mapa y se procede con la entrevista. En aquellos casos donde no fuera posible realizar la entrevista (según local comercial seleccionado) se pasaba al negocio más próximo al seleccionado. Esto sucedió en 8 de los locales.

En R1, dos locales rechazaron la entrevista. Dentro del radio de 5.5 km en 4 locales el personal no se sentía preparado para contestar la entrevista por haber ingresado a laborar recientemente y los dueños no estaban presentes. Fuera del radio de 5.5 km y de las zonas de restricción, los 2 locales seleccionados se encontraban cerrados.

7.1.3 Aplicación de la entrevista a población comerciante

La aplicación de la entrevista tuvo las siguientes limitantes:

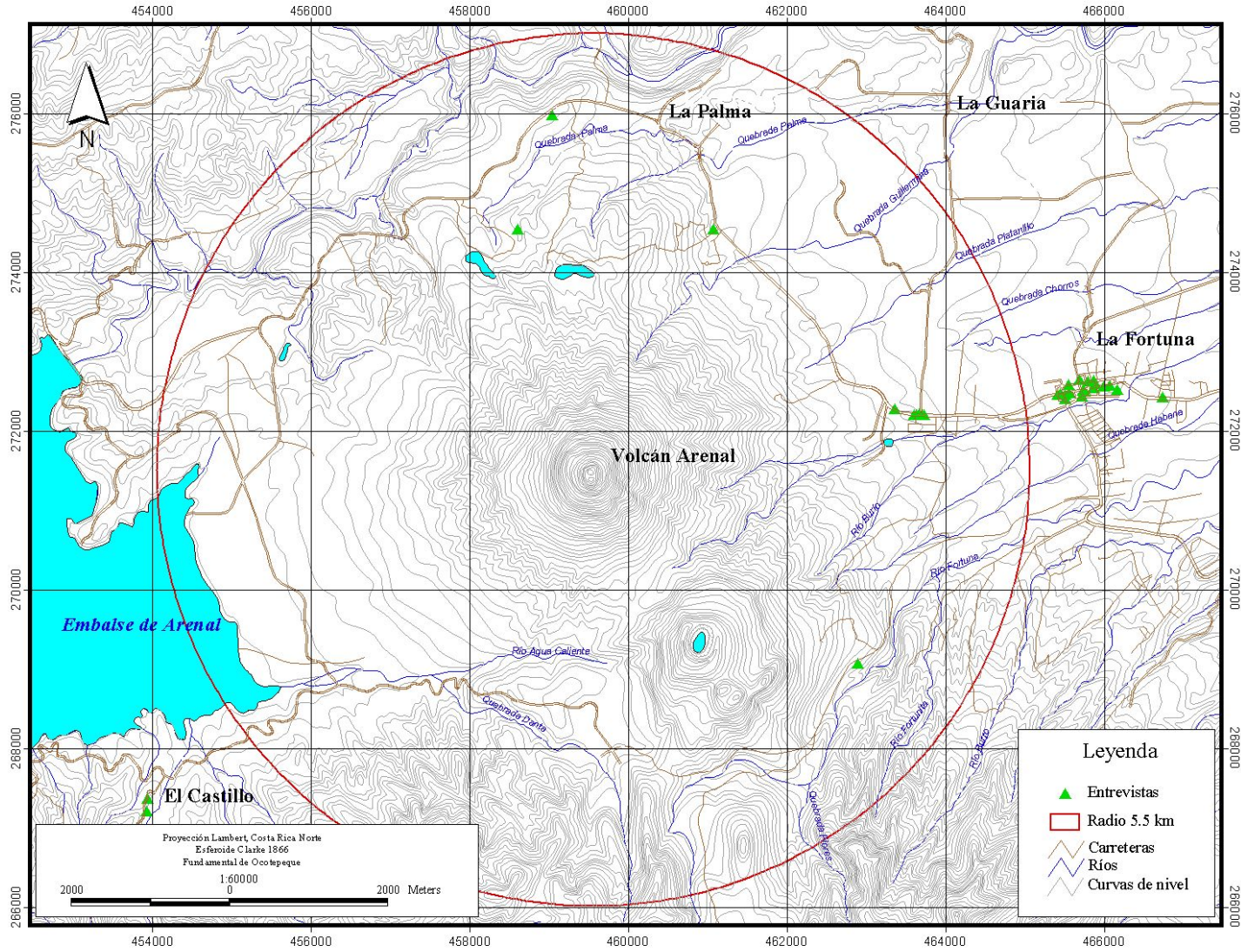
1. No fue posible grabar la entrevista, ya que a los entrevistados les generaba cierta incomodidad.
2. La mayoría de las entrevistas se realizaron a los dueños de los locales comerciales. En algunos casos, los dueños se encontraban fuera del cantón o atendiendo otros locales comerciales de su propiedad. En estos casos la entrevista fue realizada a los empleados/gerentes del comercio.
3. Las mayores dificultades para aplicar la entrevista se dieron principalmente en los locales comerciales ubicados sobre la carretera que conduce al Volcán. Esto era de esperar ya que es la zona más conflictiva, tanto por la competitividad comercial que existe como por la infracción existente en algunos casos a las normativas de restricción de uso del suelo. En este sitio la inversión en la infraestructura turística es más elevada que en La Fortuna, lo que pudo generar la negativa por parte del personal de algunos locales comerciales a responder la entrevista o de avisar al gerente o dueño del establecimiento. Esto provocó la imposibilidad de realizar algunas entrevistas, ya que los locales vecinos al seleccionado también se negaban a ser entrevistados. En otros sitios, el personal presente se negó a ser entrevistado por el poco conocimiento que tenían del sitio, al tratarse de personal recién contratado o llegado a la zona.

Los locales comerciales entrevistados fueron 32 que comprende: (Ver figura 52).

- Hoteles
- Escuela de idiomas
- Ferreterías
- Tiendas de ropa deportiva
- Pastelerías
- Consultorios médicos
- Restaurantes
- Operadoras de tour
- Tiendas
- Licoreras

- Internet
- Carnicerías
- Jardín Zoológico
- Mariposario

Figura 52. Ubicación de locales comerciales entrevistados en La Fortuna y alrededores



Fuente: Cartografía base del IGN. Infraestructura turística: elaboración propia

7.1.4 Codificación de las entrevistas a comerciantes

Se definieron códigos para cada pregunta y respuesta de la entrevista. Las preguntas son codificadas con palabras no mayores a 8 caracteres asociados al tema de la pregunta y las respuestas con números. Para la codificación de las respuestas, se elaboró un manual de códigos que contiene las respuestas agrupadas para cada pregunta (Ver tabla 25).

Tabla 25. Manual de códigos de la entrevista

Código	Resp	
1		Código de entrevista (CODIGO)
2		Cargo que desempeña el entrevistado (CARGO)
	1	Dueño del negocio
	2	Gerente de operaciones
	3	Jefe de personal
	4	Encargado / empleado
3		Sexo del entrevistado (SEXO)
	1	Masculino
	2	Femenino
4		Ubicación del local comercial (UBICA)
	1	Afuera del casco urbano
	2	Casco urbano
	3	Dentro del radio de 5.5 Km
	4	Dentro de R1
	5	Dentro de R2
	6	Dentro de R3
	7	Dentro de R4
5		Considera que su ubicación actual es cercana al volcán (CERCANIA)
	1	Si
	2	No
6		Tipo de actividad turística (TIPO)
	1	Hotel
	2	Cabinas (hostal)
	3	Operadora de tours
	4	Restaurante, bar, comidas varias
	10	Escuela de idiomas
	11	Ferretería, materiales agropecuarios
	12	Tienda de ropa, zapatería
	13	Pastelería
	14	Clínica privada
	15	Tienda de souvenirs
	16	Internet
	17	Galería de artículos de madera y adornos para la casa
	18	Carnicería
	19	Mariposario
	20	Jardín zoológico

Para la codificación de la información se utilizó el software especializado en estadística, SPSS 12.0 ® (Ver figura 53).

Figura 53. Preparación de la información en SPSS 12 ®

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	codigo	Numeric	8	0	Código de entr	None	None	8	Right	Scale
2	cargo	Numeric	8	0	Cargo que des	{1, Dueño d...	None	8	Right	Nominal
3	sexo	Numeric	8	0	Sexo del encu	{1, Masculino}	None	8	Right	Nominal
4	ubica	Numeric	8	0	Ubicación del	{1, Afueras del	None	8	Right	Nominal
5	cercania	Numeric	8	0	Considera que	{1, Si}...	None	8	Right	Nominal
6	tipo	Numeric	8	0	Tipo de activid	{1,				
7	inicio	Numeric	8	0	Cuando empez	{1,				
8	abrir	Numeric	8	0	Por qué decidí	{1,				
9	peligro	Numeric	8	0	Cree que la ac	{1,				
10	quienes	Numeric	8	0	Para quienes e	{1,				
11	seguridad	Numeric	8	0	Considera que	{1,				
12	traslada	Numeric	8	0	Trasladaría su	{1,				
13	lugares	Numeric	8	0	En los alreded	{1,				
14	cne	Numeric	8	0	Piensa que el	{1,				
15	ot	Numeric	8	0	Las OT toman	{1,				
16	info	Numeric	8	0	Tiene usted inf	{1, Si}...	None	8	Right	Nominal
17	institucion	Numeric	8	0	Sabe a qué ins	{1, Universidad	None	8	Right	Nominal
18	conocer	Numeric	8	0	Le interesa co	{1, Si}...	None	8	Right	Nominal
19	charlas	Numeric	8	0	Ha participado	{1, Si}...	None	8	Right	Nominal
20	impacto	Numeric	8	0	De qué maner	{1, Disminuiría	None	8	Right	Nominal
21	estudio	Numeric	8	0	Posee su terre	{1, Si}...	None	8	Right	Nominal
22	plan	Numeric	8	0	Su negocio po	{1, Si}...	None	8	Right	Nominal
23	señales	Numeric	8	0	Qué tipo de se	{1, Temblores}	None	8	Right	Nominal

Value	Label
1	"Dueño del negocio"
2	"Gerente de operaciones"
3	"Jefe de personal"
4	"Empleado/encargado"

7.2 Análisis de los resultados

7.2.1 Características de la población entrevistada y su ubicación

7.2.1.1 Población entrevistada

La entrevista consistió de 23 preguntas dirigidas a pequeños, medianos y grandes comerciantes de La Fortuna y alrededores. De las 40 entrevistas seleccionadas, se realizaron 32, por los motivos señalados con anterioridad.

De las 32 personas entrevistadas 17 fueron hombres, 10 eran dueños del local comercial y 7 empleados. Se entrevistaron 15 mujeres, 9 dueñas del negocio y 6 empleadas. En ambos casos el 62.5% ocupaba puestos de jefatura (dueños y gerentes). Una particularidad que tiene la zona es que el desarrollo de la actividad turística no está en manos de los hombres de forma exclusiva, sino que existe cierta equidad (tanto en la distribución de la tierra como en la administración de los negocios).

La edad de los entrevistados no fue posible obtenerla aunque se estima un rango de 25-55 años. En general, los empleados eran personas jóvenes (menores de 25 años) mientras que los dueños de los locales comerciales eran personas de mayor edad (mayores de 40 años).

7.2.1.2 Ubicación de la población entrevistada

Según la aplicación del método de selección de la muestra poblacional, 3 de las entrevistas se realizaron en las afueras de La Fortuna, hacia el este, carretera a El Tanque y Los Ángeles y en el poblado de El Castillo al suroeste del Volcán, 19 se

aplicaron en el casco urbano de La Fortuna, 9 dentro del radio de 5.5 km y una de ellas en la zona de restricción R1 (Ver tabla 26).

Tabla 26. Cargo que desempeña el entrevistado y ubicación del local comercial

	Ubicación del local comercial				Total
	Afuera del casco urbano	Casco urbano	Dentro del radio de 5.5Km	Dentro de R1	
Cargo que desempeña					
Dueño del negocio	1	10	8	0	19
Gerente	0	0	0	1	1
Empleado/encarg.	2	9	1	0	12
Total	3	19	9	1	32

7.2.1.3 Tipo de actividad económica

El tipo de actividad económica desarrollada por los comerciantes entrevistados es variada, el método de selección de la muestra poblacional dio como resultado que se entrevistaran 9 hoteles y 1 cabina, 2 operadoras de tour, 2 restaurantes, 1 escuela de idiomas, 1 ferretería, 2 tiendas de ropa, 1 pastelería, 1 clínica médica privada, 5 tiendas de souvenirs, 1 internet, 2 galerías, 1 carnicería, 1 jardín zoológico, 1 mariposario y 1 tienda de licores. Esta diversidad permite contar con una amplia variedad de tipologías comerciales, tanto de pequeños y medianos como de grandes empresarios, no solo ofreciendo servicios y productos a los turistas (66% de los locales entrevistados), sino también a la población residente (44%).

7.2.1.4 Tiempo de prestar servicio en la zona y motivo de apertura del negocio

El 62.5% de los comercios entrevistados opera hace menos de 5 años y el 37.5% más de 6 años. Los comercios de mayor antigüedad corresponden a empresas familiares (creados y administrados por una misma familia padre, madre e hijos o hermanos), que incursionaron en la venta de servicios turísticos con la llegada masiva de turismo al lugar. La consolidación de estas empresas familiares tuvo como oportunidad el que no existiera una oferta turística de competencia.

Los comerciantes catalogan el casco urbano de La Fortuna como el centro económico del distrito, en tanto representa una oportunidad real para el pequeño empresario. No obstante, la rotación comercial del casco urbano es elevada, esto significa que un local puede tener varios usos en pocos meses. Si un comercio no funciona, se alquila el local a otra persona quien puede llegar a instalar un servicio distinto. No es de extrañar, por tanto, que el 40% de los locales comerciales entrevistados tuvieran menos de 2 años de funcionamiento (Ver tabla 27).

Tabla 27. Cargo que desempeña el entrevistado y tiempo de operaciones del comercio

	Cuando empezó su empresa a prestar servicios				Total
	0-2 años	3-5 años	6-10 años	Más de 10 años	
Cargo que desempeña					
Dueño del negocio	7	4	1	7	19
Gerente	0	0	0	1	1
Empleado/encarg	6	3	3	0	12
Total	13	7	4	8	32

La Fortuna se ve como lugar en constante crecimiento económico a partir del turismo, por este motivo casi la mitad de la población entrevistada (47% del total) decidió abrir sus comercios en el casco urbano, lo que les garantiza tener una entrada económica constante o “dinero seguro” (no se especifica cantidad o suficiencia) sobre todo aquellos que están ubicados sobre la carretera principal que atraviesa el poblado y por donde la mayoría de los viajeros transita.

Si bien la razón de abrir locales comerciales para algunos empresarios sea la de ganar dinero colocando su negocio en el centro económico del distrito, originalmente para otros (37% del total) obedeció a la oportunidad de tierras familiares (herencias) que en pocos años aumentaron su plusvalía.

Antes del crecimiento turístico en La Fortuna y alrededores, la principal actividad económica era la ganadería, tal como lo fue anteriormente a la erupción del volcán en 1968. Esta actividad necesita como mínimo 10 hectáreas de tierra para ser rentable²². El giro económico-productivo de la zona, a partir de la actividad volcánica de atracción, motivó que la actividad ganadera disminuyera significativamente.

En zonas rurales de Costa Rica, ha sido tradición la segregación de las tierras por partes, como herencia a los hijos y la zona de La Fortuna no ha sido la excepción. Bastantes lugareños poseen tierras, tanto en el casco urbano como en los alrededores, y han desarrollado locales comerciales aprovechando tierras de su propiedad. Otros han vendido a inversionistas parte de las mismas. De ahí que los autóctonos de La Fortuna posean propiedades en puntos estratégicos, cerca o alrededor del Volcán, lo que les ha permitido acrecentar su capital.

7.2.2 Estado de la actividad actual del volcán

7.2.2.1 Generación de rumores y temores

Muchos de los rumores y temores de la población hacia la actividad del Arenal se deben a un desconocimiento de la actividad volcánica real por razones que no se discutirán en este apartado. La población muchas veces se informa a través de las observaciones del volcán realizadas por los guías de turistas, quienes en muchos casos inyectan en sus comentarios grandes cargas de exageración e ignorancia. Ello se debe a que muchos de ellos aunque llevan cursos especializados para ejercer como guías de turistas brindados por el Instituto Costarricense de Turismo o por el Instituto Nacional de Aprendizaje, no

²² En el casco urbano de La Fortuna durante la década de 1960 y 1970, algunos lugareños poseían pequeñas propiedades de cientos de metros cuadrados, que fueron utilizadas en la actividad ganadera.

llevan cursos sobre la dinámica volcánica ya que las instituciones científicas no los brindan de forma regular.

Uno de los temores de la población es que el Arenal provoque una explosión igual o mayor que la de 1968, o que la tierra comience a temblar a causa del Volcán, e incluso que el Cerro Chato (antiguo volcán ubicado al lado del Arenal) entre en erupción debido a las “venas” (entiéndase como conductos volcánicos) que unen ambos volcanes.

En una de las entrevistas realizadas uno de los comerciantes expresó tener pesadillas a menudo donde recreaba la explosión del Arenal y la destrucción de La Fortuna, lo cual refleja un continuo temor hacia el Volcán. Por eso es importante repasar de forma breve la actividad actual del Volcán para poder entender mejor las respuestas sobre percepción de riesgo que da la población entrevistada.

7.2.2.2 Actividad actual del Arenal

El Volcán Arenal, es uno de los volcanes más activos del mundo. Es un volcán con conducto abierto, su erupción inicial en 1968, abrió ese conducto que se había mantenido cerrado durante varios cientos de años. Un sistema volcánico presenta un régimen de conducto abierto cuando no existen obstrucciones en su conducto capaces de producir sobrepresiones que puedan producir grandes explosiones volcánicas, aunque se sobreentiende que el conducto volcánico contiene magma en ascenso y gases. En pocas palabras, que el conducto volcánico es permeable.

Por tanto, las posibilidades de que el Arenal tenga, en lo que resta del actual ciclo eruptivo, una explosión igual o mayor a la de 1968 es poco probable. El Volcán presenta otro tipo de riesgos en la actualidad, como la ocurrencia de flujos piroclásticos por colapso gravitacional de frente de coladas de lava o del borde del mismo cráter activo.

Como se explicó en el capítulo 3, las coladas de lava actuales recorren distancias muy cortas a partir de la zona sumital del cráter C. Estos eventos no se pueden predecir con fecha ni hora o magnitud ya que la caída de material es constante, lo que sí se puede hacer es delimitar las zonas más expuestas a este proceso. La magnitud del flujo piroclástico depende de la cantidad de material desprendido del frente de colada de lava o del borde del mismo cráter activo.

Otro de los peligros que se identifican en el Arenal, aunque debatido entre vulcanólogos, es la posibilidad del colapso del cono C debido a que el mismo ha crecido sobre el flanco del cono D o prehistórico. Como se mencionó en el capítulo 3, esta parte del edificio volcánico ha crecido en los últimos 35 años gracias a la eyección de material del cráter C, y ha desarrollado un edificio con una elevación mayor a la del prehistórico. Esta teoría ha sido poco estudiada y es difícil determinar una conclusión. Lo que no parece generar controversia de ningún tipo, es comprender que en un volcán activo es probable que como resultado de la inyección magmática cerca de la cima se generen zonas inestables y fracturas, capaces de producir deslizamientos de rocas y fragmentos de los flancos de secciones de las paredes del cono C cerca de su cima, sin que en los deslizamientos resultantes estén ligados a la emisión de coladas de lava. De hecho, es común ver desprendimientos de rocas de la parte sumital, algunos de los cuales pueden haber sido generados por el mecanismo anteriormente explicado.

En lo que resta del presente ciclo eruptivo, el peligro inmediato es la generación de flujos piroclásticos por colapso gravitacional de frente de colada de lava o del borde del mismo cráter activo.

7.2.3 Percepción del riesgo en población comerciante

7.2.3.1 Cercanía al Volcán

El 68% de los entrevistados reconoce su cercanía al volcán, mencionan que hay otras personas que viven o desarrollan sus negocios aún más cerca. Es decir, su cercanía al foco de riesgo la justifican, como supuesta protección, al comparar la proximidad de otros establecimientos al volcán. El 74% de los dueños de comercios entrevistados mencionan que la ubicación de sus empresas es segura y el 50% de los empleados entrevistados coincide que es seguro (Ver tabla 28).

Tabla 28. Cargo que desempeña el entrevistado y cercanía al Volcán

		Considera que su ubicación es cercana al volcán		
		Sí	No	Total
Cargo que desempeña	Dueño del negocio	14	5	19
	Gerente de operaciones	0	1	1
	Empleado/encargado	8	4	12
	Total	22	10	32

El sentir de los empresarios del turismo coincide con los del comercio local, que suele comparar su ubicación a casos “peores” o en peligro, por su ubicación en puntos de restricción. Cabe mencionar que el 50% de los entrevistados señalan que las personas que verdaderamente están en peligro son aquellos muy próximos al Volcán o que realizan actividades dentro de las zonas de restricción.

Pese a la aceptación de proximidad al volcán de una gran mayoría de los entrevistados, casi el 80% de los mismos considera que está expuesto a algún tipo de peligro. En las respuestas prevalece el interés por el funcionamiento y protección del negocio en sí. Consideran que los peligros existen para otras personas o actividades: los complejos turísticos como Tabacón y Los Lagos ubicados a lo largo de la carretera que bordea el Volcán o las personas que realizan excursiones por lugares cercanos a los impactados por flujos piroclásticos. La población entrevistada tiene muy presente el incidente ocurrido en el año 2000, cuando dos personas murieron al ser alcanzadas por los gases calientes de un flujo piroclástico, uno de ellos un guía local (La Nación, agosto 2000).

Solo el 31% de los entrevistados reconoce que existe peligro para todos en caso de que el Arenal tuviera un tipo de actividad extraordinaria. Todos, sin importar donde estén ubicados, se verían afectados de forma directa.

7.2.3.2 Trasladar los locales comerciales cerca del Volcán: Dilema?

Llama la atención que pese a la confianza en la seguridad de un negocio, el 68% de los entrevistados dice que no trasladaría su local comercial a un sitio más cercano al volcán.

Sobre los motivos expuestos se señalan varios aspectos contrapuestos: para algunos obedece a su temor ante la actividad continua del volcán, en otros se explica por las pocas posibilidades de sobrevivencia en tanto tendrían que competir con complejos hoteleros de mayor tamaño, o bien, por no contar con el capital económico para invertir en unas tierras que se han encarecido mucho. Para el pequeño comerciante el sostenimiento de la actividad requiere de la cercanía al centro económico, situado en el casco urbano de La Fortuna (Ver tabla 29).

Los pocos entrevistados que respondieron afirmativamente a su interés de trasladar su negocio a zonas más próximas al Volcán piensan que si ya se están arriesgando en el sitio donde están actualmente con respecto a la peligrosidad del Volcán, una mayor proximidad no aumentaría el peligro y les posibilitaría mayores ingresos, ya que se trata de un punto de atracción turística.

Tabla 29. Traslado del local comercial cerca del Volcán

Trasladaría su local comercial cerca del Volcán		Sí	No
Cargo que desempeña	Dueño del negocio	7	13
	Gerente	0	1
	Empleado	4	7
	Total	11	21

Las respuestas evidencian una contradicción en el sector turístico empresarial entre la apuesta económica y la protección ante el riesgo potencial, que se ve aplacada ante la seguridad económica de una zona que vive de un turismo que si bien disfruta de los valores escénicos del paisaje volcánico, hasta cierto punto vive de la observación de un proceso natural que genera riesgo (o sea el riesgo como placer o disfrute) ya que la principal atracción de la zona es la observación de la actividad volcánica.

7.2.3.3 Lugares de mayor riesgo según la población comerciante entrevistada

La mayoría entrevistada (87% del total) identifica los lugares de mayor riesgo volcánico con los que coinciden con la ubicación de algunos complejos hoteleros dentro de la zona de restricción R1 o zona roja, del Parque Nacional y de otros centros turísticos que se hallan dentro del radio de 5.5 km. Piensan que cualquier infraestructura que esté ubicada fuera de la zona R1, es segura. Esto denota una interpretación a conveniencia del decreto de ley, en tanto se ha asumido que la única zona en peligro es la R1, lo que de alguna manera justifica la ubicación de locales en otras zonas de restricción.

Un 90% de los entrevistados ubicados en el radio de 5.5 km, señalan que su local está en una zona segura y de estos la mitad considera que la actividad del Arenal no es potencialmente peligrosa, lo que de alguna manera constata la idea que tienen las personas de creer que el único lugar peligroso del Arenal en la zona de restricción R1, la cual si bien es cierto que es la que representa mayor riesgo, no exime a las demás (R2, R3 y R4).

7.2.3.4 Peligrosidad del volcán

Los dueños de locales comerciales piensan en su mayoría que la peligrosidad del Volcán es únicamente para las personas que desarrollan actividades comerciales alrededor del mismo o para quienes se movilizan dentro de la zona R1. A nivel de los empleados, se tiene la percepción de que la peligrosidad es para todos.

Otro dato interesante es que aunque tanto hombres como mujeres están de acuerdo en reconocer la peligrosidad del Arenal, únicamente las mujeres argumentan el por qué, lo que se podría explicar como un mayor conocimiento de la situación por parte de las mujeres respecto a los hombres.

7.2.3.5 Señales volcánicas que provocarían temor en la población

Las principales señales volcánicas que representarían temor en la población, por orden de preferencia, son (Ver tabla 30):

- Las erupciones, es decir columnas eruptivas (25%)
- Los temblores (provocados por el Volcán) (22%)
- Comportamientos diversos, como avalanchas de rocas y cenizas, fuerte desgasificación, deslizamientos y emisión de lava que alcancen zonas verdes (22%)
- Retumbos (entiéndase como sonidos graves emitidos por desgasificación) (12.5%)
- Que esté quieto (entiéndase sin actividad) (9.5%)

Entre las mujeres predominan las siguientes señales: retumbos, temblores y erupciones como los signos volcánicos que les generan mayor temor, mientras que en los hombres serían los comportamientos diversos como avalanchas de roca y cenizas, fuertes desgasificaciones, etc. Lo cierto es que en La Fortuna y alrededores es poco frecuente la ocurrencia de sismos causados por el Arenal, es posible que la gente de forma inconsciente asocie los temblores con la posibilidad de ocurrencia de actividad extraordinaria en el Volcán.

Tabla 30. Señales volcánicas que representan peligro según la población entrevistada

		Sexo del entrevistado		
		Masculino	Femenino	Total
Qué tipo de señales volcánicas representarían peligro para usted.	Temblores	3	4	7
	Erupciones para el lado de La Fortuna	0	1	1
	Avalanchas de ceniza y rocas	1	0	1
	Fuerte desgasificación	0	1	1
	Retumbos	1	3	4
	Erupciones muy fuertes	3	4	7
	Que este quieto	2	1	3
	Cuando hace más de 4 erupciones seguidas	1	0	1
	Un comportamiento no tradicional del volcán	2	0	2
	Nada, ya están acostumbrados	2	1	3
	Deslizamientos en dirección a la propiedad	1	0	1
	Lava que queme la zona verde	1	0	1
	Total	17	15	32

Para los dueños de negocios los signos más relevantes son los temblores, retumbos y la quietud del Volcán, mientras que para los empleados serían las erupciones fuertes y los temblores.

En las afueras del casco urbano se citan principalmente los temblores y erupciones como signos que provocarían temor, en el casco urbano se le da igual importancia a las erupciones muy fuertes, retumbos y temblores, mientras que los ubicados dentro del radio de 5.5 km serían temblores, erupciones y la quietud. El único local entrevistado ubicado dentro de la R1 considera que nada les provocaría temor ya que están acostumbrados a la actividad del Arenal.

7.2.3.6 Impacto económico en caso de cese de la actividad volcánica

Aunque la zona del distrito de La Fortuna está llena de atractivos naturales (ríos donde se puede practicar rafting, montañas, una laguna donde se realizan deportes acuáticos, etc) los empresarios entrevistados siguen pensando que la principal atracción de la zona es el Volcán y su actividad, aunque esté cubierto de nubes gran parte del año y sea imposible verlo en todo su esplendor casi el 80 % del tiempo que se visita el volcán.

De ahí que mientras tres cuartas partes de los entrevistados (N=22) considera que si el Volcán cesa su actividad sus negocios se verían afectados ya que disminuiría la afluencia del turismo, los demás sostienen que hay otros atractivos naturales turísticos, incluyendo la escalada al Arenal (una vez cesada la actividad volcánica) y poder tener una visión panorámica desde su cima de los alrededores e incluso de parte de la zona sur de Nicaragua (Ver tabla 31).

Entre los que piensan que el cese de la actividad del Volcán impactaría notablemente a la economía de la zona, son las mujeres las que creen mayoritariamente en la negatividad el impacto.

De acuerdo a la ubicación del local comercial los que se encuentran dentro del radio de 5.5 km solo el 30% considera que el cese de la actividad del Arenal les afectaría económicamente, mientras que el resto de las áreas el porcentaje aumenta hasta los más del 80% de los entrevistados.

Tabla 31. Cese de actividad volcánica e impacto en la economía

		De qué manera impactaría económicamente si el volcán cesa su actividad					Total
		Disminuiría mucho la afluencia de turistas	No impactaría porque el 80% de los turistas nunca ve la lava	No impactaría porque hay otras alternativas turísticas	No impactaría en nada, el volcán no ha sido lo prioritario	No sabe	
Cargo que desempeña	Dueño del negocio	13	1	3	1	1	19
	Gerente	1	0	0	0	0	1
	Empleado	8	0	3	0	1	12
	Total	22	1	6	1	2	32

En la misma línea, en el caso de los hoteles, menos de la mitad considera que no disminuiría la afluencia de turistas mientras que un alto porcentaje del resto de comercios, sobre todo los pequeños, cree que sí les afectaría.

7.2.4 Acceso a la información sobre el Volcán por parte de la población comerciante

7.2.4.1 Tipo de información sobre el volcán que conoce la población comerciante entrevistada

Más de la mitad de la población entrevistada dijo no haber recibido ningún tipo de información con respecto a la actividad del Volcán. En pocos casos (10%) contaban con algunas publicaciones de periódicos o bien se informaban a través de los guías turísticos²³ que visitan el Arenal cada día. La gente no posee folletos informativos ni boletines oficiales y muy pocos contaban con el mapa de restricción al uso del suelo y libre tránsito de personas producto del decreto de ley.

Llama la atención que un 59% de la población masculina dice tener información con respecto al Arenal (noticias de periódico, folletos turísticos) en contraposición con las mujeres quienes tan solo en un 33% mencionan tener algún tipo de dato sobre el Arenal, ello no necesariamente responde a una mayor preocupación por adquirir información por parte de los hombres que de las mujeres, sino más bien a la necesidad masculina de

²³ La mayoría de los guías turísticos no poseen conocimiento vulcanológico, sino que más bien comentan sus observaciones del volcán con un tono de exageración e incluso dándole al Volcán connotaciones de ser vivo y con voluntad propia.

hacer notar su control sobre las situaciones que los rodean y a su rol social de “protector”, la mujer por su parte tiende a mostrar mayor sinceridad y no le preocupa el hecho de mencionar la falta de información si con ello puede acceder a la misma.

Por otra parte, los establecimientos ubicados en el casco urbano y en el radio de 5.5 km son los que menos han recibido información sobre el Volcán, según sus declaraciones en la entrevista. Estos locales comerciales corresponden en su mayoría a tiendas, servicio de internet, ferreterías, zapaterías, etc.

Dentro de la información sobre la actividad del Volcán que circula en la zona existen tres tipos diferentes. Por un lado medios de comunicación dirigidos al turismo (53%), información informal o popular (27%) y por último, la información oficial vinculada al riesgo volcánico (20%). Estos porcentajes se refieren a la respuesta de los entrevistados que mencionaron tener algún tipo de información con respecto al Arenal.

Un 44% de la población entrevistada no sabe a qué institución puede dirigirse para solicitar información. Los que contestaron afirmativamente mencionan los observatorios vulcanológicos (22%) tanto de la Universidad Nacional, como de la Universidad de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad; la CNE (13%) y el comité local de emergencias (9%). Los que señalaron haber recibido información se concentran en el casco urbano y en el radio de 5.5 km, siendo los de hostelería lo que mayor referencia hacen a las instituciones. Otras fuentes mencionadas en menor grado fueron la Cruz Roja, el Observatorio Lodge y el Parque Nacional Volcán Arenal.

El 94% de los entrevistados (100% de las mujeres, 88% de los hombres) mencionaron su interés por conocer más sobre los peligros volcánicos y sobre las zonas de restricción del Arenal. A la mayoría (38%) le interesa información en general, mientras otros hacen énfasis en saber qué hacer en casos de emergencia (19%) o bien en saber sobre las zonas de restricción del decreto de ley y peligros del Volcán (16%) (Ver tabla 32).

Con respecto a las charlas informativas solo 7 personas de las 32 entrevistadas, señalan haber asistido alguna vez a estos eventos, la mayoría hombres y de comercios localizados en el casco urbano y en el radio de 5.5 Km.

En experiencias previas de campo, la población manifiesta un descontento ante la falta de información. Se ha realizado varias actividades por parte de la CNE y OVSICORI para el público en general y en especial, algunas para comerciantes de la zona. En distintas charlas informativas, la población se mostró reticente a la información facilitada, manifestando en muchos casos su preocupación ante la posibilidad de que las medidas preventivas y de alerta se prestaran para frenar el desarrollo de la zona, implementando normativas de control.

Tabla 32. Acceso a información sobre el Volcán

		Cargo que desempeña			Total
		Dueño del negocio	Gerente de operaciones	Empleado/encargado	
Tiene usted información sobre la actividad del Volcán Arenal	Sí	9	1	5	15
	No	10	0	7	17
	Total	19	1	12	32

Si bien los funcionarios tanto de la CNE como de las universidades visitan frecuentemente la zona, estas visitas efímeras se hacen casi exclusivamente para la recolección de datos científicos en torno a la actividad volcánica, sin un acercamiento real hacia la comunidad.

7.2.4.2 Conocimiento sobre el decreto de ley

Precisamente, poco más de la mitad de los entrevistados (53% del total) opinó que la implementación del decreto de ley contribuyó a reducir el riesgo hacia las personas y los bienes, al menos en aquellas que han respetado la normativa. Aquellos empresarios con fuertes capitales económicos han instalado sus complejos hoteleros donde han querido, refiriéndose a complejos turísticos como Tabacón, Lagos y Senderos, entre otros que son anteriores al decreto ley y que, por lo tanto, no les afecta el decreto. También se advierte que los turistas llegan a irrespetar la normativa y precauciones, a pesar de las advertencias y recomendaciones que previamente se les hace. Existe un 25% de los entrevistados que no conocen el decreto de ley.

Los entrevistados ubicados dentro del radio de 5.5 km opinan en su mayoría (68% del total) que el decreto ha contribuido a reducir el riesgo tanto a personas como a bienes, mientras que el porcentaje se reduce a un 47% entre los entrevistados del casco urbano. La población entrevistada que tiene un mayor porcentaje de opinión positiva con respecto al decreto de ley son los hoteleros y los comerciantes de pequeños negocios comerciales como tiendas, panaderías, etc.

Los comerciantes dedicados a vender servicios a los turistas son quienes señalan que no se toma en cuenta por parte de las operadoras de tour, la peligrosidad del volcán a la hora de planificar sus itinerarios turísticos. Esto tiene que ver con la gran cantidad de guías locales sin licencia que operan en la zona. La única institución gubernamental con la potestad de brindar una licencia de operación a un guía de turistas que previamente se haya capacitado es el Instituto Costarricense de Turismo (ICT). Precisamente la mayoría de los empresarios de mayor antigüedad (92%), reconocen a los guías con licencia del ICT, y opinan que ellos sí toman en cuenta la peligrosidad del Arenal.

Si bien buena parte de la población entrevistada dice conocer el decreto y la utilidad que ha tenido para reducir el riesgo hacia las personas y los bienes, lo cierto es que no existe un consenso en torno a un conocimiento claro del mismo. Aunque las personas digan conocerlo, no se muestran seguros de su contenido ni del detalle sobre las zonas de restricción y del por qué de esas restricciones. Quizás esto puede ser consecuencia de que se trata de un documento de carácter científico-técnico, cuya lógica y términos pueden parecer un tanto extraños a los pobladores. Es en las empresas con menos de 5

años de funcionamiento en la zona donde hay menos conocimiento respecto a la utilidad o no del decreto.

En experiencias y diálogos realizados con la población durante los últimos 6 años, el consenso general en la población es que el decreto de ley obstaculiza el desarrollo de la zona al impedir la construcción de infraestructura en zonas potencialmente atractivas para el turismo como por ejemplo la orilla de la Laguna Arenal, hacia el suroeste del Volcán, aunque más de la mitad de la población entrevistada durante el trabajo de campo en marzo de 2007 (53%) opinan que el decreto de ley ha contribuido a la disminución del riesgo tanto de las personas como de los bienes.

Durante el trabajo de campo de 2007 se pudo constatar que algunos hoteles de reciente construcción estaban ubicados en zonas restringidas según el decreto de ley, mientras que otros complejos turísticos de mayor tamaño y situados en las mismas zonas se encontraban ampliando sus instalaciones lo cual está prohibido por el decreto. Esto demuestra la falta de control y seguimiento que existe en la zona por parte de los entes públicos competentes, específicamente el Gobierno Local y la Comisión Nacional de Emergencias (CNE).

La falta de credibilidad en las instituciones públicas, se ve reflejada en el sentimiento de abandono que expresan los comerciantes con respecto a la falta de información de la actividad del Volcán y del decreto de ley que se opera en la zona.

El 70% de los locales comerciales ubicados dentro del radio de 5.5 km poseen el estudio de vulnerabilidad y riesgo volcánico, que el decreto dictamina debe elaborarse para poder obtener el permiso de construcción por parte del Gobierno Local.

7.2.4.3 Planes de emergencia

De los 32 entrevistados solo 4 mencionaron tener algún tipo de plan de emergencia. Uno de ellos, el dueño de una clínica privada argumentó tener el protocolo médico para emergencias provocadas por desastres naturales y protocolos médicos de rutina. Los otros 3 casos toman como plan de emergencia algunas medidas mínimas realizadas en sus establecimientos que corresponde más a emergencias por incendio (colocación de extintores y señalización de escaleras) o reformas efectuadas que responden a las necesidades mínimas de infraestructura que requieren las personas con algún tipo de minusvalía física como por ejemplo escaleras anchas.

Con esto se concluye que ninguno de los establecimientos comerciales entrevistados posee plan de emergencia específico ante actividad volcánica extraordinaria, a excepción de la clínica privada.

También se debe mencionar que los planes de emergencia deben ir acompañados de programa de educación a la población y que las instituciones públicas y centros científicos encargados del monitoreo y vigilancia volcánica deben efectuar un acompañamiento a los comerciantes de manera que los planes de emergencia sea elaborados en conjunto, población e instituciones gubernamentales y científicas, para poder garantizar el éxito de la dinámica.

7.3 Conclusiones

Aunque dos personas vivan en la misma comunidad y con la misma exposición al riesgo, las percepciones a este serán diferentes. En el caso de La Fortuna la percepción y la aceptación de la existencia de un riesgo natural tiene que ver no solo con la ubicación geográfica (casco urbano de La Fortuna de San Carlos o alrededores del Volcán) sino también con la cantidad de capital económico invertido en el sitio y con las experiencias vividas en el pasado, sobre todo si se toma en consideración que la gran mayoría de comerciantes del lugar son autóctonos del cantón de San Carlos y del distrito de La Fortuna.

Existe una gran diversidad de actividad turística en La Fortuna y alrededores, desde locales pequeños hasta grandes inversionistas con infraestructuras de elevadas dimensiones. Los cambios en los usos comerciales en la zona son dinámicos por lo tanto más de la mitad de los locales turísticos entrevistados tenían menos de 5 años de prestar servicio.

Más de la mitad de la población entrevistada coincide en que su ubicación actual es cercana al Volcán, son en su mayoría los dueños del local (74%) los que justifican esa cercanía diciendo que el lugar donde están es seguro.

Las personas entrevistadas aunque aceptan su cercanía al Volcán, se justifican mencionando que existen “otros” aún más cerca y en mayor peligro. Tan solo un pequeño porcentaje (31%) considera que el peligro es igual para todos. Paradójicamente a las anteriores respuestas más del 68% mencionan que no trasladarían su local comercial más cerca al Volcán.

La gran mayoría de los entrevistados (87%) coinciden en que los sitios más peligrosos alrededor del Volcán son los hoteles Los Lagos, Tabacón y Kioro, así como el Parque Nacional y el Observatorio Logde.

Existe una idea generalizada en la población entrevistada de creer que los únicos sitios peligrosos son los que están catalogados por el decreto como R1, restándole importancia a las demás zonas de restricción, lo que se traduce en un desconocimiento de la ley y en la poca difusión de la misma.

En cuanto a la actividad volcánica, lo que provoca mayor temor entre la población entrevistada son las fuertes explosiones, seguido por los temblores.

Tres cuartas partes de los entrevistados señalan que si el Volcán cesara su actividad el turismo se vería seriamente afectado y que disminuiría la afluencia de turistas a la zona.

La entrevista dejó notar que existe un gran vacío de información en la población, quienes en su gran mayoría dicen nunca haber recibido ningún tipo de información con respecto a la actividad del Volcán. Tan solo un 10% de los entrevistados mencionaron disponer de algún tipo de datos, recopilados en periódicos y revistas de turismo.

En cuanto al decreto de ley, tan solo un 53% mencionan conocer algo, pero nunca han leído el decreto en su totalidad ni tienen acceso a él. La información que manejan es muy general y a veces errónea.

Existe una gran confusión entre la población entrevistada con respecto al significado de los planes de emergencia, aunque la mayoría de los entrevistados dijeron no contar con ninguna medida de seguridad en caso de crisis volcánica. Los que contestaron afirmativamente confunden la señalización de la ubicación de las escaleras o extinguidores para aplacar fuego, con un plan de emergencia. Solo un caso se mencionó tener protocolos de emergencia, la clínica privada.

Capítulo 8. Percepción del riesgo volcánico de la población residente del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal

(...) El concepto de riesgo y, consiguientemente, el régimen de riesgo se tornasolan de manera ambivalente. El riesgo se puede entender como principio de activación que premia a la aventura civilizadora, según la famosa frase "Bailar al borde del volcán es la metáfora más hermosa del riesgo que conozco. E intentar tener valor suficiente para el riesgo es el mejor motivo para bailar" [Maurice Béjart]. Pero riesgo significa también, en el extremo opuesto, el desbocado galopar hacia el peligro que acecha a la civilización y la civilidad humanas; es decir, la catastrófica posibilidad de que el progreso se torne barbarie. Así entendido, activa un proceso de previsión y moratoria (...)

U. Beck (2007, p.100-101)

En este capítulo se analizará la percepción del riesgo volcánico de la población residente en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal y la forma como esta percepción impacta positiva o negativamente en su forma de vida.

Por medio de una entrevista diseñada para la población de esta zona, se analizan aspectos como la percepción del riesgo de acuerdo a la ubicación geográfica, los años de residencia en la zona, el tipo de actividad económica a la que se dedican, su percepción sobre la posibilidad de existencia de riesgos naturales en la zona, el acceso a la información sobre la actividad volcánica que tiene la población, la visión de la población entrevistada hacia las instituciones públicas, su forma de ver, entender y vivir el Volcán Arenal como parte del paisaje y como parte de su quehacer diario.

En primera instancia se describe la metodología utilizada para la elaboración de la entrevista aplicada a la población residente en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal. A continuación se describe la metodología que se utilizó en el procesamiento de la información adquirida en las entrevistas y por último se analizan los resultados obtenidos.

8.1 Metodología

8.1.1 Diseño de la entrevista

El objetivo de la entrevista a la población residente de la zona de La Fortuna y alrededores fue de evaluar la percepción de riesgo que esta población tiene con respecto a la actividad volcánica del Arenal.

La entrevista está dividida en 3 segmentos:

1. Información del entrevistado: Incluye el sexo de la persona entrevistada, así como la ubicación de su vivienda, tiempo de residencia en el lugar, información sobre su antigua zona de residencia y la profesión u ocupación actual.

En cuanto a la ubicación de las viviendas se debe mencionar que las zonas residenciales tanto en La Fortuna como en los alrededores están bien identificadas. Por un lado en la ciudad de La Fortuna existen 3 segmentos residenciales importantes, el más amplio es el ubicado hacia el Sur. Por otro lado se está desarrollando un núcleo residencial importante al Este, quizás no tan ordenado como el del sector Sur (subdividido en cuadrantes). Por último hacia el Norte del centro de La Fortuna carretera a la Guaría se han comenzado a construir viviendas a lo largo de la carretera.

La siguiente área residencial en importancia es el asentamiento Z-13, el cual nació como una zona de parcelas campesinas cuyo objetivo era la agricultura de subsistencia. Con el tiempo se ha desarrollado como un complejo residencial marginal. Por último, y como un polo de desarrollo en acelerado crecimiento, se encuentra el poblado de El Castillo que se ubica al suroeste del Volcán Arenal.

2. Percepción del riesgo: En este segmento de la entrevista se pregunta sobre la posibilidad de la existencia en la zona de algún riesgo o peligro natural, sobre la

posibilidad de construcción de su vivienda en una zona más cercana al Volcán y el por qué, y sobre el desarrollo de actividades económicas en la vecindad del Arenal. El entrevistado también dio su opinión sobre la posible peligrosidad de la actividad volcánica hacia la población, así como las señales volcánicas que producen temor o alerta y sobre su sentido de in/seguridad con respecto al Arenal.

3. Información sobre el Volcán: En este apartado se pregunta sobre el interés de la persona hacia la obtención de información sobre el decreto de ley referente a las restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas en los alrededores del Arenal. También se pregunta sobre las instituciones públicas que pueden brindar información a la población referente a la actividad volcánica y las medidas a tomar en consideración ante una eventual emergencia volcánica.

El instrumento o entrevista fue diseñado y revisado en conjunto con Rocío Loría, antropóloga, tomando como base el instrumento aplicado a la población comerciante. Además se contó con la guía de Timo Partanen, especialista en estadística, para la selección de la población muestra. (Ver figura 54)

Figura 54. Modelo de entrevista destinado a la población residente del casco urbano de La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal.

Instrumento de aplicación a la población residente de La Fortuna de San Carlos

LAT _____

LONG _____

FECHA _____

HORA _____

DEL ENTREVISTADO

1. **Sexo** () M () F

2. **Ubicación** _____

3. **Nació en La Fortuna?**

() Sí (**Pase a la 6**)

() No

4. **Desde cuando vive en La Fortuna?**

() Menos de 5 años

() Entre 6 y 10

() Entre 11 y 20

Más de 20

5. Dónde vivía antes?

- Cantón de San Carlos
- Provincia de Alajuela
- Provincia de Guanacaste
- Provincia de San José
- Nicaragua
- Otro_____

6. En qué trabaja actualmente?

- Agricultura
- Turismo
- Otro_____

PERCEPCION DEL RIESGO

7. Considera que en esta zona existe algún riesgo o peligro natural?

Sí No **(Pase a 9)**

8. Cuáles? señale.

9. Construiría su casa de habitación aún más cerca del volcán?

Sí No

Por qué?

10. Trabaja o trabajaría cerca del volcán?

Sí No

Por qué?

11. Cree que la actividad del Arenal es peligrosa para la población?

Sí No

Por qué?

12. Qué tipo de señales del volcán le alertarían?

Sí No

Por qué?

13. Se siente seguro viviendo en esta zona con respecto al volcán?

Sí No

Por qué?

INFORMACION SOBRE EL VOLCÁN

14. Alguna vez se ha interesado en obtener información sobre los peligros y la zona de restricción del uso del suelo en los alrededores del Arenal?

Sí No

15. Sabe a qué instituciones puede dirigirse para obtener información sobre la actividad del Arenal?

- Municipalidad de San Carlos
- Universidades
- CNE
- Comité local de emergencias
- Parque Nacional Volcán Arenal
- Otro

Observaciones

8.1.2 Muestra poblacional residente a entrevistar

Para la aplicación de la entrevista a la población comerciante, se procedió a actualizar el uso del suelo del sector turístico tanto en el casco urbano de La Fortuna como a lo largo de la carretera que conduce hacia el Volcán Arenal y el área de El Castillo. De la misma manera que para la aplicación de la entrevista a residentes se procedió a actualizar

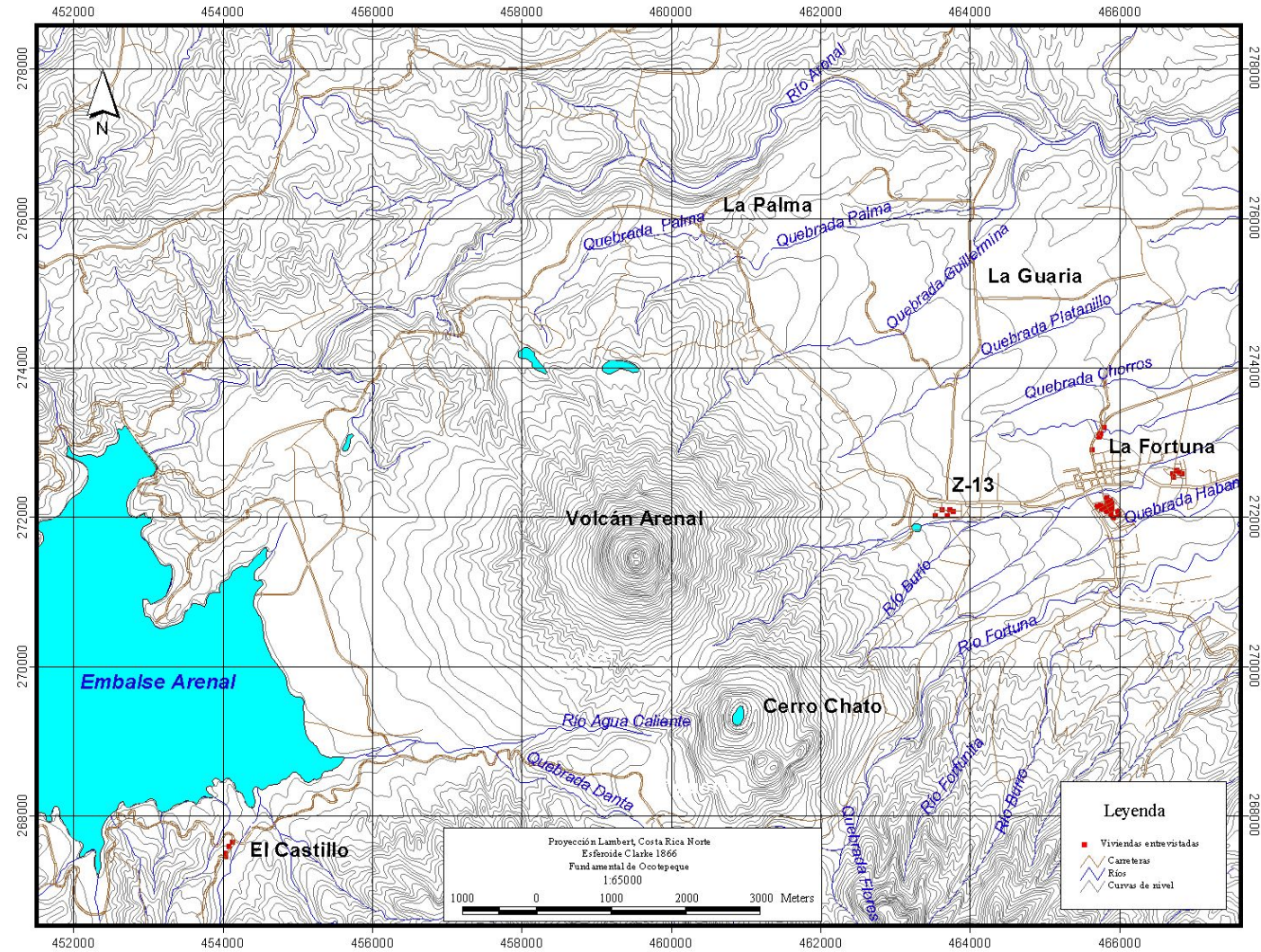
cartográficamente las zonas residenciales, específicamente se procedió al conteo de las viviendas en cada uno de los sectores.

La zona residencial más agrupada se ubica en el sector sur de La Fortuna, donde se contabilizan más de 100 viviendas. En segundo lugar el sector este y por último el norte. Partanen sugirió como método para la selección de la muestra contabilizar las viviendas del sector a entrevistar y dividirlo por el número de entrevistas a aplicar, siendo el número resultante el orden de la vivienda a entrevistar. En síntesis, en el sector Sur de La Fortuna, la zona residencial cuenta con aproximadamente 140 viviendas, por lo que se decidió realizar 20 entrevistas, se procedió a dividir el número de viviendas por el total de entrevistas ($140/20=7$), por lo tanto cada 7 viviendas se realizó la entrevista.

En el sector este y norte se aplicaron 5 entrevistas, utilizando el mismo método para la selección de las viviendas a entrevistar. Por su parte en el asentamiento Z-13 y El Castillo también se aplicaron 5 entrevistas respectivamente (Ver figura 55a y 55b).

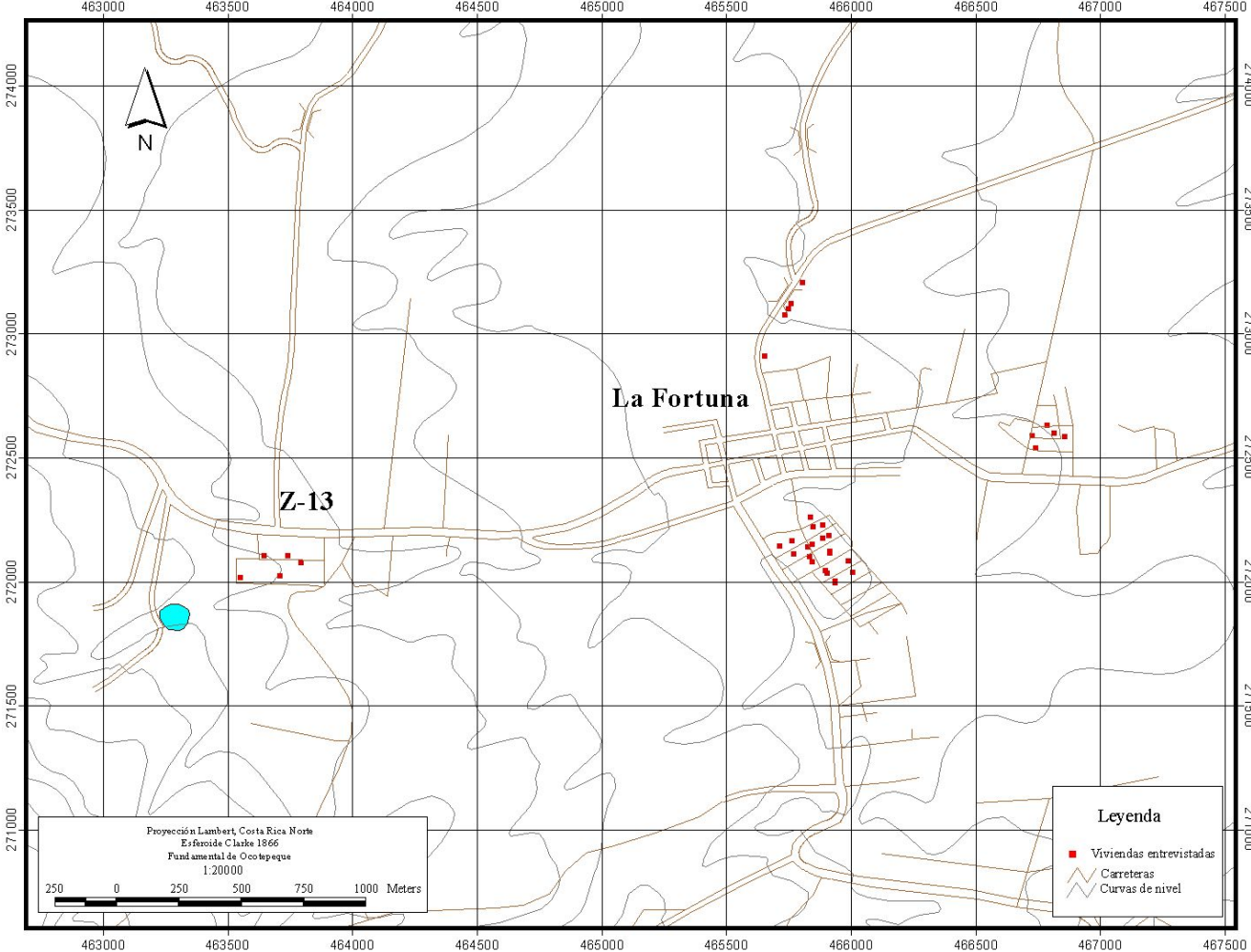
Las casas entrevistadas fueron ubicadas geográficamente utilizando GPS para posteriormente cartografiar los puntos entrevistados. La información fue vaciada en los mapas digitales de la zona utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se trabajó con el software ARCVIEW 3.3 ® y ARCGIS 9.0 ®

Figura 55a. Ubicación de las viviendas entrevistadas



Fuente: Cartografía base del IGN

Figura 55b. Ubicación de las viviendas entrevistadas en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos y el asentamiento Z-13



Fuente: Cartografía base del IGN

En total se realizaron 40 entrevistas, segmentadas de la siguiente forma: 20 entrevistas en el sector sur, 5 en el sector este y otras 5 en el norte, 5 entrevistas más en el asentamiento Z-13 y finalmente 5 entrevistas en El Castillo. La selección de la muestra por razones obvias no fue tan compleja como la elaborada para la muestra poblacional de las entrevistas dirigidas a comerciantes.

8.1.3 Aplicación de la entrevista a la población residente

A diferencia de la aplicación de la entrevista a la población del sector turístico, los residentes se mostraron más abiertos y receptivos a participar, y solo se presentó un caso de una persona que se negó a contestar la entrevista por razones que se desconocen. En la zona se han realizado varios estudios donde se utilizan las entrevistas como instrumento de consulta, por lo tanto la población no es ajena a esta práctica, de hecho en los días de la aplicación del instrumento para esta investigación se estaban realizando encuestas a la población por parte de otros grupos de investigación. Cabe mencionar que aunque las personas siempre están anuentes a participar en entrevistas lo hacen con cierta timidez.

La entrevista dirigida a los residentes constó únicamente de 15 preguntas, para hacerla directa y concreta y poder aplicarla en un corto espacio de tiempo. Las personas, cuando están en sus casas, están dedicadas ya sea al descanso (en caso de fines de semana) o en tareas propias del hogar, por lo que una entrevista extensa podría disminuir la concentración del entrevistado.

8.1.4 Codificación de la entrevista a la población residente

La codificación de las entrevistas se refiere a la colocación de códigos a cada una de las preguntas y respuestas. Las preguntas son codificadas con palabras no mayores a 8 caracteres asociados al tema de la pregunta y las respuestas catalogadas con números.

La entrevista constó de 15 preguntas, algunas de las cuales contienen gran cantidad de respuestas, ya que corresponden a preguntas abiertas y los entrevistados dieron varias respuestas. Para la codificación de las respuestas se elaboró un manual de códigos que contiene las respuestas agrupadas para cada pregunta (Ver tabla 33).

Tabla 33. Manual de códigos de la entrevista

Código	Resp
1	Código de entrevista (CODIGO)
2	Sexo del entrevistado (SEXO)
	1 Masculino
	2 Femenino
3	Ubicación (UBICA)
	1 La Fortuna Sur
	2 La Fortuna Este
	3 La Fortuna Norte
	4 Z-13
	5 El Castillo
4	Nació en La Fortuna (NACIO)
	1 Si
	2 No
5	Desde cuando vive en La Fortuna (CUANDO)
	1 Menos de 5 años
	2 Entre 6 y 10
	3 Entre 11 y 20
	4 Más de 20
6	Dónde vivía antes (DONDE)
	1 Cantón de San Carlos
	2 Provincia de Alajuela
	3 Provincia de Guanacaste
	4 Provincia de San José
	5 Provincia de Puntarenas
	6 Nicaragua
7	En qué trabaja actualmente (OCUPA)
	1 Agricultura
	2 Turismo
	3 Ama de casa
	4 Pensionado
	5 Niñera
	6 Comerciante
	7 Contador
	8 Estudiante
	9 Construcción
	10 Publicidad

Para la codificación de la información se utilizó el software especializado en estadística, SPSS 12.0®, tal y como se hizo con la información correspondiente a la entrevista a la población comerciante.

8.2 Análisis de los resultados

Como se ha explicado en capítulos anteriores, el crecimiento poblacional de la zona no es producto del simple crecimiento vegetativo, sino que también La Fortuna es una ciudad receptora de población, la cual es contratada en hoteles, restaurantes, balnearios, operadoras de tour, bancos, cooperativas, tiendas, etc, y algunos de ellos incursionan como empresarios. Entre 1984 y 2006 el crecimiento poblacional en La Fortuna fue de

7309 personas que obliga a la construcción de viviendas en los linderos del centro de la ciudad.

A lo largo de este apartado se analizarán las diversas percepciones del riesgo que tienen los residentes tanto de La Fortuna como de Z-13 y El Castillo. Se entrevistaron tanto hombres como mujeres de diferentes clases sociales y con profesiones y/u ocupaciones distintas, lo que genera un universo heterogéneo de respuestas y puntos de vista.

8.2.1 Características de la población entrevistada y su ubicación

Tal y como se ha mencionado, la entrevista constó de 15 preguntas divididas en tres segmentos, e iba dirigida a los residentes de La Fortuna, Z-13 y El Castillo. Se realizaron 40 entrevistas, 30 de las cuales fueron en La Fortuna (como sector donde existe un mayor conglomerado de personas), 5 en Z-13 y las últimas 5 en El Castillo.

De las 40 personas entrevistadas 16 fueron hombres (40%) y 24 mujeres (60%). Las entrevistas se realizaron durante días laborales y fines de semana, con el objetivo de evitar entrevistar exclusivamente amas de casa, sino por el contrario tener diversidad en la población entrevistada (Ver tabla 34).

Una peculiaridad que presenta la zona es que existe una creciente oferta laboral tanto para hombres como para mujeres, por lo que es normal encontrar mujeres que aparte de ser amas de casa, dedican parte del día a trabajar fuera del hogar.

Aunque la edad de los entrevistados no fue posible recolectarla, se estima un rango de 20-75 años.

Tabla 34. Ubicación de la población entrevistada por sexo

	Frecuencia	%	% valido	% acumulado
La Fortuna Sur	20	50,0	50,0	50,0
La Fortuna Este	5	12,5	12,5	62,5
La Fortuna Norte	5	12,5	12,5	75,0
Z-13	5	12,5	12,5	87,5
El Castillo	5	12,5	12,5	100,0
Total	40	100,0	100,0	

Reforzando la tesis de que el crecimiento poblacional acelerado de La Fortuna y alrededores no se debe al simple crecimiento vegetativo sino a la recepción de personas de otras partes del país atraídas por la oferta laboral de la zona. Los resultados revelan como el 72% de las personas entrevistadas (n=29) dijeron no haber nacido en La Fortuna, sino proceder de otros lugares de la provincia de Alajuela y de otras provincias del país como Guanacaste, San José y Puntarenas. Tan solo un 27% de los entrevistados nacieron en La Fortuna (Ver tabla 35).

Además un 20% de los entrevistados procedían de Nicaragua, esto tiene que ver con que la zona está próxima a la frontera con ese país. En general la zona norte de Costa Rica ha sido históricamente receptora de población nicaragüense que llegan al lugar para trabajar en labores agropecuarias (corta de caña de azúcar, cítricos, ganadería).

Tabla 35. Procedencia de las personas entrevistadas

		Nació en La Fortuna		Total
		Sí	No	
Dónde vivía antes	Nació en la Fortuna	11	0	11
	Provincia de Alajuela	0	7	7
	Provincia de Guanacaste	0	5	5
	Provincia de San José	0	5	5
	Provincia de Puntarenas	0	4	4
	Nicaragua	0	8	8
	Total	11	29	40

De las personas que no nacieron en La Fortuna un 33% hace más de 20 años que vive en la zona y un 20% menos de 5 años de residencia en la región. El tiempo de residencia en el lugar es importante ya que es el que construye las vivencias de las personas y estas vivencias son un elemento importante de la percepción del riesgo.

En cuanto a la profesión u ocupación de las personas entrevistadas, un 42% se dedican a labores domésticas y de cuidado de niños, en segundo lugar con un 25% las personas que trabajan en la actividad turística, 10% están involucrados en el comercio y un dato importante, un 7.5% son personas dedicadas a la construcción. La construcción es una labor importante en la zona, ya que diariamente se están remodelando las infraestructuras permanentes y se construyen de nuevas.

Los oficios y profesiones encontradas en la zona responden a la actividad económica de del lugar (Ver tabla 36). También es importante mencionar que aunque no consta como una pregunta de la entrevista, se logró saber que en todas las viviendas entrevistadas al menos un integrante de la familia trabajaba directa o indirectamente en la actividad turística.

Tabla 36. Profesión u oficio de los entrevistados

	Frecuencia	%	% valido	% acumulado
Agricultura	1	2,5	2,5	2,5
Turismo	10	25,0	25,0	27,5
Ama de casa	16	40,0	40,0	67,5
Pensionado	1	2,5	2,5	70,0
Niñera	1	2,5	2,5	72,5
Comerciante	2	5,0	5,0	77,5
Contador	1	2,5	2,5	80,0
Estudiante	4	10,0	10,0	90,0
Construcción	3	7,5	7,5	97,5
Publicidad	1	2,5	2,5	100,0
Total	40	100,0	100,0	

8.2.2 Percepción del riesgo en población residente

8.2.2.1 Existencia de un posible riesgo o peligro natural

Como parte de la entrevista, se pregunto expresamente a las personas si consideraban que en la zona existía algún tipo de riesgo o peligro natural (cabe aclarar que aunque los conceptos riesgo y peligro son distintos, para efectos de la entrevista y para mejor comunicación con las personas se tomo como sinónimo), un 85% de las personas mencionan que efectivamente existe un riesgo en la zona, de las cuales 21 (61%) corresponde a mujeres y 13 (38%) a hombres, las personas que mencionan la no existencia de ningún peligro son únicamente 6, 3 hombres y 3 mujeres, llama la atención que la percepción de la presencia de riesgo en la zona es prácticamente igual entre hombres y mujeres.

Otro dato importante es que no parece ser un elemento determinante el hecho de haber nacido en La Fortuna o no, ambos grupos de personas muestran una concientización hacia la vulnerabilidad en que viven. El riesgo que las personas identifican en su mayoría es el Volcán (67%), ya que a diferencia de los derrumbes e inundaciones, el Volcán esta visible desde cualquier punto de La Fortuna y alrededores como un recordatorio constante (Ver tablas 37 y 38).

Tabla 37. Percepción de existencia de riesgo natural en la zona

		Nació en La Fortuna		Total
		Sí	No	
Considera que en la zona existe algún riesgo natural	Sí	10	24	34
		90,9%	82,8%	85,0%
	No	1	5	6
		9,1%	17,2%	15,0%
Total		11	29	40
		100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 38. Identificación del riesgo natural

		Nació en La Fortuna		Total
		Sí	No	
Cuáles riesgos	Volcán	8 72,7%	19 65,5%	27 67,5%
	Derrumbes	0 .0%	2 6,9%	2 5,0%
	Inundaciones	0 .0%	3 10,3%	3 7,5%
	Dstrucción flora y fauna	2 18,2%	0 .0%	2 5,0%
	No aplica	1 9,1%	5 17,2%	6 15,0%
	Total	11 100,0%	29 100,0%	40 100,0%

La diferente percepción de las personas hacia un elemento de riesgo se refleja también en la posibilidad de construir sus viviendas en una zona relativamente segura con respecto al Volcán. Un 85% (n=32) de las personas entrevistadas reconoce la existencia de un elemento de riesgo en la zona, tan solo 8 de ellas mencionan que si tuvieran recursos construirían su casa en una zona más cercana al Volcán argumentando la riqueza paisajística del lugar. De estos, 6 corresponden a hombres y tan solo 2 a mujeres. Entre los argumentos que esgrimen los hombres mencionan que las cercanías del Volcán es fuente de trabajo, además que las tierras en esa zona aumentan su plusvalía cada día y en un futuro podrían vender sus propiedades a un precio mucho mayor, mientras que unos pocos mencionan la riqueza paisajística y la tranquilidad de la zona. Las mujeres por su parte aluden a la belleza paisajística y la tranquilidad de las cercanías al Volcán.

La negativa de la mayoría de las personas a construir su vivienda cerca del volcán también tiene que ver con la protección no solo de su familia sino también de sus bienes materiales. La mayoría de las personas que se niegan a construir su casa cerca del Volcán son mujeres (n=22), en base a argumentos como el miedo que ello les genera y a las dificultades que supondría en el caso de tener que evacuar más rápidamente la zona en caso de emergencia volcánica. En general, las personas que no consideran la posibilidad de vivir cerca del Volcán dan como razón el temor y el peligro constante que perciben del Arenal, otros, especialmente hombres, mencionan que no le temen al Volcán pero le tienen respeto (Ver tablas 39 y 40).

Tabla 39. Construcción de vivienda en cercanías del Volcán vs sexo del entrevistado

	Sexo del entrevistado		Total	
	Masculino	Femenino		
Construiría su casa aún más cerca del volcán	Sí	6	2	8
		37,5%	8,3%	20,0%
	No	10	22	32
		62,5%	91,7%	80,0%
Total		16	24	40
		100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 40. Identificación del riesgo vs construcción de vivienda

	Considera que en la zona existe algún riesgo natural		Total	
	Sí	No		
Construiría su casa aún más cerca del volcán	Sí	7	1	8
		20,6%	16,7%	20,0%
	No	27	5	32
		79,4%	83,3%	80,0%
Total		34	6	40
		100,0%	100,0%	100,0%

8.2.2.2 Trabajo y cercanía al Volcán

Si bien las personas rehúsan en su mayoría vivir cerca del Volcán, las respuestas cambian cuando se refiere a la posibilidad de trabajar en las cercanías del Arenal. Un 82% de las personas aceptan la idea de trabajar en los complejos turísticos que se ubican en los alrededores del Volcán aunque saben que supone un peligro para las personas. Usualmente la infraestructura turística ubicada sobre la carretera que bordea el Volcán corresponde a hoteles y restaurantes en su mayoría de lujo y con una alta visitación, lo que puede aumentar las posibilidades de obtener un salario mayor o ganar suficiente dinero por concepto de “propinas”.

Las personas mencionan que el hecho de trabajar en las cercanías del Volcán les hace vulnerables temporalmente (8 a 10 horas diarias), pero que generalmente se sienten seguros al regresar a sus casas ubicadas en La Fortuna. El hecho de no tener sus bienes materiales y familia expuesta al riesgo, les convence de correr el riesgo únicamente por motivos laborales ya que en caso de emergencia volcánica el proceso de evacuación de sus lugares de trabajo sería más sencillo que si tuvieran que evacuar sus propios hogares

y propiedades. En los lugares de trabajo obviamente no existe el sentimiento de arraigo que hay en los hogares.

Por otra parte en el caso de que la empresa para la cual trabajan sufra algún daño en caso de crisis volcánica, los trabajadores saben que ellos no deben invertir dinero en la reconstrucción de sus lugares de trabajo sino que serán sus patronos los que deberán hacerlo. Además saben que pueden conseguir trabajo en otras partes, de ahí que la aceptación del riesgo por motivos laborales (incluido el elemento de la temporalidad) sea más fácil (Ver tabla 41).

Otras personas responden que la necesidad de conseguir un trabajo mejor pagado les llevaría a trabajar en las cercanías del Volcán, aunque son conscientes de que no les agrada la idea. Es importante mencionar que en la zona existe una gran temporalidad en los puestos de trabajo. Al haber tanta infraestructura turística en la región, donde cada mes se abren al público nuevos hoteles y restaurantes, los trabajadores tienen la oportunidad de renunciar a sus puestos e inmediatamente conseguir un nuevo empleo. Otras personas trabajan en horarios partidos, es decir, unas horas en un lugar y otras en otro lugar.

Tabla 41. Posibilidad de trabajo cerca del Volcán vs existencia de riesgo

		Considera que en la zona existe algún riesgo natural		Total
		Sí	No	
Trabajaría cerca del volcán	Sí	27	6	33
		79,4%	100,0%	82,5%
	No	7	0	7
		20,6%	,0%	17,5%
Total		34	6	40
		100,0%	100,0%	100,0%

Por otra parte llama la atención que las personas con menos de 5 años de residencia en la zona estarían de acuerdo en trabajar en las zonas cercanas al volcán (100%), quizás movidos por la expectativa de llegar a una región donde la oferta de trabajo es extraordinariamente amplia y también por la poca convivencia que han tenido con la actividad volcánica, tomando en consideración que en los últimos 5 años no se ha presentado ninguna situación extraordinaria en torno a la actividad volcánica.

Se debe tomar en consideración que las personas migran a la zona con el objetivo de encontrar un trabajo que les permita prosperar, por lo que no es de extrañar que la gente acepte un cierto grado de riesgo. Mientras la gente tenga un trabajo diario, un buen lugar donde vivir, un salario mensual, obviamente no pensarán en el posible riesgo volcánico en sus horas laborales, un riesgo que para muchos es una idea abstracta. Curiosamente el porcentaje más bajo de personas que aceptarían trabajar en las cercanías del Arenal es el grupo de personas que tienen entre 11 y 20 años de residir en

la zona (12%, n=4). Estas personas han vivido necesariamente episodios volcánicos extraordinarios, como el flujo piroclástico del año 2000, los dos accidentes aéreos en la cima del Volcán, la colada de lava del año 1993 y otros episodios de erupciones estrombolianas. Las personas con mayor tiempo de residencia en la zona (más de 20 años) en su mayoría están de acuerdo en buscar trabajos en los linderos del Arenal, con argumentos similares a los expuestos hasta ahora: unos apelando a la expectativa de trabajar en un hotel de lujo, otros dicen que la verdadera fuente de trabajo está en las cercanías del Volcán y otros mencionan la necesidad (Ver tabla 42).

Tabla 42. Posibilidad de trabajo y tiempo de residencia en la zona

	Desde cuando vive en La Fortuna					Total
	Menos de 5 años	Entre 6 y 10	Entre 11 y 20	Más de 20	No aplica	
Trabajaría cerca del volcán						
Sí	6	6	4	8	9	33
	100,0%	85,7%	66,7%	80,0%	81,8%	82,5%
No	0	1	2	2	2	7
	,0%	14,3%	33,3%	20,0%	18,2%	17,5%
Total	6	7	6	10	11	40
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Otro dato interesante es que de las 17 amas de casa entrevistadas, 13 de ellas estarían de acuerdo en trabajar en las zonas cercanas al Volcán. Entre las respuestas que dan sobresale la oportunidad de conseguir un trabajo rentable, otras mencionan la necesidad y la temporalidad y unas pocas dicen que ya tienen experiencia laboral en la zona, han dejado sus trabajos por motivos personales pero que les gustaría volver, obviamente por la necesidad económica.

Otros trabajadores, como los del sector turismo, aceptan en su totalidad la opción de laborar en las cercanías del Volcán, aduciendo que es la zona donde pueden desarrollar de mejor forma sus trabajos. Los trabajadores de la construcción también están dispuestos a trabajar en los linderos de Arenal, ya que las obras de construcción de más envergadura y con mayor inyección de capital se están desarrollando a lo largo de la carretera que conduce al Volcán.

Las personas dedicadas al comercio están de acuerdo tanto en trabajar en La Fortuna como en las cercanías del Volcán. Ello, tal y como se explicó al inicio de este capítulo, tiene que ver con las oportunidades reales del desarrollo del comercio, para los pequeños comerciantes La Fortuna es donde pueden subsistir sin tener que competir con grandes inversionistas (Ver tabla 43).

Tabla 43. Posibilidad de trabajo cerca del Volcán vs profesión actual

	En qué trabaja actualmente							Total
	Agric.	Tur.	Dom.	Pen.	Comer.	Est.	Const.	
Trabajaría cerca del volcán	1	10	13	1	2	3	3	33
Sí	100,0%	100,0%	76,5%	100,0%	50,0%	75,0%	100,0%	82,5%
No	0	0	4	0	2	1	0	7
	,0%	,0%	23,5%	,0%	50,0%	25,0%	,0%	17,5%
Total	1	10	17	1	4	4	3	40
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

8.2.2.3 Tipos de riesgos naturales en La Fortuna y alrededores según la percepción de los residentes

Un 79% (n=27) de las personas que mencionaron la presencia de riesgos o peligros naturales en la zona apuntan al Arenal como el principal foco de riesgo, 17 corresponde a mujeres y 10 a hombres. Al realizar la pregunta la mayoría de las personas expresaban de forma gesticular la obviedad de la amenaza. Prácticamente en las cinco zonas entrevistadas hubo personas que mencionaron al Volcán como riesgo, en lugares como Z-13 (asentamiento más próximo al Arenal) las personas también mencionaron los derrumbes y la destrucción de la flora y fauna como riesgos existentes. Este asentamiento se ubica prácticamente al pie del Arenal en el flanco Este, próximo a una zona de extracción de material (tajo) en donde es posible observar pequeños derrumbes. Por otro lado la zona de cárcavas del edificio volcánico antiguo se encuentra enfrente de Z-13 lo que es un constante recordatorio para la población del desprendimiento de material.

Otro lugar donde la población mencionó otros riesgos diferentes al volcánico fue El Castillo. Este poblado se encuentra al suroeste del Volcán y aunque los residentes pueden observar constantemente el flanco oeste del Arenal donde de forma continuada hay desprendimiento de material ladera abajo, la principal preocupación de estas personas son las inundaciones. Las personas mencionan que cuando llueve de forma constante sobre todo en época lluviosa el puente sobre el camino que los comunica con la carretera a La Fortuna sede y el Río Agua Caliente inunda el camino convirtiéndolo en intransitable para la mayoría de los vehículos (ver fotografía 38). Además el camino que conduce al poblado de Río Chiquito también se ve afectado por las fuertes precipitaciones, por lo que varias veces al año El Castillo queda incomunicado vía terrestre a causa de las inundaciones que afectan la conectividad entre este núcleo y el resto de poblaciones (Ver tabla 44).

Fotografía 38. Al fondo puente en reconstrucción, Río Agua Caliente sobre parte del camino que comunica El Castillo con la carretera a La Fortuna



Fuente: M. Berrocal, 2007.

Tabla 44. Percepción de riesgos naturales vs ubicación de la población entrevistada

		Ubicación					Total
		La Fortuna Sur	La Fortuna Este	La Fortuna Norte	Z-13	El Castillo	
Cuáles riesgos	Volcán	14	4	5	2	2	27
		70,0%	80,0%	100,0%	40,0%	40,0%	67,5%
	Derrumbes	1	0	0	1	0	2
		5,0%	,0%	,0%	20,0%	,0%	5,0%
	Inundaciones	0	0	0	0	3	3
		,0%	,0%	,0%	,0%	60,0%	7,5%
	Destrucción flora y fauna	1	0	0	1	0	2
	5,0%	,0%	,0%	20,0%	,0%	5,0%	
	No aplica	4	1	0	1	0	6
		20,0%	20,0%	,0%	20,0%	,0%	15,0%
Total		20	5	5	5	5	40
		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0 %

8.2.2.4 Peligrosidad de la actividad volcánica para la población

El 85% (n=34) de los entrevistados consideran la existencia de un riesgo en el lugar, tan solo un 32% opinan que la actividad del Arenal es potencialmente peligrosa para la población, aunque de ese 85%, un 79% opinan que el Volcán es el riesgo.

Si bien las personas identifican el Arenal como el riesgo presente en la zona, se les resta importancia a las manifestaciones volcánicas por varias razones. Entre las más importantes las personas mencionan la actividad volcánica como algo con lo que conviven a diario pues las personas en general están acostumbradas a las emanaciones de gas, pequeñas erupciones y desprendimientos de roca. La segunda razón es la incertidumbre ya que las personas mencionan que no se puede saber lo que ocurrirá por lo tanto no dimensionan la actividad como algo potencialmente peligroso al ser una situación abstracta para ellos (Ver tabla 45).

Tabla 45. Actividad peligrosa vs existencia de riesgo en la zona

		Considera que en la zona existe algún riesgo natural		Total
		Sí	No	
Cree que la actividad del Arenal es peligrosa para la población	Sí	13	3	16
		38,2%	50,0%	40,0%
	No	21	3	24
		61,8%	50,0%	60,0%
	Total	34	6	40
		100,0%	100,0%	100,0%

Tan solo en una de las zonas las personas entrevistadas dan mayor peso a la peligrosidad de la actividad volcánica para la seguridad de las personas: en el asentamiento de Z-13. Z-13, como se ha mencionado anteriormente, es un asentamiento marginal, donde viven personas con pocos recursos económicos, en su mayoría migrantes procedentes de Nicaragua. La razón que dan las personas en este lugar es que no saben lo que el Volcán pueda hacer y se refugian en expresiones como “Solo Dios sabe”. Los entrevistados en este asentamiento procedentes de Nicaragua recuerdan episodios volcánicos en Nicaragua que habían cobrado muchas vidas en su momento, como es el caso del Volcán Casitas.

Donde sí parece haber diferencia a la hora de definir la actividad volcánica como peligrosa para la población es en el hecho de haber nacido en La Fortuna o no. La mayoría de las personas que han nacido en este lugar mencionan que la actividad del Arenal no es peligrosa, argumentando que nunca ha sucedido nada malo y que el Volcán no causa ningún problema. Además mencionan que hoy en día las erupciones

son pequeñas y que mientras el Arenal esté activo el riesgo es mínimo, pero si por el contrario la actividad cesa comenzaran a preocuparse.

Para las personas que nacieron en otros lugares la actividad del Arenal es peligrosa en base a que puede matar a las personas (recordando el episodio del flujo piroclástico del año 2000). También mencionan la peligrosidad de los flujos piroclásticos y la incertidumbre (Ver tabla 46).

Tabla 46. Potencial peligro de la actividad volcánica vs lugar de nacimiento

		Nació en La Fortuna		Total
		Sí	No	
Cree que la actividad del Arenal es peligrosa para la población	Sí	3 27,3%	13 44,8%	16 40,0%
	No	8 72,7%	16 55,2%	24 60,0%
Total		11 100,0%	29 100,0%	40 100,0%

A pesar de que las personas opinan en su mayoría que la actividad del Arenal no es peligrosa para la población, existen señales volcánicas que les alertarían (76%), a pesar de su larga convivencia con la actividad volcánica. Entre estas señales la gente menciona los sismos volcánicos, explosiones y la actividad extraordinaria que se pueda presentar. Todo ello denota que aunque existe costumbre en la población hacia las manifestaciones volcánicas, las personas están alertas a cualquier cambio que pueda significar un mayor riesgo. A pesar de lo anterior, el 82% de la población entrevistada se siente segura viviendo en la zona con respecto al Volcán aduciendo de nuevo la normalidad de la actividad volcánica en sus vidas. Las personas mencionan que si se mantienen fuera de las zonas de alto riesgo no habrá peligro alguno. Por otra parte los entrevistados que reside en La Fortuna consideran que los sitios realmente peligrosos son los ubicados en el flanco norte y oeste, no así la ciudad, tomando como referente que la explosión de 1968 afectó el flanco oeste y no la zona de La Fortuna. Otras personas (15%) se refugian en la fe para justificar su seguridad.

En este sentido es importante mencionar que aunque el Arenal es visible desde La Fortuna, (flanco este) la actividad se concentra en el flanco norte y oeste. El edificio volcánico que se observa desde La Fortuna, es el antiguo, el cráter D, y aunque las columnas de gas y ceniza producto de la desgasificación y erupciones son visibles desde la ciudad, la caída de material, las coladas de lava y los flujos piroclásticos se han presentado en el flanco norte y oeste, por lo que desde La Fortuna (ciudad) no es posible observar estos procesos. Durante la década de 1980 y principios de 1990 desde La Fortuna era posible escuchar los fuertes sonidos producto de las explosiones del Volcán, en la actualidad la severidad de las mismas ha disminuido y estos sonidos son cada vez menos frecuentes. Todo ello puede reforzar el sentimiento de seguridad que tienen las personas que habitan en el lugar.

En cuanto al tiempo de residencia en la zona y la potencial peligrosidad de la actividad volcánica, podemos observar como las personas que tienen menos de 5 años de residencia en la zona (83% del total) piensan que la actividad volcánica no es peligrosa para la población, pero los datos se invierten en el grupo de personas que cuentan entre 6 y 10 años de vivir en la región. El 71% de los mismos mencionan que efectivamente la actividad es peligrosa (Ver tabla 47).

Tabla 47. Potencial peligro de la actividad volcánica vs tiempo de residencia

	Desde cuando vive en La Fortuna					Total	
	Menos de 5 años	Entre 6 y 10	Entre 11 y 20	Más de 20	No aplica		
Cree que la actividad del Arenal es peligrosa para la población	Sí	1 16,7%	5 71,4%	3 50,0%	4 40,0%	3 27,3%	16 40,0%
	No	5 83,3%	2 28,6%	3 50,0%	6 60,0%	8 72,7%	24 60,0%
Total	6 100,0%	7 100,0%	6 100,0%	10 100,0%	11 100,0%	40 100,0%	

En cuanto a la percepción entre hombres y mujeres con respecto a la peligrosidad de la actividad, la mayoría de las mujeres manifiestan que la actividad del Arenal está dentro de la normalidad de acuerdo a lo que han visto y vivido. A continuación aluden a la incertidumbre en relación a lo que puede suceder en el futuro. Ninguna de las mujeres entrevistadas menciona la fe como justificante de la exposición y/o aceptación al riesgo.

En cuanto a los hombres, las dos razones que mencionan son la normalidad de la actividad volcánica y la incertidumbre en relación a lo que puede suceder en el futuro. Argumentan que los que realmente están en peligro son los que se acercan a las zonas de alto riesgo del Volcán y por último mencionan la fe, expresando que “Solo Dios sabe” lo que puede suceder con el Volcán y las personas (Ver tabla 48).

Con respecto a la profesión u oficio de las personas y su percepción de la peligrosidad de la actividad volcánica, las mujeres amas de casa en un 50% (n=8) vuelven a mencionar la normalidad de las manifestaciones del Arenal, en segundo lugar aducen la misma incertidumbre y otras explican que si las personas no respetan las zonas de alto riesgo, estarán expuestas a los peligros volcánicos.

Tabla 48. Peligrosidad de la actividad volcánica vs sexo de entrevistados

		Sexo del entrevistado		Total
		Masculino	Femenino	
Por qué la actividad es o no peligrosa	Normalidad	6 37,5%	12 50,0%	18 45,0%
	Fe	2 12,5%	0 ,0%	2 5,0%
	Incertidumbre	5 31,3%	9 37,5%	14 35,0%
	Gente que está cerca	3 18,8%	2 8,3%	5 12,5%
	No sabe	0 ,0%	1 4,2%	1 2,5%
	Total	16 100,0%	24 100,0%	40 100,0%

Por su parte la mitad de los entrevistados que trabajan en el sector turístico consideran que la actividad volcánica es normal, mostrando su seguridad con respecto a sus conocimientos sobre el Arenal y sobre cómo están ejerciendo su trabajo. En segundo lugar aducen a la incertidumbre, si bien algunos de ellos son conscientes de que no manejan información suficiente referente a la actividad volcánica. Y por último un pequeño grupo de entrevistados mencionan que no es conveniente acercarse al Volcán. Es importante explicar que en la zona existen trabajadores del sector turismo certificados por el Instituto Costarricense de Turismo los cuales están obligados a capacitarse y otro grupo que trabajan por su cuenta sin ningún tipo de control y que usualmente son los que carecen de itinerarios turísticos dentro de las zonas de seguridad y del respaldo de una empresa u operadora de turismo.

8.2.2.5 Sentimiento de seguridad

De las 40 personas entrevistadas el 82.5% se sienten seguros viviendo en la zona con respecto a la presencia del Arenal. En cuanto al sexo de los entrevistados, llama la atención que de las 24 mujeres participantes el 70% de ellas sienten seguridad en sus hogares y en el lugar donde residen y tan solo un 30% se sienten inseguras. El 100% de los hombres entrevistados mencionan que no sienten ningún tipo de inseguridad (Ver tabla 49).

Tabla 49. Seguridad vs sexo del entrevistado

		Sexo del entrevistado		Total
		Masculino	Femenino	
Se siente seguro viviendo aquí con respecto al Volcán	Sí	16	17	33
		100,0%	70,8%	82,5%
	No	0	7	7
		,0%	29,2%	17,5%
	Total	16	24	40
		100,0%	100,0%	100,0%

Por otra parte en lo referente a la zona de residencia de los entrevistados destaca que la totalidad de los entrevistados en El Castillo se sienten seguros con respecto al Arenal, lo que concuerda con las manifestaciones de estas personas de que en la zona la principal preocupación son las inundaciones y el temor de quedar incomunicados con la carretera que conduce a La Fortuna. Otro sector donde la totalidad de los entrevistados expresa su sentimiento de seguridad es La Fortuna sector norte, los cuales argumentan que el principal problema lo tienen los que viven en las cercanías del Arenal (ellos no se catalogan como “cercaños” al Volcán).

El resto de las respuestas apuntan a una seguridad generalizada en sus sitios de residencia, aunque se debe recordar que algunos pobladores de Z-13 mostraban preocupación con respecto a los derrumbes y la proximidad al Volcán (Ver tabla 50).

Tabla 50. Seguridad vs zona de residencia

		Ubicación					Total
		La Fortuna Sur	La Fortuna Este	La Fortuna Norte	Z-13	El Castillo	
Se siente seguro viviendo aquí con respecto al Volcán	Sí	17	3	5	3	5	33
		85,0%	60,0%	100,0%	60,0%	100,0%	82,5%
	No	3	2	0	2	0	7
		15,0%	40,0%	,0%	40,0%	,0%	17,5%
	Total	20	5	5	5	5	40
		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

De nuevo las personas que hace menos de 5 años y la gente que nació en La Fortuna que residen en la zona son los que expresan con mayor énfasis su sentimiento de seguridad en la zona en la que viven. De los que no nacieron en la región el 79% (n=23 de 29) opinan igualmente que no existe ningún peligro y que es un lugar seguro para vivir.

Si bien las personas identifican claramente que existe un riesgo en la zona, no lo asocian con la posibilidad de inseguridad en sus áreas de residencia, quizás porque ninguna de las zonas entrevistadas fue afectada por la erupción de 1968 ni por ninguno de los episodios posteriores. Por una parte los entrevistados dicen que están acostumbrados a las manifestaciones volcánicas que ven y viven cada día y que usualmente siempre es lo

mismo: explosiones esporádicas, columnas de gas y ceniza, etc. En la actualidad a menos que las personas se encuentren en zonas cercanas al Arenal, no es posible escuchar las explosiones y la desgasificación, así como la caída de material ladera abajo.

8.2.2.6 Información sobre el Volcán Arenal

La Fortuna es un lugar donde existe gran cantidad de información con respecto al Arenal, mucha de esa información no procede de fuentes fidedignas. En la entrevista se preguntó a las personas sobre el interés de obtener información referente a la actividad volcánica: tan solo un 45% de la población tiene interés en obtener información en contraposición a un 55% (n=22) que manifiestan tajantemente que no tienen ningún interés en conseguir u obtener datos sobre el Volcán.

De las 24 mujeres entrevistadas, 14 expresaron su falta de interés en conocer más sobre la actividad volcánica, mientras que entre los hombre las intenciones son homogéneamente divididas (50% muestra interés y el otro 50% no) (Ver tabla 51).

Tabla 51. Interés en información vs sexo del entrevistado

		Sexo del entrevistado		Total
		Masculino	Femenino	
Interesado en obtener información sobre peligros volcánicos	Sí	8	10	18
	No	8	14	22
Total		16	24	40
		50,0%	58,3%	55,0%
		100,0%	100,0%	100,0%

Curiosamente, en el asentamiento de Z-13, que es el más próximo al Volcán, el 80% de los entrevistados mencionan que no están interesados en obtener información sobre la actividad volcánica. En sectores como La Fortuna este y norte, el 60% de la población tampoco muestran interés, pero en La Fortuna sector sur la mitad muestran interés y la otra mitad no.

Nuevamente, y como se ha mencionado antes, desde La Fortuna y Z-13 no es posible observar los flancos activos del Volcán, son justamente los flancos norte y oeste los que presentan coladas de lava, caída de material, flujos piroclásticos esporádicos y es donde se observan claramente las explosiones del Volcán. El único sector donde todas estas manifestaciones son evidentes es El Castillo ya que el flanco oeste del Volcán está enfrente del poblado.

Muchas veces las personas piensan que la información que manejan es suficiente y que no necesitan más. Algunas personas por otra parte opinan que quizás no comprenderán la nueva información a la que puedan acceder, o incluso es probable que prefieran evitar conocer los datos por el mismo temor que sienten hacia el Volcán.

No deja de sorprender que aunque a la gran mayoría de los entrevistados al preguntarles sobre si opinaban que en la zona existía algún tipo de riesgo o peligro natural respondían con obviedad, éstos rehúsan la posibilidad de obtención de información. Son en este sentido las personas que viven en la zona desde hace menos de 5 años y más de 20 años los que muestran interés en conocer más sobre el Volcán, a pesar de que justamente son los residentes de menos de 5 años de vivir en la zona los que se sienten más seguros de su lugar de residencia con respecto al Volcán.

Los trabajadores del sector turismo los que muestran en su mayoría interés en conocer más sobre la actividad volcánica, lo que obviamente tiene que ver con la actividad laboral que desarrollan. Entre las amas de casa tan solo el 43% de ellas muestran interés en la obtención de información y de los 4 estudiantes entrevistados, ninguno expresa motivación.

Al respecto es importante mencionar que el 60% (n=24) de la población entrevistada no sabe a qué institución puede dirigirse para obtener información. De las 24 mujeres entrevistadas tan solo el 37% saben que pueden obtener información en instituciones como la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), Universidades, Comité Local de Emergencia, Ministerio de Ambiente y Energía, entre otros. En cuanto a los hombres el 43% mencionan que pueden dirigirse a las Universidades, CNE, Comisión Local de Emergencia, Cruz Roja y Ministerio de Ambiente y Energía, para preguntar u obtener información referente a la actividad volcánica.

La falta de interés en adquirir información con respecto a la actividad volcánica y las zonas de restricción del Decreto de Ley por parte de la población tiene que ver con la falta de proyección de las mismas instituciones científicas, técnicas y gubernamentales encargadas del monitoreo y vigilancia volcánica, así como de la prevención y mitigación de riesgos naturales, hacia la comunidad. Las personas desconocen la forma de contactar con los funcionarios públicos que les pueden brindar dicha información o los medios (folletos, sitios WEB, boletines, etc) donde pueden informarse. Es importante recordar que la falta de información aumenta la vulnerabilidad de las comunidades frente al riesgo.

8.3 Conclusiones

La gran mayoría de las personas entrevistas admiten la presencia de un elemento de riesgo natural en la zona. Tanto hombres como mujeres perciben de igual forma que la zona es vulnerable a la manifestación de riesgos naturales, en especial los asociados a la actividad volcánica del Arenal. El hecho de haber nacido en la zona o migrado en busca de trabajo, no cambia la opinión de las personas en torno a la presencia de riesgos naturales en la zona, lo que indica un cierto conocimiento del medio en el que viven.

La toma de conciencia por parte de la población del riesgo volcánico explica la negativa de las personas a construir sus viviendas en los linderos del Arenal. Las personas prefieren residir en una zona relativamente segura, para salvaguardar tanto sus familias como sus bienes. La mayoría de los entrevistados (82% del total) aceptan la posibilidad de trabajar en los alrededores del Volcán, que es donde se ubica la infraestructura turística de mayor inversión. El hecho de trabajar en un hotel de 4 o 5 estrellas les permite optar a un salario mayor. Las personas aceptan la exposición al riesgo por motivos laborales aduciendo la temporalidad de los horarios de trabajo.

Algunas personas mencionaron que es justamente en los alrededores del Arenal donde existe una posibilidad real de conseguir un trabajo estable y bien pagado. Algunas personas expresan que lo hacen por necesidad y no por gusto y que aunque aceptan los trabajos lo hacen con cierto grado de temor.

Son las personas recién llegadas a la zona (menos de 5 años de residencia en La Fortuna) los que se muestran dispuestos a trabajar en los alrededores del Arenal, impulsados por la idea de la amplia oferta laboral y la certeza de conseguir un trabajo en el sector turístico. Las personas que migran hacia La Fortuna procedentes de diversas partes del país y de Nicaragua llegan a la zona con la única motivación de obtener trabajo.

En cuanto a las profesiones u oficios de los entrevistados, la mayoría de las amas de casa están dispuestas a trabajar en los linderos del Volcán movidas por la oportunidad de adquirir un empleo bien remunerado. En segundo lugar los profesionales del sector turístico aseguran que es la zona ubicada en los alrededores del Arenal el lugar óptimo para el establecimiento de los negocios comerciales y, en tercer lugar, los obreros de la construcción apuntan que el acelerado crecimiento de la zona brinda las mejores oportunidades de contratos de construcción en las zonas aledañas a la carretera que conduce La Fortuna hacia el Volcán. En cuanto a los comerciantes, sobre todo si son pequeños, prefieren el casco urbano de La Fortuna para desarrollar su actividad, por la diversidad de clientela que llega a la ciudad.

En cuanto a la identificación de posibles riesgos y peligros en la zona, el 85% de los entrevistados mencionan que efectivamente existe un riesgo latente en la región. De ellos el 79% apunta directamente al Volcán Arenal como el riesgo más inherente. En las distintas zonas entrevistadas las personas mencionan otro tipo de riesgo natural, obviamente respondiendo a los problemas reales que tienen. Ese es el caso del asentamiento Z-13, donde se mencionó la ocurrencia de derrumbes y la destrucción de la flora y fauna. Por su parte la población de El Castillo apunta como riesgo principal las inundaciones ya que el poblado se ve afectado varias veces al año por este tipo de eventos.

Si bien las personas entrevistadas en su mayoría apuntan al Arenal como el riesgo presente en la zona, tan solo el 40% mencionan que la actividad volcánica es potencialmente peligrosa para la población. Los entrevistados sostienen que el verdadero peligro consiste en acercarse excesivamente a las zonas de alto riesgo. Además los entrevistados mencionan que la actividad volcánica es normal ya que la población está acostumbrada a observar las emanaciones de gas y las explosiones esporádicas. Por otro lado algunos mencionan que existe incertidumbre en torno a lo que pueda ocurrir con la actividad volcánica, si bien las personas se acostumbran a la presencia de actividad. De igual forma ignoran si a corto, mediano o largo plazo la misma se incrementará esta actividad y provocará daños a las personas y los bienes materiales expuestos.

Seguramente el hecho de que la zona activa del volcán (donde se produce la emisión de coladas de lava y la generación de flujos piroclásticos, así como la caída constante de material), son los flancos no visibles desde La Fortuna (norte y oeste) contribuye a que las personas consideren la ciudad como un lugar seguro para vivir.

Con respecto a la información sobre la actividad volcánica, tan solo un 45% de la población muestra interés en obtenerla. Sectores como el asentamiento Z-13 muestran un rechazo a la adquisición de información. Por el contrario poblaciones como El Castillo muestran interés en saber y aprender más sobre el Volcán. Algunas personas aducen que la información que manejan al respecto es suficiente y fidedigna, mientras otras piensan que quizás no comprenderán la nueva información y prefieren no accederla.

Aunque el 85% de las personas entrevistadas advierten que en realidad existe un riesgo natural en la zona, rehúsan la posibilidad de conocer más al respecto. Son precisamente las personas recién llegadas a la zona y las que tienen más de 20 años de residir en la región las que muestran mayor disposición a adquirir información sobre la actividad volcánica. Ello quizás tenga relación con que el 60% de la población entrevistada ignora a qué institución pueden dirigirse para preguntar o solicitar información. Los entrevistados mencionan que la presencia de instituciones como Comisión Nacional de Emergencias y Comité Local de Emergencias es escasa, incluso muchos de ellos manifiestan ni siquiera conocer a los integrantes comunales del Comité Local. Todo esto refleja una grave falta de proyección hacia la comunidad por parte de organismos gubernamentales e institutos científicos, quienes hasta cierto punto manejan la información de modo interno y sin bajarla a los estratos comunales, lo que al final puede generar desconfianza y resistencia por parte de la comunidad.

Tabla 52. Factores que influyen en la percepción de la población respecto al riesgo volcánico del Volcán Arenal

Factor	Aumenta percepción	Disminuye percepción
Tiempo de residencia	Mayor número de años de vivir en la zona	Pocos años de vivir en la zona
Género	No parece haber relación entre género y aumento de percepción del riesgo	No parece haber relación entre género y disminución de percepción del riesgo
Proximidad al volcán	Asentamientos más próximos al volcán manifiestan una mayor percepción frente al riesgo, si bien cabe tener en cuenta que todas las poblaciones entrevistadas se encuentran en un radio de 10 kilómetros alrededor del Arenal.	Las personas entrevistadas en las zonas más alejadas del Arenal tienden a tener menor percepción del riesgo.
Profesión/oficio	Los dueños de locales comerciales y los trabajadores del sector turismo tienen una mayor percepción del riesgo dado que sus ingresos económicos dependen del turismo que visita el Volcán Arenal.	Entre las amas de casa la percepción del riesgo tiende a disminuir
Beneficios	Las personas que tienen sus hoteles o restaurantes en las zonas aledañas al Arenal, tienen mayor percepción del riesgo.	Las personas que no dependen directa o indirectamente de la actividad turística tienden a tener una menor percepción del riesgo.
Papel de las instituciones gubernamentales y científicas	Las personas mejor informadas y vinculadas de alguna forma con los funcionarios públicos de las instituciones encargadas de la	Las personas que carecen de información sobre la actividad volcánica y cuya vinculación con funcionarios públicos de las

	mitigación y prevención del desastres naturales así como técnicos científicos que visitan la zona, aumentan su percepción del riesgo	instituciones encargadas de la mitigación y prevención de los desastres naturales así como técnicos científicos que visitan la zona es nula, disminuyen su percepción del riesgo.
Conocimiento	Los empresarios turísticos son los que en general poseen mayor información sobre la actividad volcánica y las zonas de restricción y, por lo tanto, una mayor percepción del riesgo. Ello no significa que cada empresario sea del todo consciente de lo que significa estar expuesto al riesgo volcánico.	La población residente posee menos información sobre la actividad volcánica y las zonas de restricción, lo que genera que la percepción del riesgo sea ligeramente menor que la de algunos empresarios turísticos.
Familiaridad	Las personas que se sienten menos familiarizadas son las que presentan una mayor percepción del riesgo.	A mayor familiaridad con el volcán, existe mayor confianza y por lo tanto la percepción del riesgo disminuye ligeramente.

En relación con otros estudios científicos sobre percepción del riesgo volcánico desarrollados sobre todo en México, se notan grandes diferencias con respecto a la investigación realizada en La Fortuna de San Carlos. En el caso de México López (2006) menciona que la distancia a la que se encuentran las personas en comparación al Volcán Popocatepetl influye en la percepción del riesgo y el estrés, así como en las estrategias para afrontar las emergencias volcánicas. López toma como escenario de estudio poblaciones que se encuentran entre 20 y 60 kilómetros de distancia del volcán, dadas las dimensiones de edificio volcánico del Popocatepetl (5452 msnm) las poblaciones aledañas no están asentadas al pie del volcán. Por la extensión de las ciudades y la cantidad de personas que estarían expuestas a una eventual erupción del Popocatepetl, las instituciones públicas y científicas mantienen un fuerte dispositivo de vigilancia y comunicación con las diferentes comunidades, por ejemplo, Puebla, la ciudad más próxima al Popocatepetl tiene una población de 5383133 habitantes.

El caso del Arenal y La Fortuna de San Carlos la realidad es muy diferente. El Arenal tiene un edificio volcánico pequeño de 1670 msnm, y aunque su ciclo eruptivo se inició en 1968 y la actividad volcánica ha sido constante hasta el día de hoy, lo cierto es que actualmente es un volcán poco peligroso si se compara con el Popocatepetl. La población que vive en los alrededores del Arenal no supera las 12000 personas, aunque la actividad turística es intensa. La distancia del casco urbano de La Fortuna al Arenal es de escasamente 6 kilómetros lineales y existen asentamientos como Z-13 y El Castillo que se encuentran prácticamente construidos al pie del volcán. Aunque la distancia que separa estas poblaciones del volcán es relativamente poca, si existen tendencias en las personas de pensar que quienes viven en las afueras del casco urbano de La Fortuna en dirección este, están más seguros en relación a la actividad volcánica que los que viven en el mismo casco urbano o en Z-13, aunque la distancia que los separe sea de escasos 2 kilómetros.

A diferencia del estudio de López (2006) donde detectó estrés en las personas que viven más próximas al Popocatepetl, en La Fortuna de San Carlos las personas en general no viven la presencia del Arenal con estrés sino como una oportunidad para el desarrollo de la actividad turística.

Por otro lado Dauphiné (2001) menciona algunos factores que pueden contribuir a la percepción del riesgo. Menciona que el factor “beneficio” puede aumentar o disminuir la percepción, en caso de que la población desconozca el beneficio puede incrementar la percepción, sucediendo lo contrario en caso de conocimiento. En el caso de La Fortuna de San Carlos, son los pobladores que realmente se benefician de la presencia del Volcán para desarrollar su actividad económica los que más percepción del riesgo volcánico tienen y al mismo tiempo los que justifican ese riesgo.

Otro elemento importante que menciona Dauphiné (2001) es que cuanto mayor frecuencia de ocurrencia tenga el proceso natural, mayor percepción del riesgo habrá. Nuevamente sucede lo contrario en la zona de La Fortuna de San Carlos, donde las personas con mayor tiempo de residencia en el lugar y las que ha tenido la oportunidad de vivir las épocas de mayor actividad del Arenal, son las que más confianza tienen en torno a que nunca ha sucedido nada malo y no sucederá.

El mismo autor añade que el papel de las instituciones científicas y gubernamentales también está directamente relacionado con la disminución o el incremento de la percepción del riesgo de las personas. Por ejemplo en caso de que haya ausencia de estas instituciones la percepción del riesgo aumenta, por el contrario si la presencia de las mismas es fuerte, disminuye la percepción. Pero en La Fortuna de San Carlos vuelve a suceder lo contrario. Las personas que más tienen contacto con las instituciones científicas y gubernamentales (dueños de hoteles, restaurantes y empresarios turísticos) son precisamente los que tienen mayor percepción del riesgo aunque emitan un discurso de confianza. Estos empresarios turísticos deben conocer no solo las zonas de alto peligro volcánico sino también el Decreto de Ley sobre restricciones a los usos del suelo y libre tránsito de personas, ya que el desarrollo de muchas de sus actividades (cabalgatas, caminatas, tours nocturnos, etc) demanda que se realicen en lugares “seguros”, además la construcción de nuevas infraestructuras en lugares de alto riesgo está absolutamente prohibida. Esto no significa que no se den y/o existan anomalías.

Lo anterior demuestra lo complejo que puede ser el análisis de la percepción al riesgo volcánico y lo importante que es estudiar cada caso como si fuera único, sin asumir estándares.

Capítulo 9. Conclusiones y Recomendaciones

Actividad volcánica del Arenal, pasada, presente y futura

Desde 1968, la actividad volcánica del Arenal se ha mantenido constante hasta el presente. A raíz de esto el Volcán ha sido objeto de gran cantidad de investigaciones sobre el tipo de explosiones, las zonas de peligro, la composición de las lavas, el volumen de material eyectado, los flujos piroclásticos, geoquímica, deformación, sismología volcánica, etc. Los estudios e investigaciones sobre los periodos eruptivos anteriores a 1968 han sido realmente pocos.

Autores como Chiesa (1987), Frullani y Ghigliotti (1992), Soto y Alvarado (2006) hablan de erupciones pasadas mucho más violentas que la ocurrida en 1968 lo que demuestra la peligrosidad del Volcán para posteriores periodos eruptivos. Estos mismos autores coinciden en que la erupción de 1968 fue pequeña en comparación con las fases eruptivas pasadas identificadas en la estratigrafía.

En este sentido los mapas de distribución de tefra elaborados en esta investigación con base en las investigaciones de Frullani y Ghigliotti (1992) y Soto y Alvarado (2006), evidenciaron que en periodos eruptivos pasados (anteriores al ciclo eruptivo actual) las zonas afectadas por caída de tefra abarcan amplias extensiones alrededor del Arenal específicamente hacia el flanco oeste y norte.

Un elemento importante a destacar es que los mapas de distribución de tefra elaborados permiten verificar el número de veces que un lugar en concreto ha sido afectado por la caída de material. En los pasados periodos eruptivos del Arenal las zonas de mayor afectación han sido Finca Macadamia, Finca Marita, Castillo Nuevo, Castillo, Jilguero, Sangregado, Arenal Viejo, Cairo, Unión, entre otros y por supuesto los sitios ubicados sobre la carretera que bordea el Volcán. Los flancos que han sido afectados en la mayoría de los ciclos eruptivos pasados son el oeste y el norte. Por lo tanto, y ante la evidencia estratigráfica, estos lugares pueden ser afectados de nuevo en futuros periodos eruptivos del Arenal.

Sobre el ciclo eruptivo actual iniciado en 1968, cabe mencionar que la apertura del conducto sucedió con la explosión inicial. Si bien ha habido diversas fases de actividad, es poco probable que se repita una explosión igual o similar a la ocurrida en 1968 en lo que resta del actual periodo eruptivo. La actividad volcánica que se presenta en la actualidad corresponde a emisión de pequeñas coladas de lava (alta viscosidad) que se acumulan en la parte sumital del cráter C las cuales generan esfuerzos en la colada y provocan el desprendimiento de fragmentos de la colada, produciendo flujos piroclásticos por colapso gravitacional de frente de colada de lava. La actividad se ha concentrado en el flanco norte, oeste y sur. Existen zonas claramente delimitadas como de alto riesgo volcánico en las que el libre tránsito de personas y la construcción de nueva infraestructura está prohibida por medio de un decreto de ley vigente desde el año 2001.

Considerando el sumario de las principales erupciones ocurridas (Soto y Alvarado, 2006) y tomando en cuenta que el evento de 1968 es uno de los menores que se han presentado, existe una elevada posibilidad de que el Arenal tenga una erupción tipo subpliniana o pliniana en su próximo periodo eruptivo. En una eventual erupción de tipo subpliniano o pliniano poblaciones importantes como Castillo, Jilguero, Castillo Nuevo, Finca Macadamia, entre otros, así como el flanco norte donde actualmente se

desarrollan los complejos turísticos, se verían afectadas, en el caso de que la tendencia de crecimiento y tiempo de asentamiento se alarguen. Por otro lado, infraestructura pensada a largo plazo como por ejemplo la represa de Sangregado, las líneas de transmisión eléctrica o las líneas y torres para telecomunicaciones, etc, podrían ser seriamente dañadas.

Otro elemento a tomar en consideración es el posible colapso del edificio volcánico. Gran parte del actual edificio volcánico ha sido construido en los últimos 30 años producto de la eyección continua de material principalmente del cráter C, el edificio volcánico antiguo podría llegar a erosionarse por dentro (podrirse), eso unido al peso del nuevo edificio volcánico y con la ayuda de algún evento disparador (un sismo de gran intensidad por ejemplo) aumentaría las posibilidades de que se produjera un colapso de la estructura volcánica.

La Fortuna, cambios en los usos del suelo y crecimiento poblacional

Si bien la incursión en la actividad turística por parte de los pobladores de La Fortuna y alrededores se debe a la presencia de un volcán activo en la zona, fue necesario esperar casi 20 años después de la erupción de 1968 para que el turismo fuera visto como una actividad económica a desarrollar. Después de 1985 el Volcán comenzó a presentar espectaculares explosiones de tipo estromboliano que captaron la atención de los turistas. Los pobladores de La Fortuna, en su mayoría personas dedicadas a la ganadería, comenzaron a brindarle al turista servicios de forma artesanal como por ejemplo alquiler de habitaciones en sus propias casas de habitación. Aunque algunos lugareños para finales de la década de 1980 y principios de la década de 1990 habían instalado pequeños hoteles y zonas de servicio para el turista en el casco urbano de La Fortuna y alrededores del Volcán, no fue hasta después de 1995 que la afluencia de turismo al lugar fue masiva.

El incremento de turistas en la zona de La Fortuna de San Carlos y alrededores atraídos por la actividad del Volcán Arenal no solo provocó el aumento de la construcción de infraestructura de servicios turísticos sino que también significó el incremento de la población residente en la zona. Entre 2003 y 2007 el incremento de hoteles en La Fortuna y alrededores fue de un 74%, habiendo actualmente en la zona más de 86 hoteles, sin contar servicios turísticos como restaurantes, tiendas, servicio de internet, alquiler de vehículos, operadoras de tour, etc. En total en la zona se contabilizan actualmente más de 265 establecimientos comerciales en su mayoría dedicados brindar servicios al turismo.

Los empresarios turísticos son en su mayoría personas autóctonas, los que en un momento fueron campesinos dedicados a la ganadería, hoy en día son en su mayoría pequeños y medianos empresarios turísticos, y tan solo unos pocos se han convertido en grandes empresarios. En los últimos años y gracias al incremento en la visitación que experimenta la zona, inversionistas de otras partes del país se están instalando en el lugar, algunos de ellos construyendo grandes infraestructuras turísticas e invirtiendo fuertes cantidades de capital. A pesar de todo ello este espacio no ha sido foco de inversión por parte de grandes cadenas hoteleras internacionales, gracias a lo cual la prosperidad económica ha beneficiando tanto a los pequeños como a los grandes empresarios ya instalados. Por las características del país, estas grandes cadenas

hoteleras internacionales ven mayor rentabilidad en las zonas costeras costarricenses donde pueden desarrollar su idea del turismo de “sol y playa”.

El incremento de locales comerciales en el casco urbano de La Fortuna de San Carlos ha provocado el progresivo desplazamiento de los residentes hacia la periferia. En la actualidad los sectores sur, norte y este de la ciudad son ocupados por barrios residenciales relativamente recientes. Esta parece ser la tendencia de crecimiento de zonas ocupadas para el desarrollo de las zonas residenciales, ya que los terrenos en dirección al Volcán son económicamente más costosos y están siendo utilizados como zonas potenciales para la instalación de hoteles y restaurantes. Se debe destacar que existen en las afueras de la ciudad de La Fortuna sectores como el asentamiento Z-13 y la población de El Castillo que están experimentando un crecimiento importante no solo de población sino también de instalación de infraestructura turística, especialmente en el caso de El Castillo.

En lo que a crecimiento poblacional se refiere, entre 1984 y 2007 el aumento de la población fue extraordinario, pasando de 4476 habitantes en 1984 a 11943 en 2007. Este crecimiento demográfico está ligado al incremento de la actividad turística ya que se requiere de mano de obra para desempeñar trabajos en la construcción, la hotelería y los restaurantes. El aumento de población residente en La Fortuna y alrededores genera la creación de otros servicios para la población residencial, como la apertura de bancos, tiendas, zapaterías, supermercados, farmacias, etc, lo cual aumenta y mejora la oferta de servicios en la zona.

Propuesta de zonificación de los usos del suelo

En este sentido y pese al crecimiento demográfico y de infraestructura turística en la Fortuna, no existe un plan de ordenamiento territorial integral que considere no solo la población, la actividad turística y su crecimiento, sino que correlacione estos elementos con la actividad volcánica y la percepción del riesgo de la población. Los primeros pasos en este sentido se han dado con la creación del decreto de ley sobre las restricción al uso del suelo y libre tránsito de personas en el año 2001, el cual se creó a raíz de acontecimientos que dieron la voz de alerta respecto a la seguridad para el desarrollo de actividades turísticas en los alrededores del Volcán y de la necesidad de salvaguardar la vida de turistas, residentes y bienes materiales (hoteles, casas, restaurantes, etc).

Con la puesta en vigencia de este decreto de ley se restringió la construcción de nueva infraestructura y de actividades en sitios catalogados por los vulcanólogos como de alto riesgo volcánico que a la vez contribuye a mantener los alrededores libres de infraestructura alrededor del Parque Nacional que favorece la implementación de planes de recuperación forestal. Existe poco control desde el Gobierno Local del cantón de San Carlos y la CNE sobre la nueva infraestructura ubicada en zonas de restricción y en la ampliación y remodelación de la misma localizada cerca y/o dentro de R1 y R4, principalmente.

Aunque instituciones como CNE y OVSICORI han hecho esfuerzos para dar a conocer el decreto de ley en la zona y distribuir mapas temáticos, lo cierto es que no existe un programa de divulgación que no solo informe a los empresarios del turismo sino a la población en general sobre los contenidos y la utilidad del decreto, así como

conscienciar al Gobierno Local de su obligación de velar por el cumplimiento del mismo.

Tomando en consideración el crecimiento poblacional y el aumento de infraestructura turística, así como los espacios dedicados a la actividad turística en una zona expuesta a la actividad volcánica, ha sido necesario señalar los principales peligros de origen volcánico que se presentan y/o presentarán en la zona a corto plazo, y así identificar lugares de alto riesgo. Se lograron identificar zonas propensas a lahares, caída de material incandescente, flujos piroclásticos, etc. Los flancos norte y oeste son los que en la actualidad presentan la mayor actividad, el flanco este se encontrará a corto plazo expuesto a la caída de material producto del proceso de relleno del cráter D por eyección y acumulación de material desde el cráter C.

La generación de cartografía de zonas susceptibles a peligros volcánicos en el actual periodo eruptivo, así como la cartografía de usos del suelo actualizado con fotografía aérea 2005 e imagen satélite 2001 y las zonas de restricción al uso del suelo y libre tránsito de personas promulgado por el decreto de ley en el año 2001, permitió desarrollar una cartografía de las propuestas de zonificación de usos del suelo. En este mapa se identifican zonas de elevada exposición en los flancos noreste, norte, noroeste y todo el flanco oeste, y se propone una zonificación de los usos del suelo que distingue entre seis categorías (zona de restricción a los asentamientos humanos y actividades permanentes, zona destinada a la instalación de infraestructura turística, zona urbana, zona destinada a actividades agropecuarias, zona de pastos y urbana, zona forestal, cultivos y pastos).

Percepción de riesgo del sector turístico y población residente del casco urbano de La Fortuna y alrededores del Volcán Arenal

El Volcán Arenal juega en la zona dos importantes papeles. Por un lado es la razón de ser de la actividad turística que se ha desarrollado aceleradamente en la última década, brindando trabajo a cientos de personas y convirtiendo a La Fortuna en un distrito rural con una economía en auge. Por otro lado el Arenal es identificado por la mayoría de los pobladores como un riesgo natural latente pero con el que han aprendido a convivir.

Gracias al desarrollo de la actividad turística existe una gran diversidad de actividad comercial en la zona (con pequeños, medianos y grandes empresarios) pero también en la población residente (ya que La Fortuna se ha convertido en un distrito receptor de personas que vienen de diferentes partes de Costa Rica e incluso de países vecinos como Nicaragua atraídos por la amplia oferta laboral).

Ante la amplia variedad de personas que al día de hoy habitan la zona, es necesario reconocer y entender la diversidad de vivencias y experiencias que convergen en las distintas percepciones del riesgo que tiene la población tanto de La Fortuna, como de Z-13 y El Castillo. Si bien las personas identifican el Volcán como el mayor riesgo natural de la región, al mismo tiempo mencionan que la actividad que el mismo presenta carece de peligrosidad para la población en general y las actividades que se desarrollan en la zona, debido a la familiaridad de las manifestaciones volcánicas. La mayoría de residentes se han acostumbrado a observar pequeñas explosiones, columnas de gas y ceniza y caída de material incandescente en los flancos norte y oeste. Esta cotidianidad

genera confianza en las personas que viven en la zona, algunas de las cuales creen que no sucederá nada más allá de lo que ocurre cada día.

Cabe mencionar que si bien la mayoría de las personas aceptan la posibilidad de instalar sus locales comerciales (medianos y grandes) en las cercanías del Volcán y/o la oportunidad de trabajar en la infraestructura turística ubicada en los alrededores del Arenal, no sucede lo mismo cuando se trata de instalar sus viviendas en esos mismos lugares. Por el contrario se sienten más seguros viviendo en las afueras de la ciudad de La Fortuna, Z-13 y El Castillo. Otra razón menor aunque no menos importante es el alto costo de la tierra en los alrededores del Volcán. Usualmente los dueños de tierras en esa zona no aceptan vender pocos metros cuadrados, sino fincas completas con varias hectáreas de extensión y a las cuales únicamente tienen acceso los grandes empresarios que pueden invertir fuertes cantidades de capital.

El Volcán Arenal seguramente cesará su actual ciclo eruptivo en una fecha no determinada. La población de la zona, en especial los que se dedican a la actividad turística, cree que ello disminuirá considerablemente la visita de turistas al lugar. Aunque la zona es rica en flora y fauna tropical, hasta el momento se ha explotado la actividad turística con el sello de actividad volcánica, donde el foco de atracción en toda la publicidad es el Arenal en plena erupción. Pocos son los empresarios que están incursionando en otro tipo de turismo, explotando la riqueza paisajística del lugar. El Arenal es una vez más visto como “el proveedor”, el que invita a la visitación y gracias al cual la actividad turística se desarrolla y se mantiene.

Por otra parte, y aunque la mayor parte de la población coincide en que el Arenal es el riesgo natural latente de la zona, las personas no muestran excesivo interés en la adquisición de información sobre la actividad volcánica, a excepción de las que se dedican a la actividad turística quienes opinan que el tener acceso a la información les beneficia en el desarrollo de sus negocios. Junto a la falta de interés se une el hecho de que la gente ignora dónde pueden solicitar este tipo de información, aunque, sobre todo la población residente la cual ha oído hablar de la Comisión Nacional de Emergencias y los institutos científicos que estudian y monitorean el volcán, pero ignoran que estas mismas instituciones pueden brindarles información. Lo anterior tiene que ver también con la falta de proyección hacia la comunidad de estas instituciones quienes en su mayoría llegan a la zona a recabar información y marchan de ella sin apenas haber tenido contacto alguno con asociaciones comunales, cámaras de turismo, etc. El contacto con la comunidad se da únicamente cuando se presenta algún tipo de emergencia volcánica, y sin que la población en general se entere de lo que realmente sucede, teniendo que acudir a la información que transmiten los medios de comunicación (prensa, televisión, etc), lo que genera en muchas ocasiones rumores infundados y desconfianza en las instituciones gubernamentales y científicas.

Otro problema en el sector turístico es la inexistencia de planes de emergencia en caso de actividad extraordinaria del Volcán. Si bien algunas personas mencionan tener planes de emergencia en sus hoteles o restaurantes, lo cierto es que el concepto de “plan de emergencia volcánica” se confunde con la colocación de rótulos informativos en algunos lugares del local comercial, señalando las escaleras, los extinguidores y en algunos casos las salidas de emergencia, pero sin protocolos a seguir en caso de emergencia volcánica. En la zona aún no están en operación los sistemas de alerta

temprana (SAT), los cuales podrían brindar información actualizada día a día no solo a los turistas sino a la población residente.

Es importante elaborar y poner en funcionamiento un plan de ordenamiento territorial, este debe ser elaborado por un equipo multidisciplinario con profesionales en ciencias económicas, jurídicas, profesionales en comunicación, geólogos, geógrafos, vulcanólogos, urbanistas, arquitectos paisajistas, ingenieros agrónomos, sociólogos, antropólogos, etc, que puedan elaborar normativas no solo de manejo de recursos económicos sino también salvaguardar la diversidad biológica, así como diseñar las zonas de expansión y desarrollo de acuerdo a criterios científicos vulcanológicos y geológicos, además de elementos socioeconómicos. Por otro lado son fundamentales los programas de divulgación de información volcánica actualizada dirigida a la población en general y al turista que visita la zona, no solo por parte de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) como organismo gubernamental encargado de la prevención y mitigación de desastres naturales, sino también por parte de los institutos científicos encargados del monitoreo y vigilancia volcánica. Estos institutos forman parte de las dos principales universidad públicas existentes en Costa Rica, la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional, por lo tanto su papel de proyección a la comunidad es no solo un deber sino una responsabilidad.

Es de esperar que ya que existe un Decreto de Ley de restricciones a los usos del suelo y libre tránsito de personas, toda nueva infraestructura que se construya en el radio de 5.5 km alrededor del volcán realice los estudios respectivos sobre evaluación de peligros volcánicos.

También se recomienda que los hoteles, restaurantes y balnearios elaboren sus planes de emergencia en conjunto con la CNE, Comisión Local de Emergencia y los institutos vulcanológicos del país, de esta forma se garantiza que los planes de emergencia contendrán todos los elementos necesarios y que los empresarios comprenderán el fin último de este tipo de instrumentos.

En definitiva, espero que los resultados obtenidos a lo largo de esta tesis doctoral puedan contribuir a conocer el nivel real de peligrosidad del Volcán Arenal, así como evaluar la exposición y vulnerabilidad tanto de la población residente como del sector turístico de La Fortuna de San Carlos y alrededores a la actividad volcánica.

Bibliografía

Aceves-Quesada, F.; Martín del Pozzo, A.; López-Blanco, J. 1998. “Determinación del riesgo volcánico en el Nevado de Toluca” en Primera Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra. México D.F: Sociedad Geológica Mexicana.

Aceves-Quesada, F., López-Blanco, J.; Martín del Pozzo, A. 2006. “Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México” en Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Versión 23, N° 2. México.

Alvarado, G. 2000. Volcanes de Costa Rica: su geología, historia y riqueza natural. San José: EUNED.

Alvarado, G.; Soto, G. 2002. “Pyroclastic flow generated by crater-wall collapse and outpouring of the lava pool of Arenal volcano, Costa Rica” en Bull Volc, N° 63, pp. 557-568.

Alvarado, G.; Soto, G.; Schmincke, H.U.; Bolge, L.; Sumita, M. 2006. “The 1968 andesitic lateral blast eruption at Arenal volcano, Costa Rica” en Journal of Volcanology and Geothermal Research. Elsevier. Article in press.

Alvarado, G.; et al. 2006. “Recent volcanic history of Irazú volcano, Costa Rica: Alternation and mixing of two magma batches, and pervasive mixing” en Geological Society of America. Special paper 412.

Anderson, M. 1994. “¿Qué cuesta más, la prevención o la recuperación?” en Al norte del Río Grande. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. I Edición. Panamá: La Red.

Aneas de Castro, S. 2000. “Riesgos y peligros: una visión desde la geografía” en Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. N° 60. Barcelona: Universidad de Barcelona.

Araña, V., Ortiz, R. 1984. Volcanología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid: Editorial Rueda.

_____. 1994. “Riesgo volcánico” en La volcanología actual. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid: CSIC.

Argüello, M. 1997. “Análisis comunitario de tipo participativo para la prevención y mitigación de desastres” en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Ayala, H. 2003. Significado psicológico del riesgo volcánico en el Popocatepetl. Tesis de grado en psicología. Puebla: Universidad de las Américas.

Bardintzeff, J.; McBirney, A. 2000. Vulcanology. II Edición. Massachussets: Jones and Bartlett Publishers.

Barquero, J.; Saénz, R. 1987. Aparatos volcánicos de Costa Rica. Mapa, 1:750,000. Heredia: OVSICORI-UNA.

Beck, U. 2000. La sociedad del riesgo global. Madrid: Siglo XXI Editores. S.A.

_____. 2007. Un nuevo mundo feliz. La precariedad del trabajo en la era de la globalización. Barcelona: Paídos.

Bermúdez, M. 1997. “Vulnerabilidad social y organización ante los desastres naturales en Costa Rica” en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Berrocal, M. 2004. “Free Visiting and Land Use Restrictions at Arenal volcano and surroundings: Costa Rica” en Memoria Asamblea General IAVCEI. Chile: IAVCEI.

_____. 2005. “Remote sensing for volcanic monitoring. Arenal Volcano. Costa Rica”. Center for Study in Active Volcanoes. Hawaii: University of Hawaii at Hilo.

_____. 2007. Evaluación y análisis de la vulnerabilidad del sector turístico a la actividad volcánica en La Fortuna de San Carlos y alrededores del Volcán Arenal, Costa Rica. Memoria de investigación. Doctorado de Medio Ambiente. Girona: Universidad de Girona.

Berrocal, M.; Malavassi, E. 2003. Mapa de Restricciones al uso del suelo y libre tránsito de personas. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Heredia: OVSICORI-UNA.

Blaikie, M., Harriss, C., Pain, A. 1985. Public Policy and the Utilization of Common Property Resources in Tamil Nadu, India. Report to Overseas Development Administration, Research Scheme, s.l.

Blaikie, P.; Cannon, T.; David, I.; Wisner, B. 1996. Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. I Edición. Panamá: La Red.

Blong, J. 1984. Volcanic hazards, A Sourcebook On the Effects of Eruptions. Nueva York: Academic Press.

Bohle, H. 2001. Vulnerability and critically: Perspectives from social geography. Update, 2, IHDP, s.l.

Bolge, L.; Carr, M.; Feigenson, M.; Alvarado, G. 2006. “Geochemical stratigraphy and magmatic evolution at Arenal Volcano, Costa Rica” en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 157, pp.34-48. Elsevier.

Bonatti, J.; Berrocal, M.; Malavassi, E. 2004. "IR Detection of SO₂ in Arenal Volcano Eruptive Plume Using MASTER Multispectral Images" en Asamblea General AGU. San Francisco: AGU.

Borgia, A.; Linneman, S.; Spencer, D.; Brenes, A. 1983. "Dynamics of lava flow fronts, Arenal Volcano, Costa Rica" en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 19, pp. 303-329. Elsevier.

Borgia, A.; Poore, C.; Carr, M.; Melson, W.; Alvarado, G. 1988. "Structural, stratigraphic, and petrologic aspects of Arenal-Chato volcanic system, Costa Rica: evolution of a young stratovolcanic complex" en Bull Volc, N° 50, pp. 86-105.

Brenes, A.; Saborío, F. 1995. Elementos de Climatología: Su aplicación didáctica en Costa Rica. San José: EUNED.

Burton, I.; Kates, R. 1964. "Perception of Natural Hazards in Resource Management" en Natural Resources Journal, vol 3, pp. 412-441.

Burton, I.; Kates, R.; White, G. 1968. The human ecology of the extreme geophysical events. Departamento de Geografía. Toronto: Universidad de Toronto.

_____. 1978. The Environment as Hazard. Nueva York: Oxford University Press.

Calvo, F. 1984. "La geografía de los riesgos" en Cuadernos críticos de geografía humana. N° 54. Barcelona: Universidad de Barcelona.

_____. 1997. "Algunas cuestiones sobre Geografía de los riesgos" en Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. N° 10. Barcelona: Universidad de Barcelona.

_____. 2001. Sociedades y territorios en riesgo. Barcelona: Ediciones del Serbal.

Campos, A. 2000. Educación y prevención de desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Cardona, O. 1993a. "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y planeación del desarrollo" en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1993b. "Manejo ambiental y prevención de desastres. Dos temas asociados" en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1997. "Prevención de desastres y participación ciudadana en Colombia" en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 2001. “La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión” en International work conference on vulnerability in disaster theory and practice. Wageningen: Disaster studies of Wageningen University and Research Centre.

Cardona, O.; Sarmiento, J. 1990. Vulnerability Analysis and Risk Assessment for the Health of a Community Exposed to Disasters. Bogotá: Colombian Red Cross.

Carreño, L. 2006. Técnicas innovadoras para la evaluación de riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post. Tesis doctoral. Escuela técnica superior de ingeniería de caminos, canales y puertos. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2006. Guía de prevención de Desastres. II Edición. México: Secretaría de Gobernación.

Centro Sismológico de América Central. 2001. Boletín informativo III. Panamá: CASC.

Cigolini, C. 1998. “Intracrustal origin of Arenal basaltic andesite in the light of solid-melt interactions and related compositional buffering” en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 86, pp. 277-310.

Comisión Nacional de Emergencias. 2006. Memoria institucional 2002–2006. San José: CNE.

Conesa, C.; Calvo, F. 2003.”Introducción: Los procesos de riesgo con origen natural: una constante en la relación entre hombre y medio” en Revista AREAS. Los procesos de riesgo con origen natural: una constante en la relación hombre y medio. Revista de Ciencias Sociales, N° 23. Murcia: Universidad de Murcia.

Chardon, C. 1997. “La percepción del riesgo y los factores socioculturales de vulnerabilidad. Caso Manizales, Colombia” en Revista Desastres y Sociedad, N° 8, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red-Universidad de Caldas.

Chiesa, S. 1987. “La mayor erupción pliniana del volcán Arenal. Costa Rica” en Revista geológica de América Central, N° 6, pp. 25-41. San José: Universidad de Costa Rica.

Dacy, D.; Kunreuther, H. 1969. The economics of natural disasters: Implications for federal policy. Nueva York: Free Press.

Dauphiné, A. 2001. Risques et catastrophes. Observer-Spatialiser-Comprendre-Gérer. París: Armand Colin.

Decker, R.; Decker, B. 1993. Montañas de Fuego. La naturaleza de los volcanes. I Edición. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.

Dengo, G. 1962. Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. San José: Instituto Geográfico Nacional.

Dengo, G.; Dondoli, C.; Malavassi, E. 1968. Mapa geológico de Costa Rica. Mapa, 1:700.000. Dirección de Geología, Minas y Petróleos. San José: MEIC.

Denyer, P.; Kussmaul, S. 2000. Geología de Costa Rica. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Douglas, M. 1987. “Les études de perception du risque: un état de l’art”, en Fabiani, J.; Thies, J; La Société vulnérable. Évaluer et maîtriser les risques. pp. 55-60. París: École Normale Supérieure.

_____. 1996. La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.

Douglas, M., Wildavsky, A. 1983. Risk and culture. An essay on the selection of technological and enviromental danger. California: University of California Press.

Downing, T.; Bakker, K. 2000. “Drought discourse and vulnerability” en D.A Wilhete (ed). Drought a global assessment. Vol. 2, pp. 213-230. Londres-Nueva York: Routledge.

Drabek, T. 1994. “Temas importantes en la preparación para los desastres e investigación de respuestas” en Al norte del Río Grande. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. I Edición. Panamá: La Red.

Duclos, D. 1987. “Le risque: une construction sociale?” en Fabiani, J y Thyès, J (eds). La Société vulnérable. Paris: École Normale Supérieure.

Dynes, R.; De Marchi, B.; Pelanda, C. (eds.) 1987. Sociology of Disaster. Milan: Franco Agneli Libri.

Dynes, R. 2000. “The dialogue between Voltaire and Rousseau on the Lisbon Earthquake” en International Journal of Mass Emergencies and Disasters, Vol. 18, N° 1.

Epalza, M. 1989. “Nota sobre la etimología Árabe-Islámica de Riesgo” en Revista Sharq Al-Andalus, N° 6. Alicante: Universidad de Alicante.

Erikson, K. 1976. Everything in its path. Nueva York: Simon and Shuster.

Ewert, J.; Guffanti, M.; Murray, T. 2005 An Assessment of Volcanic Threat and Monitoring Capabilities in the United States: Framework for a National Volcano Early Warning System. Open-File Report 2005-1164. U.S Geological Survey. Estados Unidos.

Faucher, M. 1982. “La geografía humana de los riesgos naturales” en Hérodote, N° 24. París.

Faulkner, B. 2001. “Towards a framework for tourism disaster management” en Tourism Management Journal, N° 22. Elsevier.

Fernández, M. 1998. “Zonificación de amenazas naturales y reglamentación urbana en Quito, Ecuador” en Navegando entre brumas. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Fernández, A.; Glockner, J.; Rivera, E. 2000. “Los volcanes y los hombres” en Revista Volcanes, N° 3, pp. 10-24. México.

Flores, E. 1982. Geografía de Costa Rica. II Edición. San José: EUNED.

Flores, F. 1998. “Análisis del riesgo como guía a un ordenamiento de zonas urbanas. Estudio de caso. Zona metropolitana de Guadalajara.” en Navegando entre brumas. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Fournier d’Albe, E. 1979. “Objectives of volcanic monitoring and prediction” en Journal Geol. Soc., London.

Fudali, F.; Melson, W. 1972. “Ejecta velocities, magma chamber pressure and kinetic energy associated with the 1968 eruption of Arenal volcano” en Bull Volc, N° 35, pp. 383-401.

Fulton, D. 2004. Percepción de Riesgo, Afrontamiento y Sesgos Cognitivos: Una comparación entre tres ciudades cercanas al volcán Popocatepetl. Tesis de grado. Departamento de Psicología. Puebla, México: Universidad de las Américas.

Galli, C. 1979. “Ophiolite and Island-Arc Volcanism in Costa Rica” en G.S.A Bull. Vol. 90, N° 1, pp. 444-452.

Galli, C.; Schmidt-Effing, R. 1977. “Estratigrafía de la Cubierta Supra-Ofiolítica Cretácica de Costa Rica” en Revista Ciencia y Tecnología. Vol. 1, N° 1, pp.87-96. San José: Universidad de Costa Rica.

García, J., Silió, F. 2000. “Riesgos naturales en los Andes; Cambio ambiental, percepción y sostenibilidad” en Boletín A.G.E. Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. España: Universidad de Cantabria.

García, V. 1993. “Enfoques teóricos para el estudio histórico de los desastres naturales” en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 2005. “El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos” en Revista Desastros, N° 19. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. México: CIESAS.

Gellert, G. 1996. “Atención de desastres en Guatemala” en Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Gill, J. 1981. Orogenic Andesites and Plates Tectonics. Berlin: Springer-Verlag.

Gill, J.; Reagan, M.; Tepley, F.; Malavassi, E. 2006. "Arenal Volcano, Costa Rica: Magma Genesis and Volcanological Processes" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157. Elsevier.

Hagerty, M.; Schwartz, S.; Garcés, M.; Protti, M. 2000. "Analysis of seismic and acoustic observations at Arenal Volcano, Costa Rica, 1995-1997" en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 10, pp. 27-65.

Herzer, H.; Gurevich, R. 1996. "Degradación y desastres: Parecidos y diferencias: Tres casos para pensar y algunas dudas para plantear" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Hewitt, K. 1982. "Settlement and Change in Basal Zone Ecotones; An Interpretation of the Geography of Earthquake Risk" en: B.G. Jones y M. Tomazevic (eds.) Social and Economic Aspects of Earthquakes. Proceedings of the Third International Conference. pp. 15-42. Yugoslavia/Ithaca: Institute for Testing in Materials and Structures-Ljubljana-Comell University.

_____. (ed.) 1983a. Interpretations of Calamity. Boston: Allen & Unwin.

_____. 1983b. "The Idea of Calamity in a Technocratic Age" en: K. Hewitt (ed.). Interpretations of Calamity. pp. 3-32. Boston: Allen & Unwin.

_____. 1997. Regions of risk. A geographical introduction to disasters. Harlow: Pearson Education.

Hewitt, K.; Burton, I. 1971. The Hazardousness of a Place: A Regional Ecology of Damaging Events. Toronto: University of Toronto.

Huang, J., Min, J. 2002. "Earthquake devastation and recovery in tourism: the Taiwan case" en Tourism Management Journal, N° 23.

Instituto Costarricense de Turismo. 2002. Plan general de uso de la tierra y desarrollo turístico para la unidad de planeamiento turístico de las Llanuras del Norte de Costa Rica, 2002 – 2012. San José: ICT.

Instituto Costarricense de Turismo. 2003. Anuario general. San José, Costa Rica. (<http://www.visitecostarica.go.cr>).

Instituto Costarricense de Turismo. 2005. Anuario general. San José, Costa Rica. (<http://www.visitecostarica.go.cr>).

Instituto Costarricense de Turismo. 2006. Anuario general. San José, Costa Rica. (<http://www.visitecostarica.go.cr>).

Instituto Nacional de Estadística y Censos. 1963. Censo Nacional de Población de Costa Rica. San José: INEC. (<http://www.inec.go.cr>).

Instituto Nacional de Estadística y Censos. 1973. Censo Nacional de Población de Costa Rica. San José: INEC. (<http://www.inec.go.cr>).

Instituto Nacional de Estadística y Censos. 1984. Censo Nacional de Población de Costa Rica. San José: INEC. (<http://www.inec.go.cr>).

Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2000. Censo Nacional de Población de Costa Rica. San José: INEC. (<http://www.inec.go.cr>).

Johnston, R.; Gregory, D.; Smith, D. 1987. Diccionario de geografía humana. Madrid: Alianza Editorial.

Jongmans, A.; van Breemen, N.; Gradstein, S.; van Oort, F. 2001. "How liverworts build hanging gardens from volcanic ash in Costa Rica" en Catena 44. Elsevier.

Jurandir, A. 1996. "Desastres, desarrollo y políticas públicas regionales en el nordeste de Brasil" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Keller, E.; Blodgett, R. 2004. Riesgos Naturales. Madrid: Pearson Educación S.A.

Kokelaar, B. 2002. "Setting, chronology and consequences of the eruption of Soufrière Hills Volcano, Montserrat (1995-1999)" en Driuit, T., Kokelaar, B. (Eds.), The eruption of Soufrière Hills Volcano, Montserrat, from 1995 to 1999. London: Geological Society.

Lacoste, Y. 1982. "La geografía" en Francois, C. Historia de la filosofía. Tomo IV. Madrid: Espasa Calpe S.A.

Laguna, J. 1984. "Efectos de alteración hidrotermal y meteorización en vulcanitas del grupo Aguacate, Costa Rica" en Revista Geológica de América Central, Vol. 1. San José: Universidad de Costa Rica.

Lash, S. 1999. "Risk and culture" en Adam, B. et.al. The risk society and beyond. Critical issues for social theory. London: SAGE publications.

Lavell, A. 1993. "Ciencias Sociales y Desastres Naturales en América Latina. Un encuentro inconcluso" en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1996a. "Costa Rica, cambio sin transformación, los límites de un paradigma" en Estado, sociedad y gestión de los desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1996b. "Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y contactos: Hacia la definición de una agenda de investigación" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____.1997a. “Comunidades urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: una propuesta de investigación-acción para Centroamérica” en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____.1997b. “La prevención y la mitigación de desastres urbanos: América Latina” en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1999. “Un encuentro con la verdad: Los desastres en América Latina durante 1998” en Anuario político y social de la América Latina. N° 2. San José: FLACSO.

Lazarus, S.; Folkman, S. 1986. Estrés y procesos cognoscitivos. España: Martínez Roca.

León, P.; Guillén, M. 1996. “El sistema de atención y prevención de desastres en Honduras” en Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Lesage, P.; Mora, M.; Alvarado, G.; Pacheco, J.; Métaixian, J. 2006. “Complex behavior and source model of the tremor at Arenal volcano, Costa Rica” en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 157, pp.49-59.

Levy, C. 1985. Psicología y medio ambiente. Madrid: Editorial Morata.

Liceo de Costa Rica. 1924. Dos documentos históricos. N° 11. San José: Imprenta Lehmann.

López, E. 2001. “Risk perception interactions in stress and coping facing extreme risks” en Journal of environmental management and health. Vol. 12, N° 2, pp. 122-132.

_____. 2006. “Enfoque psicosocial de la percepción del riesgo volcánico en México” en Primer encuentro multidisciplinario de especialidades en análisis de riesgo. Centro de Estudios en Calidad de Vida y Desarrollo Social. Puebla: Universidad de Las Américas-Universidad Autónoma de Puebla.

López, D.; Bundschuh, J.; Soto, G.; Fernández, J.; Alvarado, G. 2006. “Chemical evolution of thermal springs at Arenal Volcano, Costa Rica: Effect of volcanic activity, precipitation, seismic activity, and Earth tides” en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 157, pp. 166-181.

Lugo, J.; Inbar, M. 2002. “Desastres naturales en América Latina” en Desastres naturales en América Latina. México: FCE.

Luhmann, N. 1996. “El concepto de riesgo” en Berian, J (comp) Las consecuencias perversas de la modernidad. Modernidad, contingencia y riesgo. Barcelona: Anthropos.

Lundstrom, C.; Tepley III, F. 2006. "Investigating the origin of anorthitic plagioclase through a combination of experiments and natural observations" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157. Elsevier.

Lungo, M.; Baires, S. 1996. "San Salvador: Crecimiento urbano, riesgos ambientales y desastres" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Macías, J. 1993. "Perspectivas de los estudios sobre desastres en México" en Los desastres no son naturales. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Macías, J.; Carrasco, G.; Delgado, H.; Martín del Pozzo, A.; Siebe, C.; Hoblitt, R.; Sheridan, M.; Tilling, R. 1995. Mapa de peligros del Volcán Popocatepetl. Instituto de Geofísica. México: UNAM.

MacKenzie, L.; G. Abers.; K. Fischer.; E. Syracuse.; J. Protti.; V. Gonzalez.; W. Strauch. 2008. "Crustal Structure Along the Central American Volcanic Front" aceptado para publicación en Geochemistry, Geophysics and Geosystems. Electronic Journal of the Earth Sciences G-Cubed. American Geophysical Union. Estados Unidos.

Malavassi, E.; Madrigal, R. 1970. "Reconocimiento geológico de la zona norte de Costa Rica" en Informes técnicos y notas geológicas. Vol. 38, N° 18. Dirección de Geología, Minas y Petróleos. San José: MEIC.

Malavassi, E. 1979. Geology and petrology of Arenal Volcano, Costa Rica. Tesis para la obtención del grado de Master en Ciencias Geológicas y Geofísicas. Hilo: Universidad de Hawaii.

_____. 1991. Along Strike Magmatic Variations at the Southern Terminus of the Central American Volcanic Arc. E. Malavassi Ph.D. Dissertation. California: University of California in Santa Cruz.

_____. 2005. "Vents, Voluminous Lava Flows, Steep Slopes and Pyroclastic Flows at Arenal Volcano, Costa Rica" en Asamblea General AGU. California: AGU.

Mansilla, E. 1996. "Prevención y atención de desastres en México" en Estado, sociedad y gestión de los desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 2000. Riesgo o ciudad. Facultad de Arquitectura. División de Estudios de Postgrado. México. Universidad Autónoma de México.

Martín del Pozzo, A.; Sheridan, M.; Barrera, D.; Lugo-Hubp, J.; Vázquez-Selem, L. 1995. Mapa de peligros del Volcán de Colima. Instituto de Geofísica. México: UNAM.

Maskrey, A. 1993. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres" en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1997. "Comunidad y desastres en América Latina: Estrategias de intervención" en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Matumoto, T.; Umaña, J. 1976. "Informe sobre la erupción del Volcán Arenal ocurrida el 17 de junio de 1975" en Revista Geofísica del IPGH. Vol. 5, pp. 299-315.

Medina, J. 1997. "Experiencias de mitigación de desastres con participación comunal" en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Méheux, K., Parker, E. 2004. "Tourist sector perceptions of natural hazards in Vanuatu and the implicatios for a small island developing state" en Tourism Management Journal. Elsevier.

Meloy, A. 2006. "Arenal-type pyroclastic flows: A probabilistic event tree risk analysis" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157, pp. 121-134.

Melson, W. 1978. "Arenal Volcano eruptions. 1968-1973" en Research Report Projects. pp. 433-446. Washington: National Geographic Society.

_____. 1989. "Las erupciones del Volcán Arenal 1 al 13 de abril de 1989" en Boletín de Vulcanología. Heredia: Universidad Nacional.

_____. 1994. "The eruption of 1968 and tephra stratigraphy of Arenal Volcano" en Sheets P D, McKee B R (eds) Archaeology, Volcanism, and Remote Sensing in the Arenal Region, Costa Rica. pp 24-47. Texas: University of Texas Press.

Melson, W.; Saénz, R. 1973. "Volume, energy and cyclicity of eruptions of Arenal Volcano, Costa Rica" en Bull. Volc. Vol 37, N° 3, pp. 416-437.

Melson, W.; Saénz, R. 1977. "Las erupciones del Volcán Arenal, Costa Rica, en julio de 1968" en Revista Geográfica de América Central. N° 5-6. Escuela de Ciencias Geográficas. Heredia: Universidad Nacional.

Metzger, P. 1996. "Medio ambiente urbano y riesgos: Elementos de reflexión" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Mileti, D. 1974. Natural hazards warning in the United States. Colorado: University of Colorado Press.

Minakami, T.; Utibori, S.; Hiraga, S. 1969. "The 1968 eruption of the Arenal Volcano, Costa Rica" en Earthquake Research Inst. Bull. Vol. 47, pp. 783-802. Tokyo: Tokyo University.

Murphy, P. E., Bayley, R. 1989. "Tourism and disaster planning" en Geographical Review. N° 79.

Neira, A.; Cáceres, L. 1996. "Del desastre nace un lago degradado: El lago formado por un macrodeslizamiento en Cuenca, Ecuador" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Olivares, E. 2001. "Dinámicas locales, globalización y turismo en La Fortuna de San Carlos" en Globalización y Comunidades en Centroamérica. San José: FLACSO.

Oliver-Smith, A. 1994. "Reconstrucción después del desastre: una visión general de secuelas y problemas" en Al norte del Río Grande. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Primera edición. Panamá: La Red.

Organización Panamericana de la Salud. 2003. Manual de comunicación de riesgos. Washington D.C: OPS.

Ortíz, R.; Araña, V. 1995. "Daños que pueden producir las erupciones" en Riesgo Volcánico. Serie Casa de los Volcanes, N° 5. Lanzarote: Cabildo de Lanzarote.

OVSICORI-UNA. Base de datos sísmica del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Laboratorio de registro sísmico. Heredia: OVSICORI-UNA.

Paéz-Rovira, D.; Arroyo, E.; Fernández, I. 1995. Catástrofes situaciones de riesgo y factores psicosociales. N° 57, pp. 43-55. Madrid: MAPFRE.

Paniagua, S. 1986. "Consideraciones sobre el riesgo volcánico en Costa Rica" en Revista Geológica de América Central. Vol. 4. San José: Universidad de Costa Rica.

Pelling, M. 2001. "Natural disasters?" en Castree, N y Braun, B. (Eds) Social Nature. Theory, Practice and Politics. Blackwell: Oxford.

Peltre, P. 1989. Quebradas y riesgos naturales en Quito. Periodo 1900-1988. Riesgos Naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi. Ecuador: Corporación editora nacional.

Peraldo, G.; Mora, M. 1995. "Las erupciones volcánicas como condicionantes sociales: casos específicos de América Central: una serie de erupciones volcánicas registradas" en Anuario de Estudios Centroamericanos, 21(1-2), pp. 83-110. San José: Universidad de Costa Rica.

Perry, R.; Montiel, M. 1996. "Conceptualizando riesgo para desastres naturales" en Desastres y Sociedad. Revista semestral de LA RED. N° 6, año 4. Panamá: La Red.

Pertermann, M.; Lundstrom, C. 2006. "Phase equilibrium experiments at 0.5 GPa and 1100-1300 °C on a basaltic andesite from Arenal volcano, Costa Rica" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157. Elsevier.

Peterson, D. 1986. "Volcanoes: Tectonic setting and impacto on society" en En Active Tectonics. Geophysics Study Committee, National Research Council. Washington: National Academy Press.

Pitcheler, H.; Weyl, R. 1973. "Petrochemical Aspects of Central American Magmatism" en Geologischen Rundschau, Vol. 62, pp. 357-396.

Pratt, L. 2002. Logros y retos del turismo costarricense. CEN 608. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. Costa Rica: INCAE.

Prestes, M.; Booth, T. 1996. "Lo urbano, la degradación ambiental y los desastres: cuestión polémica" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Protti, M.; Güendel, F.; Malavassi, E. 2001. Evaluación del potencial sísmico de la Península de Nicoya. Heredia: Editorial Fundación UNA-Universidad Nacional.

Quintero, H. 2002. "La percepción del riesgo en la recreación de la vida. Una perspectiva teórica de la percepción y la pérdida como moduladores de la individualidad recreativa" en VII Congreso Nacional de Recreación. Cartagena.

Ramírez, F.; Cardona, O.1996. "El sistema nacional para la prevención y atención de desastres en Colombia" en Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Reagan, M.; Tepley III, F.; Gill, J.; Wortel, M.; Garrison, J. 2006. "Timescales of degassing and crystallization implied by ^{210}Po - ^{210}Pb - ^{226}Ra disequilibria for andesitic lavas erupted from Arenal Volcano" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157. Elsevier.

Ribas, A.; Saurí, J. 2006. "De la geografía de los riesgos a la geografía de la vulnerabilidad" en Las otras geografías, pp. 285-300. Valencia: Tirant lo Blanch.

Romero, G.; Maskrey, A. 1993. "Cómo entender los desastres naturales" en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Rose, W.; Chesner, C. 1987. "Dispersal of ash in the great Toba eruption, 75 ka" en Geology, Octubre 1987, Vol. 15, N° 10, pp. 913-917. Michigan: Michigan Technology University.

Ruíz, J. 2005. "De la construcción social del riesgo a la manifestación del desastre. Reflexiones en torno al imperio de la vulnerabilidad" en Revista Desacatos, N° 19. México: CIESAS.

Ryder, C.; Gill, J.; Tepley, F.; Ramos, F.; Reagan, M. 2006. "Closed to open system differentiation at Arenal Volcano (1968-2003)" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157. Elsevier.

Saarinen, T. 1973. Perception of environment. Washington D.C.: Association of American Geographers.

Saavedra, R. 1996. Desastre y Riesgo, Actores sociales de la reconstrucción de Armero y Chinchina. Bogotá: CINEP.

Saénz, R. 1971. "Aparatos Volcánicos y Fuentes Termales de Costa Rica" en Informes Técnicos y Notas geológicas. Vol. 41. Dirección de Geología, Minas y Petróleos. San José: MEIC.

_____. 1973. "Volcanic Prediction in Costa Rica" en Bull. Volcanol., Vol. 37-3, pp. 401-405.

_____. 1977. "Erupción del Volcán Arenal en 1968" en Revista Geográfica de América Central. Vol. 5-6, pp. 149-188.

_____.; Barquero, J. 1987. Mapa de aparatos volcánicos de Costa Rica. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Heredia: OVSICORI-UNA.

Sanahuja, H. 1999. El daño y la evaluación del riesgo en América Central. Una propuesta metodológica tomando como caso de estudio a Costa Rica. Tesis de maestría en geografía. San José: Universidad de Costa Rica.

Sánchez, C. 2003. Significado psicológico de Riesgo Volcánico y Popocatepetl. Tesis de grado. Departamento de Psicología. Puebla: Universidad de las Américas.

Sánchez, J.; Barahona, J. 1996. Turismo en Costa Rica: Retos de la competitividad. CEN 650, Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. Costa Rica: INCAE.

Saurí, D. 2003. "Tendencias recientes en el análisis geográfico de los riesgos ambientales" en Revista AREAS. Los procesos del riesgo con origen natural: una constante en la relación entre hombre y medio, Revista de Ciencias Sociales, N° 23. Murcia: Universidad de Murcia.

Simkin, T. 1968. Mt. Arenal volcanic eruption, Costa Rica, 29 July – 3 August, 1968. Event Chronology. Smithsonian Center for short lived phenomena. Washington: Smithsonian Institute.

Simkin, T.; Siebert, L.; 2000. "Earth's Volcanoes and Eruptions: An Overview" en Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S.R., Stix, J. (Eds) Encyclopedia of Volcanoes. pp. 249-261. Washington: Academic Press.

Sheets, P.; Hoopes, J.; Melson, W.; McKee, B.; Sever, T.; Muller, M.; Chenault, M.; Bradley, J. 1991. "Prehistory and Volcanism in the Arenal Area, Costa Rica" en Journal of field archaeology, Vol. 18, No. 4, pp. 445-465. Boston: Boston University.

Sheets, P.; McKee B. (eds). 1994. Archaeology, Volcanism, and Remote Sensing in the Arenal Region, Costa Rica. Texas: University of Texas Press.

Sheridan, M.; Carrasco, G.; Hubbard, B.; Siebe, C.; Rodríguez, S. 2001. Mapa de peligros volcánicos del Volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Puebla, Gobierno del Estado de Veracruz.

- Sjober, L. 1998. "Risk perception" en European Psychologist, Vol 3, N°1, pp.1-12.
- Slovic, P. 1987. "Perception of risk" en The perceptions of risk. Estados Unidos: Editorial Earthscon.
- Snieder, R.; Hagerty, M. 2004. "Monitoring change in volcanic using coda wave interferometry: Application to Arenal Volcano, Costa Rica" en Geophysical Research Letters, Vol. 31.
- Sorensen, J. 1994. "Sistemas de alarma y respuestas a las advertencias al público" en Al norte del Río Grande. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. I edición. Panamá: La Red.
- Soto, G.; Alvarado, G. 2006. "Eruptive history of Arenal Volcano, Costa Rica, 7Ka to present" en Journal of volcanology and geothermal research. Elsevier. Article in press.
- Smitsonian Institute. 2006. Bulletin of Global Vulcanism Network. Washington D.C.: Smitsonian Institute.
- Stephencon, R. 1991. Desastres y desarrollo. Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastres. Nueva York: UNDRO-UN.
- Strahler, A. 1974. Geografía Física. Barcelona: Ediciones Omega S.A.
- Streck, M.; Dungan, M.; Bussy, F.; Malavassi, E. 2005. "Mineral inventory of continuously erupting basaltic andesites at Arenal volcano, Costa Rica: implications for interpreting monotonous, crystal-rich, mafic arc stratigraphies" en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 140, pp. 133-155.
- Streck, M.; Wacaster, S. 2006. "Plagioclase and pyroxene hosted melt inclusions in basaltic andesites of the current eruptio of Arenal volcano, Costa Rica" en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 157, pp. 236-253.
- Szramek, L.; Gardner, J.; Larsen, J. 2006. "Degassing and microlite crystallization of basaltic andesite magma erupting at Arenal volcano, Costa Rica." en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 157, pp. 182-201.
- Taylor, H.; Umaña, J. 1978. Localización de la presa y coladas de lava del Volcán Arenal. Departamento de Geología. San José: Instituto Costarricense de Electricidad.
- Tazieff, H. 1989. Los volcanes y la deriva de los continentes. Barcelona: Editorial Labor.
- Tepley III, F.; Lundstrom, C.; Gill, J.; Williams, R. 2006 "U-Th-Ra disequilibria and the time scale of fluid transfer and andesite differentiation at Arenal volcano, Costa Rica (1968-2003)" en Journal of Volcanology and Geothermal Research. N° 157. Elsevier.
- Tierney, K. 1994. "Aspectos socioeconómicos de la mitigación del peligro" en Al norte del Río Grande. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. I edición. Panamá: La Red.

- Tilling, R. 1993a. Los peligros volcánicos. Washington: WOVO-IAVCEI.
- _____.1993b. Apuntes para un curso breve sobre los peligros volcánicos. Santa Fé/NM: WOVO-IAVCEI.
- Tricart, J. 1982. “L’homme et les cataclismes” en Hérodote, N° 24. París.
- UNDRO-PNUD. 1991. Programa de entrenamiento para el manejo de los desastres. Vulnerabilidad y evaluación del riesgo. I Edición. Cambridge: UNDRO - PNUD.
- UNDRO-UNESCO. 1976. Prevención y mitigación de desastres. Aspectos vulcanológicos. Ginebra: UNDRO-UNESCO.
- UNDRO- UNESCO. 1984. Informe anual. Nueva York: UNDRO-UNESCO.
- UNDRO-UNESCO. 1985. Manejo de emergencias volcánicas. Nueva York: UNDRO-UNESCO.
- UNDRO-UNESCO. 1987. Manejo de emergencias volcánicas. Oficina de coordinación de las Naciones Unidas para el socorro en caso de desastres. Nueva York: UNDRO-UNESCO.
- Van der Bilt, H.; Paniagua, S.; Avila, G. 1976. “Informe de la actividad de Volcán Arenal iniciada el 17 de junio de 1975” en Revista Geofísica IPGH. Vol. 5, pp. 295-298.
- Vargas, J. 2003. “Crecimiento y desarrollo de la infraestructura turística de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. 1972-2002” en Revista Reflexiones. N° 82(1). Facultad de Ciencias Sociales. San José: Universidad de Costa Rica.
- Velásquez, A.; Rosales, C. 1999. Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.
- Vera, J. 2003. “Riesgos naturales en la actividad turística” en Revista AREAS. Los procesos de riesgo con origen natural: una constante en la relación entre hombre y medio. Revista de Ciencias Sociales, N° 23. Murcia: Universidad de Murcia.
- Wade, A.; Plank, T.; Hauri, H.; Melson, W.; Soto G. 2006. “High water content in basaltic melt inclusions from Arenal Volcano, Costa Rica” en Volumen Especial sobre el Volcán Arenal. Asamblea General AGU. California: AGU.
- Wadge, C.; Oromas Dorta, D.; Cole, P. 2006. “The magma budget of Volcán Arenal, Costa Rica from 1980 to 2004” en Journal of Volcanology and Geothermal Research. Elsevier. Article in press.
- Wallace, A. 1956. Human behavior in the extreme situations. Washington D.C.: National Academy of Sciences Press.
- Walker, G. 1982. “Volcanic hazards” en Interdisciplinary Science Review, Vol.7, N° 2.

Westercamp, D. 1981. "Assessment of volcanic hazards at Soufrière de Guadeloupe". Bureau de Recherches Géologiques et Minières Bulletin, Section 4, N° 2.

White, G. 1945. Human adjustment to floods. A geographical approach to the flood problema in the United States. Tesis para optar por el grado de Doctor of Philosophy. Departamento de Geografía. Illinois: Universidad de Chicago.

_____. 1975. "La investigación de los riesgos naturales" en Chorley, R. Nuevas tendencias en geografía. Madrid: IEAL.

Whittow, J. 1988. Diccionario de geografía física. Madrid: Alianza Editorial.

Wilches-Chaux, G. 1993. "La vulnerabilidad global" en Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 1997. "El sentido de la participación" en Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

_____. 2006. Territorio, seguridad territorial y gestión radical del riesgo. Guía de La RED para la gestión local de riesgos asociados con el fenómeno ENOS. Panamá: La Red.

Williams-Jones, G.; Stix, J.; Heiligmann, M.; Barquero, J.; Fernández, E. 2001. "A model of degassing and seismicity at Arenal Volcano, Costa Rica" en Journal of Volcanology and Geothermal Research, N° 108, pp.121-139.

World Tourism Organization. 2001. Ministerial Declaration. Ministerial Conference, Fourth Session, Doha 9-14, Noviembre.

Yokoyama, I.; Tilling, R.; Scarpa, R. 1984. International mobile Early-Warning Systems (s) for volcanic eruptions and Related Seismic Activities. París: UNESCO.

Zevallos, O. 1996. "Ocupación de laderas: Incremento del riesgo por degradación ambiental urbana en Quito, Ecuador" en Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá: La Red.

Institutos científicos y gubernamentales consultados.

Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central. CEPREDENAC.

www.cepredenac.org

Centro Nacional de Prevención de Desastres. CENAPRED. UNAM. México.

www.cenapred.unam.mx/es

Comisión Nacional de Emergencias. Costa Rica. CNE.

www.cne.go.cr

Instituto Costarricense de Turismo. Costa Rica. ICT.
www.visitcostarica.com/ict/paginas/home.asp?ididioma=1

Instituto Nacional de Estadística y Censos. Costa Rica.
www.inec.go.cr

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Guatemala.
INSIVUMEH
www.insivumeh.gob.gt

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Managua, Nicaragua. INETER
www.ineter.gob.ni

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Universidad Nacional.
OVSICORI - UNA
www.ovsicori.una.ac.cr

Servicio Nacional de Estudios Territoriales. San Salvador, El Salvador. SNET.
www.snet.gob.sv

Smithsonian Institute. Estados Unidos
www.si.edu