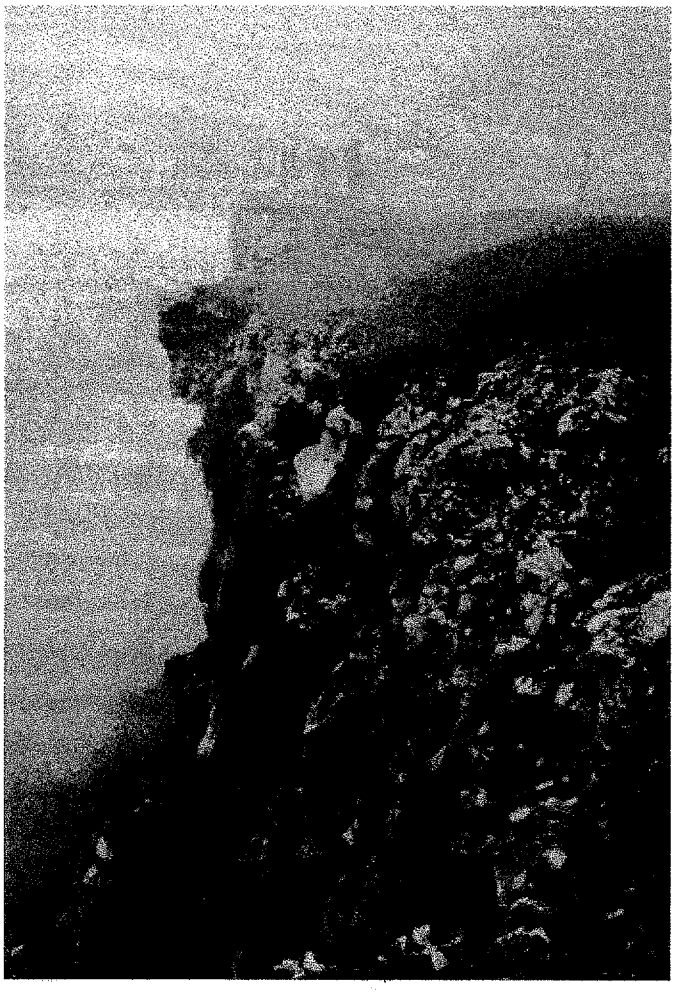
PN-ABZ-535

92277

Proyecto de Manejo de Recursos Naturales de Nicaragua

EVALUACION DE LOS PELIGROS GEOLOGICOS, E IDENTIFICACION DE LAS OPCIONES DE INFRAESTRUCTURA Y LOS RECURSOS INTERPRETATIVOS EN EL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA EN NICARAGUA, CENTRO AMERICA



como parte de la:
Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos
Contrato No. 524-014-C-4003-00

Tropical Research and Development, Inc.
Gainesville, Florida, E.U.A.

noviembre 1996

A

PN-ABZ-535

Proyecto de Manejo de Recursos Naturales de Nicaragua

EVALUACION DE LOS PELIGROS GEOLOGICOS, E IDENTIFICACION DE LAS OPCIONES DE INFRAESTRUCTURA Y LOS RECURSOS INTERPRETATIVOS EN EL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA EN NICARAGUA, CENTRO AMERICA

INFORME FINAL
9 de septiembre 1996

Preparado por:

Deborah R. Jerez-MacPherson
Tropical Research and Development, Inc.

como parte de la
Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos
Contrato No. 524-014-C-00-4003-00

Tropical Research and Development, Inc.
Gainesville, Florida, E.U.A.

noviembre 1996

B

INDICE DE CONTENIDOS

SIGLAS iv

RECONOCIMIENTOS v

SUMARIO EJECUTIVO vi

1.0 INTRODUCCION 1-1
- 1.1 Propósito y Alcance 1-1
- 1.2 Antecedentes 1-3
- 1.3 Organización del Informe 1-4
- 1.4 Notas Respecto al Diseño de Infraestructura e Información de la Construcción en este Informe 1-5

2.0 EVALUACION DE LOS PELIGROS GEOLOGICOS E IDENTIFICACION DE LAS OPCIONES PARA INFRAESTRUCTURA EN EL ÁREA DEL CRÁTER 2-1
- 2.1 Resumen Descriptivo de las Estructuras Geológicas y Materiales Volcánicos en el Area del Cráter 2-1
- 2.2 Mirador "Boca del Infierno" 2-8
  - 2.2.1 Valoración de los Peligros Geológicos en el MBI 2-8
  - 2.2.2 Opciones de Infraestructura 2-16
- 2.3 Túneles de Lava "Tzinanconostoc" 2-24
  - 2.3.1 Evaluación de los Peligros Geológicos en los Túneles de Lava 2-24
  - 2.3.2 Opciones de Infraestructura en los Túneles de Lava 2-26
- 2.4 Camino y Sendero entre los Miradores del Cráter Principal 2-27
  - 2.4.1 Evaluación de los Peligros Geológicos para el Camino y Sendero Entre los Miradores del Cráter Principal 2-27
  - 2.4.2 Opciones de Infraestructura para el Camino y Sendero entre los Miradores del Cráter Principal 2-32
- 2.5 Mirador "Plaza de Oviedo" 2-33
  - 2.5.1 Evaluación de los Riesgos Geológicos en el MPO 2-33
  - 2.5.2 Opciones de Infraestructura en el MPO 2-35
- 2.6 Mirador "Balcón del Eco" 2-37
  - 2.6.1 Evaluación de los Peligros Geológicos en el BE 2-37
  - 2.6.2 Opciones de Infraestructura en el BE 2-40
- 2.7 Mirador "Cruz de Bobadilla" 2-41
  - 2.7.1 Evaluación de los peligros geológicos en el MCB 2-41
  - 2.7.2 Opciones de Infraestructura en el MCB 2-42

3.0 ASUNTOS ESPECIFICOS DE SEGURIDAD 3-1

3.1 Protección Contra los Gases Volcanicos a los Trabajadores y Visitantes 3-1
3.1.1 Composición de la Pluma Volcánica 3-1
3.1.2 Peligros a la Salud Humana Provocados por la Pluma Volcánica 3-2
3.1.3 Opciones para Proteger a los Trabajadores y Visitantes de los Gases Volcánicos 3-2
3.2 Restricciones al Acceso Público en el Área del Cráter 3-6
3.2.1 Medidas Efectivas de Control General del Público 3-6
3.2.2 Restricciones de Acceso Especial durante Eventos/Crísis Volcánicas .. 3-7
3.3 Selección de Materiales Resistentes para Nuevas Construcciones o Mejoras .. 3-8
3.4 Programa de Mantenimiento para Infraestructura Existente y Recursos Interpretativos 3-10
3.5 Monitoreo Volcánico y la Necesidad de Coordinación Multi-Institucional 3-10

4.0 EVALUACION DE LOS RECURSOS INTERPRETATIVOS DEL PNVM 4-1
4.1 Centro de Visitantes 4-1
4.1.1 Areas de Exhibición 4-1
4.1.2 Recursos de Audiovisuales 4-20
4.1.3 Materiales Educativos para Grupos Escolares 4-20
4.2 Exhibiciones al Borde del Camino 4-21
4.2.1 Miradores del Cráter 4-21
4.2.2 Tuneles de Lava "Tzinanconostoc" 4-22
4.2.3 Fumarolas en el Cerro "El Comalito" 4-22
4.2.4 Las Vertientes de Lava de 1772 4-24
4.3.2 Material Educativo Ambiental 4-24
4.3.3 Planes y Diseños Interpretativos y de Infraestructura 4-24

5.0 SINTESIS Y RECOMENDACIONES 5-1

6.0 REFERENCIAS 6-1

Apendice A: Glosario de Términos Vulcanológicos Usados en Este Informe

Apendice B: Información Seleccionada Acerca de Materiales Resistentes a Gases Volcánicos

Apendice C: Informe de Consultoría de Septiembre 1992, "Diagnóstico y Recomendaciones para la Rehabilitación del Centro de Interpelación Ambiental, Parque Nacional Volcán Masaya"

Apendice D: Breve Síntesis No-Técnica de los Procesos Volcánicos en el Complejo de la Caldera de Masaya.

D

Apendice E: Publicaciones Geológicas y Vulcanológicas Relativas al Programa Interpretativo del Parque Nacional Volcán Masaya

Apendice F: Materiales de Educación Ambiental Relativas al Programa Interpretativo del Parque Nacional Volcán Masaya.

Apendice G: Indice y Fechas de Fotografías Incluidas en Este Informe

E

SIGLAS

INE	Instituto Nicaragüense de Energía (Nota del Traductor: Hoy día conocida como ENEL)
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
IRENA	Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (Nota del Traductor: Hoy día conocido como MARENA)
MARENA	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
MBE	Mirador "Balcón del Eco"
MBI	Mirador "Boca del Infierno"
MCB	Mirador "Cruz de Bobadilla"
MPO	Mirador "Mirador Plaza de Oviedo"
PNVM	Parque Nacional Volcán Masaya
TR&D	Tropical Research and Development, Inc.
USAID	United States Agency for International Development (Agencia Internacional Para el Desarrollo de los Estados Unidos

F

RECONOCIMIENTOS

La autora quisiera expresar su agradecimiento a todas las personas y grupos quienes brindaron información, documentos y opiniones que fueron esenciales para completar exitosamente este informe.

La autora quisiera agradecer a la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (USAID), por haber brindado fondos de apoyo para realizar este trabajo y al Sr. Gerald Bauer, en particular, por su asistencia al iniciarse este trabajo.

Un agradecimiento especial se extiende al Ministerio Nicaraguense del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), por haber brindado su apoyo y colaboración profesional, incluyendo a los siguientes individuos: Lic. Marvin Centeno, Lic. Maritza Rivera, Lic. Guillermo Saborio, Lic. Javier Gaitan, y a los guardaparques, especialistas en interpretación y a los conductores.

La autora tambien quisiera extender su agradecimiento especial al Dr. Jaime Incer por brindar información sobre la historia temprana del desarrollo del PNVM y a los representantes del Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER), quienes brindaron información importante sobre los niveles de actividad actuales en el Volcán Masaya, incluyendo al Ing. Cesar Aviles (director), Ing. Marta Navarro, e Ing. Luis Munoz.

La autora aprecia el apoyo logístico y la coordinación brindada por el personal de TR&D, incluyendo: Bonnie Larson, Joni Todd, Nina Horchowski, Byron Walsh, Maria Martha Cortez y Jenny Aguilar.

G

SUMARIO EJECUTIVO

La información en este informe aborda las preocupaciones y necesidades de información para el manejo del Parque Nacional Volcán Masaya (PNVM) en orden de prioridades, desde la mayor a la menor, identificadas en el alcance del contrato de trabajo y en las discusiones de la Consultora con personal del PNVM y del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA). Las preocupaciónes de mayor prioridad identificadas fueron la estabilidad estructural de los miradores y cuevas, y las exhibiciones para los visitantes alrededor del Cráter Santiago. Los resultados y recomendaciones relacionadas con estas preocupaciones, se abordan en la Sección 2.0 de este informe. Otra prioridad identificada fue el aspecto específico de seguridad, es decir, los efectos de los gases volcánicos en la salud de los trabajadores del lugar y de los visistantes del parque. En el transcurso de su visita al sitio, la Consultora identificó varios temas adicionales de seguridad que deben ser considerados y resueltos por MARENA y la Administración del PNVM. Los resultados y recomendaciones relativos a estos temas o preocupaciones, están abordados en la Sección 3.0 de este informe. La tercera prioridad solicitada a la Consultora fue evaluar la validez y organización de las exhibiciones e información geológica y otros recursos interpretativos en el Parque. Los resultados y recomendaciones relacionadas con esa preocupación están abordados en la Sección 4.0 de este informe. Un resúmen de los principales resultados de la evaluación y las recomendaciones se presentan a continuación.

Para la seguridad pública, el Mirador "Boca del Infierno" debe cerrarse o restringirse severamente al acceso público. El sendero existente entre el Mirador "Plaza de Oviedo" y el Mirador "Boca del Infierno" también debe cerrarse y el tráfico peatonal debe dirigirse hacia el camino pavimentado hasta que pueda construirse un nuevo sendero más alejado del borde del Cráter Santiago. El acceso vehicular hasta la "Casa de los Murciélagos" debe restringirse para vehículos livianos o, preferiblemente, cerrarse a todos los vehículos y usar el camino para tráfico peatonal.

Equipo de protección personal y equipo de emergencia para el control general del público (tales como silbatos, cornetas de monte o bocinas, lamparas de mano, banderines de colores) deben ser adquiridos, y el personal del Parque entrenado en su uso. El personal del parque debe ser informado sobre los peligros de salud al estar expuestos a los gases volcánicos y debe contribuir al desarrollo de planes para mitigar los efectos adversos a la salud.

Los edificios, caminos y otra infraestructura del Parque están seriamente degradados debido a la falta de mantenimiento. Una evacuación profesional y un plan deben desarrollarse para el mantenimiento inmediato y a largo plazo de las inversiones en el Parque. La confiabilidad de los servicios sanitarios del Parque debe mejorarse y los suministros sanitarios adecuados deben permanecer accesibles para uso del público en las horas hábiles del parque.

El Parque debe promover el desarrollo del personal y la capacidad material para hacer las modificaciones necesarias o mejoras a las exhibiciones en las vías de tránsito y en el Centro de Visitantes. Alternativamente, el Parque debe contratar una agencia pública o privada para que le

H

produzca rótulos y/o paneles de exhibición que reúnan las especificaciones del Parque a un costo razonable.

Debe desarrollarse un plan priorizado para reemplazar o completar las exhibiciones en las vías de tránsito y Centro de Visitantes. El plan debe incluir especificaciones, bocetos, costos estimados de todos los elementos del trabajo, y los costos de mantenimiento a largo plazo. Además de brindar al PNVM y a la administración de MARENA con una base presupuestaria y programación del trabajo, el plan de exhibición puede usarse para solicitar recursos de financiamiento internacionales adecuados para cubrir los objectivos del trabajo propuesto.

1.0 INTRODUCCION

1.1 Propósito y Alcance

El propósito de este informe es proveer una evaluación de los peligros geológicos inmediatos que afectan la estabilidad de la infraestructura turística y la seguridad de los trabajadores y visistantes en los principales sitios de interés turístico alrededor del Cráter Santiago del Volcán Masaya, Nicaragua. Un propósito secundario del informe es revisar los recursos interpretativos vulcanológicos en el Parque Nacional Volcán Masaya (PNVM) y brindar recomendaciones para mejorar las exhibiciones y otros recursos que apoyan ese aspecto de la educación ambiental en el Parque. La evaluación geológica y las recomendaciones contenidas en este informe son para uso de la gerencia del PNVM, como base para tomar decisiones sobre las prioridades de inversión y cambios operacionales que podrían implementarse en lo inmediato y en los próximos años para garantizar la seguridad de los visitantes y personal, proteger las inversiones existentes, y actualizar la infraestructura y recursos interpretativos para cumplir de mejor manera la misión del Parque Nacional Volcán Masaya.

Para cubrir esta necesidad, la Consultora visitó Nicaragua del 20 al 26 de Julio de 1996. Durante este período, la Consultora:

- Condujo un reconocimiento in situ de las características geológicas y/o la infraestructura existente en la vecindad del Cráter Santiago, a lo largo del Camino Real del Popogatepe, y en el Centro de Visitantes;

- Evalúo las exhibiciones, placas, rotulación y panfletos interpretativos de la geología y vulcanología del Parque disponibles en el Centro de Visitantes, en la vecindad del Cráter Santiago, en el Camino Real del Popogatepe, o distribuidos a la entrada del PNVM;

- Realizó una evaluación preliminar de los documentos y otros materiales archivados en el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y en las oficinas del PNVM para obtener información sobre los planosde las exhibiciones para el Parque y evaluar los archivos existentes de literatura científica relacionada con la geología del Volcán Masaya;

- Se reunió con personal de MARENA y el PNVM para recopilar información y confirmar las prioridades de sus inquietudes con respecto a la seguridad y asuntos operacionales;

- Se reunió con personal del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y MARENA para recopilar información sobre el programa de

monitoreo volcánico de INETER y para identificar posibles áreas y mecanismos de coordinación con el muestreo y actividades de observación;

- Presentó un sumario breve y una charla-discusión con respecto a los resultados preliminares y recomendaciones desarrolladas bajo este contrato a los representantes de MARENA, INETER y el PNVM; y

- Además de las actividades en el país, la Consultora paso cuatro días en los Estados Unidos investigando el acceso actual a materiales científicos y de educación ambiental aplicables a los programas del PNVM, así como obteniendo especificaciones y descripciones de materiales y técnicas que puedan ser usadas para mejorar la infraestructura y exhibiciones conforme a las necesidades o condiciones especiales dentro del Parque.

El alcance del trabajo (SOW) para este contrato especifica que el informe final hará mención de los resultados encontrados por la Consultora respecto a los siete temas o tareas siguientes:

(1) Evaluar la estabilidad geológica actual, seguridad de las construcciones y el riesgo potencial de los Miradores Plaza de Oviedo y Boca del Infierno, sus áreas respectivas de parqueo, la Cruz de Bobadilla, y el Balcón del Eco. Si es necesario, recomendar estudios geológicos apropiados que apoyen la permanencia a corto plazo (10 a 15 años) de las estructuras anteriormente mencionadas.

(2) Tomando en cuenta las necesidades específicas identificadas por los representantes del Parque, revisará y verificará las opciones de los diseños de sitios y lugares preparadas por el Arquitecto de Paisajes de TR&D y seleccionados por la gerencia del PNVM . Hará recomendaciones alternativas y sugerencias, según sea apropiado.

(3) Evaluar y comparar materiales de construcción disponibles y materiales especializados alternativos que podrían usarse para la construcción, considerando la corrosividad de los gases volcánicos y otras condiciones únicas dentro del Parque.

(4) Recomendar medidas de protección para los trabajadores sujetos a la exposición prolongada a los gases volcánicos.

(5) Evaluar el potencial del colapso estructural y riesgos asociados para la seguridad de los visitantes dentro del complejo de lava (Tzinanconostoc).

(6) Revisar materiales interpretativos existentes e identificar información obsoleta y/o temas educacionales importantes e información que pueda incluirse en exhibiciones en las vías de tránsito, el museo o para charlas interpretativas.

(7) Identificar o actualizar una bibliografía específica in situ de información geológica/vulcanológica existente o de otro tipo que se relacione con el PNVM.

En una reunión sostenida el 22 de Julio 1996 en las oficinas de MARENA/TR&D, la Consultora se reunió con el Equipo del Proyecto para revisar el alcance del trabajo y presentar la propuesta de esquema para el informe final. El equipo del proyecto afirmó su entendimiento del alcance del trabajo contratado y aprobó el esquema propuesto para el informe final.

1.2 Antecedentes

Los peligros geológicos cerca de volcanes activos han sido un tema tradicional y de estudio aún antes de que Plinio el Joven tomara nota de su testimonio ocular de la destrucción violenta y trágica de Pompeya durante la erupción del Monte Vesuvio en el año 79 A.D. A pesar de (o quizá debido a) los peligros, la curiosidad y el asombro del hombre ante las poderosas fuerzas geológicas existentes debajo de la superficie de la Tierra, continua atrayendo turistas y científicos a las cimas de los volcanes en el mundo entero. Muy pocos de estos volcanes se comparan con el Volcán Masaya por la accesibilidad a un despliegue espectacular de las fuerzas naturales, estructuras volcánicas y materiales eruptivos que dan a esos paisajes volcánicos sus características únicas. El PNVM fue creado a finales de 1970 para proteger este recurso único de Nicaragua y para facilitar su exploración para el turismo y la educación ambiental.

El desarrollo inicial del PNVM fue auspiciado por el Banco Central de Nicaragua y con la colaboración de la Facultad de Ecología de la Universidad Centroamericana, el Instituto Geográfico Nacional y el Catastro. Mientras que la planificación inicial para el Parque reconoció los peligros inherentes al abrir el área de la cima al público, los diseños para infraestructura cerca del Cráter Santiago se pensaron como adecuados para garantizar la seguridad del público. Los diseños se completaron, sin embargo, sin el beneficio de datos provenientes de un programa sistemático de monitoreo volcánico y de medidas geodésicas que brindaran un base sobre el comportamiento del volcán y la estabilidad de los relieves geológicos en el área del cráter.

El Plan Maestro para el Establecimiento y Manejo del Area del Volcán Masaya como Parque Nacional, publicado en 1975, considero dos miradores principales en la cumbre. El mirador más grande, llamado "Plaza de Oviedo", fue ubicado en el borde norte del Cráter Santiago, mientras que un mirador más pequeño, llamado "Boca del Infierno", fue ubicado en el borde sudoeste del cráter. Ambos miradores fueron desarrollados para incluir un área de estacionamiento con una pared de retención de roca con cadena de hierro gruesa cubierta de zinc, colgada entre postes de concreto firmemente anclados en el material de base subyacente. En un punto a mitad de la longitud, la pared de seguridad en cada mirador tiene incorporada un área de exhibición tabular

encrustada de piedra natural, donde se expone una placa interpretativa que sirve como punto focal de interés de los visitantes.

El PNVM ha acumulado cerca de 20 años de experiencia operacional, incluyendo observaciones sobre el patrón de uso de los visitantes, resultados sobre las políticas de manejo de vida silvestre y de manejo forestal, la estabilidad geológica de los recursos naturales y los efectos de las condiciones ambientales en la integridad estructural y calidad estética de la infraestructura y exhibiciones interpretativas. La facilidad del acceso gracias a la carretera y caminos, ha conllevado el aumento de estudios científicos dentro del Parque por investigadores nacionales e internacionales. El resultado es un mejor entendimiento de los peligros geológicos y los riesgos para los visitantes y trabajadores, así como para las comunidades aledañas al PNVM.

En el veinte aniversario del Parque, es apropiado el que MARENA haya solicitado asistencia técnica y financiera para conducir una revisión critica de la misión del PNVM, y de sus capacidades y limitaciones operacionales. El objetivo de este informe es una evaluación de los peligros geológicos, recursos interpretativos y opciones para mejorar la seguridad humana así como proteger las inversiones en el PNVM, como parte de una revisión más amplia. Dicha revisión ampliada esta siendo elaborada a solicitud del Ministro de MARENA, en colaboración con MARENA y el personal del PNVM, con fondos de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID) a través de un contrato con Tropical Research & Development, Inc. (TR&D). Una vez aprobado, una copia de este informe final será entregado por TR&D a MARENA y a la gerencia del PNVM. Adicionalmente, los resultados de la Consultora serán incorporados, según sea apropiado, en un informe que abarque toda la revisión global del PNVM junto con las recomendaciones hechas por TR&D con base a los términos de su contrato con USAID.

1.3 Organización del Informe

La información en este reporte aborda las preocupaciones y necesidades de información del manejo del PNVM en orden de prioridades, desde la mayor a la menor, identificadas dentro del alcance de trabajo del contrato y de las conversaciones con MARENA y personal del Parque (PNVM). La máxima prioridad identificada fue la estabilidad estructural de los miradores, cuevas y otras atracciones alrededor del Cráter Santiago. Los resultados y recomendaciones relacionados con esa preocupación están abordados en la Sección 2.0 de este informe. La segunda prioridad identificada, se refiere al asunto de seguridad, a saber, los efectos de los gases volcánicos en la salud del personal del Parque y de los visitantes. En el transcurso de la visita al sitio, la Consultora detecto peligros adicionales de seguridad, los cuales serán evaluados y resueltos por MARENA y la gerencia del PNVM. Los resultados y recomendaciones relacionadas con esas prioridades se consideran en la Sección 3.0 de este informe. La tercera prioridad que se le pidió a la Consultora que evaluara, fue la validez y precisión de las exhibiciones geológico/volcánicas así como de otras fuentes interpretativas del Parque. Los resultados y recomendaciones relacionados con esas preocupaciones están abordados en la Sección 4.0 de este informe. Un resumen de los

resultados y recomendaciones hechas por la Consultora se presentan en la Sección 5.0 de este informe. Una lista de las referencias usadas para la preparación del informe está contenida en la Sección 6.0.

1.4 Notas Respecto al Diseño de Infraestructura e Información de la Construcción en este Informe

La descripción de la infraestructura existente del PNVM contenida en este Informe ha sido obtenida por las observaciones de la propia Consultora durante su estadía en Julio de 1996, así como sus visitas al Parque entre 1978 y 1982. Ningún diseño de planos ni especificaciones para las instalaciónes de la infraestructura principal se encontró en los archivos del PNVM o de MARENA. Dichos planos y especificaciones estuvieron al alcance de los archivos del Banco Central de Nicaragua alrededor de 1980, pero aparentemente, se perdieron durante su traslado del Banco Central al MARENA (antes IRENA).

Una recomendación adicional de este Informe es que se recuperen los planos originales y especificaciones de la compañía constructora que ejecutó la mayor parte del trabajo (Pedro Vargas, S.A. ?). Alternativamente, alguna información de los planos y especificaciones pueden ser recuperados a través de entrevistas con personas quienes fueron testigos oculares o contribuyeron al esfuerzo de la construcción. Esas personas incluyen al Dr. Jaime Incer, Ing. Franco Peñalba, Ing. Pedro Cuadra, Ing. Enrique Cedeño, e Ing. Bosco Ordoñez.

2.0 EVALUACION DE LOS PELIGROS GEOLOGICOS E IDENTIFICACION DE LAS OPCIONES PARA INFRAESTRUCTURA EN EL ÁREA DEL CRÁTER

2.1 Resumen Descriptivo de las Estructuras Geológicas y Materiales Volcánicos en el Area del Cráter

La estabilidad geológica de los principales sitios de interés turístico alrededor del Cráter Santiago depende de las características subterráneas y de los materiales volcánicos alrededor, así como de cualquier proceso dinámico que ejerza presión sobre esos materiales. Los materiales volcánicos encontrados en el área son a veces compactos y coherentes, como son las coladas de lava, o disgregados fácilmente erosionables, como son las capas de cenizas, lapillis o los flujos pyroclásticos incompletamente consolidados. El proceso dinámico significativo, particular del medio ambiente del Volcán Masaya, es la actividad de las fallas; fracturas que acompañan el enfriamientos de materiales eruptivos de la subsecuente inflación y deflación de todo el edificio volcánico; fallas a lo largo de las fracturas resultando en movimientos masivos y derrumbes de rocas; así como corrosiones y descomposiciones de materiales por parte de los gases volcánicos y las fumarolas.

Ya que las características y condiciones de los materiales son críticos para su estabilidad, esta sección incluye una descripción de las unidades expuestas en las paredes verticales del Cráter Santiago y las estructuras geológicas potencialmente activas que cortan esas unidades. La descripción empieza con la pared sur del Cráter Santiago moviéndose conforme las agujas del reloj alrededor de la circunferencia del cráter. Muchos de los materiales descritos a lo largo de este informe fueron asignados como unidades específicas designadas en una tesis doctoral sobre el complejo de calderas del Masaya, completada por S. Williams de Dartmouth College en 1983. Cuando posible, las descripciones y fotografías que acompañan este informe han referido las unidades designadas por Williams, para asistir a los ecólogos y profesionales de educación ambiental del PNVM para utilizar y comprender la evolución de la caldera Masaya. Una copia de la tesis de Williams fue obtenida de M. Navarro de INETER y ahora reside en los archivos del PNVM/MARENA.

La sección de materiales volcánicos expuestos en la pared sur del Cráter Santiago (Fotografías 1 y 2) consiste en los productos de una etapa temprana en la evolución de los volcanes Nindiri y Masaya. Estos materiales incluyen: (1) escorias volcánica masivas[1] de color negro y rojo (2) de una serie de conos cineríticos, y capas delgadas de escoria, ceniza, y material de lava que llenan el cráter pequeño existente al sur del actual Cráter Santiago. Juntas, estas unidades están designadas

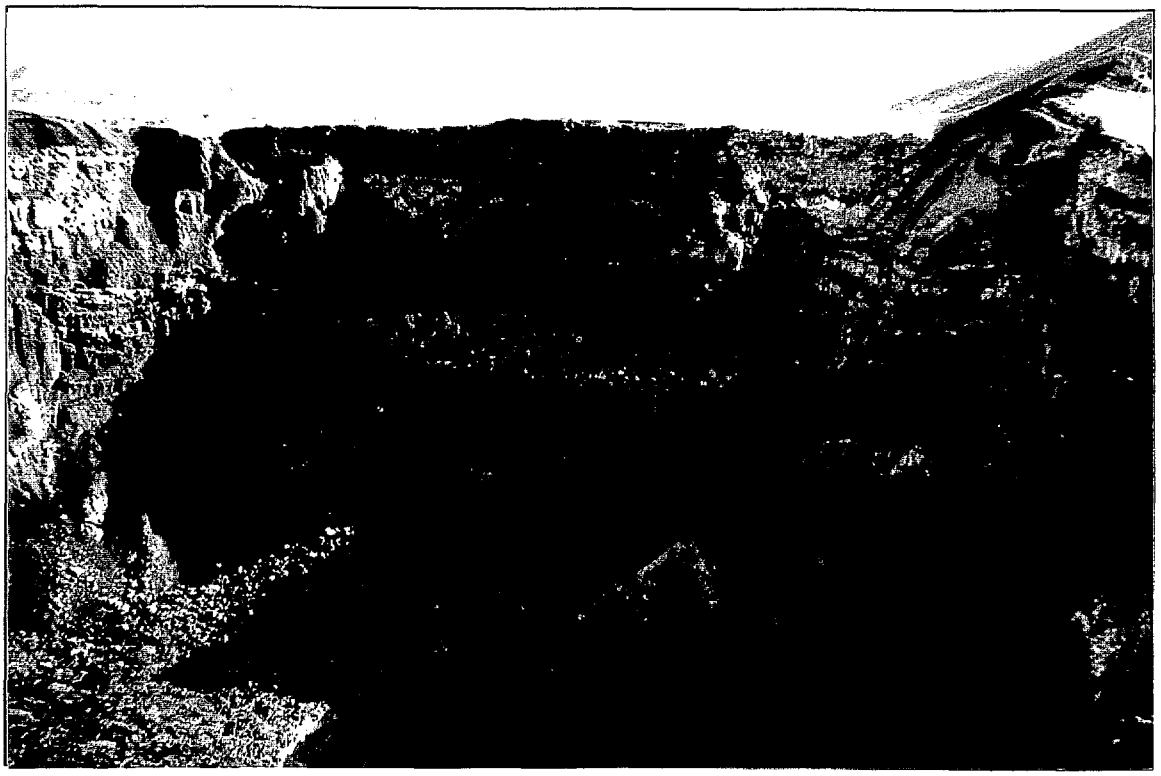
---

[1]Usado en este contexto, lo masivo indica que los materiales ocurren en capas gruesas con poca o ninguna estratificación interna. Las capas masivas usualmente son características de depósitos rápidos y condiciones de alta energía que no dan tiempo para que ocurra la selección natural.

6

FOTOGRAFÍA 1
Vista panorámica de las paredes al extremo sur y sureste del Cráter Santiago mostrando un cono cinerítico temprano (parte de unidad Qv8-ver Sec.2.1 del texto de explicación) a la izquierda de la fotografía, y flujos de lava descansan sobre capas masivas de cenizas y escoriasatribuídas al Volcán Nindiri (unidad Qv20) en el lado derecho de la fotografía. Qv20 esta interrumpido por fallas y las capas de cenizas y escoria parecen estar alteradas por procesos hidrotérmicos. Existe un pequeño cráter formado entre la unidad Qv20 y el cono cinerítico de la unidad Qv8. El cráter llenó de capas de cenizas, escoria y lavas (tambien designado como unidad Qv8) antes de ser enterrado por dos capas gruesas de flujos de lava y depositos de lapilli del Volcan Masaya (unidad Qv9). Mas tarde, un flujo de lava (unidad Q125) del volcán Nindiri cubrio la parte oeste de la secuencia.

7



FOTOGRAFÍA 2
Pared sureste del Cráter Santiago con vista detallada de depósitos designados como Qv8, incluyendo escoria roja y negra de un cono(s) cinerítico temprano (s), flujos delgados de lava y capas finas de lava, escoria y ceniza que llenaron el cráter pequeño ubicado al oeste. Note la ceniza gris y café claro que fue depositada primeramente sobre la pared y el piso del cráter. Lava masiva en medio de la sección pudo haber emanado del cono cinerítico. La lava ha sido atribuida al volcán Masaya (como parte de la unidad Qv9). El flujo es trazable alrededor de las paredes al extremo este y oeste del Cráter Santiago.

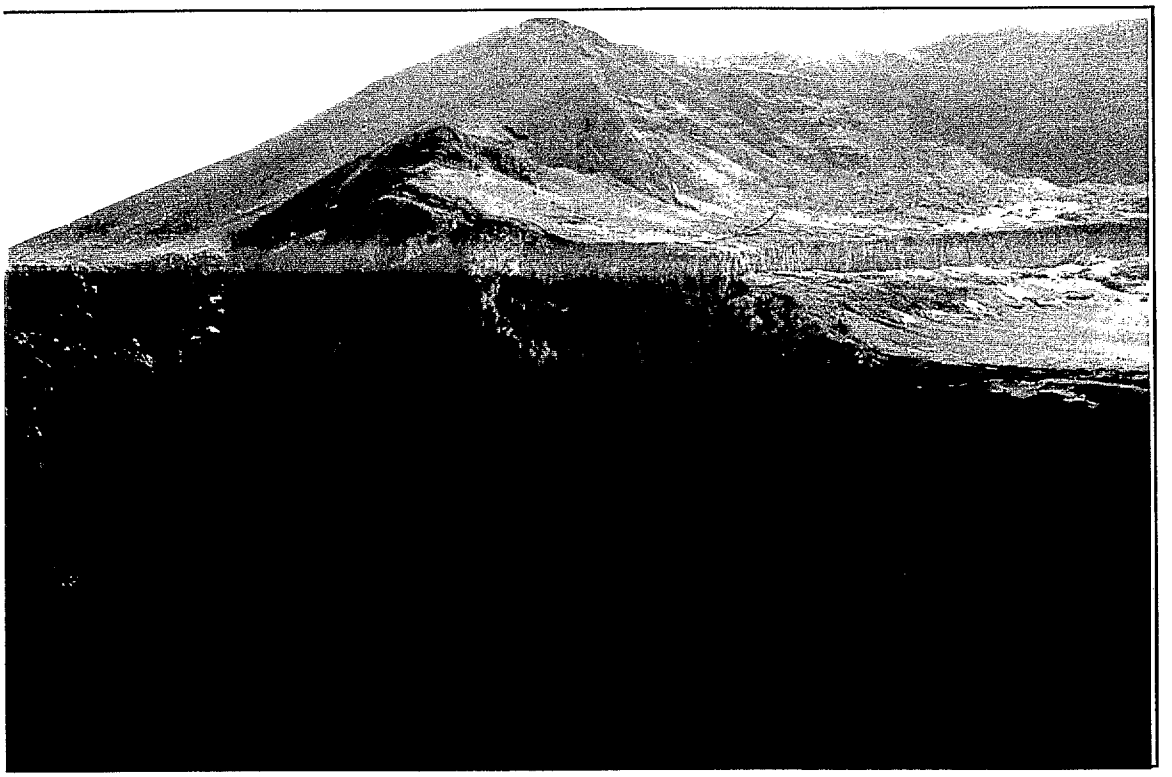
8

como Qv8. Posteriormente fueron depositados capas gruesas de lapilli negro y flujos de lava masivos provenientes del Volcán Masaya, los cuales enterraron los productos tempranos. Los depósitos de Qv8 parecen caóticos en comparación con las capas ordenadas de flujos de larvas descansando una sobre otra, sin interrupción alrededor del Cráter Santiago. La naturaleza caótica de los depósitos en la pared sur, en parte se debe al gran porcentaje de tephras (esparcimiento de los conos incinerados y lanzamientos al aire de lapilli proveniente de fuentes de fuego que se acumularon con la caída del viento en las principales aberturas volcánica. Pero la apariencia se hace mucho más compleja como resultado de numerosos e irregulares desmoronamientos de rocas que han ocurrido en la cara de la pared sur y por interrupción de algunas de las unidades a lo largo de una o más fallas verticales con planos que cortan diagonalmente a lo largo del Cráter Santiago, desde el sureste hasta el noroeste.

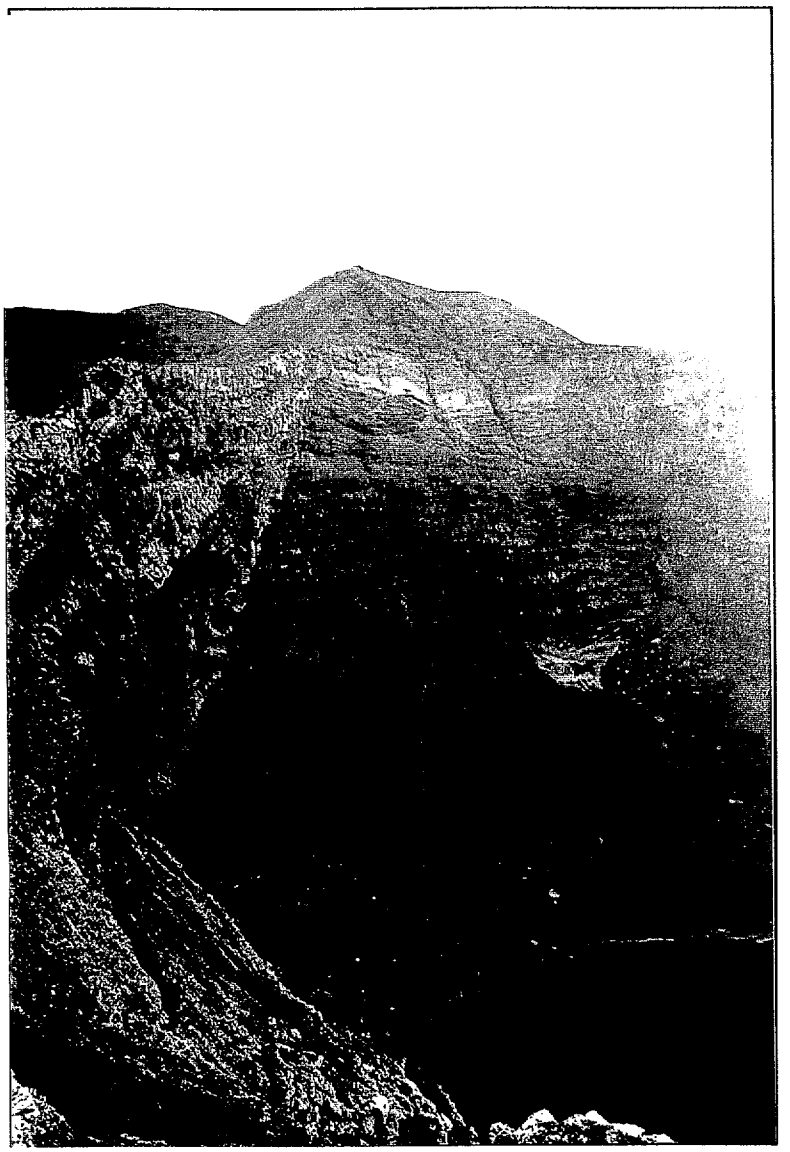
Inmediatamente al oeste de las unidades arriba descritas, el Cráter Santiago expone una sección sobresaliente del borde del Volcán Nindiri (Fotografía 3). En la parte superior de la sección hay una secuencia gruesa de capas de tephras. Todas las tephras del borde sudeste del Nindiri que se pueden ver del MBI son grises, capas graduadas, gruesas y finas, de ceniza lanzada al viento. Estas unidades han sido designadas Qv23. Debajo de las capas de ceniza, hay una secuencia de tephras sobre finas capas de lava roja oxidada y escoria. Estas, a su vez, están recubiertas de escoria roja masiva en la base de la pared. Estas unidades más viejas han sido designadas Qv20. El costado este de la unidad Qv20 tiene múltiples fracturas y fallas, formando la pared oeste de un pequeño cráter ubicado entre el viejo borde del Nindiri y conos de escoria de la unidad Qv8.

Una secuencia de unidades similares a las arriba descritas, esta expuesta en la pared noroeste del Cráter Santiago, debajo del Mirador "Cruz de Bobadilla", el punto más alto del borde del cráter (Fotografía 4). En este sitio, las unidades estratificadas lanzadas al aire están cortadas por una serie de fallas o lineamientos fracturados que parecen definir, cerca de planos verticales, esa caída al noreste. Las capas irregulares de las unidades lanzadas al aire (mostradas como unidad Qv20 en el mapa (1983) de Williams), hace difícil estimar si estos movimientos han ocurrido en los planos estructurales. Sea que los lineamientos representen fracturas o fallas, los planos sirven como zonas de debilidad que minan la estabilidad estructural de las capas de piedra pyroclásticas debajo de la Cruz.

Entre las dos secciones relativamente altas en los bordes noreste y sudeste del Cráter Santiago, la pared oeste del Cráter Santiago expone los flujos de lava que llenaron el Cráter Nindiri y produjeron la superficie plana de la "Plaza Sapper" (Fotografía 5). Los flujos son más masivos que la mayoría de aquellos del Volcán Masaya que están expuestos en la pared este del Cráter Santiago. La capa superior de lava subterránea de la "Plaza Sapper" fue producida en 1670. La lava de la erupción desbordó el borde norte del Cráter Nindirí y continuo fluyendo hacia abajo sobre el costado norte del volcán. Desde ese tiempo, la porción central del lago de lava solidificado, ha disminuido al menos 20 metros por debajo de su nivel anterior.



FOTOGRAFÍA 3
El borde al extremo Sureste del Cráter Nindirí truncado por el colapso del Cráter Santiago, exponiendo la sección de ceniza al extremo superior relativamente cubierta (unida Qv24) por vertientes de lava (Qv20). Vertiente de lava recientes (unida Q127) llenaron el Cráter Nindirí y finalmente, en 1670, rebasó la orilla en su extremo norte, bajando el flanco hasta la mitad hasta el margen de la caldera (ubicada al sur de la Carretera Managua-Masaya).



FOTOGRAFÍA 4
Borde noreste del Cráter Nindirí, que exponde una sección de más de 30 metros de grosor de capas de ceniza gris sobre capas finas de flujos de lava y escoria roja atribuida al Volcán Nindirí (Qv20). Algunas de los capas de ceniza parecen mostrar capas cruzadas, pero en su mayoría parecen ser depósitos estratificados lanzados al aire. La coloración café claro se debe a alteraciones palagoníticas, es decir, la descomposición de algunos de los fragmentos de vidrio basáltico en la ceniza. Note el trazo aparentes de las fracturas o fallas en el noroeste que interrumpe los materiales en la pared del cráter. Diques finos de color crema cortan la escoria roja masiva en la base de la sección pero aparentemente terminan contra la base de los flujos.

FOTOGRAFÍA 5
La pared oeste del Cráter Santiago, exponiendo lavas (unidad Q127) que llenaron el Cráter Nindirí. El área central del Cráter Nindirí, conocido como Plaza Sapper, parcialmente colapsada en 1852 cuando se formaron los cráteres Santiago y San Pedro Las paredes y piso del Cráter Nindirí consiste de vertientes de lava fina y una escoria masiva roja.

La mayor parte de la pared norte y toda la pared este del Cráter Santiago, muestran una capa gruesa de flujos de lava con capas finas de piedra fragmentada y virtualmente, sin ningún lanzamiento al aire de tephras que separe el flujo de unidades (Fotografía 6). Probablemente, las erupciones de lava provienen de una de las fumarolas antiguas del Volcán Masaya al este. Una capa de lapilli negro con cerca de 20 metros de grosor descansa sobre los flujos de lava. El conjunto de toda la secuencia se designa Qv9. El distintivo lapilli negro muestra muy poca o ninguna graduación, solamente estructuras de capas menores, y contiene bloques angulares ejecta de lava densa del tamaño de una muralla de grandes cantos rodados. La capa de lapilli negro representa el producto de fuentes de fuego cerca de la fumarola que acompañaron la erupción de un gran volumen de lava lanzada en la evolución temprana del Volcán Masaya. La capa de lipilli se adelgaza alrededor de los bordes norte y sur del Cráter Santiago. Al norte, cerca del Mirador "Plaza de Oviedo", los depósitos de lapilli están recubiertos por una capa fina de flujos de lava (unidad Q126) que probablemente salieron del Cráter Nindiri en alguna época anterior a 1670. Al sur, cerca del Mirador "Boca del Infierno", la misma capa de lapilli negro, esta recubierta por un flujo de lava diferente, designado como Q125.

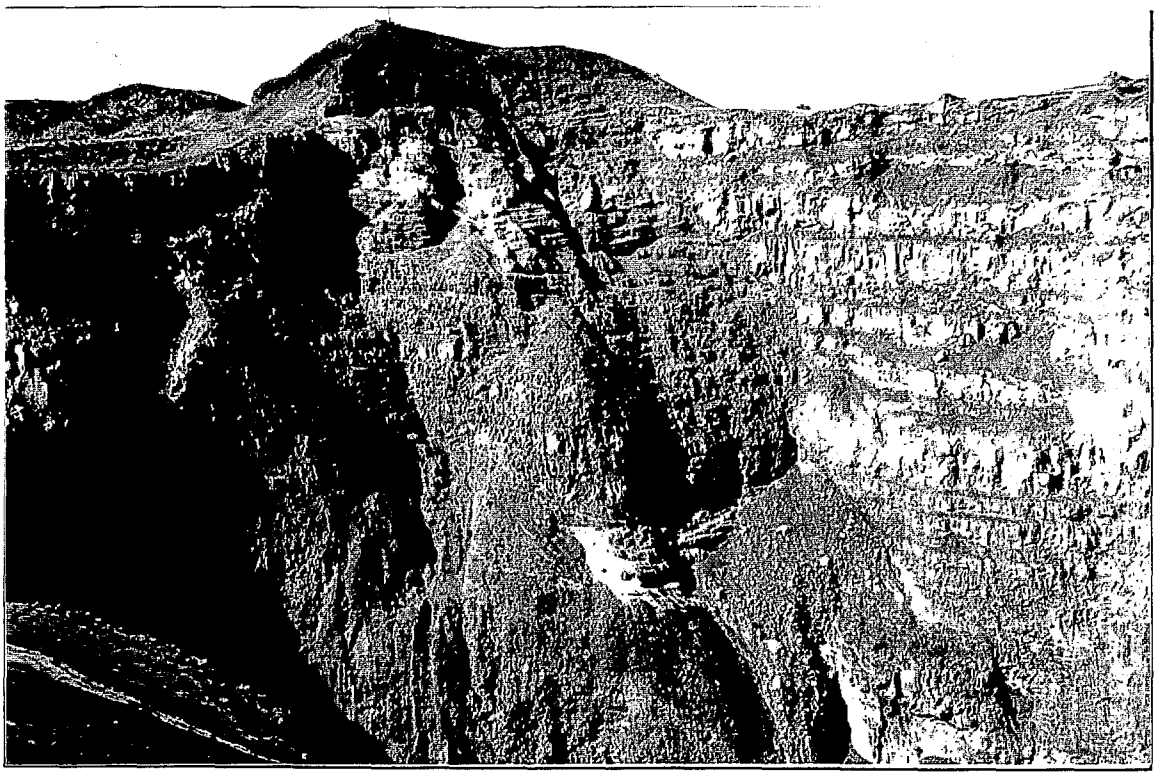
En general, la estabilidad estructural de los sitios alrededor del borde del cráter, es dependiente de la presencia de los flujos de lava gruesos que son significativos cerca de la superficie, de la presencia y grosor de cualquier material pyroclástico no-consolidado o pobremente consolidado que descansan, sobre o por debajo de los flujos de lava, y de la proximidad de las zonas fracturadas o fallas.

2.2 Mirador "Boca del Infierno"

El Mirador "Boca del Infierno" (MBI) esta localizado en el borde sur del Cráter Santiago (Fotografías 7 y 8). La parte oeste del área del Mirador cuenta con una capa inmediata subterránea de flujo de lava (Q125) que varía en su característica de la breccia altamente vesiculosa, masiva y densa. El grosor total del flujo varía entre 10 y 15 metros. Se ubicó como a 10 metros por encima del lapilli negro (parte superior de la Unidad Qv9). En la parte este del área del Mirador el flujo se hace más masivo. Tubos de lava son abundantes en la sección del flujo. El techo de piedra de algunos de los tubos de lava ha colapsado y la superficie terrestre en el área es accidentada y peligrosa. Al borde del flujo de lava apenas al este del MBI, hay una área de fracturación y fallas, orientada Norte 30 grados Oeste, que pasa diagonalmente a través del cráter para interrumpir los materiales debajo del Mirador "Cruz de Bobadilla" (ver Fotografías 8 y 11).

2.2.1 Valoración de los Peligros Geológicos en el MBI

El borde sur del Cráter Santiago se ha vuelto cada vez más inestable en los últimos diez años, resultando en un sinnúmero de deslizamientos de piedra y tierra de las paredes del cráter y un crecimiento notable en el ancho y profundidad del cráter interno. El monitoreo de gases volcánicos y sismicidad realizado por INETER y otros investigadores, indica que un incremento



FOTOGRAFÍA 6
La pared al extremo Norte del Cráter Santiago. El lado derecho de la fotografía muestra parte de la secuencia de 24 vertientes de lava (unidad Qv9) del volcán Masaya (también ver fotografía 14). Por lo menos una vertiente de lava relativamente reciente (unidad Q126) del Volcán Nindirí descansa sobre las secuencias de las lavas del Masaya justo al este de la vieja orilla del Cráter Nindirí (centro arriba de la fotografía).

14

FOTOGRAFÍA 7
El lado extremo este del OBI está realzado por el amplio canal de una vertiente de lava fluida (unidad Q125) que cubre la mayoria de la cuadratura sureste de la caldera. La vertiente contiene tuneles de lava y descansa sobre un grueso lecho no consolidado de lapilli negro (la capa de encima de la unidad Qv9) que predomina sobre el lado extremo este del Cráter Santiago. Notar la distintiva zona rojo "orneado" del emplazamiento de calor de la lava sobre terreno pobremente desarrollado por encima de la capa por debajo del lapilli.

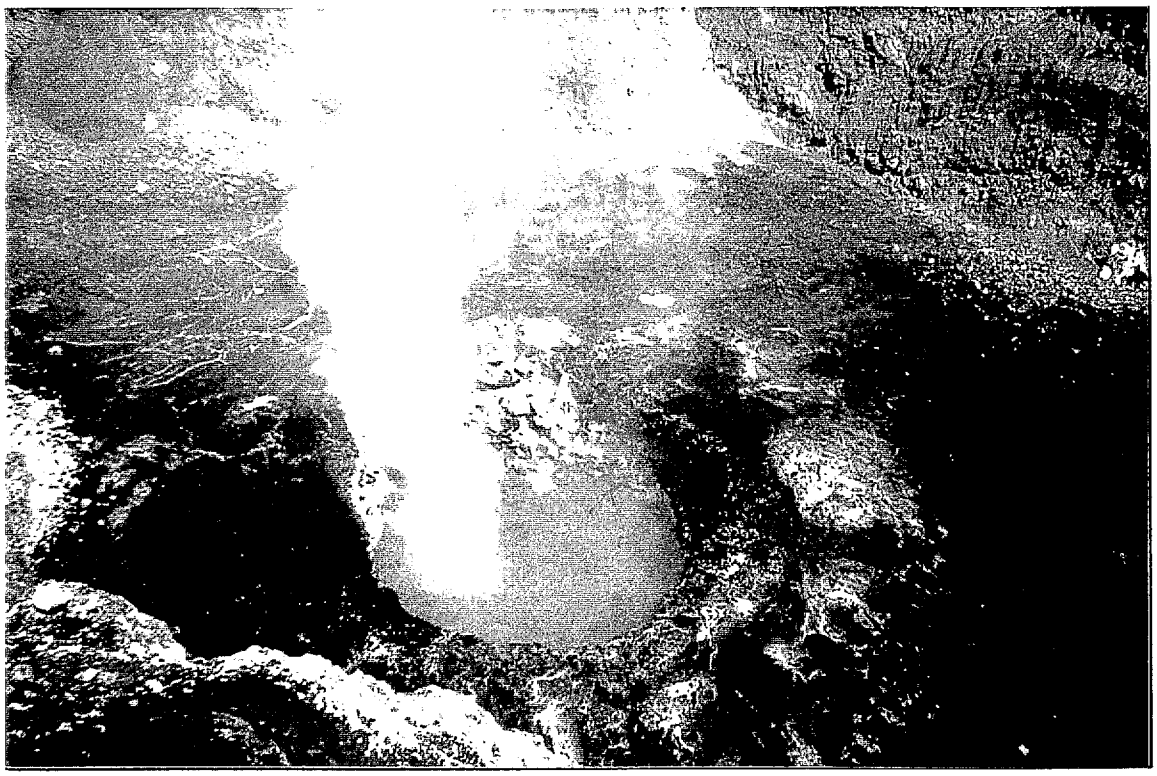
FOTOGRAFÍA 8
El lado extremo oeste del OBI esta debajo de un pequeño lente de lava masiva que avanza lateralmente dentro de aglutinadas salpicaduras y vertientes de desechos (unidad Q125 descrita arriba), que descansa sobre una unidad de lapilli negro. Los horizontes rojo "orneados" vistos en la fotografía 7 son visible bajo el lente de lava en la parte izquierda de la fotografia. Debajo del lapilli negro, la sección predominante consiste de escoria proveniente del cono de cenizas que se formo encima de una fisura con tendencia noroeste.

16

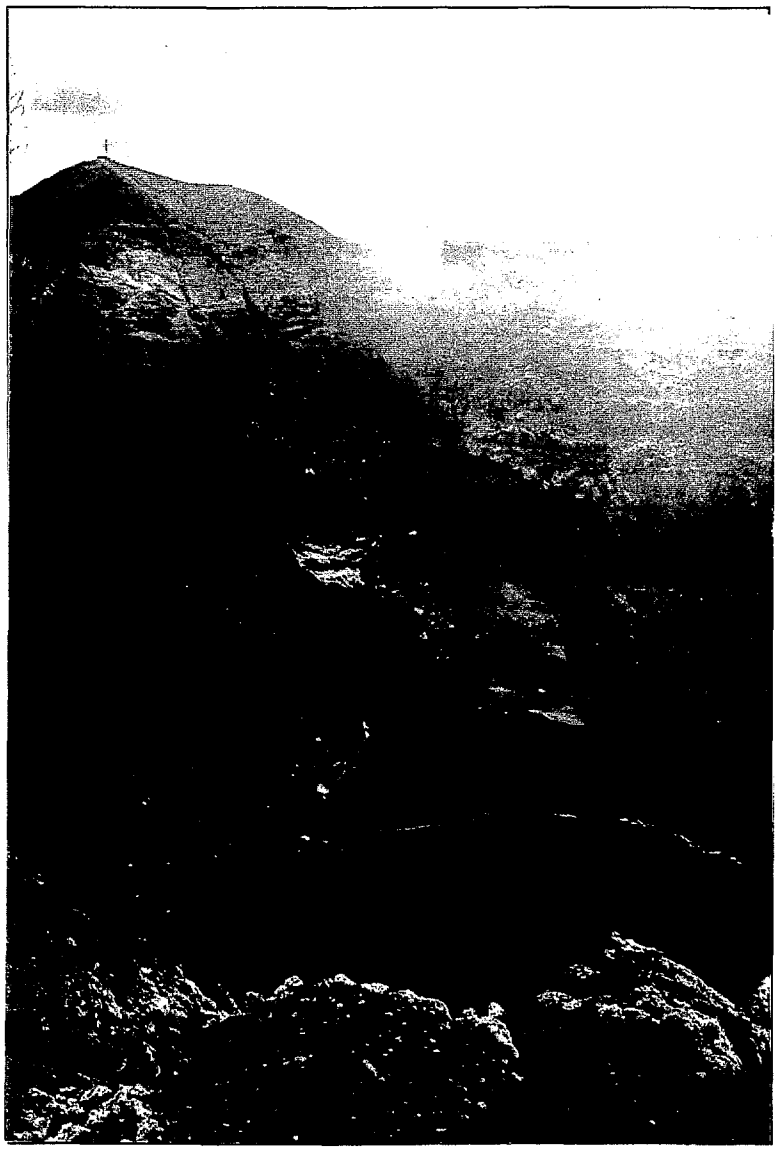
del nivel de actividad volcánica comenzó en 1988 en el Volcán Masaya. El programa de monitoreo de INETER registro un incremento significativo en el total de emisiones de gas proveniente del cráter interno, así como un incremento en las fluctuaciones cíclicas con proporciones relativas de sulfuro y cloro en las emisiones de gas. Sismógrafos en y cerca del PNVM, registraron un incremento de terremotos tipo B, altos en el conducto volcánico. La sismicidad fue interpretada como señales de fluctuaciones de entre 10 y 50 metros de altura en la columna de magma inmediatamente debajo del Cráter Santiago (Julio 1996, comunicación personal, M. Navarro, INETER).

El consultor inspeccionó el área del Cráter Santiago a fines de Julio 1996, casi 13 años después de su ultima visita al Parque. Cambios extraordinarios en la morfología del área del cráter son notables. A comienzo de 1980, los costados del Cráter Santiago fueron caracterizados por paredes casi verticales alrededor de la circunferencia entera. Una moldura prominente cubierta de bloques masivos de lava se proyectaba en el cráter a lo largo de su borde sur. La estabilidad de las paredes del cráter estaba subrayada por una caparazón rosada de material alterado por los gases y el clima, que cubría las paredes alrededor de casi todo el cráter, y por la falta de deshechos por deslizamiento de piedras sobre la superficie de lava negra pahoehoe (unidad Q129) que cubrió completamente el piso del cráter debido a una erupción en 1965. El cráter interno que existió en 1977 fue aproximadamente de 100 metros de ancho y 80 metros de profundidad, y estaba situado al sur y oeste del centro del mayor, Cráter Santiago (Fotografía 9). El costado del edificio volcánico del Cráter Santiago fue una superficie lisa, suavemente sesgada cubierta por una capa lisa de tephra del tamaño de la arena lanzada al aire por una erupción de 1965. Bloques angulares de lava pequeños a medianos fueron depositados esporádicamente sobre la tephra negra de 1965 por lanzamientos explosivos, esporádicos y de corta duración del volcán que ocurrieron a fines de 1970.

Hoy en día, el cráter interno es de tres a cinco veces mayor que su equivalencia en 1980. Ahora se extiende desde el centro del Cráter Santiago hasta el borde del área de la caída de piedras en la punta de la pared sur del cráter (Fotografía 10). El costado del edificio volcánico al sur del Cráter Santiago ahora contiene riachuelos erosionados que corren en la superficie anteriormente lisa por agua de lluvia que cae del área pavimentada del estacionamiento. Las paredes a lo largo, de aproximadamente una tercera parte sur de la circunferencia del cráter, han sido afectadas por numerosos deslizamientos de piedra de pequeña a mediana escala, dejando una cara vertical cicatrizada en la mitad superior de la pared que expone cortes frescos de lava roja profunda, negra y gris, así como materiales piroclásticos. El arrecife de piedras que se proyecta dentro del cráter del sur, descansa sobre ripios en el piso del cráter. El carapacho o concha rosada de materiales alterados por los gases y el clima que cubría anteriormente las paredes del cráter, solo se preserva en la esquina occidental extrema de la pared sur del cráter (ver Fotografías 7 y 25). Los deslizamientos de piedra mayores y más recientes han ocurrido debajo de un decantamiento fracturado e inestable al borde del área de estacionamiento MBI (Fotografía 11). El piso del cráter esta regado con una mezcla caótica de grandes bloques de lava y escoria semi-consolidada



FOTOGRAFÍA 9
En 1977, el Piso del Cráter Santiago, mostrando un intercrater de diámetro pequeño sin rocosidad, encima del piso de lava negra pahoehoe (unidad Q 129) que hizo erupción en 1965. La medida del intercrater en ese momento, era de aproximadamente de 100 metros de ancho y 80 metros de profundidad.



FOTOGRAFÍA 10
El piso del Cráter del Volcán Santiago en 1966, mostrando un ancho y una profundidad significativa del intercrater. Derrumbes de tierra y roca de la pared sur del Cráter Santiago, desaparecieron directamente dentro del intercrater que ahora se extiende hasta la pared del extremo sur del Cráter.

FOTOGRAFÍA 11
Daños del área de estacionamiento en el OBI en la borde sur del Cráter santiago. Al menos 5 metros del área del mirador se ha desprendido dentro del cráter del Santiago desde finales de 1980. Actualmente el área en un perímetro de 5 -10 metros del del borde del Cráter contiene fisuras, emanando a través de éstas gases volcánico, los cuales son extraídos y expulsados al exterior por corrientes de aire a través de las paredes fracturadas del Cráter.

entremezclada con faldas (aprons) lisas y profundas creados por un deslizamiento de tierras de lapilli no-consolidado.

Durante la inspección del sitio, la Consultora también notó que el pavimento en la mitad este del área de estacionamiento, esta interrumpido por una fisura que corre de este a oeste aproximadamente por unos 10 metros (Fotografía 12). Alrededor de dos a tres centímetro de apertura en la fisura se habían notado en Marzo de 1993, cuando colegas de la Consultora visitaron el PNVM (Junio 1996, comunicación personal, J. Alt of Epigene, Inc. y J. Johnson of J.F. Johnson and Associates). Para mediados de 1996, los derrumbes de la superficie dentro de la fisura han cortado las capas de tephra debajo del pavimento y arrastrado el material arenoso, dejando un vacío irregular de casi 0.5 metros a lo largo y de más de un metro de profundidad, por lo cual varios postes de madera que alineaban el área del parqueo han colapsado (Fotografía 13). Aparentemente, la fisura continua 10 o 15 metros al este del área pavimentada, donde está ocurriendo la sumersión o desplome del material tephra superior a lo largo de una franja ancha. En un punto, a unos 5 metros al sur del borde del cráter, gases volcánicos parecen emerger de pequeñas grietas dentro del área de sumersión o desplome. Aunque a primera vista estos parecen ser nuevas fumarolas, las grietas están frías al tacto. Los gases emergiendo ahí probablemente vienen de la pluma principal del intercráter, que ha sido parcialmente chupada dentro de la pared del cráter por corrientes de viento y que viaja a la superficie junto con espacios vacíos interconectados creados por la(s) fisura(s). Un bloque superficial grande ubicado entre la fisura y el borde del Cráter Santiago, parece haber rotado ligeramente, a tal punto que su superficie se inclina ligeramente en contraposición al cráter. La fisura vertical abierta vista en la superficie probablemente se aplasta hacia el norte con profundidad, en intersección con la pared del cráter a alguna distancia debajo del borde y definiendo un plano curvo de una falla a lo largo, por lo que un derrumbe de piedra podría ocurrir en el futuro.

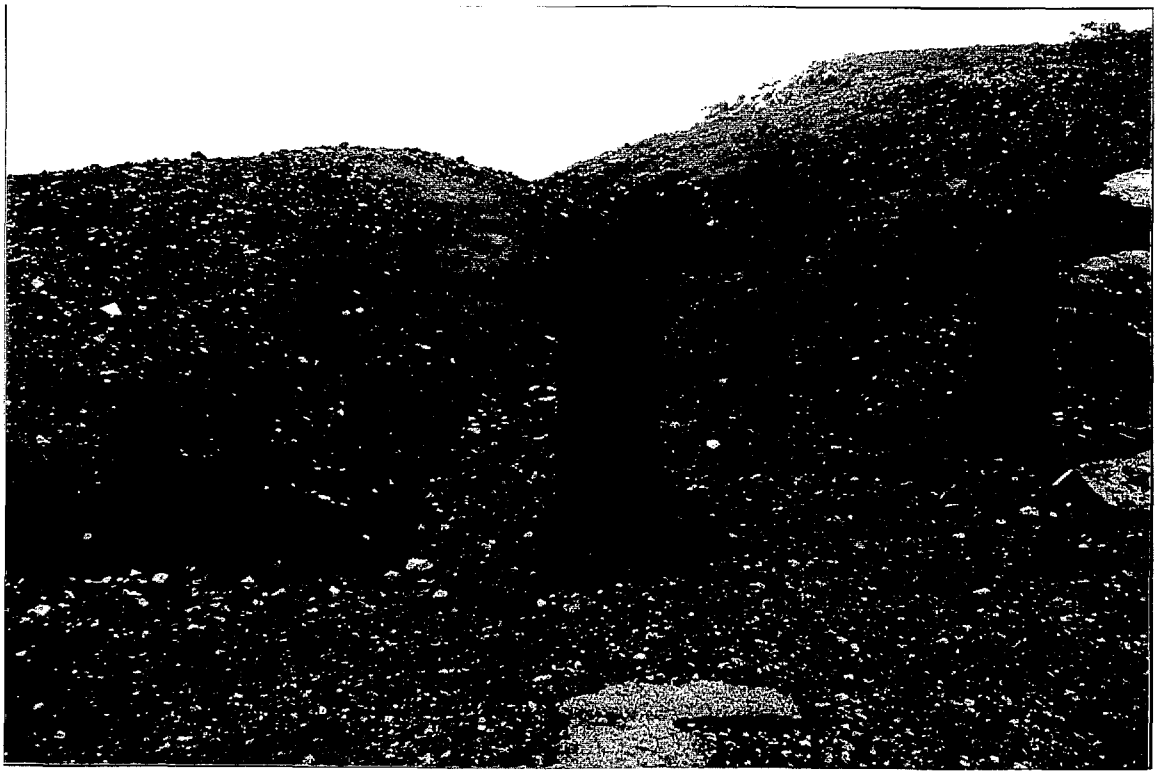
2.2.2 Opciones de Infraestructura

El área del MBI continuará siendo relativamente inestable debido a la heterogeneidad de los materiales volcánicos subterráneos, las diferentes respuestas de estos materiales a los episodios persistentes de terremotos volcánicos, la proximidad de una zona de fallas potencialmente activas al este inmediato del área del mirador, y el sistema de fracturas y fisuras existente que se ha desarrollado en el subsuelo. La inestabilidad será exacerbada durante períodos de "crísis" volcánica que se sabe afectan al Cráter Santiago por el monitoreo conducido por INETER. El programa de monitoreo de INETER indica que la sismicidad superficial se incrementa durante estos períodos, resultando en un probable incremento de desmoronamiento de piedras y derrumbes de tierra.

La evidencia de campo indica claramente que una porción significativa del área del parqueo MBI y el área entre el estacionamiento y el borde del cráter, están minadas por un complejo de fracturas y fisuras abiertas. En un lapso de 20 años, entre 1965 y 1983, cuando la Consultora inspeccionó la ultima vez el área del cráter, solo una pequeña cantidad de ripios descantillados se

21

FOTOGRAFÍA 12
Las fisuras que cortan el pavimento en el OBI y continúan hacia el este por lo menos 15m. Más arriba de las fisuras una depresión lineal marcada con pequeños agujeros hundidos indican el colapso del material traslapado dentro de los vacíos inferiores.



FOTOGRAFÍA 13
Trazos de fisuras en la superficie que cortan el pavimento del área de estacionamiento OBI y continúan hacia el este. Piezas de asfalto quebrado, postes de madera, y las capas de ceniza negra debajo del área del pavimento, han desaparecido dentro de las fisuras.

habían acumulado sobre la costra negra de lava de 1965 que cubría el piso del cráter. Una cantidad mucho mayor de ripios, producto de desmoronamientos de piedra menor hasta deslizamientos de bloques grandes, se ha acumulado en los últimos 13 años (Fotografía 14). La tasa de acumulación aparentemente se ha incrementado notablemente en los últimos 8 años. Con base a la información reunida de entrevistas, el tamaño y número de desmoronamientos de piedra parece ser proporcional a la intensidad y persistencia de terremotos volcánicos superficiales (Julio, 1996, comunicación personal de M. Alemán, PNVM, M. Navarro, INETER, y J. Incer, consultor privado).

La Consultora y el Director de TR&D habían considerado la necesidad de conducir uno o más estudios geológico/geotécnicos (tales como reflección sísmica, refracción sísmica, excavaciones geotécnicas, o penetración del suelo por radar) paralela a la visita de campo de la Consultora. El propósito del estudio hubiera sido definir mejor las fisuras y otras fallas estructurales en el subsuelo que pudieron desarrollarse y que debilitarían el suelo debajo del área de estacionamiento y el MBI. Sin embargo, debido a la complejidad de las fracturas y fisuras que eran aparentes en la superficie de esa área durante la visita de inspección de la Consultora, acompañada de la incertidumbre en el nivel de sismicidad volcánica que se espera continúe en el Masaya, será virtualmente imposible evaluar cuantitativamente la estabilidad del mirador con respecto a la capacidad de tolerancia del peso a corto plazo (10 a 15 años). Por tanto, **no se recomienda continuar estudios geofísico o estudios de ingeniería de suelos en el área del MBI en este momento.[2] Un sinnúmero de opciones para mitigar los peligros geológicos se proponen enseguidoabajo, pero las opciones <u>no son</u> dependientes de los resultados de cualquier estudio geológico o geotécnico.**

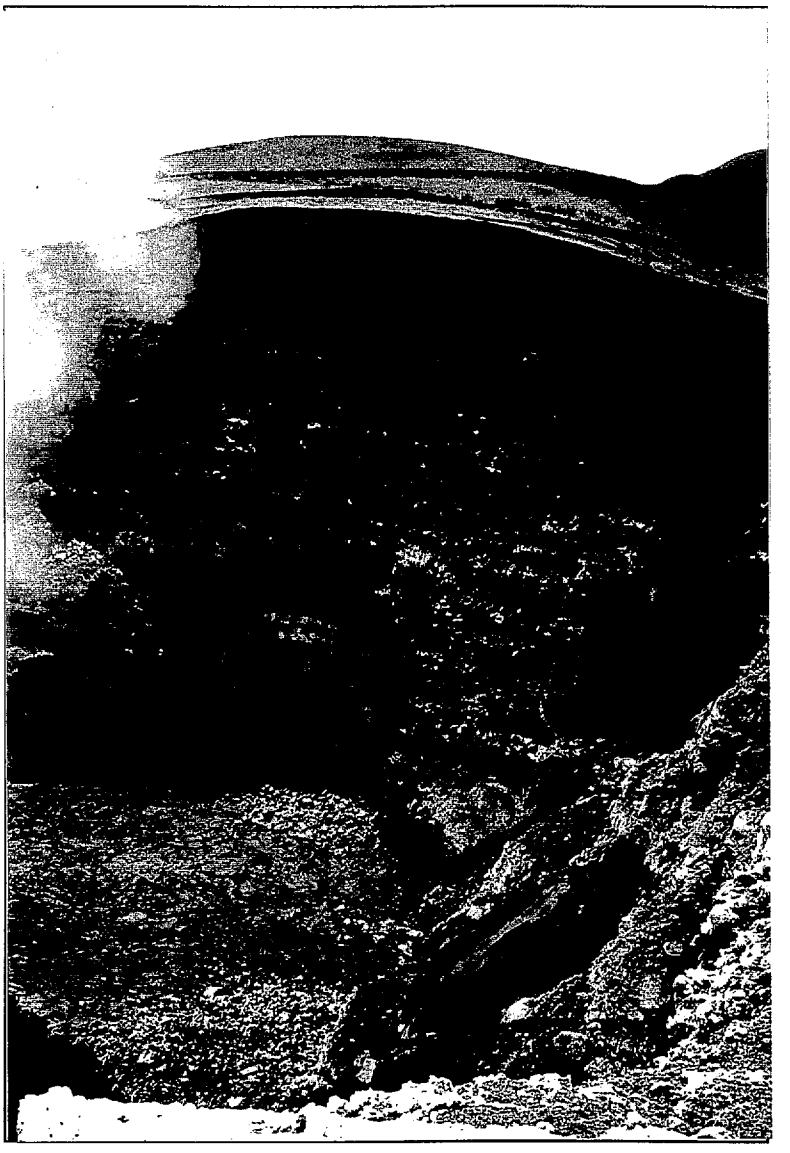
Opción 1:
Alternativa de ninguna acción:

- No imponer restricciones de acceso a los visitantes existentes al MBI;
- Reparar y utilizar el área de estacionamiento existente o construir un nuevo estacionamiento al sur del área pavimentada existente;
- Usar la infraestructura de miradores existente o brindar plataformas para mirar al menos 10 metros a distancia del borde del cráter;
- Estacionar guardias equipados con máscaras de gas en los MBI durante las horas de acceso público.

Aspectos a Favor:

- Atracción principal en el PNVM se preserva sin interrupción
- Ninguna disminución en los ingresos generales derivados del turismo del Parque

[2]Ver discusión en la Sección 2.4.4 respecto a la instalación de pozos inclinometros en el lapilli negro de la unidad Qv9 que refuerza el sendero y parte del camino entre el cráter principal y los miradores.



FOTOGRAFÍA 14
Vistas del piso del Cráter Santiago mostrando las grandes cantidades de desechos producidos por rocas y avalanchas de tierra provenientes de las paredes del cráter del extremo sureste.

- El sistema respiratorio de los guardaparques esta protegido contra los efectos de los gases.

Aspectos en Contra:

- Alto riesgo de muertes múltiples y/o crísis respiratorias provocadas por los gases si se usan las áreas de miradores
- Riesgo moderado de muertes múltiples y alto riesgo de crísis respiratoria provocadas por gases si se construyen nuevas áreas de miradores
- Construcción de un nuevo mirador de plataforma (resistente al gas y más alto) a una distancia del borde del cráter más segura, tendría costos prohibitivos y visualmente intrusivo
- Riesgo de publicidad negativa ante la falta de acción correspondiente en respuesta a los peligros conocidos (aunque no ocurran accidentes a visitantes debido al colapso del cráter)
- Máscaras de gas son incómodas y no protegen la piel y la ropa de los guardias de los gases del Parque
- El área de los miradores esta sujeta a posible inestabilidad adicional por el peso y vibración del tráfico vehicular

Opción 2:

- Restringir el acceso vehicular al área pavimentada de estacionamiento; brindar estacionamiento cerca de la "Casa de los Murciélagos";
- Usar la infraestructura de miradores existente o brindar miradores de plataforma alejados del borde del cráter; estacionar guardaparques equipados con máscaras de gas en el MBI durante horas de acceso al público;
- Limitar el tiempo de permanencia (menos de 4 minutos) y número de visitantes (menos de 5 personas) en el borde del cráter en un mismo tiempo.

Aspectos a Favor:

- La mayor atracción en el PNVM se preserva sin mayor interrupción
- Area de visitas no esta sujeta a inestabilidad adicional posible por el peso y vibración del tráfico vehicular
- El sistema respiratorio de los guardaparques esta protegido del efecto de los gases.

Aspectos en Contra:

- Riesgo moderado de muertes múltiples y/o crísis respiratorias provocadas por los gases si las áreas de miradores existentes se usan restringiendo el tiempo de permanencia y el número de visitantes al borde del cráter en un momento dado
- Riesgo moderado o bajo de muertes múltiples y/o crísis respiratorias provocadas por gases si se construye una nueva área de miradores

- Construcción de nuevos miradores de plataformas (resistentes al gas y más altas) a una distancia del crater mas segura, tendra costos prohibitivos y será visualmente intrusivo
- Riesgo de publicidad negativa falta de acción correspondiente en respuesta a los peligros conocidos (aunque no ocurran accidentes debido a un colapso del cráter)
- Disminución posible de las tarifas generales del Parque derivadas del turismo debido al acceso limitado
- Las máscaras de gas son incómodas y no protegen la piel y la ropa de los guardaparques de los gases
- Se incurre en costos adicionales por la construcción de una nueva área de estacionamiento cerca de la "Casa de los Murciélagos"

Opción 3:

Solicitar la ayuda de un experto en explosivos militares o industriales para diseñar e implementar una serie de explosiones controladas para remover bloques fracturados o inestables de la pared sur del Cráter Santiago.

Una vez que los bloques hayan sido dislocados y caídos dentro del cráter, ofrecer un mirador de plataforma mejorado cerca del borde del cráter; estacionar guardaparques equipados con máscaras de gas en un nuevo MBI durante horas de acceso público.

Aspectos a Favor:

- Atracción principal en el PNVM puede ser más segura después de alguna interrupción
- El sistema respiratorio de los guardaparques está protegidos de los efectos de los gases volcánicos

Aspectos en Contra:

- Resultados de las explosiones para remover bloques peligrosos son inciertos; puede causar inestabilidad adicional en el área u obstruir la vista de lava derretida o su incandescencia
- Construcción de nuevo mirador de plataforma (resistente al gas y más alto) a una distancia del borde del cráter tendrá costos prohibitivos y obstruirá la vista
- Riesgo de publicidad negativa de una respuesta no-conservadora para identificar peligros (aunque no ocurran accidentes entre los visitantes debido al colapso del cráter)
- Posible disminución en las tarifas generales del Parque derivadas del turismo debido a resultados indeseados por las explosiones
- Las máscaras de gas son incómodas y no protegen la piel y la ropa de los guardaparques de los gases
- Alto riesgo de publicidad negativa por daño ambiental e incertidumbre respecto a la seguridad y estética por los resultados de las explosiones

27

Opción 4

Restringir el acceso vehicular al área del parqueo en el Mirador "Plaza de Oviedo"; permitir acceso peatonal controlado al borde sur del cráter; utilizar la infraestructura de miradores existentes o brindar un mirador de plataforma mejorado cerca del borde del cráter; estacionar guardaparques equipados con máscaras de gases en el MBI durante las horas de visita; limitar estrictamente las horas de estadía (menos de 4 minutos) y el número de visitantes (menos de 5 personas) en el borde del cráter en cualquier tiempo dado.

Aspectos a Favor:

- Atracción principal en el PNVM se preserva para una pequeña porción de los visitantes capaces de alcanzar el MBI a pie
- El acceso reducido limitará el número y diversidad de edades de los visitantes que estarían en riesgo por el colapso de los miradores y/o crísis respiratorias provocadas por los gases
- Posibles tarifas adicionales en el Parque por giras guiadas al MBI
- Guardaparques están protegidos del efecto de los gases en el sistema respiratorio

Aspectos en Contra:

- Posible disminución en las tarifas generales del Parque derivados del turismo debido a la restricción de su acceso
- Las máscaras de gas son incómodas y no protegen la piel y ropa de los guardaparques de los gases

Opción 5:

El acceso vehicular restringido al área del estacionamiento en el Mirador "Plaza de Oviedo"; permitir el acceso de los visitantes a los túneles de lava a pie usando caminos pavimentados; NO PERMITIR acceso al área del Mirador MBI

Aspectos a Favor:

- La inaccesibilidad eliminara los riesgos al visitante tanto del colapso del mirador y/o la mayoría de las crisis respiratorias provocadas por los gases
- Los guardaparques no estarán continuamente expuestos a los fuertes gases de la pluma principal
- Ningún riesgo de publicidad negativa debido al conservadurismo de las acciones tomadas para los visitantes y seguridad del personal del PNVM
- Oportunidad potencial para la educación pública sobre los peligros en áreas volcánicas

Aspectos en Contra:

- Probable disminución en las tarifas generales del Parque derivadas del turismo debido a la inaccesibilidad de las atracciones MBI

- Disminución del acceso a los túneles de lava
- Perdida del uso de la inversión en la infraestructura en el Parque y del Mirador en el área del MBI

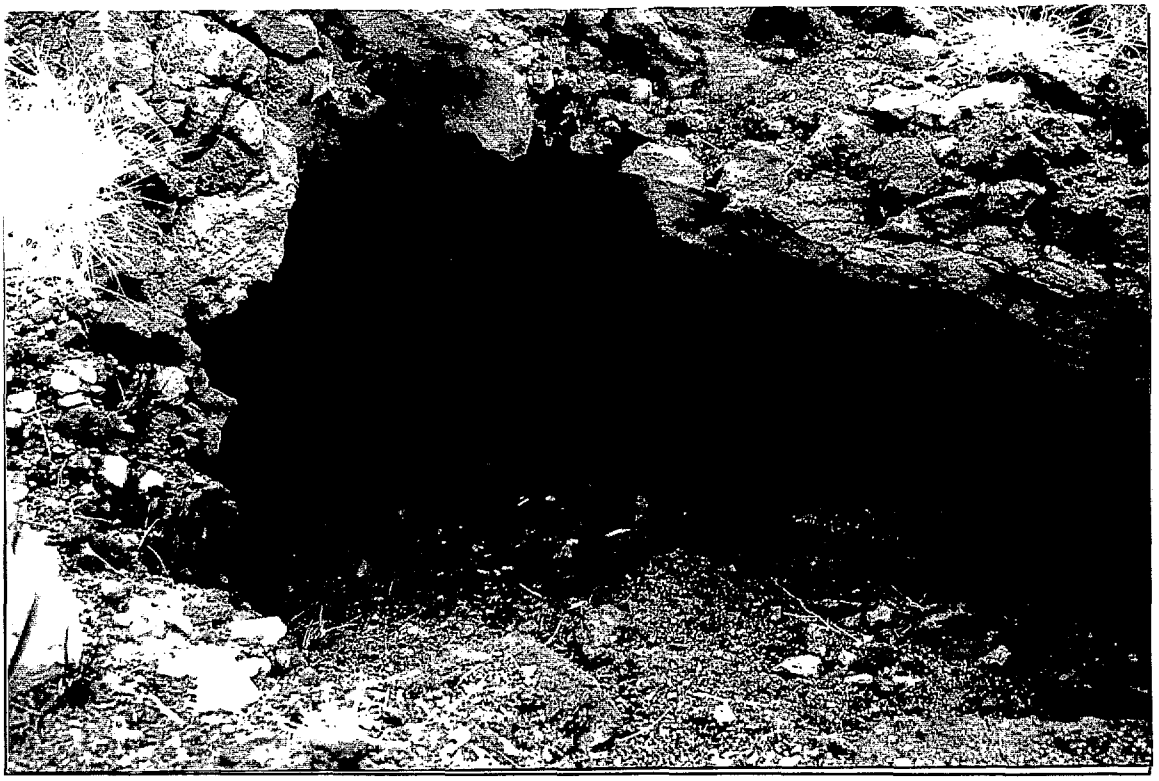
De las cinco opciones presentadas, la Consultora recomienda que el PNVM se enfoque inmediatamente para implementar la Opción 2 y hacer una transición gradual hacia la implementación de la Opción 5. Es la opinión de esta Consultora que las condiciones geológicas del lado sur del Cráter Santiago son tales que la inestabilidad de la infraestructura en el MBI no se puede resolver a un costo razonable. Adicionalmente, cualquier opción que permita acceso a los visitantes al MBI incurre en la necesidad de estacionar guardaparques en el sitio, con la exposición consecuente a los gases cáusticos y tóxicos. Mientras que el visitante puede no sufrir efectos de salud serios por el período de visita al MBI, la exposición continua de los guardaparques a la concentración de gases volcánicos en el MBI sobre el transcurso de uno a cinco años resultara en serios daños a sus sistemas respiratorios.

2.3 Túneles de Lava "Tzinanconostoc"

Los túneles de lava "Tzinanconostoc" o tubos de lava están localizados cerca de 150 metros al sudeste de la "Casa de los Murciélagos", en el lado sur del Cráter Santiago. Los túneles representan los canales subterráneos a lo largo de los cuales lava derretida continuó fluyendo después de que su superficie se había "congelado", o solidificado en una concha debido a la perdida de calor. Los túneles "Tzinanconostoc" son sorprendentemente grandes y continuos - el túnel usado para los paseos turísticos es de 3 metros de altura y puede ser trazado sobre una distancia de más de 300 metros. Ese túnel se encuentra en una unidad de lava superficial (Q125) con características muy fluidas que hizó erupción, probablemente del Volcán Nindirí. Aunque el flujo no ha sido fechado, se sabe que hizo erupción algún tiempo antes de 1670 porque esta recubierto por el flujo de 1670 cerca de la pared occidental de la caldera. Otros túneles de lava han sido identificados al sudoeste del Cráter Santiago y dentro del flujo de lava de 1670 en el costado norte del Volcán Nindiri. Probablemente también existen túneles en el subsuelo debajo y justo al norte del área de estacionamiento pavimentado en el Mirador "Plaza de Oviedo".

2.3.1 Evaluación de los Peligros Geológicos en los Túneles de Lava

Todos los túneles de lava en el PNVM están caracterizados por fracturas en el techo y paredes del túnel (Fotografía 15). Las fracturas son generalmente radiales hacia la superficie y varían en profundidad, desde unos pocos centímetros hasta aquellos que cortan el ancho del techo de piedra. En la medida que la erupción de lava disminuyo, las pulsaciones finales de lava fluyeron hacia afuera de los túneles para drenarse cuesta abajo y la caparazón de piedra congelada del túnel se estableció a lo largo de estas fracturas. La mayoría de las fracturas ahora visibles en el techo de los túneles separan grandes bloques pesados de la piedra del techo que descansan una sobre otra desde hace cientos de miles de años. El techo del túnel puede tener también bloques colgantes más pequeños que pueden sacudirse con soltura por actividades sísmicas menores pero, en su



FOTOGRAFÍA 15
Entrada a un túnel pequeño de lava cerca borde del borde del Cráter Santiago al este del OBI. Note a la derecha de la fotografía, fracturas continuas que cortan el carapacho. El túnel es encontrado en el mismo flujo (Q125) como el túnel de lava del "Tzinanconostoc."

mayoría, los túneles de lava son un ambiente estable excepto durante los periodos de crísis volcánica, cuando altos niveles de sismicidad volcánica pueden desestabilizar las fracturas del techo.

2.3.2 Opciones de Infraestructura en los Túneles de Lava

Este estudio identifica dos opciones para su consideración por la gerencia del PNVM para mejorar la seguridad de los visitantes en los túneles de lava. La Consultora apoya únicamente la segunda opción presentada.

Opción 1:

Instalar equipo pesado de soporte en tierra actualmente usado en la minería comercial o túneles de construcción para controlar los derrumbes de piedra dentro del túnel. El equipo pesado de soporte en tierra incluiría pernos de piedra o juegos de acero, según sea apropiado para las condiciones de suelo existentes.

Esta opción **no se considera viable para el "Tzinanconostoc"** ni otros túneles de lava en el PNVM. Todos los túneles que la Consultora ha explorado en el PNVM se encuentran en los flujos de lava superficiales. A diferencia de minas o túneles construidos, el techo de piedra fracturado, no esta rodeado en la superficie por piedras más estables dentro de los cuales los pernos de piedra puedan anclarse.

Juegos de acero, que consisten en dos grandes arcos de acero que se instalan contra el perímetro interno del túnel y que se sujetan contra si mismos para apoyar los bloques del techo o paredes de piedra que se vuelven inestables, son visualmente intrusos. Los juegos de acero tendrían que instalarse a intervalos cercanos para soportar el complejo sistema de fracturas en los túneles de lava. La instalación de pernos de piedra o juegos de acero seria costosa, visualmente intrusa, y probablemente provocarían inestabilidad adicional en los túneles debido al taladro y operaciones de instalación.

Opción 2:

La opción preferida se describe a continuación. Acceso a los túneles de lava debe continuar siendo restringido a giras conducidas por guardaparques. Las giras deben limitarse a grupos de 10 a 15 visitantes. Hay que brindar cascos duros a los guardaparques y visitantes que hacen giras por los túneles de lava para disminuir el riesgo de heridas en la cabeza por caminar sobre proyecciones irregulares de los techos de los túneles y desmoronamientos menores de piedra. (Cascos duros baratos pero efectivos se pueden comprar por menos de US$5.00 cada uno). Los guardaparques no acompañados por visitantes, deben hacer por lo menos una inspección de seguridad semanal en los túneles de lava. Usando iluminación adecuada (tales como lámparas mineras, no lámparas de mano), los guardaparques deben inspeccionar el techo y paredes de los túneles de lava para identificar cualquier movimiento notable a lo largo de las fracturas grandes, para

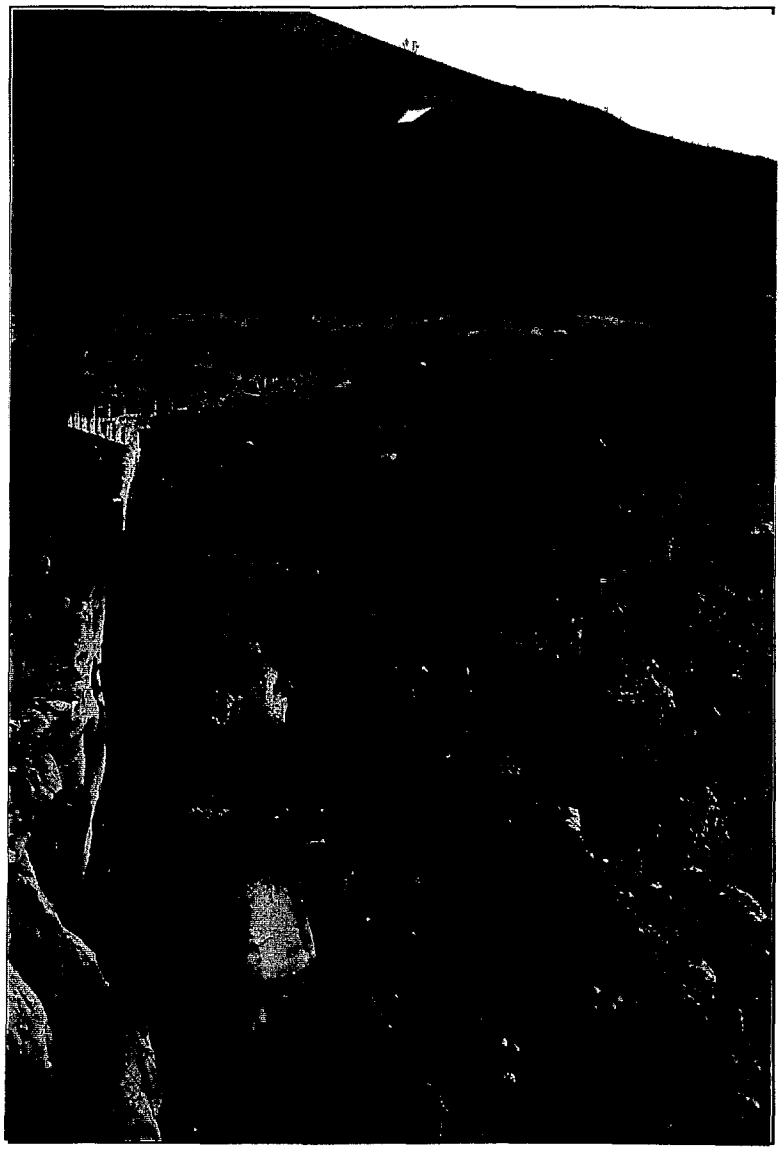
cuantificar cualquier derrumbe de piedras reciente del techo y paredes de los túneles, y para localizar bloques pequeños que parecen estar listos para caer. Si es posible, sin poner en peligro a los guardaparques, los pequeños bloques de techo que parecen inestables deben ser desmembrados. Finalmente, las giras a los túneles de lava deben suspenderse durante los períodos de crísis volcánica, cuando altos niveles de sismicidad puedan provocar fallas en el techo y paredes de los bloques.

2.4 Camino y Sendero entre los Miradores del Cráter Principal

Una carretera pavimentada y un sendero peatonal se instalaron entre el mirador del cráter principal, el MPO y el MBI. Tanto el camino como el sendero fueron parcialmente o totalmente construidos sobre el lapilli negro no-consolidado (parte de la unidad Qv9) que cubre el costado occidental del Volcán Masaya, entre el Cráter Masaya y el Cráter Santiago (Fotografía 16). Poco o ningún mantenimiento ha sido dado al camino y al sendero desde su instalación en 1978-1979. El pavimento de asfalto del camino esta deteriorado, especialmente en las curvas profundas al sudeste del Cráter Santiago. También casi desaparecidas están las líneas de pintura amarilla reflectoras que marcan ambos lados del pavimento, las que pretenden asistir a los conductores cuando la visibilidad esta entorpecida, a como sucede con frecuencia, por humo volcánico, lluvia, o nubes bajas. La barandilla de madera que fue instalada cerca de 1979 a lo largo de porciones del camino peatonal en el lado más cerca del cráter, o se ha caído dentro del cráter o ha sido robada para leña. Partes del sendero, particularmente en la medida que se acerca a la "Casa de los Murciélagos", están peligrosamente cerca del borde del cráter. Un pequeño rotulo advirtiendo que el sendero esta cerrado al público ha sido instalado al comienzo del sendero cuando se separa del MPO, y otro justo al norte de la "Casa de los Murciélagos" (Fotografía 17). Sin embargo, en las diversas visitas que hizo la Consultora al Parque en Julio pasado, los guardaparques no hicieron ningún intento de detener los grupos de visitantes que usaron el sendero para transitar entre el MPO, los túneles de lava, y el MBI.

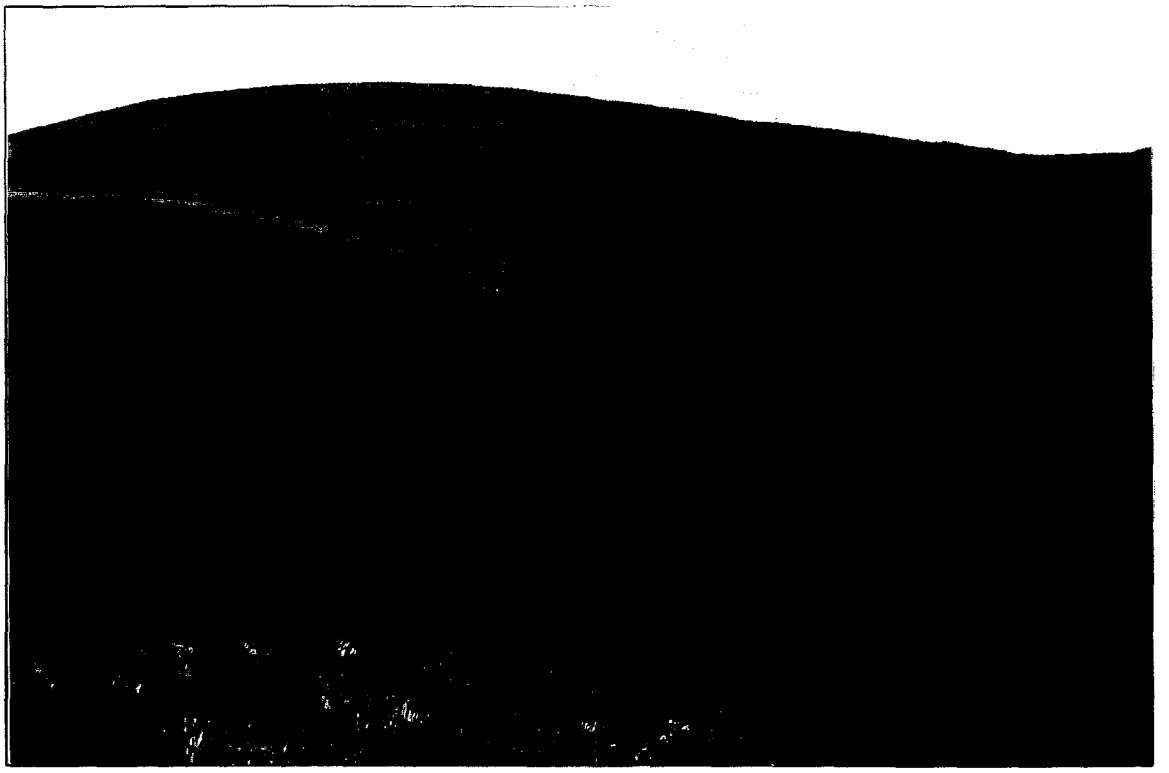
2.4.1 Evaluación de los Peligros Geológicos para el Camino y Sendero Entre los Miradores del Cráter Principal

Sorprendentemente, hay poca evidencia de que la capa gruesa de lapilli negro por debajo del camino y sendero este erosionando a una tasa significativa dentro del cráter. Solamente ripios de deslizamientos menores derivados de la unidad de lapilli es visible al pie de la pared este del Cráter Santiago, a pesar del hecho de que el ángulo de reposo de varios metros de la parte superior del lapilli es altamente inestable (ver Fotografía 16). Rasgos de mayor escala que parecen sugerir hundimientos incipientes son las grietas grandes, de varios metros de profundidad y decenas de metros de largo, orientadas paralelamente al borde del cráter entre el cráter y el camino (ver Fotografía 18). Algunos de estos pueden ser rasgos de hundimiento activo, pero la alta tasa de erosión a lo largo de las capas de grietas hace difícil evaluar su tasa de crecimiento debido estrictamente al movimiento masivo y, por tanto, valorar que tan activos pueden ser los rasgos de hundimiento.



FOTOGRAFÍA 16
La carretera pavimentada (cortes en la carretera están inmediatamente detrás de la pequeña caseta a la distancia) y el camino no pavimentado entre el OPO y el OBI son traslapados por escoria de lapilli no consolidado (parte de unidad.Qv9) por las erupciones anteriores del Volcán Masaya. Note la proximidad del camino con el borde del Cráter Santiago.

FOTOGRAFÍA 17
Rótulos de precaución ubicados al inicio del camino de peatones entre el OBI y el OPO.



FOTOGRAFÍA 18
Largas y ardientes grietas desarrolladas dentro del lapilli negro no consolidado (el del extremo superior de la unidad Qv9) de una erupción anterior del Volcán Masaya. Las Grietas son probablemente estructuras incipientes de desplomes. Aunque también han sido atribuidas a la ruptura de la superficie de trazos de una falla mayor que se encuentra debajo de la caldera del Volcán Masaya.

La forma arqueada de los rasgos que cortan la unidad de lapilli negro sugiere que estas grietas no son causadas por rupturas en la superficie a lo largo de fallas, según como propone un informe de INETER con fecha 20 de Julio 1996. La poquedad de ripios en el piso del Cráter Santiago derivada del lapilli negro también sugiere que la unidad es relativamente estable. Aunque los datos sísmicos respaldan la ubicación de una o más fallas en el área del cráter, no esta claro por la información que se presenta donde se puede esperar la expresión de la falla en la superficie. Fotografía áereas (a escala de 1:40,000) facilitadas a la Consultora no probaron ser útiles para discriminar entre la ruptura-falla u origen del movimiento-gravedad de las grietas. Fotografía a escala mayor pueden mostrar que los segmentos arqueados de los varios rasgos agrietados forman un alineamiento convincente no evidente en el campo, que apoyan una interpretación de ruptura en la superficie a lo largo de una falla. Sin embargo, el potencial para un movimiento gravitacional catastrófico de la piedra negra lapilli encima del borde este del Cráter Santiago debe considerarse.

Si los recursos financieros lo permiten, puede ser aconsejable realizar un estudio geotécnico para valorar si un movimiento masivo esta ocurriendo en la unidad de lapilli negro por encima y por debajo del camino entre los miradores del cráter principal. Este tipo de estudio involucraría la instalación de pozos inclinómetros que alcancen la base del lapilli negro. Los componentes verticales y horizontales que definen la orientación espacial del inclinómetro o cubierta del pozo seria medido inicialmente y luego, mensualmente para establecer una base de datos por temporada. Luego, en adelante, las medidas se tomarían cuatrimestralmente para valorar cualquier movimiento medible del inclinometro o el deflector de la cubierta del pozo indicado por la caída cuesta abajo. En algunos casos, cambios rápidos son medibles inmediatamente anterior al fallo del declive.

Los peligros geológicos que representatn riesgos significativos al usar el camino o sendero, son similares a los peligros que afectan al MBI. El mayor riesgo a los peatones usando el sendero, parece ser la probabilidad de que ocurra un deslizamiento de tierra, especialmente donde el sendero esta más cerca del borde del cráter apenas arriba de la "Casa de los Murciélagos". Deslizamientos de tierra y derrumbes de piedra no parecen presentar un peligro significativo a vehículos o personas que transitan la carretera pavimentada. Sin embargo, el despeñadero y las curvas apretadas en la cama del camino apenas arriba de la "Casa de los Murciélagos" si representan una amenaza para los vehículos en general, y vehículos más livianos cuando hay presencia de tráfico de doble vía. Adicionalmente, vehículos pesados, incluyendo autobúses, pueden causar suficiente vibración para provocar un deslizamiento de tierra en el lapilli no-consolidado por debajo de la carretera misma, o más probablemente, hacia el borde del cráter y debajo del camino.

Finalmente, entre la cresta del camino cerca de la choza debajo del Cráter Masaya y el MBI, existe un riesgo constante de que los visitantes sean afectados por los gases volcánicos que tienden a asentarse durante casi todo el año en el área baja al sur del Cráter Santiago. Y mientras que es un riesgo para cualquier visitante individual o grupos de visitantes, si ocurriera una erupción durante horas de acceso público, la evacuación de vehículos y peatones del área del MBI

y a lo largo del camino y sendero entre el MBI y el MPO, sería difícil debido la visibilidad impedida por ceniza, gases, y las tormentas atmosféricas inevitables que acompañan aún a las erupciones pequeñas. Los guardaparques deben ser instruidos en cuanto a rutas de evacuación preferidas y alternativas del área del borde sur del cráter, una vez que las rutas apropiadas hayan sido identificadas por vulcanólogos.

2.4.2 Opciones de Infraestructura para el Camino y Sendero entre los Miradores del Cráter Principal

Las opciones abajo consideradas describen como mitigar los peligros al visitante y a los guardaparques a lo largo del camino y carretera entre los miradores de los dos cráteres principales. Las opciones de infraestructura que están dirigidas por razones de seguridad en el MBI que puedan requerir medidas restrictivas que afectan el camino y la carretera, están consideradas por separado en la Sección 2.2.2.

Opción 1:

Alternativa de ninguna acción. Continuar permitiendo el acceso irrestringido a vehículos privados transitando entre las área del Parque del POP y del MBI. Desanimar o prohibir el uso de la carretera por los autobúses. Mantener rótulos que desanimen a los peatones a usar el sendero, pero sin prohibir a los visitantes que lo usen si así lo desean.

Opción 2:

Continuar permitiendo el acceso irrestricto de la carretera a vehículos privados hasta la "Casa de los Murciélagos"; desarrollar un área de estacionamiento en el área plana inmediatamente al sur del estacionamiento MBI existente; prohibir el uso de la carretera a los autobúses después de la "Plaza de Oviedo"; cerrar el sendero al tráfico peatonal, permitir que el sendero regrese a la vegetación natural, y dirigir a los peatones para que usen el camino pavimentado si desean escalar los rasgos al sur del Cráter Santiago; rehacer la ingeniería de drenaje de la superficie para mitigar mayores daños por la erosión.

Opción 3:

Cerrar la carretera al tráfico vehicular; cerrar el sendero al tráfico peatonal; permitir que los peatones usen la carretera si desean escalar el costado sur del Cráter Santiago; rehacer la ingeniería de drenaje de la superficie para mitigar mayores daños por la erosión.

De las tres opciones presentadas, la Consultora recomienda que el PNVM se mueva inmediatamente a implementar la Opción 2 y hacer una transición gradual hacia la implementación de la Opción 3. **Vale la pena enfatizar que las Opciones 2 y 3 requieren clausura inmediata del sendero debido al alto riesgo de la falla en la loma, especialmente cerca del cráter.** La justificación es la misma que la señalada en la Sección 2.2.2, o sea, esta Consultora cree que la inestabilidad de la infraestructura en el MBI no puede resolverse a un costo razonable. Adicionalmente, cualquier opción que permita el acceso de los visitantes al MBI incurre en la

necesidad de estacionar guardaparques en el sitio bajo a un riesgo significativo de su salud respiratoria.

También debe anotarse que la Opción 2 incurre en el riesgo de que los peatones sean golpeados o atropellados por automóviles que pasan ya que propone el uso incompatible de peatones y vehículos en la misma carretera. Si la gerencia eventualmente prohibe el acceso de los visitantes al MBI, el uso incompatible de la Opción 2 puede restringirse a un número pequeño de visitantes en gira por los túneles de lava "Tzinanconostoc".

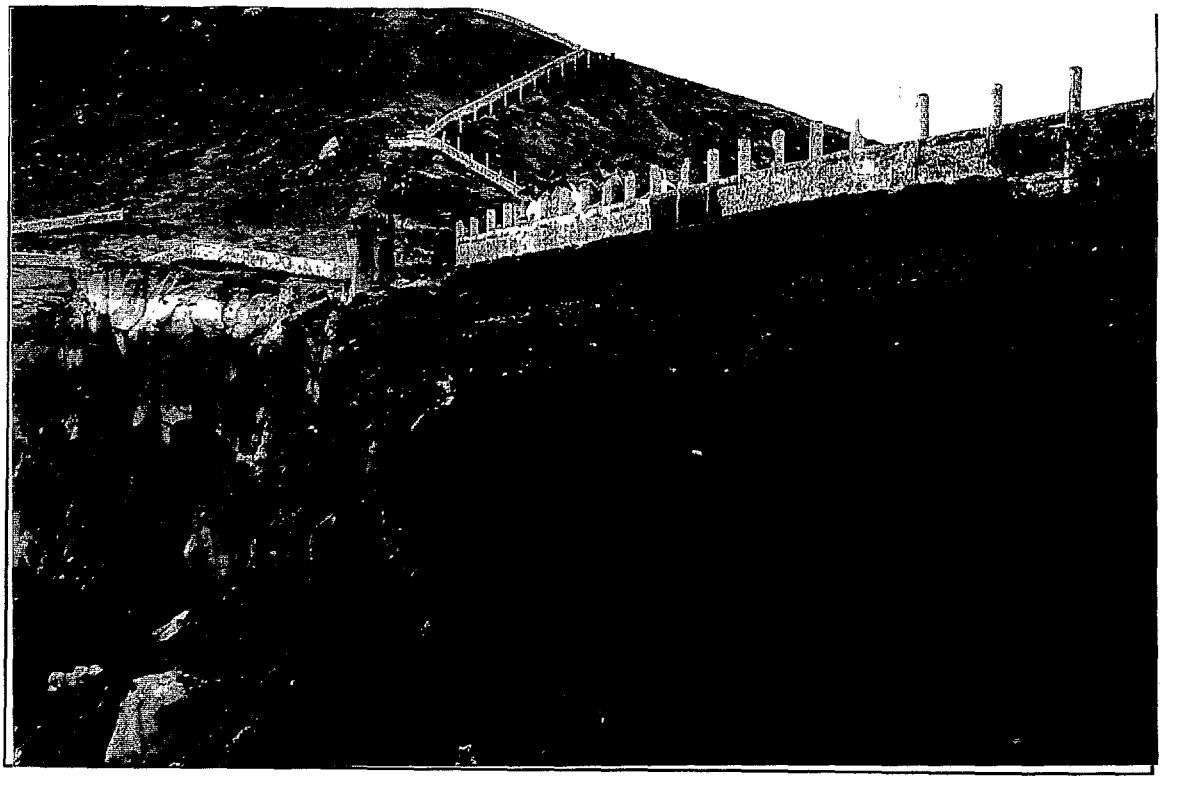
2.5 Mirador "Plaza de Oviedo"

El Mirador "Plaza de Oviedo" (MPO) es el primer mirador que se encuentra cuando el visitante se acerca al área de la cumbre sobre el Camino Real del Popogatepe. Esta ubicado al norte del Cráter Santiago. El MPO consiste en una área de estacionamiento grande, un muro de seguridad de aproximadamente 100 metros de largo que bordea la orilla del cráter, una área no pavimentada al este que se usa para los autobúses, un servicio sanitario rústico en la loma al otro lado de la carretera, y varias chozas pequeñas para uso de los concesionarios y guardaparques. Apenas al oeste del MPO esta el Mirador "Cruz de Bobadilla" y al este del MPO esta el MBE y una placa interpretativa en la "Casa de los Alemanes".

Con la excepción de una sección en el mirador central donde se construyo un muro de seguridad de aproximadamente un metro de alto cubierto con piedra de lava natural, la mayoría del muro de seguridad a lo largo de la orilla del Cráter Santiago consiste en una media pared (aproximadamente 18 pulgadas de altura) de bloques enchapados con piedra de lava (Fotografía 19). Secciones de la pared de aproximadamente 2 metros de largo están fijas con postes de concreto reforzado de 6 pies de largo que están empotrados en hoyos rellenos de concreto aproximadamentecomo de 2 pies de profundidad en el material subterráneo. Cuando el MPO y otra infraestructura turística en el área del cráter fueron construidos en 1978-1979, una cadena gruesa cubierta de zinc colgaba entre los postes de concreto del muro de seguridad para proteger a los visitantes y a la vez mantener la visibilidad a lo largo del área de la cumbre. Al cabo de varios años, los gases volcánicos habían corroído la cadena metálica, la cuak fue material que podía quebrarse con las manos. Los remanentes de la cadena fueron removidos hace muchos años y hoy, la media pared del muro de seguridad es solamente una protección a lo largo de la longitud de esta área altamente visitada.

2.5.1 Evaluación de los Riesgos Geológicos en el MPO

Los peligros geológicos en el MPO están relacionados con la posibilidad de que parte del área del mirador cerca del borde puede colapsarse dentro del cráter. Debido a que la porción occidental del mirador esta reforzada con unas capas significativas de lava gruesa, esa área esta juzgada como de tener poca probabilidad de fallas en los bloques de lava debajo y por detrás del muro de seguridad. Varios bloques que obviamente tienen fisuras y que cuelgan de manera precaria pueden



FOTOGRAFÍA 19
Paredes de seguridad al final este del OPO construidas sobre la unidad no consolidada de ceniza y lapilli, que lentamente esta deslizandose dentro del Cráter Santiago. Note fisura vertical en lapilli (centro de la fotografía) que marca el plano de falla del hundimiento del bloque. El extremo superior derecho de la fotografía muestra proximidad de la erosión del frente del lapilli hasta la base de la pared de seguridad.

verse entre el muro de seguridad y el borde del cráter. Esos bloques fueron identificados y evitados al momento de instalar el muro de seguridad en 1978-1979, y aún falta para que se caigan a pesar de la actividad sísmica incrementada desde 1988 (Fotografía 20). Una mayor probabilidad de fallas, pero aún moderada, puede caracterizar la porción occidental del muro de seguridad, comenzando aproximadamente 10 metros al este del mirador central encima de las piedras y continuando hacia el Mirador "Balcón del Eco". La pared de seguridad en esta área descansa directamente sobre una cuna delgada occidental de lapilli negro de 1772. La capa de lapilli negro no se encuentra por debajo ni por encima del flujo de lava superficial que apoya la plataforma del mirador central. Sin embargo, el lapilli tiene al menos 2 metros de grueso por debajo del muro de seguridad en su extremo occidental y la erosión del lapilli en el declive de cara al cráter ha migrado gradualmente por debajo del muro, dejándolo parcialmente sin apoyo. Un gran bloque de lapilli fuera del muro de seguridad tiene fisuras y esta listo para caer (ver Fotografía 19).

En general, el área de estacionamiento y el muro de seguridad a lo largo del área del mirador del cráter en el MPO esta considerado como la infraestructura más estable alrededor del Cráter Santiago. El peligro geológico mayor en el MPO posiblemente sea un evento sísmico mayor o una erupción causante de derrumbes de piedra catastróficos que puedan incluir las unidades de lava por debajo del área del mirador del MPO.

2.5.2 Opciones de Infraestructura en el MPO

Opción 1:

Alternativa de ninguna acción: No imponer ninguna restricción de acceso a los visitantes al MPO; brindar mantenimiento mínimo y utilizar el área de estacionamiento existente; usar la infraestructura existente para miradores; estacionar guardaparques en el MPO durante horas de acceso público; no hacer ningún esfuerzo por equipar a los guardaparques con máscaras de gas.

Opción 2:

La opción recomendada se presenta a continuación. Construir islotes para el tráfico para permitir puntos diferentes y separados de ingreso y egreso en el área de estacionamiento del MPO. Brindar áreas separadas de estacionamiento para autobúses y vehículos privados usando el diseño preparado por el arquitecto de paisajes de TR&D. Pavimentar (o utilizar a como esta, si es apropiado) el área graduada detrás de la choza de los guardaparques para estacionamiento adicional para autobúses. Elevar la media-pared del muro de seguridad enchapando con piedra natural a un metro completo de altura y utilizar medidas para desanimar a los visitantes a que se paren sobre la pared, con medidas tales como enchapar la parte superior con fragmentos toscos de lava o inclinando la parte superior en contra del cráter. (Al elevar el nivel del muro, será necesario brindar soporte adecuado al peso adicional entre los postes o arriesgar la separación estructural de las secciones de la pared de los postes de anclaje. En ese caso, aún un evento sísmico menor puede causar

FOTOGRAFÍA 20
El bloque grande de vertientes de lava (unidad Q126) situado a la orilla del Cráter Santiago en el OPO, estaba colgando precariamente cuando la pared de seguridad fue instalada en 1977-78. El bloque que eventualmente caerá, es evidencia de la relativa estabilidad del borde en el extremo norte del Cráter Santiago, comparado al alto ritmo de desprendimiento de rocas y de tierra en el borde sur.

que los segmentos de pared caigan hacia el área de estacionamiento, posiblemente causando daños personales, o dentro del cráter). Reconstruir los 10 metros occidentales de la pared de seguridad del MPO cerca del Mirador "Balcón del Eco" a una distancia más alejada del borde del cráter, o de otra manera, restringir acceso directo de los visitantes cerca de esa porción de la pared. Si la erosión continua minando la sección occidental de la pared, puede ser necesario remover las porciones minadas para que el fallo de un segmento no dañe una porción mayor de la pared.

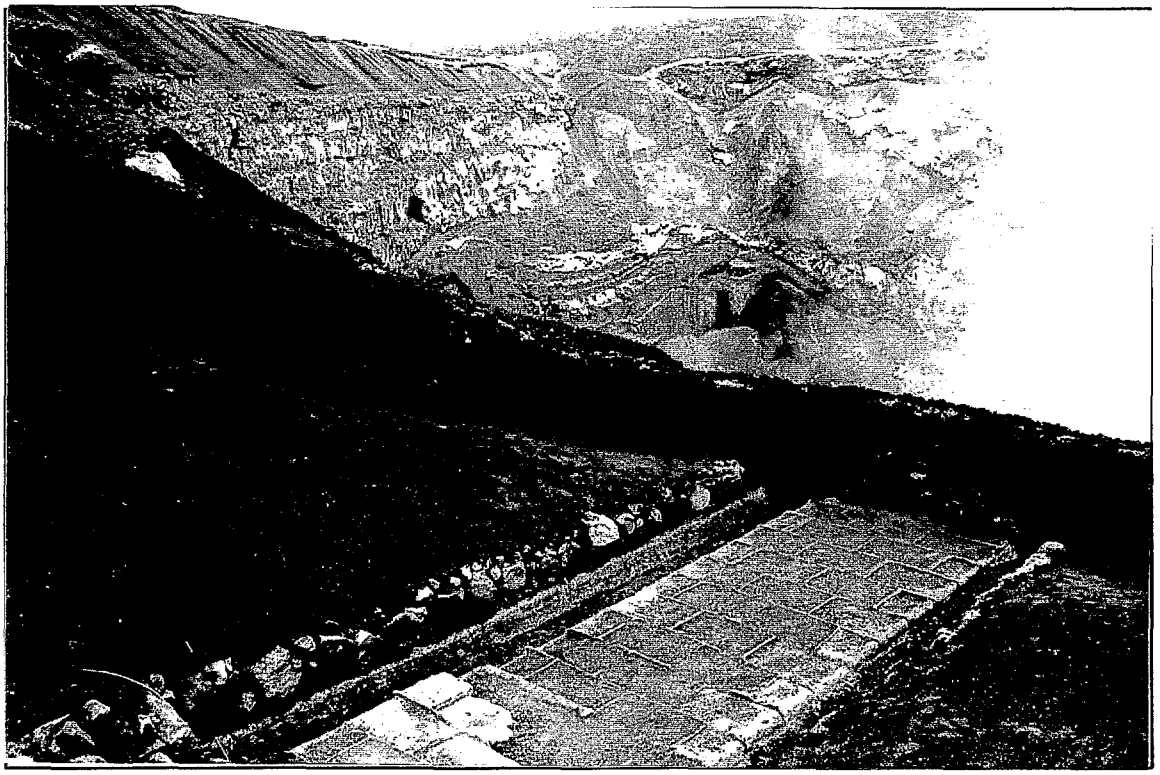
Si hay que construir estacionamiento adicional en el futuro, deben buscarse áreas adicionales cerca del área graduada no-pavimentada al este del MPO. El área pavimentada existente en la esquina noroeste del área de parqueo del MPO no debe ser extendida, ya que esta área puede tener túneles de lava por debajo. En el futuro cercano, los peligros debido a los gases volcánicos y la continua inestabilidad por la actividad sísmica a lo largo de la pared sur del cráter, el PNVM debe considerar localizar y desarrollar para las giras turísticas uno de los túneles de lava que seguramente existen en el costado norte del Volcán Nindiri.

2.6 Mirador "Balcón del Eco"

El Mirador "Balcón del Eco" (BE) esta localizado en el borde del Cráter Santiago al este de la Plaza de Oviedo. El BE fue excavado en el lapilli negro (unidad Qv9) que cubre el lado este del Cráter Santiago. La infraestructura del BE consiste en dos segmentos de escaleras y caminos peatonales que están construidos de piedra de cantera natural (un material de flujo piroclastico parcialmente soldado) y una pared de seguridad, aproximadamente con cuatro pies de altura, de piedra de lava unida con concreto (Fotografía 21). La pared de seguridad consiste en segmentos aproximadamente de 2 metros de largo que fueron construidos entre postes de concreto reforzado empotrados en concreto, similar a aquellos que dan soporte al muro de seguridad en el MPO. Mientras que la pared de seguridad en cada lado de la escalera que desciende al área de descanso del mirador del BE descansa sobre lapilli mismo, parece ser que la porción de la pared que encara el cráter descansa directamente sobre el flujo de lava subterránea. Las barras de hierro que refuerzan los postes de concreto en la pared que encara el cráter, han sido degradados por los gases volcánicos (ver Fotografía 22).

2.6.1 Evaluación de los Peligros Geológicos en el BE

Los peligros geológicos en el BE son similares a los del MPO. La plataforma principal del mirador y la pared de seguridad en el BE descansan sobre, o esta anclada, en una unidad de lava relativamente continua y gruesa. Las paredes de seguridad en cada lado del camino peatonal que conducen a la plataforma principal del mirador están ancladas en una unidad de lapilli negro y puede ser menos segura que la pared que encara el cráter. El mayor peligro geológico en el BE es la posibilidad de un evento sísmico de mayor envergadura o una erupción catastrófica que cause el derrumbe de piedra que pueda incluir o entrañar parte de la unidad de lava debajo del BE.



FOTOGRAFÍA 21
Infraestructura OBE , instalada aproximadamente dos metros bajo el nivel del área de estacionamiento pavimentado al extremo final de el OPO. El OBE fue construido excavando dentro del lapilli negro. (unidad Qv9) Una pared de seguridad fue instalada al frente y lados del área excavada.

En el frente de cara al cráter, la pared de seguridad parece descansar sobre una gruesa vertiente de lava (también parte de la unidad Qv9) por debajo del lapilli negro.

FOTOGRAFÍA 22
Remanentes expuestos del poste de concreto que sujeta la pared de seguridad frente al cráter en el OBE. Note la apariencia oxidada de la refuerzo de hierro empotrada en el poste. La pared permanece relativamente estable debido a la masividad de los arranques que descansa directamente sobre la vertiente de lava que esta por debajo.

44

2.6.2 Opciones de Infraestructura en el BE

Opción 1:

Alternativa de ninguna acción y opción recomendada. Continuar permitiendo el acceso irrestricto al BE; examinar periódicamente la integridad estructural de la pared de seguridad que encara al cráter; reforzar la integridad estructural de la pared, según sea necesario, o reemplazar la pared[3]; reparar o reponer las gradas que están desgastadas y dañadas por el uso; cerrar el acceso público al BE durante períodos de crisis volcánica.

Aspectos a Favor:

- Mayor atracción preservada en el PNVM
- Ninguna inversión requerida en la actualidad

Aspectos en Contra:

- Bajo riesgo para el público del fracaso potencial para mirar desde la plataforma
- Riesgo bajo pero manejable para el público del fallo potencial en el muro de seguridad que encara al cráter

Opción 2:

Cerrar el acceso público al BE mediante la construcción de barras que atraviesen el camino peatonal y las gradas que conducen al área del mirador.

Aspectos a Favor:

Elimina el riesgo al público de una falla potencial en la plataforma del mirador

Aspectos en Contra:

- Pérdida de la inversión en la infraestructura
- Problema potencial de control de la gente una vez que los visitantes demandan acceso a un mirador aparente

Opción 3:

Cerrar el BE al acceso público; remover el camino peatonal y las gradas que conducen al mirador.

Aspectos a Favor:

Elimina el riesgo al público de una falla potencial en la plataforma del mirador

---

[3]Si la pared es repuesta, toda la infraestructura incluyendo las gradas, camino peatonal y pared de seguridad que encara al crater debe anclarse directamente en el subsuelo de la unidad de lava. Para lograr esto, mayores excavaciones de la capa de lapilli puedan ser necesarias.

Aspectos en Contra:

- Pérdida de la inversión en la infraestructura
- Costo de remover la infraestructura y restauración del área excavada
- Probables dificultades para restaurar el sitio a condiciones más naturales y para garantizar la seguridad pública como resultado

2.7 Mirador "Cruz de Bobadilla"

El Mirador "Cruz de Bobadilla" (MCB) esta localizado sobre el borde noroeste del Cráter Santiago, en el punto más alto de la circunferencia del cráter. Las unidades sobre las cuales se construyo la infraestructura del mirador, están compuestas de partes de depósitos de tephra soldados y no-consolidados (Qv20) de una erupción del Volcán Nindiri. Estas unidades forman el borde del Cráter del Volcán Nindiri. Las capas masivas de tephras finas en las paredes del Cráter Santiago, están cortadas por una serie de fracturas o fallas verticales que son parte del sistema que cruza diagonalmente el Cráter Santiago apenas al este del MBI (ver Fotografías 4, 6 y 9).

La infraestructura MCB consiste en segmentos de escaleras construidas de piedra de cantera. Un muro de seguridad se construyó solamente al lado que encara al cráter (ver Fotografía 19). El muro de seguridad es similar al instalado a lo largo del borde del cráter en MPO. Consiste en media pared (alrededor de 18 pulgadas de alto) de bloques cernados enchapados con piedra de lava, puestos entre postes de concreto reforzado de 6 pies de largo que están empotrados en los hoyos rellenos de concreto. Una vez más, el POP y el BE fueron construidos en 1978-1979, una cadena de hierro gruesa, cubierta de zinc fue colgada entre los postes de concreto de la pared de seguridad para darle mejor protección a los visitantes. Los remanentes de la cadena corroída fueron quitados hace años, y hoy, sólo la mitad de la media-pared y los postes de concreto evitan que algo o alguien caiga dentro del cráter. El segmento superior de las escaleras en el MCB y el camino peatonal debajo de la cruz, dañado y deteriorado, están considerados por la Consultora como uno de los peligros más serios respecto a las preocupaciones de seguridad en el Parque. En la parte superior del MCB, una base circular elevada construida de cilindros de concreto que apoya una cruz de madera (20 metros de alto?), hecha de postes de madera tratados con creosote anclada en la tierra y el concreto.

2.7.1 Evaluación de los peligros geológicos en el MCB

Los peligros geológicos en el MCB se deben primordialmente a la posición precaria del segmento superior al borde del cráter, la erosión creciente de materiales no-consolidados debajo de las escaleras, especialmente a lo largo del segmento más bajo, y el efecto de los gases volcánicos sobre la integridad de los materiales de construcción, especialmente sobre las barras reforzadas dentro de los postes de concreto. Además, el recubrimiento visible en el costado norte del Volcán Nindiri, parece ser el trazo de una falla que corta el borde del viejo Volcán Nindiri justo al este de la base de la cruz, compensando los materiales piroclasticos. Si es una falla activa, un ligero

movimiento a lo largo del plano de la falla puede ser la causa del fallo en una sección de la pared de seguridad en el segmento superior de las escaleras (Fotografía 23).

Además de los peligros geológicos, la exposición al clima de los elementos de madera en la infraestructura del Parque puede representar un peligro significativo. Los postes de madera cortos que delineaban el área del estacionamiento en el MBI y que ahora están expuestos por la erosión, muestran la evidencia de la descomposición debajo del punto donde están enterrados en sus huecos rellenados de concreto. La descomposición ha reducido el diámetro original de 10 a 12 pulgadas a casi 2 pulgadas (Fotografía 24). Los postes mucho más largos de la Cruz de Bobadilla pueden haber sufrido el mismo destino. Si es así, la presión adicional sobre los postes por las corrientes de aire que azotan las zonas más altas del área del cráter puede causar que los postes revienten sin ningún aviso.

2.7.2 Opciones de Infraestructura en el MCB

Opción 1:

Reponer la media-pared de seguridad con una pared entera de bloque cernado enchapado con piedra natural; reparar las áreas minadas por la erosión; no restringir el acceso de las visitas a la parte superior de la Cruz de Bobadilla.

Aspectos a Favor:

- Se preserva la mayor atracción en el PNVM
- La seguridad de los visitantes se mejorara mediante la extensión del muro de seguridad a su altura total

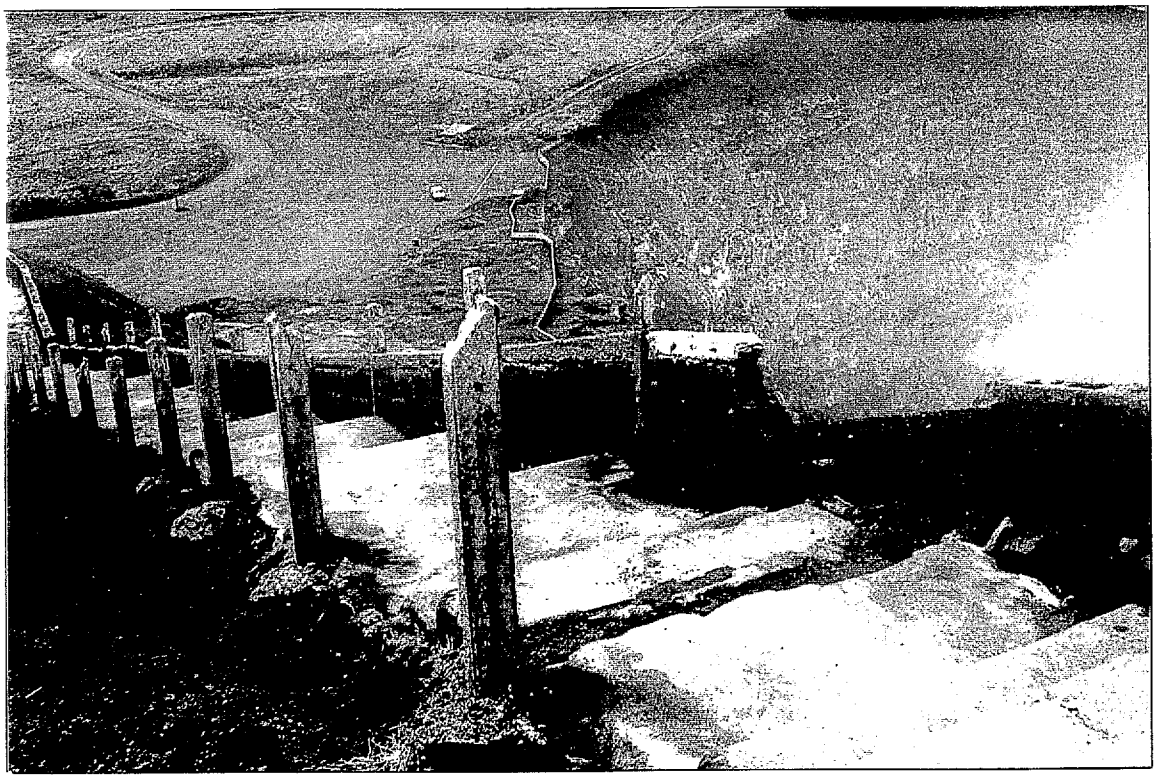
Aspectos en Contra:

- El costo de la reparación del muro de seguridad será significativo
- El movimiento continuo de las fallas o la sedimentación a lo largo de las fracturas puede continuar minando la infraestructura del MCB
- La erosión del material no-consolidado por debajo de las escaleras será difícil de controlar, requerirá constante mantenimiento, y puede no ser efectivo

Opción 2:

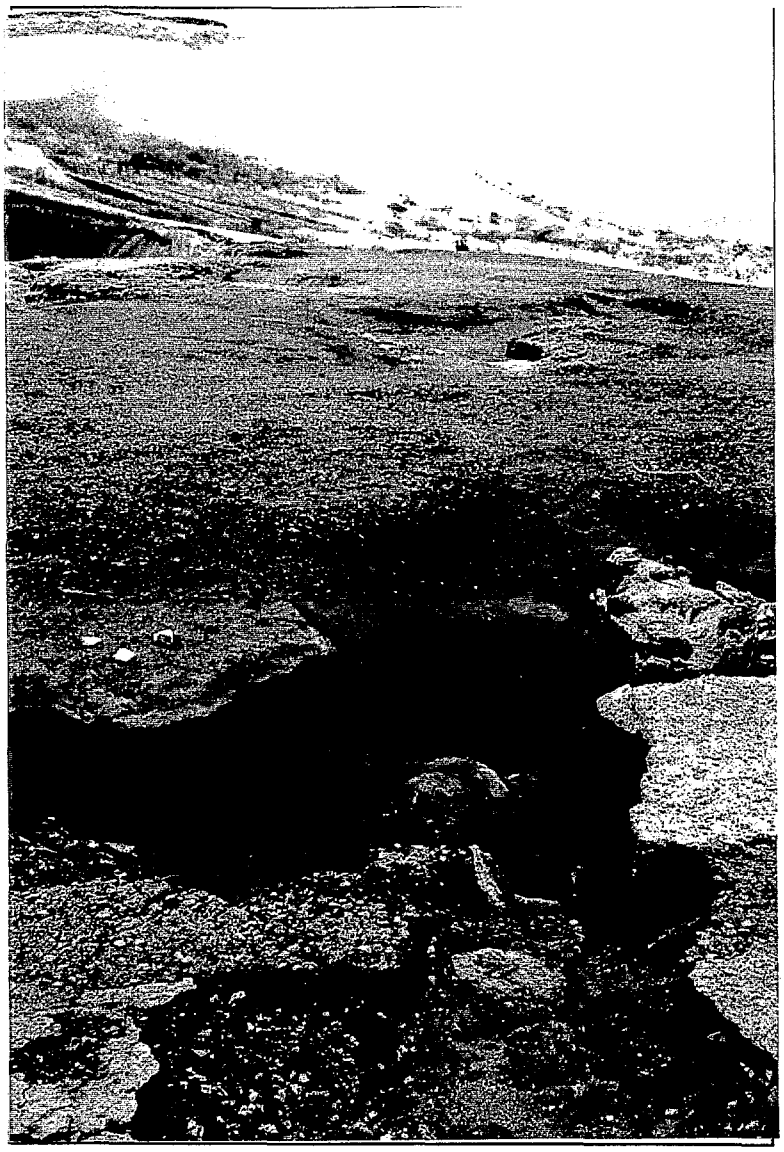
Recomendaciones Alternativas :

Terminar las escaleras en la parte superior del segundo segmento; reponer el muro de seguridad con una pared completa de bloques cernados enchapados con piedra natural; reparar las áreas minadas por la erosión y rehacer la ingeniería del drenaje superficial para mitigar mayores daños por la erosión; construir un nuevo mirador de plataforma al final del segundo segmento de las escaleras, incluyendo una placa interpretativa de la Cruz de Bobadilla y de la vista norte de las paredes de la Caldera Masaya y ventilaciones



FOTOGRAFÍA 23
La porción dañada de la pared de seguridad cerca de la parte superior del OCB: Note la inadecuada altura de la pared al borde del precipicio del Cráter Santiago. La fuerza del concreto que sujeta los postes se ha degradado significativamente debido a la corrosión de las barras de resfuerzo, por los gases volcánicos.

48



FOTOGRAFÍA 24
Descomposición de parte de los postes de madera empotrados en el concreto a la orilla de el OBI en el área de estacionamiento. La reducción del área seccional de la cruz donde los postes fueron empotrados en una base de concreto levanta dudas sobre la fortaleza de los postes verticales de la Cruz de Bobadilla. Esta preocupación puede proveer elementos adicionales para restringir el acceso de los visitantes al área cerca de la base de la cruz.

secundarias; remover los segmentos de las escaleras restantes para prohibir el acceso a la base de la estructura de la cruz de madera; si es posible en el futuro, reponer la cruz de madera con una hecha de materiales de resina sintética como los que se usan en la industria bajo condiciones de alta corrosión.

Aspectos a Favor:

- Atracción mayor en PNVM se preserva con algunas restricciones
- Eliminar el riesgo a los visitantes por una falla en la parte más peligrosa de las escaleras y muro de seguridad, y por una falla y caída de la cruz de madera
- Remover la escalera/sendero peatonal para eliminar la tentación de algunos visitantes para escalar cualquier barrera y señal de peligro que se coloque, permitiendo mejor control de los visitantes que quieran escalar el punto más alto accesible.

Aspectos en Contra:

- Costo inicial significativo para remover las escaleras y el muro de seguridad arriba del segundo segmento y costo de construcción de un muro de seguridad mejorado así como de un mirador de plataforma encima del segundo segmento de las escaleras
- Probabilidad de una cicatriz residual después de la restauración del declive de la loma debajo de la cruz donde las escaleras y camino peatonal fueron removidos

3.0 ASUNTOS ESPECIFICOS DE SEGURIDAD

3.1 Protección Contra los Gases Volcanicos a los Trabajadores y Visitantes

El Volcán Masaya ha sido identificado como uno de los recursos naturales más prolíferos de dioxido de sulfuro en el mundo, produciendo tanto como 500.000 toneladas por día (Stoiber y Williams, 1986). La investigación científica se enfocó en los efectos ambientales de los gases cuando renovadas emisiones del volcán a fines de 1950 y a comienzos de 1980 comenzaron a dañar las cosechas de café, muros, líneas en los postes telefónicos, y equipo metálico en las fincas del altiplano de Carazo y en una planta de cemento cerca de Montelimar en la Costa del Pacifico (Bolt et al., 1975). En ese tiempo, sin embargo, los estudios estuvieron más preocupados por el daño a las cosechas y a la infraestructura que conllevaban perdidas económicas más que por la preocupación por el impacto a la salud humana.

3.1.1 Composición de la Pluma Volcánica

La pluma de gas emanada del Volcán Masaya consiste primordialmente de vapor de agua, sulfuro en varias formas (tales como S2, SO2, y SO3) y cloruro como HCl. Los estudios en otros volcanes indican que las partículas recolectadas de la pluma son más de 95 por ciento gotas de ácido sulfúrico diluido. Sulfuros venenosos más altos, incluyendo un oxido inestable de azufre y H2S, se han encontrado en concentraciones bajas y en concentraciones elevadas cerca de los ventilaciones volcánicas (Blong, 1984, p.122). Los gases principales (S2 y SO2) son soltados por la magma dentro del conducto volcánico y se difunden por convección hacia arriba, reaccionando con gotas de agua que se condensan encima del ventilador para formar ácido sulfuroso. El ácido sulfuroso se oxida en el aire para formar ácido sulfúrico. Las reacciones se realizan lentamente, de modo que la concentración de ácido sulfúrico en la pluma incrementa con el tiempo y la distancia con la corriente de viento en el volcán. Compuestos de sulfuro dominan la pluma del volcán, pero otros compuestos menores, tales como ácido fluorhídrico, ácido carbónico y amoniaco, pueden causar impactos ambientales significativos debido a sus tóxicos o propiedades corrosivas.

Además de los tipos de gases arriba mencionados, las plumas volcánicas generalmente conllevan alguna cantidad de ceniza fina del conducto del volcán, aun cuando un volcán no esta en erupción. La cantidad de arena llevada en la pluma, es pequeña por lo general ya que el volcán está eliminando gases continuamente y es incapaz de acumular suficiente presión interna para sostener una erupción. Los volcanes que eliminan gas en estallidos violentos levantan enormes cantidades de ceniza muy arriba en la estratósfera. La lluvia de cenizas de erupciones grandes puede continuar cayendo en cantidades suficientemente concentradas para causar problemas de salud y dañar las cosechas y maquinaria durante períodos de varias semanas después de que la erupción ha cesado.

3.1.2 Peligros a la Salud Humana Provocados por la Pluma Volcánica

Un sinnúmero de estudios sobre salud ocupacional se han conducido sobre los efectos de la inhalación prolongada de cenizas por erupciones volcánicas debido a la aplicabilidad de las condiciones encontradas por los trabajadores mineros, voladores de arena (sand blasters), y otras labores industriales (Bernstein, 1983). Las condiciones médicas sufridas por los trabajadores de esas ocupaciones incluyen bronquitis crónica, neumo(vol)coniosis, y silicosis.

Puede haber presencia de arena fina en las emisiones del Volcán Masaya, pero la Consultora no encontró referencia alguna sobre su existencia, por lo que el personal del PNVM puede estar expuesto a finas partículas de la pluma. Para que se desarrolle la aflicción respiratoria más seria (silicosis), las víctimas tienen que estar expuestas constantemente a concentraciones muy altas (mucha mayor a 50 microgramos por metro cúbico (mg/m3) de sílica cristalina que es menos de 10 micrones en tamaño (Instituto Nacional de Salud Ocupacional y Salud (NIOSH) límite de exposición, citado en Blong, R.J., 1984, p. 92). La mayoría de las partículas finas que probablemente se produzcan por una erupción en Masaya, consistirían en vidrio basáltico no-cristalino. Aunque estén representados otros minerales, la presencia de sílica cristalina (cuarzo, cristobalite, o tridymite) sería muy poco probable por la composición global de la magma. Excepto durante y después de las erupciones, cuando una abundancia de ceniza fina se deposita en la nube eruptiva o es transportada por el viento, es poco probable que el ambiente en el Volcán Masaya exponga a los trabajadores del Parque a partículas cargadas en el aire en concentraciones mayores de las que se puede esperar regionalmente, debido a las actividades agrícolas o industriales prevalecientes y condiciones atmosféricas.

Sin embargo, los efectos de la exposición prolongada a especies de gases volcánicos, aún no ha sido bien estudiada. Los registros históricos indican que la emisión de gases en el Masaya ocurre a intervalos aproximados de 25 años en períodos que duran de 5 a 10 años. Las medidas tomadas durante un período activo de emisión de gases a principios de 1980, indican que el promedio en 24 horas del nivel de SO2 en áreas que van con la corriente del viento del volcán, es una parte por un millón (ppm) o más alta, muy significativamente por encima del máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud de 0.5 ppm en un promedio de 24 horas. Medidas instantáneas de concentración de aerosol de sulfato a 30 kilómetros con la corriente del viento, han alcanzado 400 mg/m3 (Baxter et al, 1982). El mismo estudio anota que irritaciones de los ojos y la piel han sido reportadas después de lluvias extremadamente ácidas (ph 2.4-3.4) a través de la pluma del Volcán Masaya. Se sospecha también que la pluma del Masaya reacciona con el zinc galvanizado en los techos de las casas, posiblemente resultando en la emisión de metales pesados dentro del agua potable (Baxter, et al., 1982).

3.1.3 Opciones para Proteger a los Trabajadores y Visitantes de los Gases Volcánicos

Las opciones para proteger a los trabajadores y visitantes de los efectos de los gases volcánicos en el PNVM incluye la provisión de equipo de protección personal, accesibilidad a oxígeno de

emergencia y otro equipo para responder a crisis respiratorias, y planes operacionales y entrenamiento para evacuar o restringir el acceso a la cumbre cuando condiciones peligrosas existen. Las opciones se discuten en las secciones siguientes.

La gerencia del PNVM tiene que pronunciarse a favor de establecer e implementar una política de protección para el personal del PNVM de los efectos de la exposición a los gases volcánicos y lluvias de ácido. El personal mas antiguo del PNVM pudo haber sufrido daño permanente en los pulmones o desarrollado sensibilidades respiratorias o de la piel debido a la exposición persistente y desprotegida de los gases. Lineamientos médicos básicos deben establecerse para los trabajadores individuales, y su salud respiratoria debe recibir evaluaciones anuales.

Los guardaparques deben seleccionar a uno de sus compañeros para trabajar junto con la gerencia del PNVM, y un defensor de la salud ocupacional para establecer e implementar mecanismos para salvaguardar la salud de los trabajadores. Enfoques alternativos para el acceso o control de los visitantes puede necesitarse para reducir la cantidad de tiempo que el personal del Parque tiene que estar expuesto a niveles concentrados de gases volcánicos presentes en el área del cráter.

3.1.3.1 Equipo de Protección Personal

El equipo de protección personal que protegerá a los trabajadores contra los efectos de los gases del Volcán Masaya incluye ropa de cMBErtura total (tales como sombreros, pantalones largos y camisas manga larga que dejen lo menos posible la piel al descubierto) y máscaras de gas con un cartucho de filtro apropiado para gases ácidos, tóxicos. Máscaras de media cara con cartuchos se pueden comprar por unos US$20.00 cada una. Máscaras descartables que filtran el ácido de la neblina se consiguen por US$3.00 cada una. Aunque no se pretende que sean reusadas, las máscaras descartables pueden durar de una a dos semanas pero probablemente no son una solución efectiva por el costo para el PNVM.

Poco se puede hacer para influenciar la ropa que escogen los visitantes para usar en el Parque y no es práctico dar máscaras a los que visitan el área del cráter. Sin embargo, una nota describiendo los peligros respiratorios y la lluvia ácida debe entregarse a la entrada del Parque para aconsejar a los visitantes con sensibilidades especiales en su piel o sistema respiratorio. El consejero debe recomendar que los visitantes busquen albergue aún cuando haya lluvias livianas debido a la alta probabilidad de que las gotas de lluvia sean altamente ácidas y causen irritaciones de la piel o daño a la ropa. Las lluvias de ácido también tienen el potencial de dañar el acabado en los automóviles. Debido al tiempo limitado de permanencia de los visitantes en el área del cráter (probablemente menos de una hora), hay poca probabilidad de sufrir daño respiratorio permanente por los gases volcánicos, pero individuos altamente sensibles deben evitar el área del cráter.

El uniforme de los guardaparques fue seleccionado considerando la necesidad de proteger la piel de los efectos por exposición a cantidades excesivas de lluvias ácidas y rayos solares ultravioletas. El personal del Parque debe ser alentado a que use su sombrero en todo momento y evitar

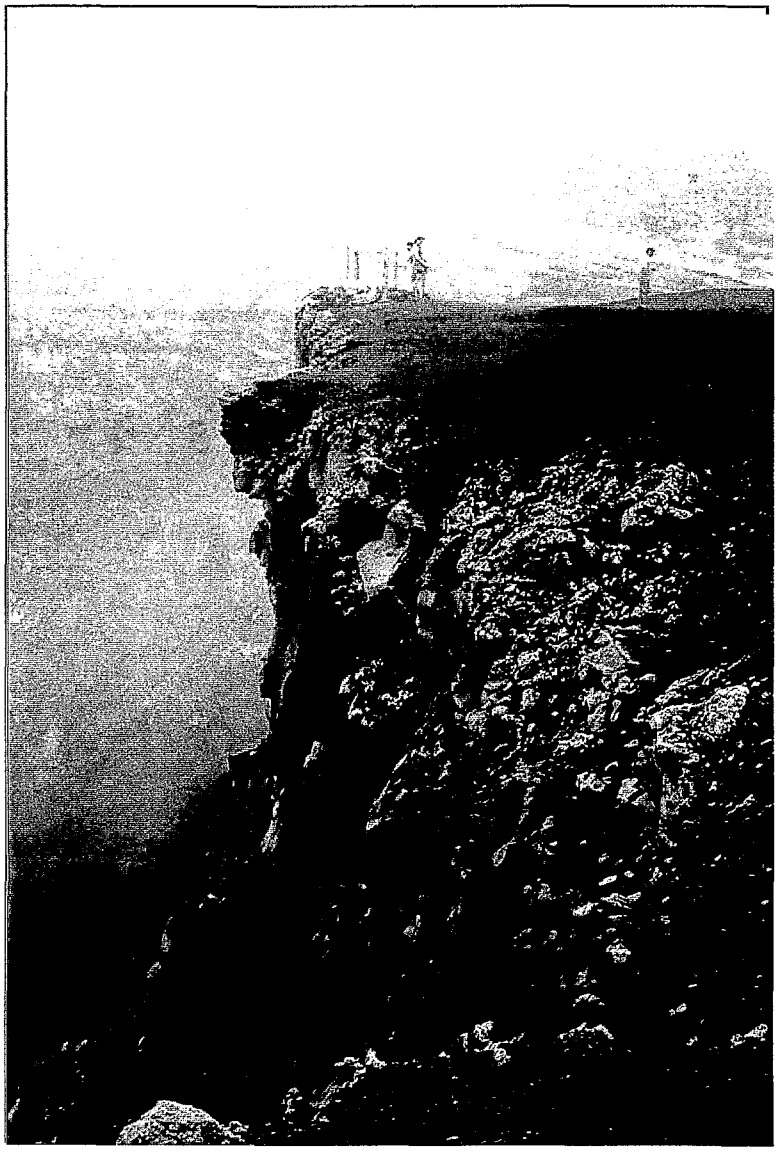
remangarse la camisa. Adicionalmente, los guardaparques estacionados en el área del cráter deben estar equipados con máscaras de gas y obligarlos a que las usen. Debido a que la pluma volcánica generalmente se asienta sobre el borde sur del Cráter Santiago (Fotografía 25), máscaras de gas deben usarse casi continuamente cuando los guardaparques estén estacionados en el MBI. Las máscaras pueden quitarse durante períodos cortos cuando las condiciones del viento varían y la pluma no esta concentrada en esa área. Para otros puntos de estacionamiento en el área del cráter, las máscaras de gas deben mantenerse accesibles en todo momento. Los guardias deben ser entrenados y alentados a usar las máscaras cuando la concentración de gases de la pluma se esparcen en dirección al punto donde están estacionados.

Máscaras de gas apropiadas deben adquirirse inmediatamente. Un especialista en higiene industrial que este familiarizado con la calidad y confiabilidad de un abastecedor accesible localmente de equipo protector, su distribución y red de servicios, debe recomendar el tipo de máscaras que serían apropiadas para las condiciones de trabajo en el Parque. Tanto la gerencia del PNVM y el personal, deben recibir entrenamiento de un especialista en salud industrial sobre el uso del equipo de protección personal y los efectos de la exposición prolongada a gases ácidos o tóxicos y lluvias ácidas. Una vez que las máscaras de gas hayan sido adquiridas, los representantes de los empleados y la gerencia del Parque deben monitorear si los trabajadores tienen acceso inmediato a y/o usan su equipo de protección personal. Algún tipo de incentivo o sistema de reconocimiento pueda ser necesario para motivar al personal para que use su equipo de trabajo.

3.1.3.2 Equipo Médico de Emergencia

La Consultora no obtuvo estadísticas sobre emergencias médicas que han ocurrido en el Parque en los últimos 20 años. De las conversaciones con el personal del Parque, sin embargo, pudo saber que los daños mas comúnes fueron causados por accidentes automovilísticos. La mayoría de los accidentes se atribuyeron a errores de los conductores en las carreteras curvilineas del Parque o a la condición pobre de algunos vehículos, camiones y autobúses que entran al Parque. Ya que el personal del PNVM generalmente esta bien equipado con radios manuales y debido a que servicios de rescate médico y tratamiento medico están accesibles en la cercana Masaya, no parece ser necesario brindar equipamiento especial y entrenamiento al personal del Parque para tratar heridas traumáticas a los visitantes del Parque. Un curso básico de primeros auxilios, sin embargo, debe ser parte del programa de entrenamiento para el personal del Parque.

La gerencia del PNVM debe evaluar los registros de incidentes médicos en el Parque para determinar si las crísis respiratorias provocadas por gases volcánicos son un peligro significativo a los visitantes del Parque y a su personal. Si las crísis respiratorias son un peligro importante, debe pedírsele a un supervisor medico de emergencia en el centro para incendios y rescates, que haga recomendaciones sobre el tipo de equipamiento médico que debe estar accesible, el entrenamiento requerido para apoyar su uso, y si el equipamiento debe mantenerse en el área del cráter o en el Centro de Visitantes.



FOTOGRAFÍA 25
Perfil del mirador principal del OBI, muestra una constante condición de baja visibilidad y alta concentración de gases volcánicos. Las vertientes de lava por debajo del área del mirador es la unidad Qv25. El color crema /rosado claro sobre la superficie de lava en el primer plano inmediato, es debido a alteración de la roca por una larga exposición a los gases volcánicos. El color gris fresco de alguna áreas del frente de las rocas indican desprendimientos recientesde rocas.

3.2 Restricciones al Acceso Público en el Área del Cráter

3.2.1 Medidas Efectivas de Control General del Público

Muchas de las opciones presentadas en la Sección 2 de este informe combinan modificaciones en la infraestructura con cambios en el acceso de los visitantes o patrones de uso. La Consultora observó que el control de visitantes ejercido por los guardaparques era inconsistente con los rótulos de advertencia y en general, inefectivos en mantener a los visitantes alejados de las áreas peligrosas. Modificar la conducta de los visitantes será mas fácil si el personal del PNVM cuenta con un conocimiento básico de la naturaleza de los peligros geológicos en el área del cráter y participa en la definición de medidas que se tomen para mitigar los peligros. Charlas por parte de geólogos locales e ingenieros les ayudaría a conocer otros peligros.

Por ejemplo, actualmente no hay una política bien definida o práctica de restricción del acceso a la cima del MCB. La inestabilidad estructural de la pared de seguridad y la erosión continua del material piroclástico no-consolidado y fracturado debajo de las escaleras y caminos peatonales, eventualmente causara una falla en esa infraestructura. Y si la pared de seguridad cerca de la cruz fracasa en detener a un visitante que tropezó, la víctima probablemente terminara su caída en el fondo del Cráter Santiago. Sobre la base de una evaluación de prioridades relativas en el Parque, MARENA y la gerencia del PNVM pueden decidir construir un nuevo mirador de plataforma y remover las escaleras y senderos de la cima en el MCB (Opción 2 en la Sección 2.7.2). Comprendiendo la base del peligro así como las acciones planificadas para abordar el problema, un guardaparque tendrá mayor éxito al manejar a los visitantes que cuestionan el porque se cerraron las escaleras a la cruz (Opción 1 de la Sección 2.7.2).

La gerencia del PNVM tiene que tomar acciones decisivas para restringir el acceso a las áreas peligrosas. Un representante con credibilidad de la gerencia principal del Parque, debe estar accesible en los días de alta concurrencia para brindar autoridad y apoyar a los guardaparques en el control de los visitantes. Guardaparques e interpretes deben practicar su papel en sesiones de entrenamiento para desarrollar sus habilidades en dirigir a los visitantes al alejarlos de las áreas restringidas. Reuniones semanales del personal podrían brindar oportunidades para cursos de entrenamiento y para revisar las "lecciones aprendidas" en el manejo de visitantes o situaciones difíciles.

Una vez que se tomen las decisiones de cerrar áreas al acceso del público, rótulos de madera permanentes con mensajes claros y concisos deben instalarse lo más rápidamente posible. Los guardaparques tienen que poder responder educadamente y con conocimiento de causa a las preguntas acerca de las restricciones, pero también tienen que estar preparados para imponer los mensajes de los rótulos con métodos de comunicación más directos y urgentes. Un megáfono debe estar accesible al guardaparque principal estacionado en el MPO para comunicarse con peatones transitando entre el MPO y el MBI. Finalmente, puede ser necesario escoltar a visitantes

que no cooperen o que causen disturbios fuera del Parque. El personal del Parque debe practicar el manejo de tales eventualidades en sesiones de entrenamiento.

3.2.2 Restricciones de Acceso Especial durante Eventos/Crísis Volcánicas

Las señales obvias que preceden a las erupciones volcánicas han sido razonablemente establecidas por las investigaciones científicas modernas. Las señales volcánicas más sutiles que preceden una "crísis" en el Masaya y otros volcanes específicos no son bien conocidas. Esto es porque cada volcán tiene características únicas que solamente raras veces han sido foco de largos períodos (por ejemplo, 10 a 50 años) de monitoreo y observación.

El Volcán Masaya ha sido relativamente bien estudiado desde mediados de 1970. Como resultado, el personal responsable del programa de monitoreo de INETER son capaces de reconocer períodos durante los cuales señales sísmicas y/o la química de los gases volcánicos en el Masaya son suficientemente anómalas para ameritar preocupación. Adicionalmente, al menos en una ocasión durante la visita de la Consultora, los guardaparques dirigieron a los visitantes fuera del área del cráter debido a condiciones atmosféricas peligrosas, incluyendo baja visibilidad y una concentración de vapores volcánicos en el área del cráter. Hasta que se establezca una mejor comprensión del comportamiento del Volcán Masaya, los intervalos de condiciones peligrosas o anómalas reconocidas por los guardaparques o por especialistas vulcanólogos en INETER, tienen que considerarse como peligros potenciales a la seguridad de los visitantes y personal. Al final, estas crisis pueden representar solamente peligros temporales para la operación segura del Parque, o pueden ser precursoras de un evento eruptivo amenazante a la vida.

Comunicaciones confiables necesitan establecerse entre los directores del programa de monitoreo de INETER y el PNVM para asegurar que la información comprensible sea compartida en un tiempo oportuno entre el personal con niveles de alta responsabilidad. Este personal que recibe la información tiene que estar entrenado para responder apropiadamente. La gerencia central de INETER y del PNVM/MARENA deben discutir y acordar sobre los canales mas eficientes de comunicación y medidas de respaldo que puedan emplearse. Comúnmente, la necesidad de comunicación tendrá que iniciarse por parte de INETER, ya que la actividad volcánica incrementada puede ser detectada a tiempo por las señales sísmicas que se reciben electrónicamente desde el Masaya. Sin embargo, los planes de comunicación entre las dos agencias también deben considerar que las condiciones anómalas en el Volcán Masaya pueden observarse primeramente en el campo y, por tanto, puede ser necesario que información fluya desde el PNVM a INETER. Los elementos básicos de un acuerdo sobre comunicaciones entre la gerencia de INETER y el PNVM deben formalizarse en un memorándum de convenio. El acuerdo debe incluir provisiones para la identificación en casos de emergencia de personal clave y autorización de acceso al Parque por vulcanólogos de INETER.

Especialistas en vulcanología en INETER deben preparar descripciones de los tipos de crísis volcánica que están reconocidas en el Masaya y sus posibles implicaciones. La descripción e

implicaciones deben escribirse en un lenguaje no-técnico para uso de no-geólogos. En colaboración con un vulcanólogo de experiencia y la gerencia de INETER, el Director del PNVM debe documentar y aprobar cuatro o cinco niveles escalonados de respuesta, sencillos y claramente definidos con el objetivo de proteger al personal y visitantes del Parque cuando ocurra una crisis volcánica. Todos los involucrados contribuyendo a la discusión y selección de los niveles apropiados de respuesta deben comprender las implicaciones y dificultades de los respectivos roles de cada uno en la protección de vidas y en brindar servicios públicos o científicos. Los cuatro o cinco niveles de respuesta que sean adoptados deben variar desde una respuesta mínima, como sería el brindar alertas verbales a la entrada del Parque de posibles efectos respiratorios por el incremento de emisiones de gas, hasta el nivel máximo de respuesta, involucrando la evacuación y cierre del Parque entero.

Una vez que los niveles de respuesta apropiados hayan sido seleccionados, la gerencia del PNVM debe desarrollar un plan sencillo de acciones a implementar por los actores críticos en cada nivel de respuesta. Las responsabilidades de los actores críticos bajo cada escenario de respuesta deben describirse en el plan de acción. Como regla general durante horas de acceso público al Parque, una persona calificada debe ser responsable por la toma de decisiones en la implementacion de cualquier nivel de respuesta que el/ella determine apropiado. La responsabilidad debe ser claramente delegada cuando el Director o Administrador del PNVM no este en el sitio. Adicionalmente, el guardaparque principal estacionado en el área del cráter debe recibir autoridad delegada para evacuar el área del cráter en cualquier momento, sin aprobación previa de la gerencia central. Cualquier recurso material necesario para movilizar una respuesta de crísis, tales como banderines de mano a colores o lámparas, cornetas, radios, estaciones de transmisión especiales de alto poder, deben estar identificadas. Finalmente, todo el personal del PNVM debe recibir entrenamiento completo para implementar los niveles de respuesta.

3.3 Selección de Materiales Resistentes para Nuevas Construcciones o Mejoras

Los materiales que son resistentes a los gases volcánicos son los mismos que los recomendados para uso industrial bajo condiciones altamente ácidas. Resinas, plásticos, cerámicas, y algunos metales anodizados son los mejores ejemplos de materiales resistentes a los ambientes ácidos. En general, los materiales que son manufacturados específicamente para usos industriales peligrosos son caros y/o de apariencia visual limitada cuando se comparan con productos naturales de acceso inmediato tales como madera y piedra.

Algunos de los materiales usados hace 20 años para construir la infraestructura para visitantes en el Parque han sobrevivido el ambiente ácido sorprendentemente bien. Rótulos de aluminio vaciado, bloques de concreto y construcciónes de piedra natural han probado ser los mas resistentes. Varas de reforzamiento empotradas en postes de concreto y cadenas de metal colgadas entre los postes han acontecido muy pobremente debido a la oxidación rápida del hierro y otros metales por la exposición a lluvias ácidas y gases volcánicos. La infraestructura y rótulos hechos de madera han sido resistentes a las condiciones naturales del ambiente, pero no han

probado ser resistentes a saqueo de personas merodeando en el Parque en busca de madera para leña o uso de las tucas para construcciones.

El rótulo grande que fue instalado en 1978 a la entrada del MPO fue diseñado y construido en madera usando "clavos" de madera y bisagras especiales para conectar elementos[4] de estructura pesada. Clavos de madera fueron seleccionados porque los clavos de hierro o acero se esperaba tuvieran una vida de relativa corta duración, de 5 a 10 años en el área del cráter. Retrospectivamente, la degradación rápida de la gruesa cadena de hierro cubierta de zinc que fue instalada en 1978, indica que la esperanza de vida de los metales, excepto el aluminio, es aun mas corta (2-4 anos) de lo que se había anticipado.

Asumiendo que los rótulos y estructuras de madera continuaran siendo saqueadas por intrusos en el Parque, estructuras de concreto masivo y piedra parecen ser los mas estables y resistentes al ambiente volcánico. Los diseños de infraestructura deben usar bases anchas de apoyo que no requieran refuerzos de hierro para brindar estabilidad estructural.

Materiales de construcción hechos de resinas que son manufacturados para uso en ambientes ácidos, son una alternativa razonable para materiales de construcción, si elementos estructurales no-ordinarios que reúnan los requerimientos de diseño se encuentran accesibles para su compra. Mientras que el costo de importar los materiales será alto, los materiales de resina son livianos, muy fuertes, resistentes a los efectos de los gases volcánicos y lluvias ácidas, y requieren menos perturbación de la tierra y paisaje durante la instalación. La ultima consideración puede ser una de las mas importantes, ya que será difícil camuflar los cambios que serán evidentes cuando se tenga que remover o reemplazar algunas de las paredes de seguridad u otra infraestructura del Parque.

El Apéndice B contiene información sacada de literatura mercantil de varios tipos de materiales sintéticos que son manufacturados para uso industrial bajo condiciones ácidas. El personal de diseño del PNVM tendrá que evaluar las características y costos de los materiales para determinar si ofrecen una alternativa atractiva al concreto localmente accesible, bloques de concreto y piedra natural para las necesidades de infraestructura del Parque.

---

[4]La superficie de madera del rótulo fue sellada con tinte en vez de pintura. Letras trazadas en el rotulo fueron rellenas con una capa de 1.8- a _- pulgadas grosor de pintura latex mezclada con vidrio finamente molido para brindar un efecto reflectivo en la superfi cie para condiciones de baja visibilidad. Desafortunadamente, el rotulo fue saqueado y destruido antes de que el comportamiento a largo plazo de esta técnica para construcciónes de madera y acabados, pudiera ser evaluada en el área del cráter. Al menos dos anos después de su construcción , el rótulo continuaba estructuralmente sólido y tenia un alto atractivo visual.

3.4 Programa de Mantenimiento para Infraestructura Existente y Recursos Interpretativos

Limitaciones financieras severas y una política de usar el presupuesto asequible para mantener un alto nivel de empleo en lugar de fondos de operación ha conllevado a un declive significativo en el mantenimiento de edificios, carreteras y otra infraestructura en el Parque. De las conversaciones con personal del Parque, el Consultor encontró que el mantenimiento de edificios se ha hecho sobre una base ad hoc por el personal administrativo, guardaparques y de limpieza del parque. Un plan de mantenimiento para el Parque no fue localizado y aparentemente no existe.

El personal del PNVM hace una labor encomiable en el mantenimiento y limpieza de los pisos y superficies del Centro para Visitantes, sin embargo no había agua potable o servicios higiénicos[5] funcionando en los tres días que la Consultora visito el Parque. Una ventana grande en el área de cafetería/conferencias del Centro de Visitas se había caído varios días antes de que la Consultora visitara el Parque. El examen del marco de la ventana revelaba que la madera estaba suave y esponjosa, sea por deterioro o infestada de termitas. La carretera principal del Parque ("Camino Real del Popogatepe") no ha sido parchada, recubierta o cubierta con asfalto desde que se inauguro el Parque. La erosión extremadamente rápida del área de estacionamiento del MBI en los últimos tres años, es un buen ejemplo de lo que se puede esperar si se le permite a los hoyos existentes en el pavimento que rompan a través de la capa básica de asfalto.

Un ingeniero civil o profesional similar con experiencia en el mantenimiento de infraestructura debe valorar la condición del Centro de Visitantes, el Camino Real del Popogatepe, y otros elementos mayores de la infraestructura del Parque para determinar que acciones y recursos se necesitan para reparar el daño existente y lo que se requiere a largo plazo para asegurar el mantenimiento adecuado de las inversiones.

3.5 Monitoreo Volcánico y la Necesidad de Coordinación Multi-Institucional

Porque cada volcán es único, la información recogida como parte del programa de monitoreo volcánico (tales como datos sísmicos, gravimetricos, magnéticos, geodésicos, y gases químicos), se usa para establecer lineamientos básicos de "señales" medibles volcánicas. Los parámetros medibles se evalúan contra la observación directa de erupciones, deformaciones, incremento de las emisiones de gas, u otros eventos que ocurren durante las horas, semanas, meses o años sucesivos. Porque el Volcán Masaya ha sido monitoreado sistemáticamente por un período de

---

[5]Debido a las amplias visitas internacionales al PNVM, se necesita prestar especial atención para asegurar que la impresión duradera del Parque en el visitante no sea desagradable por falta de servicios higiénicos básicos. El Centro de Visitantes debe conectarse al servicio de agua municipal si ese servicio es accesible a la entrada del Parque. La bomba existente de un pozo en el sitio (o que se usa para bombear agua municipal) y el tanque de agua en el Centro de Visitantes deben repararse y asi como una bomba de refuerzo se debe adquirir. Papel higiénico y dispensadores de jabón en cada baño debe mantenerse almacenado adecuadamente en todo momento.

tiempo relativamente corto, lineamientos básicos de lo que constituyen comportamiento "normal" y lo que constituye modos de "crIsis", no se conocen muy bien.

Hay tres "programas" de envergadura de monitoreo volcánico que se están desarrollando en el Parque. El primero es el programa de monitoreo mediante la observación diaria llevada a cabo por el personal del PNVM. El segundo es el programa oficial de monitoreo periódico realizado por personal de INETER. El tercero es un programa de monitoreo intermitente conducido por científicos nacionales e internacionales, muchos de los cuales tienen intereses de investigación de largo alcance en el Masaya. La mayoría de los estudios geofísicos monitoreados mas sofisticados conducidos en Masaya, como son: el examen de gravedad, examen de resistencia y exámenes geodésicos que usan los sistemas de satélites de posición global son realizados por investigadores científicos que visitan Masaya periódicamente. Aún cuando estas visitas son a veces infrecuentes, la información e interpretación hechas por estos investigadores son una parte muy importante del cuerpo de información que esclarecen el comportamiento del volcán. Cada uno de los tres programas de monitoreo pueden y deben jugar un papel importante en aumentar nuestro entendimiento del Volcán Masaya.

INETER es la institución líder en Nicaragua del programa nacional de monitoreo del Volcán. Durante su visita, la Consultora acompañó al Lic. Marvin Centeno y a la Lic. Marrase Rivera, de MARENA a las oficinas de INETER, para reunirse con el Director, Ing César Avilés. El propósito de la visita fue para coordinar el intercambio de información del presente estudio sobre la estabilidad geológica del área del cráter en la PNVM. El Ing. Avilés, presentó a las personas claves del personal de INETER, involucradas en el monitoreo del volcán Masaya (incluyendo al Ing. Luis Muñoz, Director del Departamento de Geofísica y Vulcanología; la especialista en gases volcánicos, Marta Navarro, y el sismólogo vulcanólogo, Ing. Cristian Lugo).

En la reunión, los Ingenieros Muñoz y Navarro describieron el nivel actual de las investigaciones sobre el PNVM, algunos datos sobre el monitoreo en respaldo al programa interpretativo del Parque y las tres áreas en las que la coordinación y apoyo entre INETER y el PNVM, puede mejorarse en beneficio de una o ambas instituciones. La tres áreas son las siguientes:

(1) INETER posee amplios recursos bibliográficos con publicaciones científicas relacionadas al programa interpretativo del Parque, específicamente, muchas de estas publicaciones documentan los descubrimientos de investigadores internacionales que han sido efectuadas en el Volcán Masaya. El Ing. Navarro, otorgó acceso a tres publicaciones importantes que fueron fotocopiadas para incluirlas en los archivos del PNVM.

(2) Algunos de los investigadores volcanológicos internacionales aparentemente coordinan sus planes y actividades de campo a través del Departamento de Geofísica y Vulcanología de INETER. Los investigadores académicos nicaragüenses coordinan sus planes y actividades de campo directamente a través del PNVM. Generalmente, los investigadores internacionales están aliados con las instituciones académicas que son los centros principales de estudios

volcanológicos, incluyendo la Universidad Open (G.B.), La Universidad Estatal de Arizona, el Colegio Dartmouth y el Instituto Tecnológico de Michigan (EE.UU.) y la Universidad de Toronto (Canadá). La mayoría de los científicos internacionales que conducen programas de investigación en América Latina están familiarizados y apoyan las necesidades de información y transferencia tecnológica local. Además la mayoría habla español, de forma aceptable o excelente. Mejor coordinación y comunicación entre MARENA/PNVM e INETER, sobre los planes científicos y actividades de campo, podrían proveer excelentes oportunidades a la comunidad científica al compartir datos y comprensión del volcán. Las oportunidades de entrenamiento al personal y los conversatorios interpretativos en el Parque o en Managua, también serían de mucho beneficio para este.

(3) El equipo de monitoreo volcánico ubicado dentro y alrededor del PNVM, ha sido en algunos casos dañado o robado por desconocidos. Esto ha resultado en atrasos y pérdida de datos importantes, la carga económica de reparar equipo valioso, y la frustración del personal científico y administrativo de INETER. El programa de monitoreo volcánico de INETER, podría beneficiarse del incremento de la vigilancia, a través de celadores, y de mayores esfuerzos del personal del PNVM en sus relaciones públicas, al sensibilizar a la población sobre la misión del Parque,y de mejorar el conocimiento y fomento de la protección ambiental.

Además de las tres áreas de cooperación articuladas por el personal de monitoreo del volcán, en INETER, debe agregarse un cuarto:

(4) La Gerencia del PNVM en colaboración con el personal de INETER (incluyendo a los geólogos de campo) que monitorea el Volcán Masaya, deberán definir una Hoja de Trabajo pequeña que deberá ser presentada semanalmente al Director del Parque. En dicha Hoja de Trabajo se documentará cualquier cambio geológico (u otro) significativo observado en el área del cráter o en el Parque en su conjunto. La Hoja de Trabajo, deberá ser llenada por un ecologístas del Parque después de obtener información de los guardaparques y de los especialistas interpretativos que puedan haber estado presentes en el área del cráter y haber sido testigos de algún evento.

Los eventos u observaciones documentadas deberán incluir derrumbamientos mayores de piedras o de tierra, explosiones en el conducto volcánico, emisiones de bocanadas oscuras de ceniza en el penacho, temblores y el lugar del parque donde ocurrieron o se sintieron, aumento de la actividad de las fumarolas (en Comalito, el piso/paredes del Cráter Santiago, o en cualquier otro lugar) y el comportamiento anómalo de la vida silvestre del Parque (excitación o ausencia de los periquitos en el Cráter Santiago). La Hoja de trabajo deberá tener un pequeño diagrama del área del cráter, de manera que la ubicación de los eventos puedan ser registrados. Además del informe semanal, el parque deberá iniciar un archivo fotográfico para "capturar" evidencia visual de los cambios en la morfología del área del cráter y

otros eventos significativos. Se deberán tomar con intervalos de tres meses , una serie de seis a doce fotografias panorámicas del Cráter Santiago (y otras áreas como, el Comalito donde puedan estar ocurriendo cambios). INETER deberá ser notificada de la disponibilidad de los registros sobre observación visual que puedan ser usados como complemento al programa de monitoreo sísmico, gas químico y en su totalidad. Después de un período inicial de seis meses, durante los cuales el personal de Parque habrá recopilado los registros sobre la observación visual, el programa deberá ser re-evaluado por la Gerencia del PNVM y el personal de monitoreo del volcán de INETER, con el fin de determinar la utilidad de la información obtenida y/o para identificar cualquier necesidad.

El potencial de incremento en la coordinación y apoyo de las mencionadas áreas, deberá ser tema de negociación entre las gerencias del PNVM e INETER. Los acuerdos específicos sobre el asunto de las áreas y mecanismos de coordinación y apoyo, deberán ser formalizadas como parte del memorándum de convenio sobre comunicación interinstitucional descrita en la Sección 3.2.2 de este informe (o en un acuerdo escrito separado entre las dos instituciones).

4.0 EVALUACION DE LOS RECURSOS INTERPRETATIVOS DEL PNVM

4.1 Centro de Visitantes

La Consultora obtuvó de los archivos de TR&D sobre MARENA, una copia de un informe de 24 páginas titulado, "Diagnóstico y Recomendaciones para la Rehabilitación del Centro de Interpretación Ambiental, Parque Nacional Volcán Masaya," fechado en Septiembre de 1992. El informe fue preparado por los especialistas interpretativos del Cuerpo de Paz de EE.UU. (posiblemente C. Taft) que trabajaron en el PNVM por algún período entre 1983 y 1993. Este informe describe brevemente cada exhibición existente en el Centro de Visitantes y presenta recomendaciones para el mejoramiento completo del contenido total y para la secuencia de la interpretación de los temas presentados. Puesto que esas recomendaciones son basadas en una evaluación mas completa que la pretendida dentro del enfoque de este trabajo, la Sección 4.1 del presente informe esta enfocada en proveer recomendaciones y alternativas más detalladas que las presentadas en el Informe de Septiembre 1992. Para referencias, el Informe de Septiembre de 1992 se reproduce en el Apéndice C de este documento.

El despliegue del Centro de Visitantes se muestra en la Figura 4-1. Las designaciones usadas en la Figura 4-1 son las mismas que se utilizaron para describir las exhibiciones existentes en el Informe de Septiembre 1992, excepto que un area adicional (Area H) ha sido recientemente ubicada. La interpretación de la geología y vulcanología, que suma alrededor del 50 por ciento del Area de Exhibición, se encuentra principalmente en los Corredores A hasta E.

4.1.1 Areas de Exhibición

Las áreas de exhibición del Centro de Visitantes estan acogidas en un edificio muy estilizado diseñado con detalles arquitectónicos interesantes y un sistema de ventilación natural muy fresco. En general, el personal, los servicios y las exhibiciones en el Centro de Visitantes, presentan una imagen muy positiva del PNVM. Los siguientes comentarios generales se ofrecen, seguidos de mayores detalles observados y de recomendaciones en secciones subsiguientes del Informe.

- Los temas globales dentro de cada área de exhibición necesitan ser anunciados con títulos imaginativos remarcados en tinta negra.
- En general, las exhibiciones son de una calidad visual excelente pero los títulos y textos que los acompañan son inefectivos o inexistentes.
- Un esquema jerárquico sencillo se necesita para ofrecer niveles de comprensión diferenciados, dependiendo del interés de cada visitante.
- Cualquier esfuerzo por mejorar el Centro de Visitantes requiere la identificación de un método de presentación de textos breves, que sean visualmente atractivos y a la vez duraderos, o simples gráficos sobre paneles verticales inclinados, u otras superficies planas (ver discusión sobre el proceso "*silkscreening*" en la Sección 4.1.1.1).

- Mientras que los paneles de madera de laurel usados en el Centro de Visitantes tienen un atractivo visual lujoso, el fuerte contraste del jaspe en la madera compite por la atención al yuxtaponerse cerca de las exhibiciones. Las bases y paneles para las exhibiciones generalmente deben ser de acabado mate en tonos de colores sutíles.
- El edificio tiene muchos nichos semi-circulares y triangulares muy interesantes. Estas áreas se usan con frecuencia como nichos para las exhibiciones, dejando una superficie frontal que fluye con las paredes a ambos lados de los nichos. Las exhibiciones deben proyectarse en los cuartos imponiendo pasadizos no-lineales para quebrar el volúmen rectangular de las habitaciones. Los nichos deben permanecer, generalmente, abiertos como asientos para colocar plantas decorativas o fotografías.
- Donde sea posible, deben construirse diorámas con cajuelas libres que no dependan de la integridad de los paneles colgantes para protegerlos de los animales e insectos. Además de brindar mejor protección y facilidad de inspección de los diorámas, las cajuelas libres brindarán mMBIlidad adicional al actualizar/reacomodar las exhibiciones, reservando los nichos para uso decorativo o asientos.

Las Secciones 4.1.1.1 hasta 4.1.1.5 de este informe brindan recomendaciones detalladas sobre los Salones de Exhibición A, B, C, D y E, donde se encuentran la mayoría de las exhibiciones geológicas/vulcanológicas. Unas cuantas recomendaciones adicionales para exhibiciones específcas en otras áreas del Centro de Visitantes estan contenidas en las Secciones 4.1.1.6 hasta 4.1.1.8.

4.1.1.1 Salón de Exhibición A

El Salón de Exhibición A se titula, "La Historia del Volcán Masaya." El salón ha sido dividido en dos áreas, ver Dibujo 4-1. Desde la entrada del Centro de Visitantes mirando hacia el mural ubicado al final del salón, el Área A-1 es el cuerpo principal del salón, rodeando toda la exhibición ubicada en la pared izquierda (norte), el mural grande y la mayor parte de la exhibición sobre la pared derecha (Sur), con la excepción de esas en el área A-2. El Area A-2 es un pequeño nicho ubicado directamente detrás del área de venta/recepción a la derecha (sur) del salón principal.

El área A-1 contiene una mezcla ecléctica de exhibiciones, que representan la relación histórica y prehistórica del hombre con el Volcán Masaya. Cuando se diseñó el salón, pretendía ser una vitrina con una serie de ocho pinturas. El mural que fue encargado en 1977, por el Banco Central, para que fuese ejecutado por el Sr. Rodrigo Peñalba, un prestigiado pintor. A la muerte del Sr. Peñalba en 1979, solamente se habían logrado pintar cuatro y actualmente solo tres se encuentran en exhibición en el Área A-1. El mural fue ejecutado por el Ing. Franco Peñalba, hijo del Sr Peñalba, y que también es un artista y fotógrafo destacado.

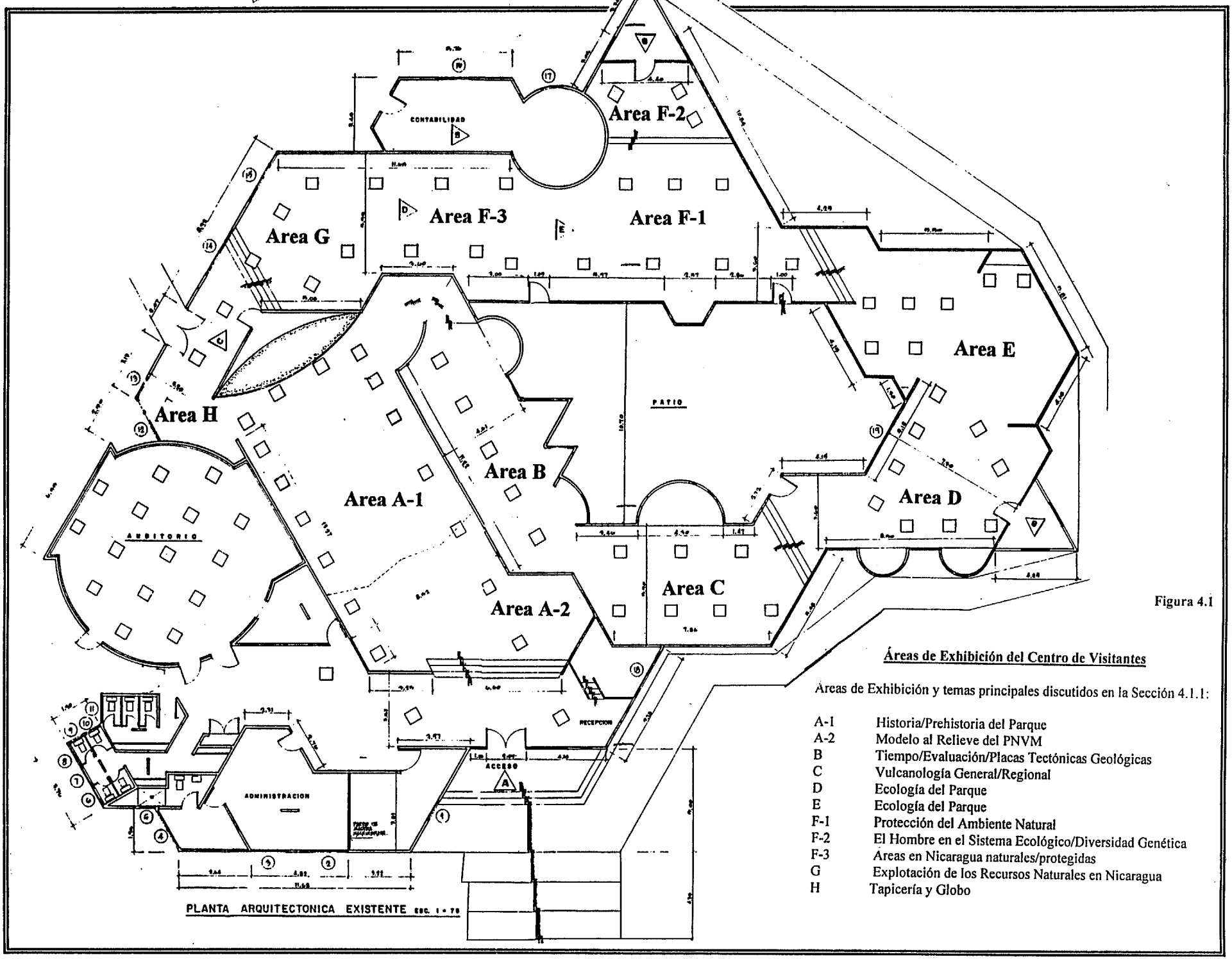


Figura 4.1

Áreas de Exhibición del Centro de Visitantes

Áreas de Exhibición y temas principales discutidos en la Sección 4.1.1:

A-1	Historia/Prehistoria del Parque
A-2	Modelo al Relieve del PNVM
B	Tiempo/Evaluación/Placas Tectónicas Geológicas
C	Vulcanología General/Regional
D	Ecología del Parque
E	Ecología del Parque
F-1	Protección del Ambiente Natural
F-2	El Hombre en el Sistema Ecológico/Diversidad Genética
F-3	Áreas en Nicaragua naturales/protegidas
G	Explotación de los Recursos Naturales en Nicaragua
H	Tapicería y Globo

Para complementar las pinturas terminadas, se prepararon exhibiciones usando ampliaciones de ilustraciones de un dibujo del Volcán Masaya realizado por Oviedo en 1529, un dibujo y un mapa de Seebach y una fotografía del Dr. Bruno Mierifch tomada alrededor de 1920. Las ampliaciones en blanco y negro fueron fotografiadas en láminas transparentes de acetato tamaño 11"x17", las cuales han sido deformadas por el tiempo.

El Area A-2 contiene un mapa al relieve de las dos estructuras volcánicas mas grandes, la caldera Masaya, dentro de la cual esta ubicado el Parque. Dos de las tres paredes de las áreas que rodean el mapa de relieve fueron usadas para los textos y diagramas que presentan las categorias de las áreas protegidas en Nicaragua asi como de los tipos de áreas de manejo dentro del Parque.

Recomendaciones

El Área A-1 deberá dedicarse a un solo tema; fundamentalmente los aspectos más importantes de las interacciones históricas y prehistóricas del hombre con el Volcán Masaya. Se recomienda que un nuevo título para la porción principal del Salón sea "El Registro del Hombre en el Volcán Masaya." El título debe instalarse con grandes letras atractivas sobre paneles longitudinales que se proyecten desde la pared izquierda de la habitación hasta arriba de los tres peldaños.

Debe haber una progresión cronológica razonable, desde lo mas antiguo (prehistórico) hasta lo más reciente (principios de 1900), acomodando la constricción de la posición del mural (flujo de lava de 1772) que está fijado al final del Salón. A como sugiere el Informe de 1992, el panel identificado como A7 ("El Entorno Socio-económico del Volcán Masaya") no debe ser parte del Area A-1.

La presentación prehistórica (titulada "Arqueología Precolombina"), no está bien enfocada y no aprovecha la ventaja de los petroglifos encontrados en las paredes de la caldera del Masaya. Los petroglifos deben usarse como medio para vincular la temprana interacción del hombre con el volcán, con una descripción de la población indígena precolombina; sus creencias y los remanentes de su herencia cultural. La exhibición debe tener un título mucho más provocativo, como por ejemplo, *"Mitos y Leyendas: Los Habitantes Precolombinos y la Montaña de Humo."* Los petroglifos podrían ser fácilmente labrados (con pintura) sobre las paredes gris-oscuro con texturas de la "caldera" que podría servir como respaldo a los artefactos precolombinos. El trasfondo podría terminar donde llega el panel de longitud completa, instalado donde alcanza un ángulo oblícuo hasta la pared, para exhibir la pintura "Sacerdotista Aborigen" de Peñalba (el panel de la pared se discute en el próximo párrafo). Si esta disponible, la exhibición prehistórica necesita más información fundamentada en hechos reales sobre cómo los indios locales (o tribus similares en otros países de Centro América) percibieron el medio ambiente natural (especialmente los fenómenos volcánicos). Si la información disponible es suficiente, se debe desarrollar una exhibición sobre el hombre, en el Area F o G que represente la cultura precolombina y las creencias indígenas sobre la naturaleza y sus fuerzas.

Actualmente las tres pinturas de Peñalba están colgadas contra la pared izquierda (norte) del Area A-1. La luz natural proviniente de la ventana grande sobre el mural, se refleja sobre la pintura. Como resultado del brillo del barniz sobre la pintura, el visitante que se acerca solamente mira un reflejo brillante hasta que está directamente en frente de cada trabajo. A ese punto el ángulo alto de la luz incidental (desde arriba y hacia un lado) hace que los colores de la pintura se vean opacos. Lo ideal será que las pinturas estuviesen colocadas sobre paneles del tamaño de la pared que sobresalgan a un ángulo oblicuo desde una pared lateral del Area A-1. Vista desde la entrada mirando hacia el mural, los paneles podrían estar inclinados hacia el fondo de la pared. Las tres pinturas no deberán estar a un lado del cuarto. Además de resolver el problema de luz, el arreglo de los paneles debe servir para romper la monotonía creada por el largo de la superficie de las paredes paralelas continuas, en cualquier lado del Area A-1.

La pintura faltante de Peñalba, (Fray Blas de Castillo descendiendo dentro del cráter) a la que se hizo referencia bajo el inciso A4 del Informe de 1992, representa un elemento fascinante de la historia del Volcán Masaya. De ser posible, el trabajo debe ser recuperado. Los registros del Banco Central deberían indicar quien tomó posesión de la pintura cuando el contrato con Peñalba se cerró. Si la pintura no puede ser recuperada, eventualmente MARENA podría decidir encargar a otro pintor o dibujante que ilustre la preocupación mundial y concepciones erradas que caracterizaron a Blas del Castillo y a otros exploradores en el Nuevo Mundo.

También se debe hacer un esfuerzo para obtener dibujos, fotografías antiguas, o de alguna otra forma, ilustrar el intento de los ingenieros alemanes para lograr que el Volcán Masaya produjera sulfuro. La narración escrita de esta aventura deja incrédulos a los lectores; el poco temor y la insensatez del hombre, cuando trata de manipular las fuerzas de la naturaleza. Aunque es difícil imaginar, intentos similares de explotar un penacho volcánico, pudo haberse realizado en otros volcanes en otras partes del mundo. Una solicitud a la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos o de una universidad (Princeton, Oxford etc.) puede arrojar una buena ilustración. Como alternativa, puede ser que la familia Peñalba posea algún boceto inicial hecho por Don Rodrigo cuando preparó la pintura que había sido encargada por el Banco Central.

Los paneles de pared que se instalarán en el Salón de Exhibición A, establecerán un pasadizo zig-zag hacia el fondo de la habitación. La última estación lógica será la de moverse desde el mural del flujo de lava de 1772 (Exhibición A14) hacia una exhibición final a la derecha del Salón. Esta última exhibición debe ser el último intento de los ingenieros alemanes por industrializar los gases de la pluma volcánica (nueva exhibición a continuación de la A14) o la Fotografía de 1920, si se puede establecer un contexto histórico para ella. El mapa y dibujo de Seebach y el texto de apoyo (todos parte de la Exhibición A5) deben moverse como nueva exhibición en el Salón B (nuevo B3 en la Tabla 4-1).

Las transparencias (Xerox) deben ser reemplazadas. Los museos grandes usan una técnica de *silkscreening* en láminas de Formica en acabado mate para producir ilustraciones de dos tonos o textos para exhibiciones. La técnica es relativamente simple y barata, y los resultados son

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
A2	Parque Nacional Volcán Masaya	Retener como A2 (ver Apéndice C)	Cambiar título y reenfocar texto (ver figura 4-2)	"La Caldera de Masaya: Microcosmo de nuestro Patrimonio Natural"	A(1)
A1	Sala A- Historia del Volcán Masaya (panel de introducción)	Retener como A1 (ver discusión detallada en el Apéndice C)	Cambiar título y reubicar	"El Registro del Hombre en el Volcán Masaya"	A(2)
A3	Arqueología Precolombina	Reubicar como A3-1 y 2 (2 vitrinas nuevas) A12, A13 (ver Apéndice C)	Retitular y rediseñar exhibición(ver Discusión en Sec. 4.1.1.1); Ubicación depende del uso de paneles angulares en el corredor de Exhib. A-1	"Mitos y Leyendas: Los Indígenas Precolombinos y la Montaña que Arde"	A(3)
A4	Escenas históricas del Volcán Masaya	Retener como A4 (ver Apéndice C)	Eliminar título	(Redundante con A1; elementos de exhibición individuales están titulados a los largo del Corredor)	N/A
A4(1)	Sacerdotista Aborigen (Pre-1500)	Recomendaciones. Informe 1992	Reubicar	"Sacerdotista Aborigen"	A(4)
A4(2)	El bautizo del Volcán	Reubicar con A1 (ver Apéndice C)	Retitular y reubicar	"Exorcismo del Volcán Masaya en 1529"	A(5)

69

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
A4(3)	La exploración del Oviedo	Reubicar secuencia dentro de A4-A13 (ver Apéndice C)	Retitular y rediseñar	"Las Exploraciones de Oviedo (1529)"	A(6)
A5(3)	Iconografía del Volcán Masaya: (vista del Masaya en el siglo XVI-Dibujo de Oviedo, 1529)	Reubicar secuencia dentro de A4-A13 (ver Apéndice C)	Producir en silkscreen: ubicación dependiente del uso de paneles angulares en el Corredor de Exhibición A-1	"Un Naturista Renacentista del Siglo XV y su Visita al Volcán Masaya"	A(7)
A4(4) Falta	La bajada de Fray Blass de Castillo	Recuperar y reubicar dentro de A4-A13 (ver Apéndice C)	Recuperar pintura: dar título adecuado y ubicación en secuencia histórica	"La Búsqueda de Oro en el Volcán"	A(8)
A(6)	La Gran Erupción de 1772	Retener como A14 (ver Apéndice C)	Retitular	"La Salvación del Pueblo Nindiriño en 1772"	A(9)
A4(5) Propuesto	Redescubrimiento del Volcán	Ninguna	Eliminar	Eliminar	N/A
A4(6) Propuesto	El Nacimiento del Cráter Santiago	Ninguna	Eliminar	Eliminar	N/A

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
A4(7) Propuesto	La Odisea de los Ingenieros Alemanes	Ninguna	Obtener foto 4 u otra ilustración para crear la exhibición; titular y ubicar aproximadamente en secuencia histórica	"Un Intento por Domar los Gases del Volcán"	A(10)
A5(1)	Econografía del Volcán Masaya (Los Cráteres en el Siglo XX. Foto del Dr. Bruno Meirifch)	Reubicar secuencia dentro de A4-A13 (ver Apéndice C)	Obtener información acerca del Dr. Meirifch para dar contexto a la foto; titular y ubicar apropiadamente en secuencia histórica	Depende del contexto histórico de la foto. Sugiero: "Una Vacación de 1920 en el Volcán Masaya"	A(11)
A7	El Entorno Socio-Económico del Volcán Masaya	Eliminar	Eliminar	Eliminar	N/A
B sin número	Sala B. Geología General (panel de introducción)	Considerar nuevo título y retener como B1 (ver Apéndice C)	Retitular: reubicar si es necesario para brindar mejor visibilidad	"Volcanes: Una Perspectiva Científica"	B1
C3	Larreynaga y su Hipótesis sobre los Volcanes	Reubicar secuencia como B5 (ver Apéndices)	Retitular: desarrollar texto para enfocar la racionalización científica del volcanismo; reproducir gráficos sn silkscreen; reubicar a la pared cerca de la entrada de la sala de exhibiciones	"Los Volcanes y el Pensamiento Científico del Siglo XVII"	B(2)

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
A5(2)	Iconografía del Volcán Masaya (Dibujo y Primer Mapa de la Caldera por Von Serbach, 1865)	Reubicar dentro de A4-A13 (ver Apéndice C)	Retitular: desarrollar texto para enfocar la racionalización científica sobre volcanismo a principios de 1800; reproducir gráficos en silkscreen; reubicar a la pared cerca de la entrada a la sala de exhibiciones	"Un Geólogo del Siglo XIX en el Volcán Masaya"	B(3)
B2	Los Volcanes de la Tierra	Retener como B3 (ver Apéndice C)	Retitular: brindar texto apropiado (ver discución en Sección 4.1.1.2); usar globo rotativo para localizar rasgos volcánicos mayores de la tierra	"Dónde se Forman los Volcanes?"	B(4)
B1	La Escala Geológica	Retener como B2 (ver Apéndice C)	Retitular: brindar texto apropiado; exponer fósiles, artefactos o fotografías en todas las vitrinas para ilustrar; proteger pintura en la pared (mural) con pasamano.	"La Evolución de Nuestro Planeta"	B(5)

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
B3	El Movimiento de las Placas en América Central	Retener como B4 (ver Apéndice C)	Retitular: rediseñar para enfocar el cruce de secciones en la litosfera; luz de fondo y animar, si es posible (ver discusión en la Sección 4.1.1.2); puede necesitar reubicación	"Choque de las Placas Terrestres"	B(6)
C sin número	Sala C. Vulcanología Regional General (panel de introducción)	Retitular y retener como C1 (ver Apéndice C)	Retitular	"Volcanes: Rasgos Volcánicos y Erupciones"	C(1)
C4(2)	Los diferentes tipos de volcanes	Retener como C4 (ver Apéndice C)	Combinar C4(1) y C4(2) bajo un mismo título e interpretar la relación causa y efecto; reubicar a la entrada del corredor de exhibición C	"Tipos de Volcanes y sus Estilos Eruptivos"	C(2a)
C4(1)	Los diferentes tipos de erupciones volcánicas	Retener como C3 (ver Apéndice C)	Combinar C4(1) y C4(2) bajo un mismo título e interpretar la relación causa y efecto; reubicar a la entrada del corredor de exbición C	"Tipos de Volcanes Estilos Eruptivos"	C(2b)

73

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
B4	Estructura interna de un volcán	Reubicar (junto con C3) como B5 nuevo (ver Apéndice C)	Retitular: mejorar texto y señalar rasgos	"Un Sistema Terrestre de Flujo Magmático"	C(2c) o usarse para apoyar D(5)
C5	La Cordillera Volcánica del Pacífico de Nicaragua	Reubicar secuencia como C6 (ver Apéndice C)	Retitular; mejorar el texto y su presentación	"El Eslabón Nicaragüense en la Cadena de Fuego del Pacífico"	C(3)
C1	La Historia de los Volcanes en las Capas de Fuego de los Volcanes	Reubicar secuencia como C8 (ver Apéndice C)	Retitular: desarrollar texto y brindar fotos de tipos de erupciones que hubieran producido las capas de suelo; textos deben describir como es que los científicos determinar las fechas de los depósitos de tepha y la longitud de los depósitos hiatuases; reubicar	"Los Suelos: Evidencia de una Historia Explosiva"	C(4)
E1	El Túnel de Lava	Reubicar secuencia como D9 (ver Apéndice C)	Retitular: desarrollar texto para describir la relación entre túneles de lava y tipo de erupción y forma del cono volcánico; reubicar al final de la Sala C o dentro de la Sala D	"Los Ríos Incandescentes Subterráneos "	C(5) ó D(3a)

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
D	La Naturaleza del Volcán Masaya/El Volcán Masaya y su Ambiente	Retitular y retener como D1 (Ver Apéndice C)	Retitular: retocar sala sobre la historia geológica del volcán Masaya y su ambiente natural existente	"Erupción, Destrucción y Renacimiento del Volcán"	D(1)
D1	Historia Geológica de la Caldera de Masaya	Retener como D2 (Ver Apéndice C)	Retitular: desarrollar texto con fotos de erupciones plinias, estrombolianas y de fisura que ocurrieron a la largo de la historia del volcán Masaya; puede requerir reubicación	"El Origen Cataclísmico de la Caldera de Masaya"	D(2)
D7	Otros Rasgos del Paisaje Volcánico	Reubicar secuencia como D3 (Ver Apéndice C)	Eliminar éste como exhibición separada; consolidar la identificación de rasgos volcánicos dentro de la caldera con la historia de la caldera de Masaya (Exhibición D2 recomendada; Exhibición D1)	"Rasgos volcánicos dentro de la caldera de Masaya"	D(3)

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
C2	Los Materiales que Salen del Volcán	Reubicar secuencia como C5 (Ver Apéndice C)	Retitular: Brindar texto breve para explicar vesículas, cristales fénicos, diferencias texturizadas; obtener especímenes de plantas lanzadas en las ceniza volcánica de Ticuantepe; puede requerir reubicación	"El Arte Eruptivo: Esculturas en Ceniza y Piedra"	D(4)
D4	La Fumarola de Santiago y Danos	Retener como D4 (Ver Apéndice C)	Retitular: Describir composición química y contribuciones volcánicas a la evolución de la atmósfera de la tierra y los cambios climáticos globales; puede necesitar reubicación	"La montaña que arde: composición de los gases volcánicos"	D(5)
C6	Los Volcanes y El Hombre	Reubicar secuencia como C7 (Ver Apéndice C)	Poner un sólo Super-Título pero separar en dos Subtítulos; incorporar los peligros de los gases volcánicos de la exhibición D4; puede requerir reubicación	"Los Volcanes y El Hombre: Una Alianza Frági,l" "Beneficios Volcánicos," "Peligros Volcánicos"	D(6)
D5	Juego para niños en el Mirador	Reubicar en el patio exterior	Sin evaluar	(Decisión de la Gerencia)	N/A

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
E4	La Sucesión Vegetal en Acción	Retener como D2 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(1)[1]
E2 Propuesta	(Diorama con Ficus encima de la Lava)	Combinar con E3 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar pero parece estar relacionado con la recolonización de lavas. Concuerda con recomendación de 1992	(Tema predominantemente Ecológico)	E(1a)[1]
E8	Las Flores y sus visitantes	Reubicar secuencia como D12 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(2)[1]
E9	El Sacuanjoche	Reubicar secuencia como D13 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(3)[1]
E3	Los Túneles de Lava	Combinar con E2 propuesto y retener como D10 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar: Debe tratar de plantas (helechos) y animales (murciélagos, culebras de coral, etc) que preferencialmente vivan en los túneles de lava	"Los Túneles de Lava: Un Habitat Único"	E(4)[1]
D2a	Adaptaciones de los Animales	Reubicar secuencia como D7 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(5)[1]

Tabla 4-1. Sumario de Secuencias Designadas, Títulos Actuales y Recomendaciones de la Consultora para Exhibiciones en el Centro de Visitantes, Corredores A hasta E, del PNVM

Designación de Secuencia Actual y Título de Exhibiciones		Recomendaciones de la Consultora			
Elemento Actual (1992 Rept)	Título Actual	Recomendaciones del Informe de 1992	Recomendaciones de Este Informe		
			Cambios Globales	Título Recomendado	Secuencia dentro del Corredor
D6	Los Chocoyos del Cráter	Reubicar secuencia como D8 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(6)[1]
D2	La vida diurna del Parque	Reubicar secuencia (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(7)[1]
D3	La vida nocturna del Parque	Reubicar secuencia como D6 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(8)[1]
E5 Propuesta	Busto de Ramírez Goyena, primer Botánico Nicaragüense	Considerar contrato para hacer Busto (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	N/A
E6	Alteración del Ambiente por el Hombre	Reubicar secuencia (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(9)[1]
E7	Protección del Parque Nacional	Reubicar secuencia (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(10)[1]
E8	El Paisaje del Parque	Reubicar secuencia como D14 (Ver Apéndice C)	Sin evaluar	(Tema predominantemente Ecológico)	E(11)[1]

[1] Designación representa el mejor estimación de la sequencia lógica para las exhibiciones ecológicas.

visualmente atractivos, firmes y perdurables. El departamento de artes gráficas de una de las universidades locales puede apoyar el entrenamiento de algunos miembros del personal permanente de MARENA/PNVM y proveer el equipo básico necesario para usar esta técnica.

Además de su utilidad dentro del Centro de Visitantes, la técnica de *silkscreening* puede ser útil en exhibiciones paralelas. Las exhibiciones paralelas existentes se han reducido a mensajes introducidos en rótulos de madera o de plástico. La técnica de *silkscreening*, tiene la facultad de poder imprimir esquelas panorámicas con su respectiva leyenda, o dibujar líneas sobre la superficie de un rótulo de madera. Una capa gruesa de barniz (polyuretano)puede ser usado para sellar la impresión. Es necesario probar todos estos materiales contra el efecto de los gases volcánicos y otras condiciones ambientales dentro del Parque.

El Area A-2 deberá utilizar el modelo en relieve de la caldera para orientar al visitante hacia los mas importantes rasgos de interés, dentro del parque. Las discusiones de áreas protegidas y las zonas manejadas deberán ser reservadas para una exhibición en el Area F. El modelo al relieve debe ser pintado en colores frescos y mas naturales. Los lugares distintivos deberán ser atractivamente numerados.

La pared situada a lado izquierdo, detrás del modelo al relieve deberá contener un mensaje narrativo corto en letras grandes. El mensaje narrativo deberá describir la caldera grande que se formó en una erupción cataclísmica hace aproximadamente 6,600 años. Los volcanes resurgentes, Masaya y Nindirí, y las vertientes de lava que cubren el piso de la caldera, todo se formó desde la erupción cataclismica. El panel deberá también hacer notar que el área fue designada como un parque nacional para proteger este, como una parte importante del patrimonio natural de Nicaragua.

4.1.1.2 Salón de Exhibición B

Esta área del Centro de Visitantes hace una transición entre la visión histórica del Volcán Masaya y una visión científica del fenómeno volcánico. La transición debe ser facilitada por la suma y/o reacomodo de por lo menos dos elementos. El primer elemento es un título visible y atractivo (elemento de exhibición B1) en la puerta del Salón de Exhibición B, para promover que los visitantes a que procedan y para sombrear el cambio en la perspectiva histórica hacia la científica. Un candidato a título es *"Volcanes: Ventanas al Interior de la Tierra."* Un título alterno es *"La Tierra Inquieta Debajo de Nosotros: Una Perspectiva Científica."*

Al pasar el nuevo título (Elemento B1) y entrar en la Sala de Exhibición B, el visitante debe encontrar una exhibición transitoria con ejemplos sobre el pensamiento científico temprano en torno al fenómeno volcánico – la pintura de la hipótesis de Larreynaga (actualmente Exhibición B4) con texto interpretativo, seguido inmediatamente por el mapa de von Seebach y un bosquejo del campo volcánico basado en la comprensión científica europea de principios de siglo. Estos

temas pueden desarrollarse en dos paneles de paredes puestos en la pared iquierda al bajar al Salón de Exhibición B.

Un problema significativo en la Sala de Exhibición B es que el Salón está dedicado a procesos dinámicos. Sin embargo, las exhibiciones aparecen pálidas y estáticas, ancladas en las paredes o alojadas dentro de los nichos. La excepción es el mural de la pared que proyecta movimiento en la fluidéz de la cinta blanca pintada como trasfondo de las "fotografías" progresivas sobre la evolución de la Tierra en el tiempo. Los otros elementos en el Salón de Exhibición B, necesitan mayor revisión/mejoramiento.

De la nueva exhibición (Larreynaga y von Seebach) que sigue al elemento B1, una progresión natural del pensamiento llevaría al muro de la pared. Desafortunadamente, el mural de la pared requiere una presentación ininterrumpida que mueva a los visitantes sin detenerse, hasta el extremo opuesto del cuarto. Para brindar un movimiento gradual a través de la habitación y para agregar un elemento dinámico, el globo en posición libre (actualmente ubicado en la Sala de Exhibición G), debe usarse para representar el tema "Los Volcanes de la Tierra" (panel de Exhibición B3).

El título de la exhibición debe hacerse más dinámico, por ejemplo, "Dónde se Forman los Volcanes?" o "Líneas de Fuego y Azufre que Dividen la Tierra." El globo debe rotar lentamente en su eje mediante la instalación de un pequeño motor en su base de madera. Los pisos oceánicos deben pintarse en sombras azules y moradas para representar su batómetro y la ubicación de arrecifes tendidos, así cómo puntos calientes, deben identificarse con pintura naranja/roja. Los 300 o más volcanes del mundo pueden representarse en el globo por la localización de puntos fluoroscentes naranja/rojos. Si los recursos y el espacio lo permiten, el enfoque primordial del texto acompañante debe indicar que los volcanes encontrados en los bordes activos entre las placas litosféricas de la Tierra (o sea, donde hay movimiento relativo como la divergencia o convergencia entre océano/océano u océano/placas continentales – un elemento de las placas tectónicas). El globo debe instalarse frente a la primera mitad del nicho semicircular a lo largo de la pared izquierda del Salón de Exhibición B (donde está instalada la Exhibición B4, titulada "El Movimiento de las Placas en América Central). Si el globo se instala al nivel del piso, una barandilla semicircular a la altura de la cintura debe envolver la porción del globo que se extiende hacia la habitación. Una alternativa recomendada es la de construir una base de madera de 16 a 18 pulgadas, con varios pies más anchos que el diámetro del globo, proyectándose dentro de la Sala de Exhibición B desde el nicho y pared y sobre el cual el globo puede montarse. La parte superior de la base podría inclinarse en un ángulo alejado del globo para brindar un espacio para el texto acompañante. La instalación del globo en una base permitirá que el globo pueda ser visto desde 270 grados.

En este punto, el visitante será confrontado por el comienzo del panel en la pared (elemento de Exhibición B2). El trabajo artístico del mural de pared es de excelente calidad y debe preservarse. La exhibición, sin embargo, necesita aumentarse por el texto y (como se recomienda en el

80

Informe de Consultoría de 1992) con fósiles y otros especímenes ilustrativos, artefactos o fotografías. Debe tenerse cuidado en la selección de los especímenes adecuados. El fósil trilobite mencionado en el Informe de Consultoría de 1992, sería inapropiado porque las piedras paleozoicas (piedras mas antiguas que 400 millones de años) que contienen fósiles identificables, se sabe pueden encontrarse en las áreas de base continental en el norte de Nicaragua.

El modelo de relieve titulado "El Movimiento de las Placas en América Central", debe modificarse para enfatizar la sección que cruza a través de la litoesfera y manto para restar énfasis al relieve de la superficie que es redundante con el modelo que se encuentra en la Sala de Exhibición C. La sección cruzada geológica debe corregirse para mostrar la migración de una banda de magma enfocada de manera más angosta (responsable de una línea de volcanes a lo largo del margen occidental de la Depresión Nicaraguense). La escala vertical, indicando la profundidad relativa de la zona de substracción y el gruesor de la plancha litosférica debe revisarse. La sección cruzada también debe pintarse en colores mas vibrantes en un panel de plexiglás translucido iluminado por detrás, y si es posible dar un sentido de movimiento mediante el uso de una pequeña rueda rotante con líneas geométricas proyectadas con lámparas fluorescentes o incandescentes (frías) de bajo voltaje. Un texto apropiado debe acompañar la exhibición. Finalmente, a la exhibición debe dársele un mejor título, como podría ser "Las Placas Tectónicas Chocan por Debajo de Centro América."

4.1.1.3 Salón de Exhibición C

Las Salas de Exhibición C y D requieren pensarse con mucho cuidado, ofreciendo los mejores retos en términos de espacio y otras limitaciones. Idealmente, El Area C debe usarse para presentar información genérica sobre los procesos volcánicos usando ejemplos que se encuentran en el Parque. Desafortunadamente, el modelo de relieve grande de los volcanes en el Occidente de Nicaragua llena la mayoría de los cuartos. La Sala de Exhibicón D y E no parecen tener un espacio apropiado para albergar el modelo al relieve sin imponer restricciones en esas áreas.

La mejor solución parece ser la siguiente: la Sala de Exhibición C debe replantear su enfoque sobre los diferentes tipos de volcanes y estilos de erupciones. Algunas de las exhibiciones albergadas en el Salón C deben reubicarse a las Salas D y E. La Tabla 4-1 representa la mejor opción respecto a como necesitan redistribuirse las exhibiciones. La colocación actual de las exhibiciones requiere información sobre las dimensiones de las áreas de exhibición, tamaños de exhibiciones existentes, propuestas y presupuestos que no estuvieron accesible para la Consultora al momento de escribir este Informe.

El modelo al relieve debe moverse alejándolo del fondo de la pared en el Salón C. Una estructura liviana que cuelga del cielorazo se necesita para colgar el texto. Los paneles de textos colgantes deben terminar aproximadamente a unos tres pies por encima de la superficie del modelo y deben inclinarse hacia el centro para facilitar su visibilidad a los visitantes al estar alrededor del modelo.

Una nueva exhibición que combine elementos de varias exhibiciones existentes debe instalarse en las paredes a ambos lados de la entrada del Salón C. La nueva exhibición debe contar con gráficos, fotografías y textos coloridos para describir los tipos de edificios volcánicos básicos y los tipos de erupciones que producen. Conceptos claves como estratovolcanes, volcanes escudos, conos de fuego, y erupciones que producen, como son las plinias, estrombolianas o por fallas. El modelo cortado del estratovolcán ubicado en la Sala C debe formar parte de esta exhibición, si el espacio lo permite. Algún uso del espacio al final del Salón B puede requerirse para brindar una área adecuada para esta exhibición.

El texto y fotografias encima del modelo al relieve, deben recoger las palabras claves y brindar ejemplos. Para hacer esto, se tienen que identificar otros rasgos, además de los 17 estratovolcanes de la cadena volcánica nicaraguense.

El nicho semicircular de la Sala C sería ideal para albergar una serie de 3 a 4 paneles verticales describiendo la columna de suelo local y su registro de erupciones explosivas que afectaron la región entre Managua y Masaya. La información para estos paneles puede obtenerse en la tésis doctoral de D. Bice en 1983 (ver lista de referencias).

La pared encima de las gradas al final del Area C, puede ser apropiada para la exhibición de paneles, dependiendo de consideraciones sobre el espacio y visibilidad una vez que el modelo al relieve grande se encuentra reubicado. Si el espacio y la visibilidad lo permiten, el área puede usarse para una exhibición sobre los túneles de lava y su impacto sobre la forma del edificio volcánico. Si el espacio y la visibilidad son restringidos, el lado izquierdo de esa pared de las gradas hacia la entrada de la Sala de Exhibicion D, debe usarse para el título de la siguiente área de exhibición.

4.1.1.4 Salón de Exhibición D

La validéz de las recomendaciones brindadas para esta área, estan sujetas a una valoración realista del espacio y presupuesto que se tenga. Varias de las exhibiciones existentes, sin embargo, requerirán recursos financieros que puedan no estar accesibles en el presente. Las siguientes sugerencias incluyen una revisión mayor de las Areas D y E, así como opciones de cambios menores y reacomodos.

Entre las Salas de Exhibición C y D, una transición interpretativa se hace entre los procesos volcánicos con ejemplos regionales hacia la interpretación de sitios específicos de los rasgos dentro del Parque. La exhibición inicial debe describir lo que se conoce acerca de la historia volcánica de la Caldera Masaya. La tésis de Williams de 1982, contiene la información requerida para esta exhibición (ver lista de referencias). Un mayor enfoque de la exhibición debe ser la naturaleza inusual y explosiva que creó la caldera y su novedad. Otro punto adicional de interés es la alta tasa de erupciones que aparentemente ha caracterizado al Volcán Masaya desde la erupción plinia hace 6.600 años, la cual creó la caldera. La alta tasa de erupciones ha producido lavas que

cubren totalmente el piso de la caldera (y áreas externas) a una profundidad de por lo menos 200 metros.

La evolución geológica de la Caldera Masaya debe ser motivo de varias exhibiciones sobre los rasgos y fenómenos volcánicos que puedan verse dentro del Parque. Estas exhibiciones, descritas en la Tabla 4-1, incluyen una descripción de los tubos de lava, gases y productos líticos de la actividad volcánica. La exhibición final dentro del Area D debe ofrecer una transición a los temas ecológicos mediante descripción de la tensa coexistencia entre el hombre y el volcán. Esta exhibición final debe describir los beneficios que el hombre deriva de la actividad volcánica (suelos muy ricos, minerales, materiales de construcción, las cualidades estéticas del paisaje, áreas para parques nacionales, etc.) así como los peligros de vivir cerca de los volcanes (los muchos tipos de peligros volcánicos a la vida humana y la supervivencia).

4.1.1.5 Salón de Exhibición E

Cualquier reacomodo de las exhibiciones en la Sala E, depende del espacio adquirido para desarrollar los temas geológicos de las erupciones y devastaciones en la Caldera Masaya en la Sala D. La Tabla 4-1 (columna 6) presenta una secuencia posible para exhibiciones que soporten la recolonización del área devastada y una descripción de los ecosistemas dentro de la caldera. El desarrollo pleno de los temas dentro de la Sala de Exhibición E, deben dejarse a un ecologista o especialista similar.

4.1.1.6 Salón de Exhibición F

Para esta área, la cual esta primariamente enfocada en temas ecológicos, no se hacen recomendaciones ni evaluaciones significativas. Sin embargo, como un comentario menor, el modelo al relieve de un volcán que ha sido pensado como una forma para ilustrar los resultados apropiados e inapropiados en la practica de manejo de una vertiente acuática pretende mostrar varias reservas grandes de agua detrás de los diques en los declives del volcán. Considerando la frecuencia de grandes erupciones de los volcanes nicaragüenses, planear obtener este "beneficio" particular a través de vertientes administradas, probablemente no es prudente. El modelo al relieve exhibido, al igual que muchos otros en el Centro de Visitantes, también necesitan ser acompañados por en texto apropiado.

4.1.1.7 Salón de Exhibición G

No se hace ninguna evaluación ni recomendación para esta área, la cual esta primariamente enfocada en interpretar temas ecológicos.

4.1.1.8 Salón de Exhibición H

La recomendación para esta área es remover el globo y utilizar este en el Área B en reposición de la exhibición existente ("Los Volcanes de la Tierra") para introducir placas tectónicas y la localización de la mayoría de volcanes en los márgenes de la inter-placa (ver discusión en la Sección 4.1.1.2.)

4.1.2 Recursos de Audiovisuales

Una presentación de transparencias narradas de aproximadamente 4 minutos de duración, es la presentación standard usada para los grupos escolares que visitan el Parque. La presentación fue desarrollada por el Dr. Jaime Incer, el notable geógrafo y ecologista nicaragüense, y cubre un amplio radio de información, tanto específica sobre el Parque y genérica sobre Nicaragua. Una versión simple de la narrativa, presumiblemente encaminada a nivel de educación primaria o de la primera etapa de la secundaria, se usa para todos los grupos.

Recomendaciones

Actualmente el PNVM no tiene recursos audiovisuales (un monitor grande o varios televisores monitores de tamaño normal; una video grabadora de cassette, o un VCR) para presentar los programas de video. El PNVM deberá intentar adquirir el equipo necesario y tomar ventaja de los muchos videos de programas cortos que están comercialmente disponibles en Español. Varios videos relacionados a la geología o vulcanología del Parque se mencionan en una lista en el Apéndice F. Como mínimo se deben adquirir: dos televisores monitores (con pantallas que rebasen las 26" en diagonal) o un (proyector) monitor grande y un VCR. La presentación de transparencias podría ser trasladada al sistema de cassette para eliminar las dificultades mecánicas que invariablemente acompañan los programas sincronizados que involucran narración grabada y cambio de transparencias.

4.1.3 Materiales Educativos para Grupos Escolares

Los grupos escolares que visitan el Parque son; desde tercer grado de educación primaria hasta el segundo nivel de secundaria. El personal del Parque, incluye a algunos maestros (en nómina del Ministerio de Educación, MED) quienes se especializan en educación ambiental. Estos maestros acompañan a los grupos escolares en giras turísticas de alrededor de 60 estudiantes a través del Centro de Visitantes y al área del cráter.

Los maestros del PNVM/MED, han desarrollado un currículum para la educación ambiental que es aprobado por el MED, para ser usado en los distintos grados. Los materiales usados en el Parque consisten exclusivamente en los que se encuentran en el Centro de los Visitantes: la presentación narrada con las transparencias y las exhibiciones.

Recomendaciones

Las opciones para complementar los materiales usados por los grupos escolares incluyen virtualmente cualquier mecanismo que demande o estimule la interacción del estudiante con lo que se le esta presentando. Los especialistas interpretativos del programa del PNVM/MED, deberán considerar la compra o diseño de varia hojas de trabajo, específicamente para los niveles de educación primaria, media, y los niveles superiores de secundaria. Las hojas de trabajo, deberán contener preguntas para que los estudiantes puedan resolver acertijos y rompecabezas, basados en la información presentada, o de otra forma atraer al estudiante a participar en la experiencia de aprendizaje del Parque. Hojas de trabajo de este tipo pueden estar disponibles por la vía comercial a través del sistema de parques nacionales en los EE.UU. o en América Latina.

Los sistemas de "Home Page" de Internet, sobre vulcanología (ver Apéndice F) contiene ideas sobre la educación ambiental para grupos de todas las edades. Desafortunadamente, la mayoría de los sitios en la Red están en idioma inglés. Los administradores del PNVM/MARENA, deberán identificar uno o mas miembros bilingües en su personal, para investigar, lo que pueda estar disponible y que pueda ser apropiado para el uso del Parque. Uno de los ejercicios propuestos en un sitio de la Red, proporrciona programas (software) que crean imágenes tridimensionales de un volcán; después permiten al usuario seleccionar de una serie de opciones que describen la demografía y el patrón de uso de las tierras circundantes, así como también el tipo y severidad en una erupción teórica. El modelo simula el efecto de la erupción en las áreas circundantes. El ejercicio en su conjunto esta dirigido a alumnos de niveles avanzados de secundaria, y a la vez que estimula visualmente, demanda al estudiante formular y probar planes rápidos (ej: rutas de evacuación), planes a largo plazo (zonificación de la tierra y restricciones) que pudieran mitigar el daño causado por el volcán.

4.2 Exhibiciones al Borde del Camino

4.2.1 Miradores del Cráter

Las exhibiciones situadas a la orilla del camino, originalmente instaladas en el área del cráter consisten en placas de aluminio en las áreas de los miradores del MPO, el MBE, y el MCB. Las placas tienen pequeñas narraciones en español e inglés de los puntos de interés y algunos datos estadísticos básicos (tales como; circunferencia, profundidad del cráter y profundidad del magma). Las tres placas que fueron instaladas en 1977 fueron robadas entre 1979 y 1980 y nunca fueron repuestas.

Recomendaciones

Se deben instalar, lo mas pronto posible nuevas placas en el MPO y en la base de las escaleras que conducen al OVB (hasta que se tome la decisión sobre la futura configuración de la infraestructura del MCB). Aluminio vertido es el material idóneo para las placas interpretativas

basado en la accesibilidad local, durabilidad y su relativo bajo costo, su razonable resistencia a los gases volcánicos. Las placa deberán ser colocadas con cemento (no atornilladas) sobre las bases nuevas o existentes, construidas con bloques de concreto reforzado con piedra natural.

Los especialistas topográficos de MARENA deberán usar fotografías áreas recientes para actualizar las estadísticas sobre el tamaño, profundidad y elevación máxima del borde de cada uno de los cráteres mayores y del intercráter Santiago.

Los planes futuros para las exhibiciones a la orilla del camino en el área del cráter deberán incluir dos placas adicionales que describan la secuencia de desarrollo de los puntos relevantes en el área del cráter y la relación de la Caldera grande y los escapes volcánicos cercanos a la historia geológica del Masaya. Estos dos temas requerirán una presentación mas elaborada, posiblemente usando dibujos panorámicos en una superficie amplia. Las exhibiciones a la orilla del camino podrían ser indicadas en paneles de madera grande pintadas o bruñidas. Alternativamente, para los exhibidores se podría utilizar la técnica de *Silkscreening* descrita en la Sección 4.1.1.1 después que los materiales (pintura, sellador, base para la madera o Formica montado sobre madera) hayan sido probados en el área del cráter expuestos a los gases volcánicos.

4.2.2 Tuneles de Lava "Tzinanconostoc"

El 21 de Julio el Guardaparques (A. Alemán) acompaño a un grupo de consultores de TR&D al túnel de lava Tzinanconostoc y proporcionó un excelente recuento del desarrollo y uso actual del camino hacia y a través del túnel cercano a la Casa de los Murciélagos. El túnel fue examinado por el grupo siendo el mas largo y accesible de todos los explorados anteriormente por los Consultores a lo interno del Parque.

Los túneles de lava ofrecen la oportunidad de presentar una variedad de temas educativos sobre el medio ambiente que pueden ser incorporados a la interpretación personal ofrecida por los guardaparques especialistas. Los temas que son apropiados para los paseos túristicos, incluyen una discusión del proceso volcánico que formó los túneles y la flora y fauna que explota este hábitat ecológico único. El apéndice D, contiene un discusión breve no técnica sobre el proceso volcánico en el complejo de la caldera Masaya, con una sección enfocada sobre el significado de los túneles de lava hacia el entendimiento del proceso volcánico y la morfología del edificio volcánico. La información contenida en el Apéndice D es proporcionada con la intención de ayudar al personal interpretativo del PNVM ha actualizar la presentación actualmente usada para el paseo túristico del túnel de lava del Parque.

4.2.3 Fumarolas en el Cerro "El Comalito"

La senda natural en el Cerro El Comalito fue cerrada al público cuando los Consultores visitaron el Parque y parece haber estado cerrada por varios años. Un camino rústico que da vuelta alrededor del área de la fumarola es como un paseo túristico (sin guía) con indicadores numerados

colocados a lo largo de la senda que correspondió a un panfleto informativo. Algunos de los indicadores estaban cubiertos por la vegetación que creció en la senda. Además, el diagrama a la entrada de la senda esta de alguna manera estaba guiando mal a las personas, comparada con la disposición actual de la senda.

El área de la fumarola se dispersa a lo largo del área ascendente con prolongados montículos de lapilli sobre una fisura abierta en el flanco norte del Volcán Masaya. Durante una inspección al Parque realizada el 21 de Julio, los Consultores encargados de la arquitectura del paisaje (J. Todd) expreso su preocupación acerca de la potencialmente frágil y peligrosa naturaleza del área y sugirió la construcción de una plataforma de madera elevada que permitiese el acceso al publico a las fumarolas activas y a la vez protegiese el recurso natural. Este abordaje es usado con éxito en áreas que tienen lodo movedizo en el Parque Nacional Yellowstone. Las plataformas simples en Yellowstone están construidas con un pasamanos de aproximadamente 12 a 14 pulgadas sobre la superficie del suelo, lo suficientemente alto para hacer incómoda la bajada pero también, adecuadamente baja para que no ocurran daños físicos a un visitante si se cae de la plataforma. Generalmente, solo los miradores mas importantes del Yellowstone son construidos con un pasamanos para minimizar lo elevado y el impacto visual sobre todas las instalaciones. Sin embargo, a menos que la gerencia del PNVM pueda resolver el problema de socavamiento en el Parque, la inversión requerida para las plataformas de madera y los miradores estarán en riesgo.

La travesía por la senda natural, se supone requiere 40 minutos. Si la gerencia del PNVM considera la reapertura de la senda natural para que esta sea usada por los grupos escolares, quienes podrían almorzar en las mesas colocadas a la entrada, se deben reparar los servicios higiénicos. Una parada para almorzar y la caminata a lo largo de la senda requerirán alrededor de una hora y media; lo suficientemente lejos para que los servicios higiénicos estén disponibles; lo suficientemente cerca para evitar el uso de los arbustos a los largo de la senda.

Aún cuando probablemente no sea importante en la lista de prioridades, del programa interpretativo del PNVM, se debe considerar el desarrollo de mensajes interpretativos básicos que puedan ser presentados sobre 10 a 12 rótulos o placas a lo largo de la senda. El uso de indicadores numerados y un panfleto podría entonces ser reservado para interpretaciones mas especializadas dirigidos a los grupos escolares según su interés y edad.

4.2.4 Las Vertientes de Lava de 1772

La exhibición original a la orilla del camino a lo largo del Camino Real del Popogatepe consistió en un rótulo de madera pequeño que anuncia la "Colada de Lava de 1772". Debido a lo angosto del camino, no se recomendaron mas rótulos o placas interpretativas para este sitio. La misma consideración prevalece. Se recomienda que esta particularidad se resalte en el contenido del diagrama y el texto del panfleto del Parque. El personal del PNVM, debe comparar la lista en el Apéndice E con las publicaciones disponibles en sus archivos.

4.3.2 Material Educativo Ambiental

Aun cuando esta fuera del alcance del trabajo realizado para este informe, el Apéndice F contiene una pequeña lista de materiales educativos que fueron obtenidos por los Consultores y entregados al personal del MARENA/PNVM, en julio o que pueden ser obtenidos por la gerencia del PNVM, a través de fuentes comerciales.

4.3.3 Planes y Diseños Interpretativos y de Infraestructura

En el archivo de TR&D en MARENA, estaban un número limitado de planes y diseños interpretativos. Ninguno de los planes originales o especificaciones para la construcción u otra infraestructura instalada en el Parque entre 1977 y 1983 fue encontrada en los archivos del PNVM, MARENA o TR&D. Ver las recomendaciones en la Sección 1.4 de este informe.

5.0 SINTESIS Y RECOMENDACIONES

Por seguridad pública, el mirador "Boca del Infierno" deberá ser cerrado y el acceso público estrictamente restringido. La senda existente en el Mirador "Plaza de Oviedo" y el Mirador "Boca del Infierno" deberán también ser cerrados al tráfico de peatones. Estos se deben orientar hacia el camino pavimentado hasta que una nueva senda pueda construirse alejada de la orilla del Cráter Santiago. El acceso vehicular deberá ser restringido hasta la Casa de los Murciélagos, para los vehículos livianos, o preferiblemente cerrado a todos y la carretera usada para el tráfico de peatones.

Se deberá adquirir equipo de protección personal para el control de los grupos (tales como pitos, cornetas, lámparas de mano, banderas de colores) y el personal del Parque deberá ser entrenado en su uso. Se debe iniciar un monitoreo médico sobre la salud respiratoria del personal del Parque. El personal del Parque deberá ser informado de los peligros a que esta expuesta su salud, debido a la exposición de gases volcánicos y deberán contribuir a desarrollar planes para mitigar los efectos adversos a su salud.

Los edificios, carreteras y otra infraestructura del Parque están seriamente degradados debido a la falta de mantenimiento. Se debe desarrollar una evaluación profesional y planes para el mantenimiento inmediato y a largo plazo de la inversión del Parque. La adecuación de fondos del presupuesto anual del Parque, o de ingresos generados se deben designar para la implementación del plan. El funcionamiento de los servicios sanitarios del Parque deberá ser mejorado y el aprovisionamiento de artículos sanitarios deberá estar disponible para el uso publico todo el tiempo.

El Parque deberá promover el desarrollo de su personal y aumentar su capacidad material para realizar las modificaciones o mejoras a las exhibiciones del Centro de Visitantes y de la orilla del camino. Alternativamente, el Parque deberá contratar los servicios de una agencia publica o privada que pueda producir rótulos y/o paneles para exhibición que reúnan la especificaciones del Parque a un costo razonable.

Se deberá desarrollar un plan priorizado para la reposición o terminación de las exhibiciones de la orilla del camino y del Centro de Visitantes. El plan deberá incluir especificaciones, bosquejos, cotizaciones para todos los elementos de trabajo, y la proyección de costos para el mantenimiento a largo plazo. La gerencia del PNVM Y MARENA, además de proveer el presupuesto básico y calendalizar el trabajo, podrá usar el plan de exhibición para solicitar la asignación de fondos financieros de fuentes internacionales para alcanzar el trabajo propuesto.

6.0 REFERENCIAS

American Geological Institute (AGI), 1972. *Glossary of Geology*, Gary, M., R. McAfee, Jr. and C.L. Wolf. (eds).

Baxter, P.J., R.E. Stoiber, and S.N. Williams, 1982. Volcanic gases and health: Masaya Volcano, Nicaragua. *Lancet*, July 17, p. 150-151.

Bernstein, R.S., 1983. Assessment of respiratory hazards associated with air pollutants from volcanic eruptions, Kilauea volcano, Hawaii. Public Health Service, Centers for Disease Control, Atlanta.

Bice, D.C., 1980. Tephra stratigraphy and physical aspects of recent volcanism near Managua, Nicaragua. Unpublished Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley, California. 422 pp.

Blong, R.J., 1984. *Volcanic Hazards: A Sourcebook on the Effects of Eruptions*. Academic Press, Florida, 424 pp.

Bolt, B.A., W.L. Horn, G.A. MacDonald, and R.F. Scott, 1975. *Geological Hazards*. Springer-Verlag, New York, p. 112-114.

Incer B., J. and Gutierrez H., C. (eds), 1975. *Plan Maestro para el Establecimiento y Manejo del Area del Volcán Masaya como Parque Nacional,* report to CATASTRO-UCA-IGN-Banco Central, Managua, Nicaragua. 145 pp.

Lamb, H.H., 1971. Volcanic Activity and climate, *Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, V. 10, n. 2-3, p. 203-230.

Lamb, H.H., 1970. Volcanic dust in the atmosphere; with a chronology and assessment of its meteorological significance, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, V. 266A, p. 425-533.

Sheets, P.D. and D. K. Grayson (eds), 1979. *Volcanic Activity and Human Ecology*, Academic Press, New York.

Stoiber, R.E. and S.N. Williams, 1986. Sulfur and halogen gases at Masaya caldera complex, Nicaragua: Total flux and variations with time. *Journal of Geophysical Research*, v. 91, p. 12,215-12,231.

Tilling, R.I. (ed), 1989. *Volcanic Hazards: Short Course in Geology, Vol. 1.* American Geophys. Union, Washington, D.C. 123 pp.

Williams, S.N., 1983. Plinian airfall of basaltic composition. *Geology*, v. 11, p. 211-214.

Williams, S.N., 1983. *Geology and Eruptive Mechanisms of Masaya Caldera Complex, Nicaragua.* Unpublished Ph.D. thesis, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, 169 pp.

APENDICE A

GLOSARIO DE TERMINOS VULCANOLOGICOS USADOS EN ESTE INFORME

APENDICE A
GLOSARIO DE TERMINOS VULCANOLOGICOS USADOS EN ESTE INFORME

aglutinar: un depósito piroclástico soldado caracterizado por material vidrioso cementando los fragmentos, la presencia de escoria, y la ausencia de matriz tufo (piedra volcánica esponjosa).

ceniza: material fino piroclástico (bajo 4.0 mm de diámetro; bajo 0.25 mm de ceniza fina). El termino por lo general se refiere a material no-consolidado pero es a veces usado por su contraparte consolidada, o tufo.

basalto: una piedra ignea "mafica", oscura o de color medianamente oscuro, compuesta principalmente de plagioclase calcio y clinoperoxeno en una masa vidriosa o finamente granuladas. (AGI, 1972).

surgimiento de la base: una nube de gas y ripios suspendidos en forma de anillo que se mueve radialmente hacia afuera a alta velocidad como un flujo denso de la base de la columna vertical de explosión acompañando una erupción volcánica o formación de un cráter por una explosión o impacto a hipervelocidad. (AGI, 1972) Un tipo de depósito piroclástico que esta compuesto de escoria solidificada y ceniza derivada de una erupción explosiva de magma del ventilador del volcán después de interactuar con aguas superficiales o aguas ligeramente subterráneas. La columna de erupción de un surgimiento de base generalmente no es suficientemente energético para implicar grandes cantidades de fragmentos líticos densos arrancados de los lados del conducto volcánico. La capa basal de las erupciones contiene grandes bloques de ejecta densa en una matriz finamente desgastada, recubierta por escoria atravesada y capas de ceniza conteniendo pocos fragmentos líticos en comparación a depósitos calientes de surgimiento de la base. La escoria temprana y capas de ceniza con frecuencia tienen estructura pisolítica indicando aglomeración de partículas de cenizas por abundantes gotas de agua en la columna eruptiva. Surgimientos de base por lo general se restringen a unos 10 km de la fuente de ventilación. (Tilling (ed) 1989, p. 11-12).

caldera: Una depresión volcánica grande, en forma de cuenco, mas o menos circular en su forma, el diámetro de la cual es muchas veces mayor que el del escape o escapes incluídos, no importando lo escarpado de las paredes o forma del piso (Williams, 1941 en AGI, 1972).

cono de fuego: Una loma cónica formada por la acumulación de piedras de fuego y otras eyecciones escoriaceas, normalmente de composición basáltica o andesítica. Lo escarpado de las lomas difiere ampliamente dependiendo de la tosquedad de las eyecciones, la altura de la erupción, la velocidad del viento, y otros factores. (AGI, 1972).

cráter: Una estructura en forma de cuenco que usualmente esta en la cima de un cono volcánico; su piso es aproximadamente del diámetro del escape. Puede formarse por una explosión eruptiva o por acumulación gradual de material piroclástico al interior de un borde circundante.

terremoto, "tipo-A": Una descarga de energía sísmica generada (1) por el movimiento de magma y

formaciones de fallas asociadas o (2) explosiones volcánicas. Los terremotos son típicamente superficiales, de magnitud pequeña a moderada (M es menos o igual a 5), y pocas veces causan daño a sitios lejanos a la fuente del volcán. (Tilling (ed) 1989, p. 54).

terremoto, "tipo-B": Una descarga de energía sísmica a profundidades de un kilometro o menos. Igual que los terremotos tipo-A, los eventos tipo-B se piensa que son causados por fracturas de piedras, pero la señal sísmica tiene una frecuencia mas baja probablemente debido al paso a través de capas heterogéneas de ceniza y lava (Tilling (ed) 1989, p.54).

tasa de efusión: La tasa a la cual se deposita magma en la superficie, indicativa de la productividad de la zona de la fuente y de las características del camino hacia la superficie. Los flujos de lava del Volcán Masaya están considerados de tener altas tasas de efusión que contribuyeron a la alta fluidez y largos trayectos de los flujos. La alta tasa de flujos en el Masaya puede deberse al carácter delgado, no-continental de la concha subterráneo y a la proximidad de la falla de Cofradía que penetra profundamente en la concha y probablemente sirvió de conducto mayor para la migración hacia arriba de la magma (de S. Williams, 1983).

eyecta (eyección) volcánica: Fragmentos líticos accidentales que son arrancadas de los lados del conducto volcánico por la fuerza de la rapidez de la magma elevándose muy profundo por debajo de la superficie o por la parte (impulso de gas) mas baja de la columna de erupción cerca de la superficie. Mientras aun están en el aire, los fragmentos se refieren como proyectiles balísticos. (Tilling (ed) 1989, p.17, modificado).

nube de erupción: Una nube gaseosa de ceniza volcánica y otros fragmentos piroclásticos que se forman por la explosión volcánica; la ceniza puede caer de ella por deposiciones en la caída del aire. (Agie, 1972).

columna de erupción: La forma inicial que asume una nube de erupción en el momento de la explosión; la parte baja de una nube de erupción. (AGI, 1972).

falla: Una superficie o zona de piedra fracturada a lo largo de la cual ha habido desplazamiento, desde unos pocos centímetros hasta unos cuantos kilómetros en una escala. (AGI, 1972).

fisura: Una superficie de fractura o rajadura en la piedra a lo largo de la cual hay una separación distintiva. (AGI, 1972).

erupción de fisura: Una erupción que toma lugar de una fisura alargada, en vez de un escape central. Generalmente es basáltica. (AGI, 1972).

flujo, lava: Un derrame lateral, superficial de lava hirviendo de un escape o una fisura; también, el cuerpo solidificado de piedra que así se forma. (AGI, 1972).

flujo, piroclástico: Mezclas de fragmentos de piedra caliente (300 a 800 grados celcius) densos y

convexos y gases que abrazan la tierra y se mueven rápidamente alejándose del volcán eruptivo a velocidades que varían desde 10 hasta cientos de metros por segundo, enterrando y quemando casi todo en su camino. El flujo puede ser relativamente pequeño, afectando solamente un sector de los costados del volcán, o puede ser muy grande, moviéndose radialmente al alejarse del volcán en todas las direcciones. Un flujo piroclastico grande esta entre los mayores peligros de eventos volcánicos reconocidos por el hombre. (Tilling (ed) 1989, p. 11).

fractura: Un termino general para cualquier rotura en una piedra, cause o no desplazamiento, debido a la falla mecánica de la presión. Las fracturas incluyen rajaduras, junturas y fallas. (AGI, 1972).

peligro volcánico: La probabilidad de que una área dada sea afectada por procesos volcánicos o sus productos potencialmente destructivos dentro de un periodo de tiempo determinado. En contraste, el riesgo volcánico incluye la consideración del valor de lo que esta en una área afectada por procesos volcánicos destructivos o geológicos así como la vulnerabilidad o proporción del valor que probablemente se pierda si el área es afectada por un peligro especifico. Los peligros volcánicos potenciales incluyen flujos de lava, corrientes densas piroclásticas (estallidos laterales, surgimientos o flujos), colapso estructural por fallas o avalanchas de ripios, flujos de ripios (lahares), derrumbes de tephra, gases, terremotos, tsunamis, y ondas de choque atmosféricas. (Tilling (ed), 1989).

ignimbrite: La piedra formada por los depósitos y consolidación de los flujos de ceniza y nubes ardientes. Originalmente, el término implicaba soldadura densa pero ya no hay tal restricción, de tal manera que el término es parcialmente sinónimo de tufo (piedra esponjosa volcánica) soldado, y puede incluir la sillar no-soldada también. (AGI, 1972).

lapilli: Piroclásticos que pueden ser esenciales (formados por la erupción de magma), accesorios (tales como hechos de cristales que se han sedimentado en la magma), o accidentales (arrancados de la pared de piedra) en origen, de una variedad de tamaños que se definen desde 1 a 64 mm en diámetro. Los fragmentos pueden estar solidificados o aun viscosos al caer (aunque algunas clasificaciones restringen el termino a la anterior). (AGI, 1972).

lava: Un término general para una expulsión derretida; también, para piedra que se ha consolidado de ello. (AGI, 1972).

lineamiento: Arreglado en una línea o líneas, como un grupo lineal de escapes. Es un arreglo unidimensional, en contraste con los arreglos planos. (AGI, 1972, modificado).

magma: Material de piedra que se mueve naturalmente, generado dentro de la tierra y capaz de intrusión o extrusión. Puedo o contener sólidos suspendidos (tales como cristales y fragmentos de piedras) y/o fases gaseosas.(AGI, 1972).

cono parásito: Dicho de un cono volcánico, cráter, o flujo de lava que ocurre a la par de un cono más grande; es una formación subsidiaria. (AGI, 1972).

piroclástico: Perteneciente a material de piedra clásico formado por explosión volcánica o expulsión área de un escape volcánico; también perteneciente a la textura pedregosa de origen explosivo. No es sinónimo con el adjetivo "volcánico". (AGI, 1972).
scoria (escoria): Concha vesicular, quemada en la superficie de lava andesítica o basáltica, la naturaleza vesicular de la cual se debe el escape de gases volcánicos antes de solidificarse; usualmente es más pesada, oscura, y más cristalina que la piedra poma. (AGI, 1972).

evento sísmico: Un terremoto o movimiento similar transitorio de la Tierra causado por una explosión. (AGI, 1972)

surgimiento piroclástico: Mezclas turbulentas de ceniza volcánica, escoria y gases que fluyen hacia abajo en los costados de un volcán en erupción sobre la superficie de la tierra a altas velocidades. Un surgimiento puede ser frió o caliente. Los surgimientos piroclásticos calientes se pueden formar (1) por separación de gases más móviles y arena fina que se mueven adelante de flujos piroclásticos más lentos y más densos, formando una base o capa de ceniza que puede preservarse por debajo de los depósitos (2) de flujos piroclásticos por el colapso de una columna en erupción que puede o no también estar lanzando flujos piroclasticos, o (3) por separación de gases menos densos y ceniza que se alza por encima de flujos piroclásticos más denso, formando una capa de ceniza sobre los depósitos de flujos piroclásticos subterráneos. Los surgimientos piroclasticos calientes son más móviles que los flujos piroclásticos, pueden escalar barreras topográficas, y pueden afectar áreas a muchas decenas de kilómetros del escape de origen. Los surgimientos piroclasticos fríos, o surgimientos de base, se originan por explosiones hidrovolcánicas en las cuales el agua subterránea o agua superficial interactua con magma. Los surgimientos de base por lo general se restringen a dentro de un perímetro de 10 km. del escape de origen. (Tilling, (ed) 1989, p. 11-12).

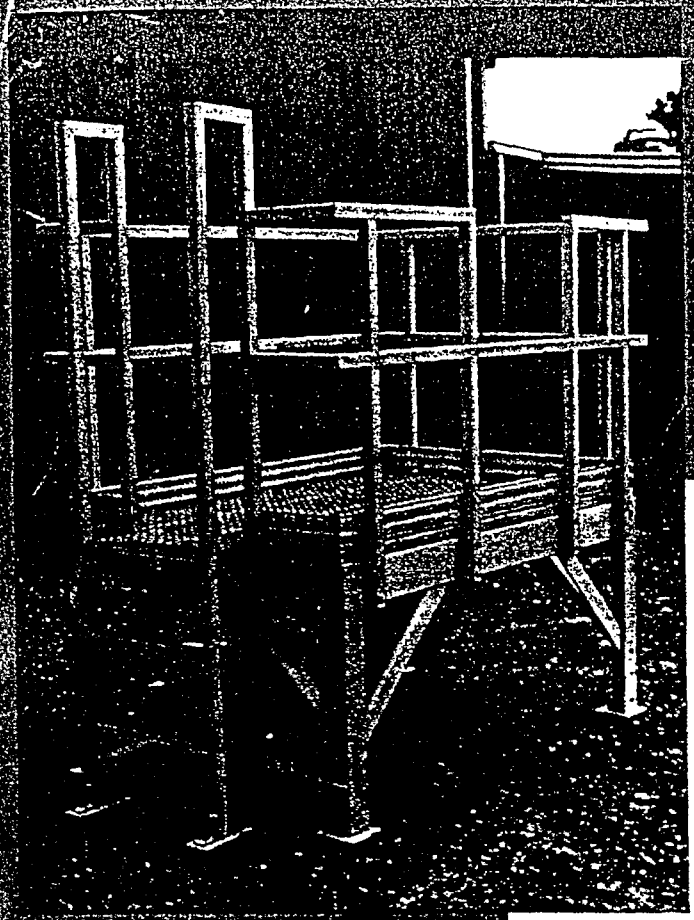
tephra: Un término general para fragmentos de piedra y lava que son lanzados a la atmósfera durante una erupción volcánica y que caen a la superficie de la tierra. Los fragmentos varían en tamaño desde ceniza (<2mm) hasta lapilli (2-64 mm) a bloques y bombas (>64 mm) que pueden alcanzar varios metros en diámetro. Las densidades varían desde piedra poma viscosa y escoria hasta densos cristales y fragmentos líticos). Los materiales pueden ser juveniles (formados por magma involucrada en la erupción) o accidentales (derivados de roca ya existente). (Tilling (ed), 1989, p. 17).

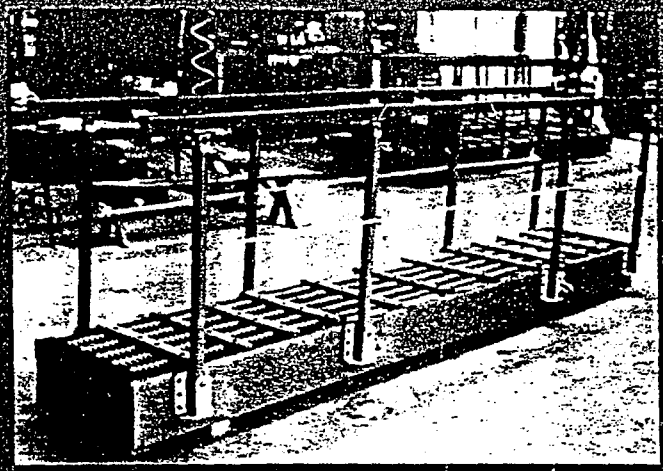
temblor, volcánico: La perturbación sísmica volcánica esencialmente continua, distintiva, que se registra en volcanes activos. El temblor volcánico es diferente del evento discreto de un terremoto (tipo-A, tipo-B, período -largo, o terremotos por explosión). Al menos tres tipos de temblores volcánicos se distinguen: armonioso, espasmódico, y en cadena. (Tilling (ed) 1989, p. 55).

k/america.cen/nicaragu/jerez/spanish/apxa.wpd/12/20/96

APENDICE B — MATERIAL DE CONSTRUCCION RESISTENTE AL ACIDO Y ESPECIALMENTE SELECCIONADO PARA USO POTENCIAL EN EL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA

Muestras Seleccionadas de Literatura de Mercadeo de los Productores (adjunto)





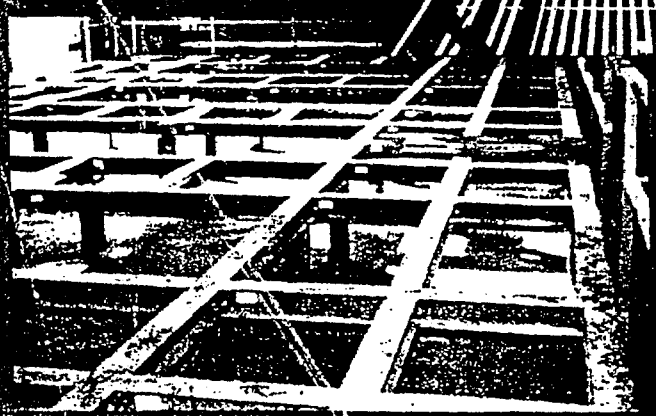
STRUCTURAL FABRICATION

Seasafe offers you high-strength, light-weight, maintenance-free products which solve the problems of conventional materials in industry today.

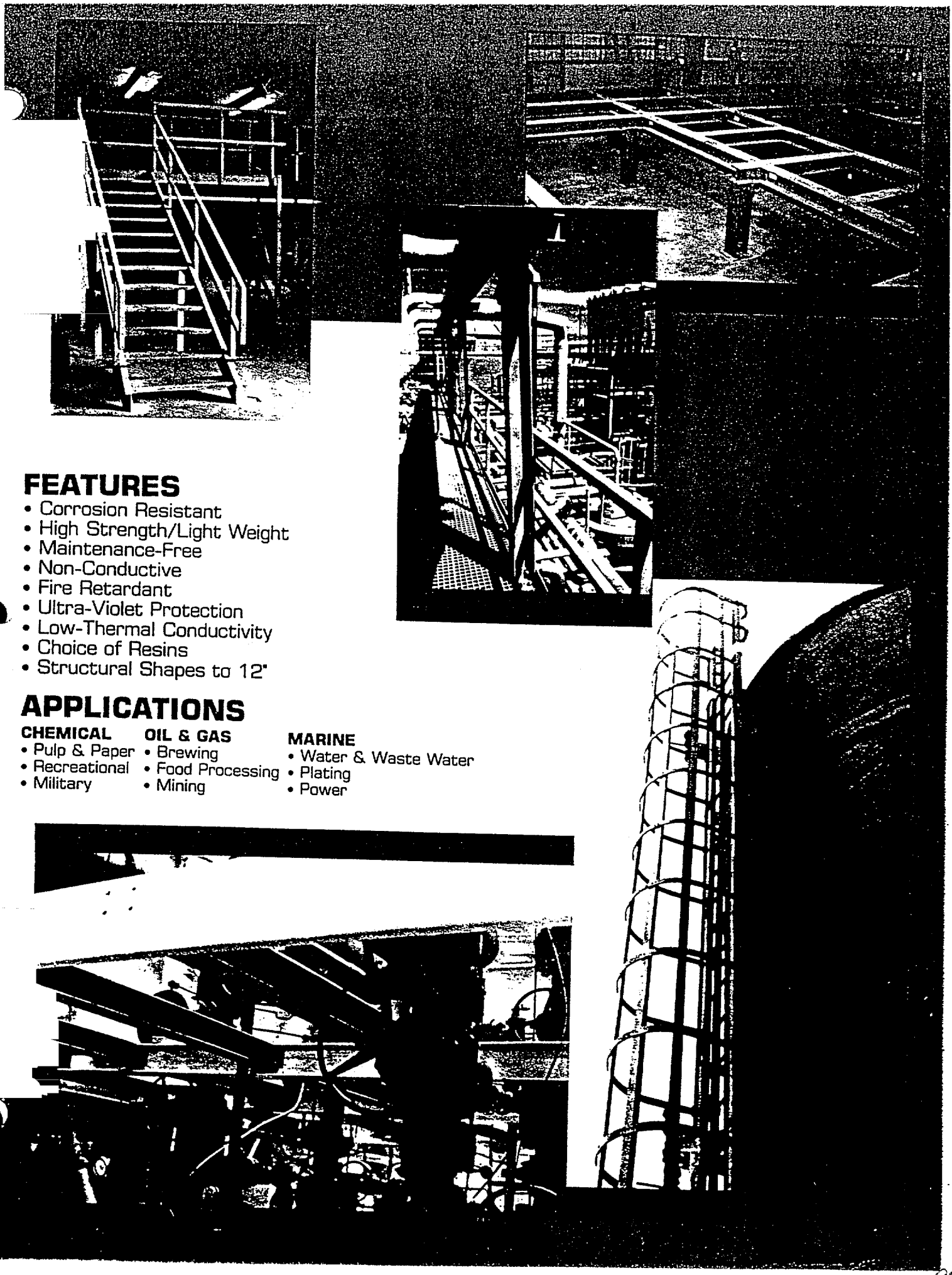
A wide variety of FRP structural shapes enable construction of standard platforms, walkways, ladders, stair stringers, and handrails as well as custom fabrications for all industries.

seasafe®

Seasafe, Inc.
209 Glaser Drive
Lafayette, LA 70508
318/837-9993
FAX 318/837-9544



98



FEATURES

- Corrosion Resistant
- High Strength/Light Weight
- Maintenance-Free
- Non-Conductive
- Fire Retardant
- Ultra-Violet Protection
- Low-Thermal Conductivity
- Choice of Resins
- Structural Shapes to 12"

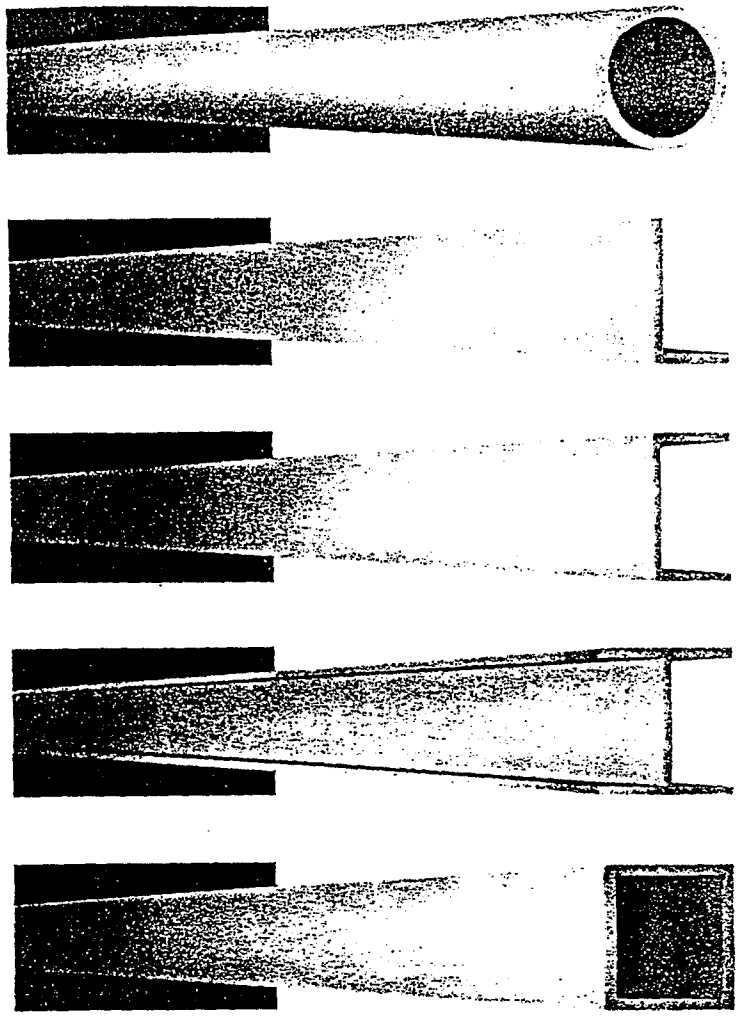
APPLICATIONS

CHEMICAL
- Pulp & Paper
- Recreational
- Military

OIL & GAS
- Brewing
- Food Processing
- Mining

MARINE
- Water & Waste Water
- Plating
- Power

PULTEX® FIBERGLASS STRUCTURAL SHAPES



PULTEX® standard shapes and custom composite shapes, manufactured by Creative Pultrusion, Inc., can be produced in a wide variety of resin systems best suited for your application. Three standard resin systems have been developed that generally cover most applications and remain readily available.

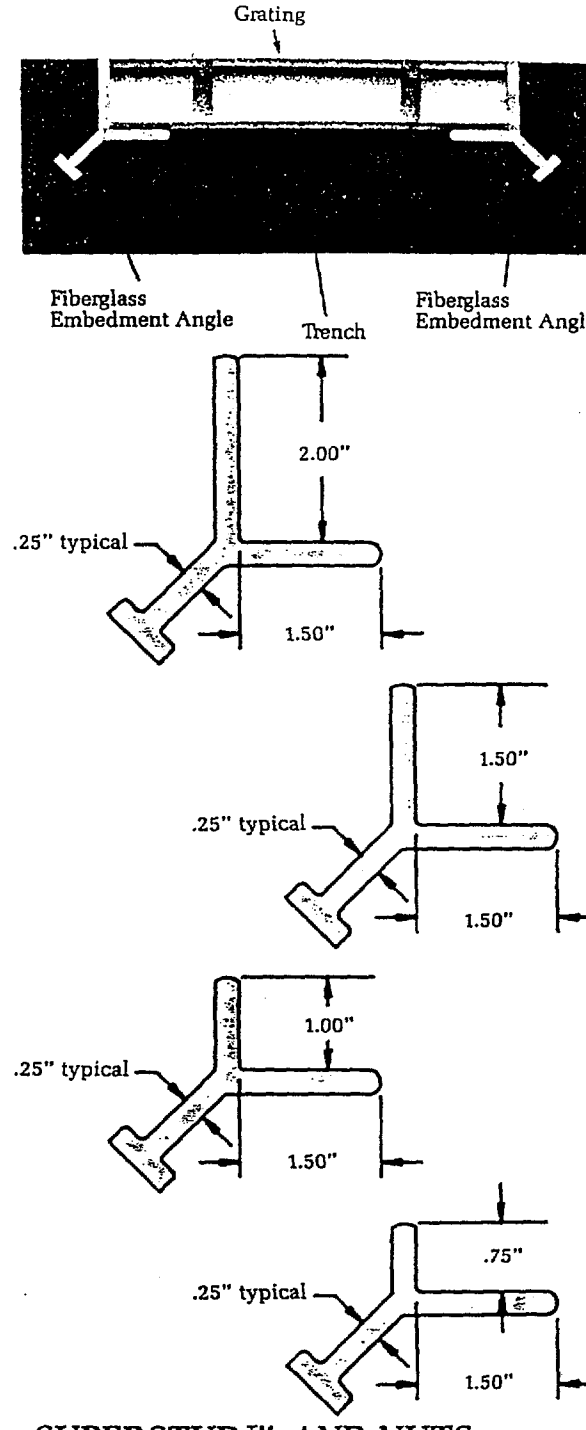
Stocked-item structural shapes are standard in the following systems:

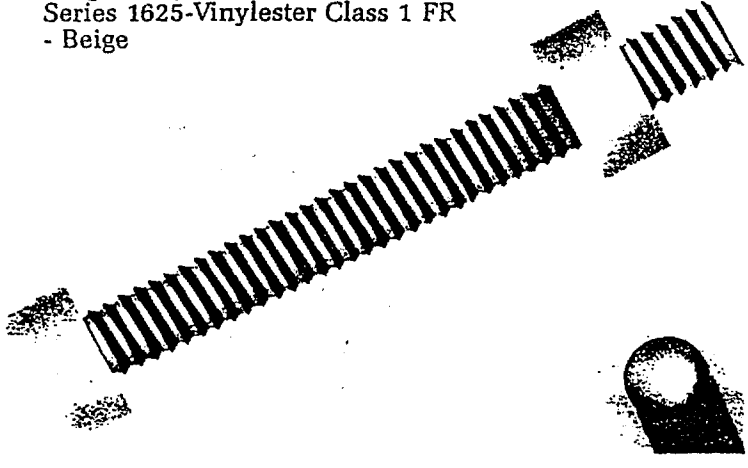
Series 1500-Isophthalic Polyester
- Olive Green

Series 1525-Iso Polyester Class 1 FR
- Light Grey

Series 1625-Vinylester Class 1 FR
- Beige

CURB ANGLE





SUPERSTUD™ AND NUTS

SUPERSTUD™ all-thread rod is a proprietary combination of fiberglass and Class 1 flame retardant vinylester resin designed and manufactured by Creative Pultrusion specifically for mechanical fastener applications where corrosion resistance, non-conductivity and non-magnetic characteristics are a must.

SUPERSTUD™ and compatible fiberglass nuts are stocked in the diameters listed below and are grey in color. The standard length is 48" and 96". Other lengths can be produced upon request. SUPERSTUD™ is the ideal fastener for PULTEX structural shapes.

⅜", ½", ⅝", ¾", ⅞", 1"

All Superstud and Supernut products are grey in color.

100

SAFE-T-GRATE CHEMICAL COMPATIBILITY GUIDE

The information shown/presented in this corrosion guide are based on full immersion laboratory tests and data generated from resin manufacturer's data.

It should be noted that in some of the environments listed, splashes and spill situations may result in a more corrosive situation than indicated due to the evaporation of water. Regular wash down is recommended in these situations.

All data tabled represents the best available information and is believed to be correct. The data should not be construed as a warranty of performance for that product as presented in these tables. User tests should be performed to determine suitability of service if there is any doubt or concern.

Such variables as concentration, temperature, time and combined chemical effects of mixtures of chemicals make it impossible to specify the exact suitability of SAFE-T-GRATE in all environments. Seasafe will be happy to supply grating samples for testing.

These recommendations should only be used as a guide and Seasafe does not take responsibility for design or suitability of materials for service intended. In no event shall Seasafe be liable for any consequential or special damages for any defective material or workmanship including without limitation, labor charge, other expense of damage to properties resulting from loss of materials or profits or increased expenses of operation.

CHEMICAL ENVIRONMENT	ISO		VINYLESTER	
	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F
Acetic Acid	10	190	10	210
Acetic Acid	50	125	50	180
Acetone	N/R	N/R	100	75
Aluminum Chloride	SAT	170	SAT	200
Aluminum Hydroxide	SAT	160	SAT	170
Aluminum Nitrate	SAT	150	SAT	170
Aluminum Sulfate	SAT	180	SAT	200
Ammonium Chloride	SAT	170	SAT	190
Ammonium Hydroxide	1	100	10	150
Ammonium Hydroxide	28	N/R	28	100
Ammonium Carbonate	N/R	N/R	SAT	150
Ammonium Bicarbonate	15	125	SAT	130
Ammonium Nitrate	SAT	160	SAT	190
Ammonium Persulfate	SAT	N/R	SAT	150
Ammonium Sulfate	SAT	170	SAT	200
Amyl Alcohol	ALL	N/R	ALL	90
Amyl Alcohol Vapor	—	140	—	120
Benzene	N/R	N/R	100	140
Benzene Sulfonic Acid	25	110	SAT	200
Benzoic Acid	SAT	150	SAT	200
Benzoyl Alcohol	100	N/R	100	N/R
Borax	SAT	170	SAT	200
Calcium Carbonate	SAT	170	SAT	200
Calcium Chloride	SAT	170	SAT	200
Calcium Hydroxide	25	70	25	165
Calcium Nitrate	SAT	180	SAT	200
Calcium Sulfate	SAT	180	SAT	200
Carbon Disulfide	N/R	N/R	N/R	N/R
Carbonic Acid	SAT	130	SAT	180
Carbon Dioxide Gas	—	200	—	200
Carbon Monoxide Gas	—	200	—	200
Carton Tetrachloride	N/R	N/R	100	75
Chlorine, Dry Gas	—	140	—	170
Chlorine, Wet Gas	—	N/R	—	180
Chlorine Water	SAT	80	SAT	180
Chromic Acid	5	70	10	120
Citric Acid	SAT	170	SAT	200
Copper Chloride	SAT	170	SAT	200
Copper Cyanide	SAT	170	SAT	200

CHEMICAL ENVIRONMENT	ISO		VINYLESTER	
	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F
Copper Nitrate	SAT	170	SAT	200
Crude Oil, Sour	100	170	100	200
Cyclohexane	N/R	N/R	N/R	N/R
Cyclohexane, Vapor	ALL	100	ALL	130
Diesel Fuel	100	160	100	180
Diethyl Ether	N/R	N/R	N/R	N/R
Dimethyl Phthalate	N/R	N/R	N/R	N/R
Ethanol	50	75	50	90
Ethyl Acetate	N/R	N/R	N/R	N/R
Ethylene Chloride	N/R	N/R	N/R	N/R
Ethylene Glycol	100	90	100	200
Fatty Acids	SAT	180	SAT	200
Ferric Chloride	SAT	170	SAT	200
Ferric Nitrate	SAT	170	SAT	200
Ferric Sulfate	SAT	170	SAT	200
Ferrous Chloride	SAT	170	SAT	200
Fluoboric Acid	N/R	N/R	SAT	165
Fluosilicic Acid	N/R	N/R	SAT	70
Formaldehyde	50	75	50	100
Formic Acid	N/R	N/R	50	100
Gasoline	100	80	100	150
Glucose	100	170	100	200
Glycerine	100	150	100	200
Heptane	100	110	100	120
Hexane	100	90	100	130
Hydrobromic Acid	50	120	50	120
Hydrochloric Acid	10	150	10	200
Hydrochloric Acid	20	140	20	190
Hydrochloric Acid	37	75	37	95
Hydrofluoric Acid	N/R	N/R	15	80
Hydrogen Bromide, Dry	100	190	100	200
Hydrogen Bromide, Wet	100	75	100	130
Hydrogen Chloride	—	120	—	200
Hydrogen Peroxide	5	100	30	100
Hydrogen Sulfide, Dry	100	170	100	210
Hydrogen Sulfide, Wet	100	170	100	210
Hypochlorous Acid	20	80	20	150
Isopropyl Alcohol	N/R	N/R	15	80
Kerosene	100	140	100	180

— No Information Available N/R Not Recommended SAT Saturated Solution FUM Fumes

CHEMICAL ENVIRONMENT	ISO		VINYLESTER	
	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F
Lactic Acid	SAT	170	SAT	200
Lead Acetate	SAT	170	SAT	200
Lead Chloride	SAT	140	SAT	200
Lead Nitrate	SAT	—	SAT	200
Linseed Oil	100	150	100	190
Lithium Chloride	SAT	150	SAT	190
Magnesium Carbonate	SAT	140	SAT	170
Magnesium Chloride	SAT	170	SAT	200
Magnesium Hydroxide	SAT	150	SAT	190
Magnesium Nitrate	SAT	140	SAT	180
Magnesium Sulfate	SAT	170	SAT	190
Mercuric Chloride	SAT	150	SAT	190
Mercurous Chloride	SAT	140	SAT	180
Methyl Ethyl Ketone	N/R	N/R	N/R	N/R
Mineral Oils	100	170	100	200
Monochlorobenzene	N/R	N/R	N/R	N/R
Naptha	100	140	100	170
Nickel Chloride	SAT	170	SAT	200
Nickel Nitrate	SAT	170	SAT	200
Nickel Sulfate	SAT	170	SAT	200
Nitric Acid	5	140	5	150
Nitric Acid	20	70	20	100
Oleic Acid	100	170	100	190
Oxalic Acid	ALL	75	ALL	120
Paper Mill Liquors	—	100	—	120
Perchlorethylene	100	N/R	100	N/R
Perchloric Acid	N/R	N/R	10	150
Perchloric Acid	N/R	N/R	30	80
Phosphoric Acid	10	160	10	200
Phosphoric Acid	100	120	100	200
Potassium Aluminum Sulfate	SAT	170	SAT	200
Potassium Bicarbonate	50	80	50	140
Potassium Carbonate	10	N/R	10	120
Potassium Chloride	SAT	170	SAT	200
Potassium Dichromate	SAT	170	SAT	200
Potassium Hydroxide	N/R	N/R	25	150
Potassium Nitrate	SAT	170	SAT	200
Potassium Permangante	100	80	100	210
Potassium Sulfate	SAT	170	SAT	200

CHEMICAL ENVIRONMENT	ISO		VINYLESTER	
	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F	Max. Wt. %	Max. Oper. Temp. °F
Propylene Glycol	ALL	170	ALL	200
Phthalic Acid	—	—	SAT	200
Sodium Acetate	SAT	160	SAT	200
Sodium Benzoate	SAT	170	SAT	200
Sodium Bicarbonate	SAT	160	SAT	175
Sodium Bisulfate	ALL	170	ALL	200
Sodium Bromide	ALL	170	ALL	200
Sodium Carbonate	10	80	35	160
Sodium Chloride	SAT	170	SAT	200
Sodium Cyanide	SAT	170	SAT	200
Sodium Hydroxide	N/R	N/R	50	150
Sodium Hydroxide	N/R	N/R	25	80
Sodium Hypochlorite	N/R	N/R	10	150
Sodium Monophosphate	SAT	170	SAT	200
Sodium Nitrate	SAT	170	SAT	200
Sodium Sulfate	SAT	170	SAT	200
Sodium Thiosulfate	ALL	100	ALL	120
Stannic Chloride	SAT	160	SAT	190
Styrene	N/R	N/R	N/R	N/R
Sulfated Detergent	0/50	170	0/50	200
Sulfur Dioxide	100	80	100	200
Sulfur Trioxide	100	80	100	200
Sulfuric Acid	93	N/R	93	N/R
Sulfuric Acid	50	N/R	50	180
Sulfuric Acid	25	75	25	190
Sulfurous Acid	SAT	80	N/R	N/R
Tartaric Acid	SAT	170	SAT	200
Tetrachloroethylene	N/R	N/R	FUM	75
Toluene	N/R	N/R	N/R	N/R
Trisodium Phosphate	N/R	N/R	SAT	175
Urea	SAT	130	SAT	140
Vinegar	100	170	100	200
Water, Distilled	100	170	100	190
Water, Tap	100	170	100	190
Water, Sea	SAT	170	SAT	190
Xylene	N/R	N/R	N/R	N/R
Zinc Chloride	SAT	170	SAT	200
Zinc Nitrate	SAT	170	SAT	200
Zinc Sulfate	SAT	170	SAT	200

— No Information Available N/R Not Recommended SAT Saturated Solution FUM Fumes

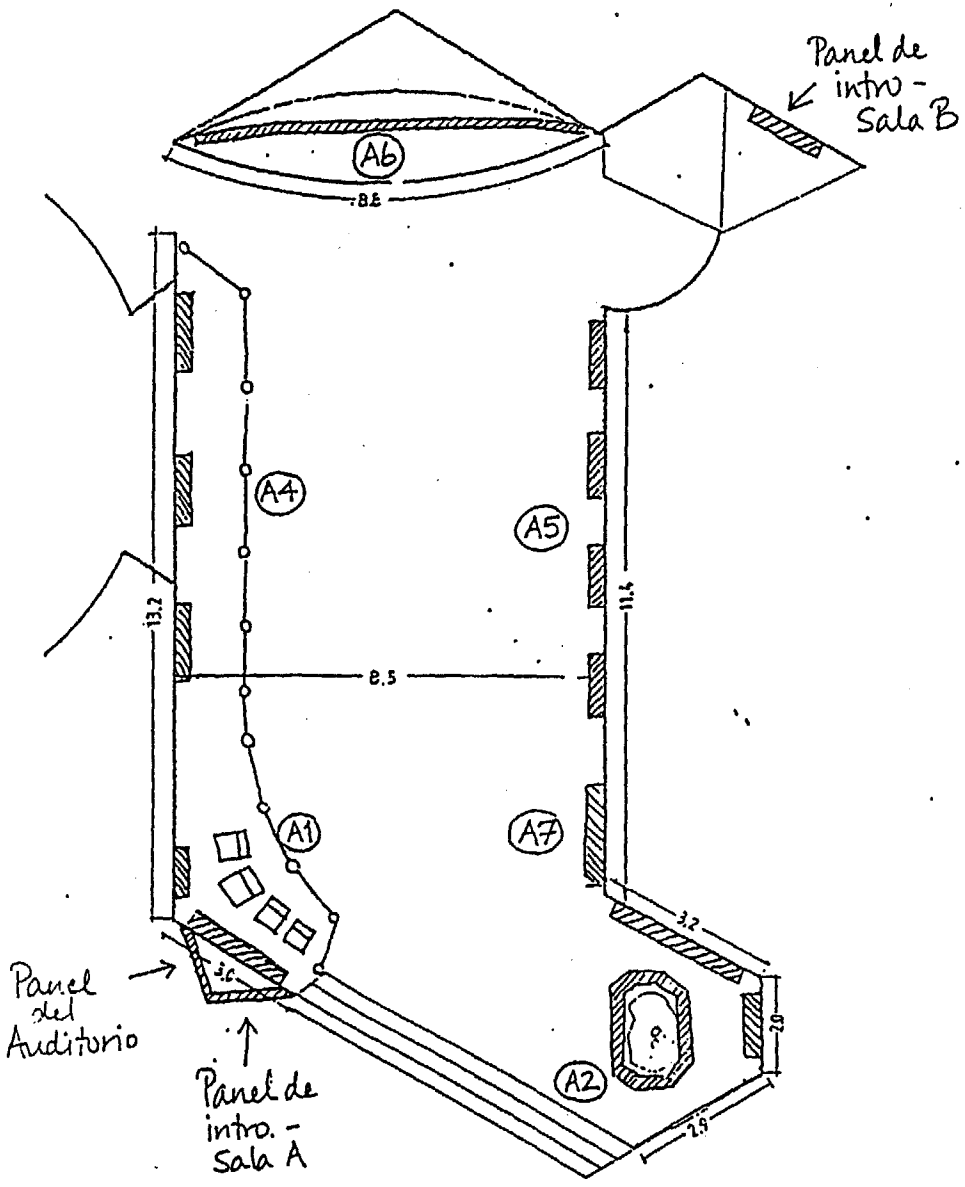
APENDICE C DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA REHABILITACION DEL CENTRO DE INTERPRETACION AMBIENTAL, PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA

DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA REHABILITACIÓN DEL
CENTRO DE INTERPRETACIÓN AMBIENTAL - PARQUE NACIONAL VOLCÁN MASAYA

Hojas de Trabajo
Septiembre 1992

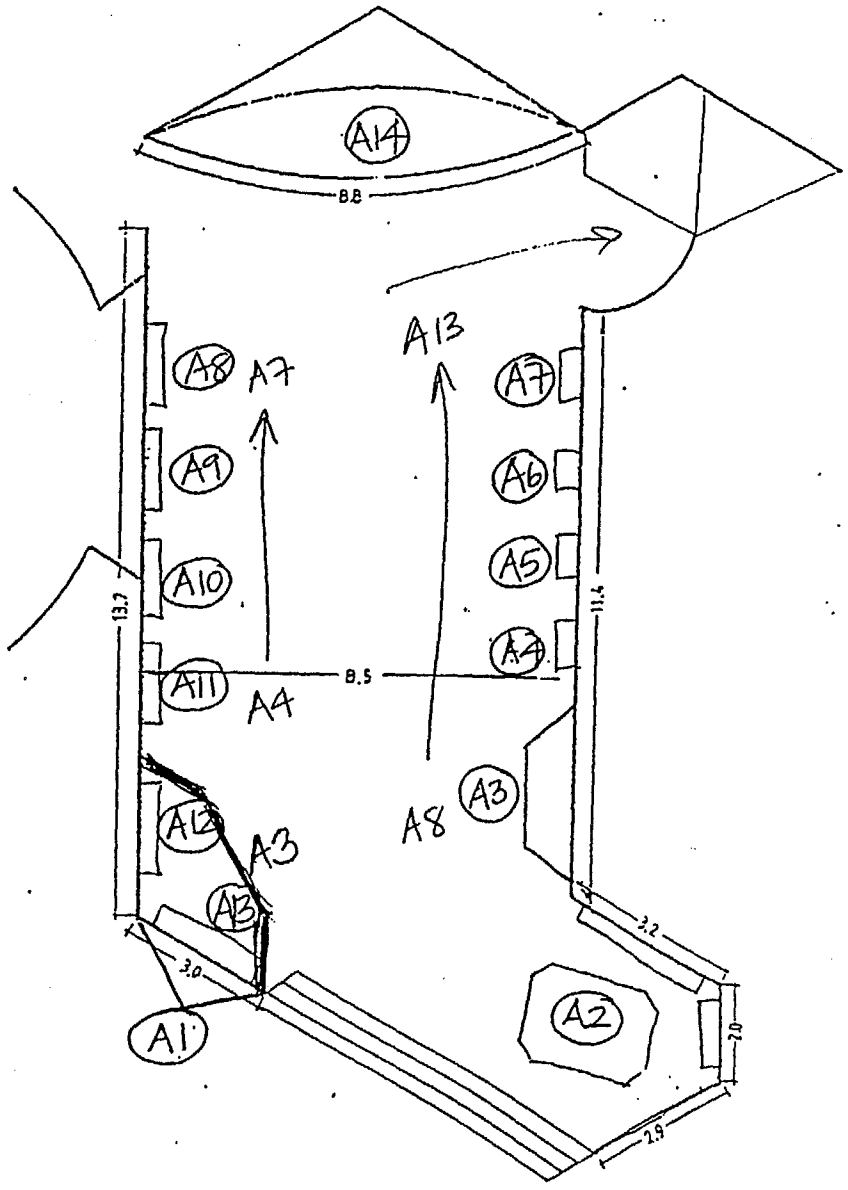
ELEMENTOS ACTUALES	RECOMENDACIONES
SALA A. [illegible] - Sala A - *La Historia del Volcán Masaya.* -a la par tiene un panel para anunciar las presentaciones en el Auditorio. Título debe reflejar más lo que tiene la sala.	Secuencia recomendada para la sala: A1. [Panel de introducción] "El Parque Nacional Volcán Masaya y su Historia" A2. [Maqueta de la caldera de VM]; [2 paneles] Qué es un parque nacional, importancia del VM en el contexto nacional, historia del VM como área protegida, etc.; [escudo nacional]. A3. [Vitrina] Arqueología precolombina. A4 al A13. Historia del Volcán Masaya. A14. [Gran mural] La erupción de 1772. <u>Nuevo No. A1:</u> Título cambio: El Parque Nacional Volcán Masaya y su Historia.
NO. A2. *"Parque Nacional Volcán Masaya"* -orientación al PNVM -maqueta del caldera; panel sobre PNVM con datos y mapa; panel sobre el manejo y la zonificación del parque. Maqueta carece rotulación y escala. Es muy alto para niños. Mapa es redundante, no apoya. Los datos no son interesantes. Panel sobre PNVM falta historia del Parque. Panel sobre el manejo y la zonificación del PNVM es muy técnico.	<u>Nuevo No. A2:</u> –Maqueta - pintarla más natural, poner escala, no rotularla pero señalar algunos rasgos sobresalientes para orientara los visitantes. Orientar la maqueta para que concuerda con la posición de los rasgos reales. Instalar gradas para niños. –Usar los dos paneles para presentar: que es un PN, importancia del VM en el contexto nac. y la historia del VM como área protegida (primer proyecto así, posición estratégica, es y ha sido en el área más densamente poblado entonces y ahora...). Incorporar fotos del PNVM hoy y actividades de la gente. Eliminar el mapa del PNVM (se debe ofrecer al público en un folleto). Usar el mapa de A7 con textos más interesantes. Eliminar la información sobre manejo y zonificación. –Instalar el escudo de Nicaragua en el lugar de la ventanilla triangular.
NO. A1. *"Arqueología Precolombina"* -Arqueología precolombina; arte rupestre inscrito en los farallones de la laguna. -2 paneles con repros de arte, textos; pedestales con artefactos. Los materiales no están protegidos. Repro. del arte en película positiva muy frágil, debe presentar más ejemplos. Falta información sobre los indígenas.	<u>Nuevo No. A3:</u> Diseñar una vitrina para alojar todos los elementos. Ubicarla en la posición indicada en el plano adjunto. Escribir textos más interpretativos y usar dibujos o mejores descripciones, p.e. abrir una urna, ubicar esqueleto dentro y explicar uso. Usar la información sobre étnias ocupantes del sitio (desde A7). Usar más repros de petroglifos o tal vez fotos. Rehacer los repros como fotostatos.

NO. A4. *"Escenas Históricas del Volcán Masaya"* -sacerdotista aborigen; el bautismo del volcán (1529, Fraile Bobadilla); exploración de Oviedo (1529). La bajada de Fray Blas de Castillo existe pero no lo tiene en el Centro. -3 óleos de Rodrigo Peñalba, falta uno. No.se preparó: el redescubrimiento del volcán; el nacimiento del cráter Santiago; la visita de Karl Sapper; la odisea de los ingenieros alemanes. Marcos de madera muy rústico. Falta protección, la baranda existente es muy inestable.	<u>Nuevos Nos. A4 al A13 (con viejo A5):</u> Conseguir el óleo que falta. Usando materiales de A5 junto con los óleos de A4 y otros materiales anteriormente no presentados, diseñar una serie de paneles sobre la historia del VM, para posiciones A4 al A13. Rehacer los marcos y rediseñar el montaje para que el agua que filtra desde el techo no los dañe. Construir una baranda fija para protegerlos.
NO. A5. *"Iconografía del Volcán Masaya"* -antiguos dibujos, mapa, foto de VM. -4 paneles con repros de arte o fotos en película positiva. Falta material--podría presentar más. Repros de arte muy frágil.	<u>Nuevos Nos. A4 al A13 (con viejo A4):</u> Introducir mas elementos. Determinar la secuencia con los óleos de A7. Se puede usar el espacio de A1 para presentar más iconografía. Considerar el uso de algunos objetos o libros viejos en mini-vitrinas a la para de los paneles. Rehacer los repros como fotostatos. Construir una baranda fija para protegerlos.
NO. A6. *"La Gran Erupción de 1772"* -Gran mural con masatera grande o jardincito debajo. Jardincito en frente deteriorado, escoria no tiene ningún diseño. El texto podría ser ubicado mejor. A veces la gente sin guía va a la salida en vez de entrar a las exhibiciones.	<u>Nuevo No. A14:</u> Poner la leyenda en un pedestal pequeño en medio y debajo del mural. Componer el jardincito allí--preparar un diseño. A la derecha de la entrada a las demás exhibiciones, poner rótulo "Entrada a las exhibiciones"; a la izquierda de la salida hacia el restaurante, poner rótulo "Salida al restaurante".
NO. A7. *"El Entorno Socio-económico del Volcán Masaya"* -Los pueblos indígenas y el volcán; las étnias indígenas en la época precolombina; un Parque Nacional en la zona más poblada de Nicaragua; perspectivas para el año 2000. -panel con mapas y textos Contenido fuera de secuencia.	Eliminar este panel. El contenido de "los pueblos indígenas" pasa a A1. Corregir el mapa poniendo los Nandaimes con los Dirianes. El contenido del "parque nacional en la zona más poblada y perspectivas" pasa a A2.



SALA A

ACTUAL



SALA A

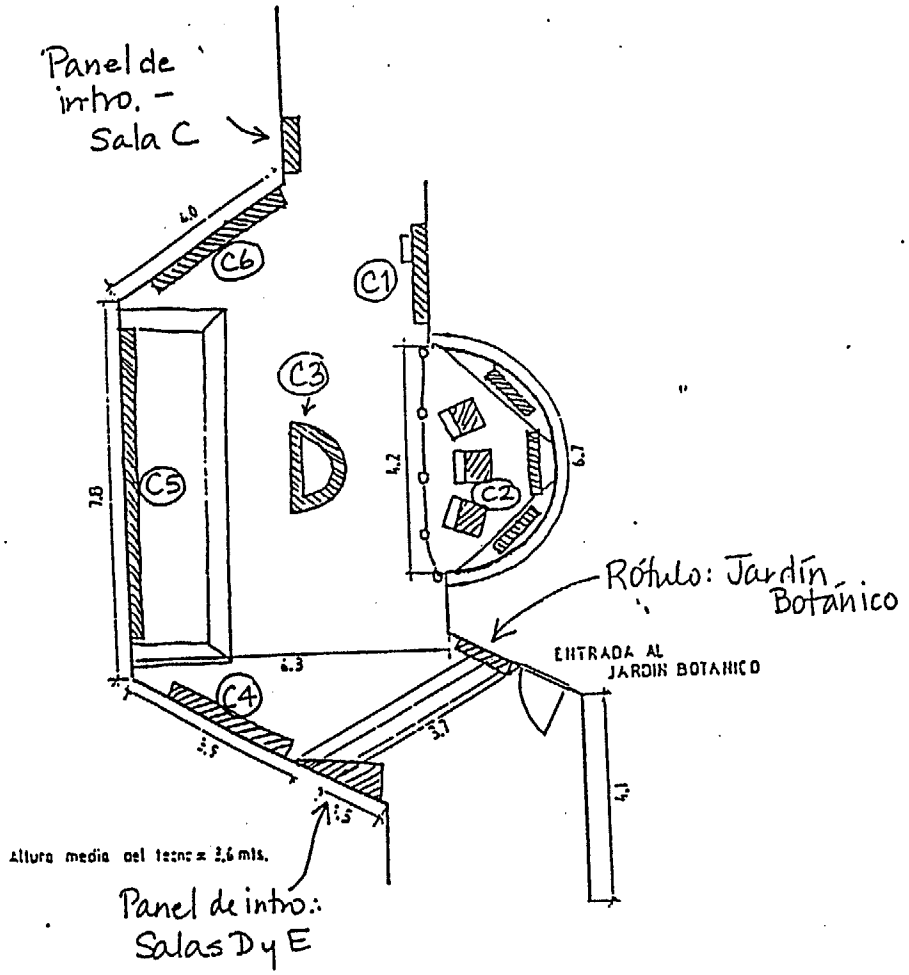
PROPUESTA

ELEMENTOS ACTUALES	RECOMENDACIONES
SALA B. -Panel de introducción: "*Sala B - Geología General*".	Nuevo No. B1: Poner un título mas interpretativo???
NO. B1. "*La Escala Geológica*" -mural grande que explica varios temas complejos: la escala geológica; formación de la Tierra; composición de la Tierra; la corteza dinámica (movimiento de placas); teoría de la deriva continental; formación del istmo de Centroamérica. Algunos dicen que tiene información y datos en exceso pero los maestros que lo utilizan dice que es el único recurso que tienen para explicar este proceso, lo explican con mucha paciencia y cuando llegan al final del mural, se sientan que han hecho un gran recorrido--les gusta mucho. Cuidado que la secuencia de evolución de la tierra y de vida no sugieren conceptos equivocados. Está manchado por murciélagos.	Nuevo No. B2: Considerar como mejorar algunos elementos o la presentación. Redactar los textos para disminuirlos y evitar duplicación. Considerar el uso de elementos tri-dimensional para enseñar la evolución de vida en una banda separada a un nivel que el público puede tocar (por ejemplo, podría montar un panel vitrina inclinada para exhibir evidencias de evolución biológica y geológica--alga primitiva, fósil artrópodo como trilobite, registro fósil in situ, esqueleto de reptil,...). ¿No
NO. B2. "*Los Volcanes de la Tierra*" -placas tectónicas; volcanismo; anillo del fuego del Pacífico -maqueta iluminado desde atrás, que enseña las placas y los volcanes del mundo. Panel inclinado abajo tiene ilustraciones y textos. Mapa incompleto, falta volcanes mencionados en los textos. Ilustraciones y textos muy pequeños.	Nuevo No. B3: Enseñar el relieve del fondo del mar. Eliminar las ilustraciones pequeñas de las placas de la tierra y el anillo de fuego. Ampliar más la ilustración grande del corte de la tierra. Instalarla más alto y inclinado. Usar textos más interpretativos..."Cómo y por qué nacen los volcanes juntos?" Bajar el título principal. [Para el futuro, contemplar un diseño nuevo, tal vez usar globo grande que ya tienen.]
NO. B3. "*El Movimiento de las Placas en América Central.*" -fenómeno de vulcanismo en A.C.; subducción de la placa Cocos debajo la placa Caribe -maqueta de una sección de Nicaragua en la región de Volcán Masaya. Tiene dos ilustraciones y textos para explicar el fenómeno. Está muy oscuro debajo, no se ve bien la parte de la placa que está subduciendo. Difícil ver los ilustraciones y textos. Dibujos no ayuden entender el fenómeno. Muy alto para niños--no pueden ver la superficie.	Nuevo No. B4: Renovar la maqueta: Investigar posibilidad iluminar la placa Cocos desde atrás. Hacer trincha más profunda y volcanes más altos. Redactar la información y ilustraciones. Ampliar las ilustraciones y usar todo el espacio de la pared atrás. Bajar el título principal. Poner leyendas como "corte", "movimiento tectónico en las Américas"... Es oportunidad de hablar de fenómeno de temblores y terremotos en A.C.

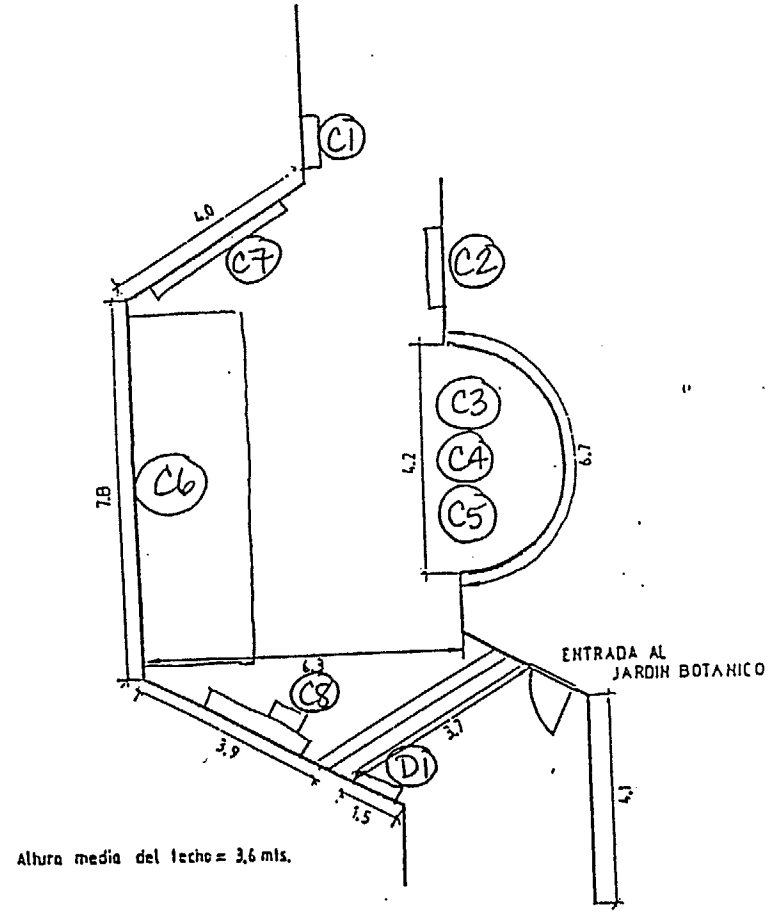
O. B4. *"Larreynaga y su hipótesis sobre volcanes."* Óleo representando Larreynaga y su hipótesis con un texto biográfico. alta el concepto que el mar refracta los rayos del sol y funde las rocas. La Sala B falta información sobre lo que es un volcán y su onstitución. Mejor poner Larreynaga en Sala C y ubicar aquí la maqueta de la estructura interna de un volcán.	Nuevo No. B5: *"Estructura Interna de un Volcán"* Poner la maqueta C3 aquí y poner el óleo de Larreynaga en Sala C. [C3 es la maqueta de un volcán, se puede montar un espejo en la pared del nicho para que se ven sin rodear la maqueta. Instalar rótulos. Incluir información sobre lo que es un volcán y su constitución.]

ELEMENTOS ACTUALES	RECOMENDACIONES
SALA C. -Panel de introducción - "Sala C - *Vulcanología General Regional*"	Reevaluar secuencia de las exhibiciones, se sugiere: 2. Hipótesis de Larreynaga y conocimiento científico actual del volcán. 3. Tipos de volcanes. 4. Tipos de erupciones. 5. Materiales volcánicos. 6. La cordillera volcánica del Pacífico de Nicaragua. 7. Los volcanes y el hombre. a. Los volcanes vistos por los primeros hombres (concepción mágica). b. Los terremotos: Castigos o fenómenos naturales? c. Buscando explicaciones: investigación científica, sismografía. 8. Historia de los volcanes y suelos de Managua. <u>Nuevo No. C1:</u> Cambiar título de sala "Vulcanología General y Regional". <u>Nuevo No. C2:</u> "Hipótesis Larreynaga y conocimiento científico actual del volcán"
NO. C1. "*La Historia de los Volcanes en las Capas de Suelo de Managua*" -formación de suelos por volcanismo; origen y composición -panel con columna de las capas de suelos de Managua atrás de vidrio, textos y ilustraciones Deteriorado los rótulos. Muy cargado de texto. Foto y mapa muy pequeños.	<u>Nuevo No. C8:</u> "Historia de los Volcanes y Suelos de Managua" Redacción rigurosa, usar más subtitulación. Pintar los números y bandas en el vidrio. Usar bandas de color para unir las capas con su textos interpretativos. Cambiar su ubicación para que sea el último en la secuencia, poniéndolo en el viejo lugar de C4. Su nuevo número seria C7.
NO. C2. "*Los Materiales que Salen del Volcán*" -tipos de lava y materiales arrojados No instalaron los rótulos. Necesita más variedad de muestras y más información interpretativa. Iluminación mala. Baranda inestable.	<u>Nuevo No. C5:</u> Rediseñar. En este nicho se puede exhibir tipos de volcanes, tipos de erupciones y materiales volcánicos. Instalar luces direccionales (spots).
NO. C3. "*Estructura Interna de un Volcán*" -morfología de volcán -maqueta de un volcán cortado en sección No instalaron los rótulos. Falta domo protectivo pero parece que la maqueta no ha sufrido daños a pesar de todo. Debe estar ubicado en Sala B.	Ubicarlo en Sala B en el viejo lugar de "Larreynaga". Instalar rótulos. Poner espejo atrás en la pared del nicho. Protección?

NO. C4. *"Los Diferentes Tipos de Erupciones Volcánicas"* -tipos de volcanes y erupciones -panel con 5 panelitos de los tipos de erupciones, abajo cada uno hay fotos, ilustraciones y textos de tipos de volcanes Muy cargado. Varios elementos han caído.	<u>Nuevos Nos. C3 y C4:</u> Rediseñar. Ubicar "tipos de erupciones" en el viejo sitio de C2 combinado con materiales volcánicos y tipos de volcanes.
NO. C5. *"La Cordillera Volcánica del Pacífico de Nicaragua"* -volcanes de Nicaragua; cordillera -maqueta de área, 1:50,000 Falta rotulación y interpretación. Falta fotos de varios volcanes. Sufre daños por no tener baranda que prohíbe que niños suben la maqueta.	<u>Nuevo No. C6:</u> Preparar rótulos. Pintarlo naturalmente enseñando zonas urbanas, algodonales, etc. Destacar Cerro Negro. Preparar caja con iluminación atrás y foto-positivas en colores de todos los volcanes o estructuras parecidas. Posiblemente puede exhibir una muestra de un material característico arrojado por cada volcán en cajitas de plexiglas en una banda debajo cada foto o en la base de la maqueta--la cara inclinada al público.
NO. C6. *"Los Volcanes y el Hombre"* -peligros y beneficios de volcanes para el Hombre -panel construido y colgado No lo prepararon.	<u>Nuevo No. C7:</u> Terminar diseño y textos. Ubicarlo en el viejo lugar de C6 que ahora tiene un panel vacío. Contenido: Los volcanes y el hombre (beneficios y peligros de volcanes) a. Beneficios: suelos fértiles, minerales, etc. b. Erupciones y terremotos, castigos o fenómenos naturales? c. Buscando explicaciones: investigación científica, sismografía.



SALA C
ACTUAL



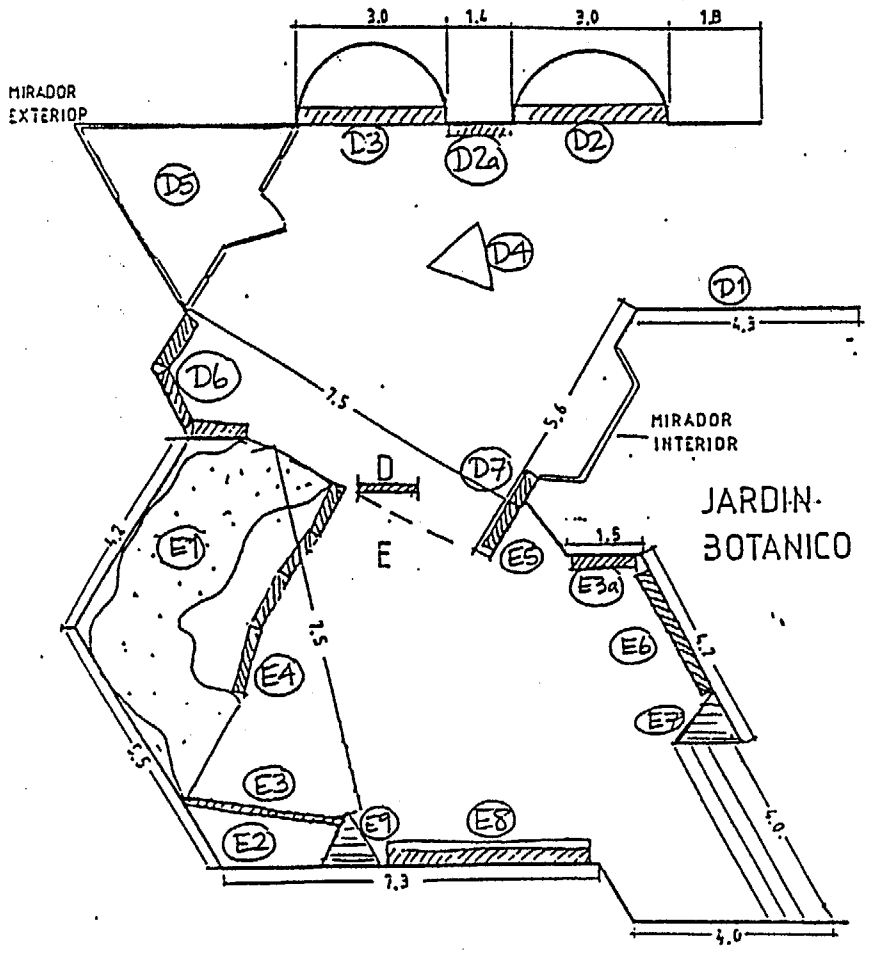
SALA C
PROPUESTA

ELEMENTOS ACTUALES	RECOMENDACIONES
SALAS D Y E. -Panel de introducción: "*La Naturaleza del Volcán Masaya*" Secuencia temática actual: Fauna Fumarolas de Santiago y daños Chocoyos Otros rasgos del paisaje volcánico Túneles de lava Flora: sucesión, estacionalidad, y relaciones Alteración del ambiente por el hombre y alternativas de protección Secuencia algo mezclado.	Secuencia propuesta: 2. Geomorfología del VM 3. Otros rasgos del paisaje volcanico 4. La actividad volcánica: fumarolas y efectos — nuevo 5. Animales diurnos 6. Animales nocturnos 7. Adaptaciones de animales 8. Los chocoyos 9. Los túneles de lava 10. [Animales?? Especies en peligro?? Coyote??] 11. Sucesión vegetal 12. Las flores y sus visitantes 13. Sacuanjoche 14. Bosque tropical seco—estacionalidad 15. Alteración del ambiente por el hombre y alternativas de protección 16. Incendios <u>Nuevo No. D1:</u> Cambiar a: "El Volcán Masaya y su Ambiente"
NO. D1. "*Historia geológica de la caldera de Masaya*" -origen de VM No se preparó.	<u>Nuevo No. D2:</u> Diseñar, preparar.
NO. D2. "*La Vida Diurna del Parque*" -animales diurnos; adaptaciones (colores, sonidos) -diorama con plantas y animales disecados, mural en la pared atrás. Baja calidad. Falta rótulos interpretativos. Deterioro por filtración de agua del techo. Murales de fondo muy dañados. Es muy popular con estudiantes y quieren mas ejemplos de animales (disecados).	<u>Nuevo No. D5:</u> Componer el techo del nicho para que no filtre el agua. Mejorar presentación. Bajar título principal. Contemplar pintar la pared del fondo si pueden componer el techo. Más animales??? Perfiles para identificar animales?
NO. D2a. "*Adaptaciones de los Animales*" -adaptaciones depredador-presa -panel-muralito en color Información aglomerada. Uno (o más?) rotulitos caídos. Montado un poco alto?	<u>Nuevo No. D7:</u> Retocar y hacer de nuevo los rotulitos. Montar un poco mas bajito.

NO. D3. *"La Vida Nocturna del Parque"* -animales nocturnos; adaptaciones (olores, sonidos) -diorama con plantas y animales disecados, mural en la pared atrás. Baja calidad. Falta rótulos interpretativos. Deterioro por filtración de agua del techo. Murales de fondo muy dañados. Es muy popular con estudiantes y quieren mas ejemplos de animales (disecados).	Nuevo No. D6: Componer el techo del nicho para que no filtre el agua. Mejorar presentación. Bajar título principal. Contemplar pintar la pared del fondo si pueden componer el techo. Más animales??? Perfiles para identificar animales?
NO. D4. *"La Fumarola de Santiago" y "Daños"* -de-gasificación, gases; actividad y daños -3 paneles en forma de pirámide, un lado con mural de la fumarola, otros lados con fotos y textos Fotos caídas.	Nuevo No. D4: Fumarola debe ser más cargado, más como "coliflor". Reponer fotos caídas. Poner fotos de vegetación afectada por los gases. Mejorar mapa.
NO. D5. *Juego para niños en el mirador.* -relaciones tróficas No se preparó.	Recomiendo que no se pone exhibiciones fuera, el clima es altamente dañino.
NO. D6. *"Los Chocoyos del Cráter"* -chocoyos del cráter; comportamiento; dieta; adaptaciones -panel tríptico con ilustraciones pintadas en color. Rótulos encima de las ilustraciones poco estético? No tiene mucha información básica de chocoyos y no presenta nombre científico (Aratinga holochlora). No es seguro que solo ponen un huevo por año. Las plantas faltan nombres vulgares y científicos.	Nuevo No. D8: Averiguar información de la biología de los chocoyos (un huevo/año?). Retocar y rehacer rótulos. Poner nombres científicos en las ilustraciones.
NO. D7. *"Otros Rasgos del Paisaje Volcánico"* -estructuras adventicias -panel con una mini-maqueta de la caldera, fotos de las estructuras Fotos de mala calidad.	Nuevo No. D3: Buscar mejores fotos. Reponer fotos. Componer maqueta--hacerla mas grande, mas detallada Incluir "El Arenoso". Instalarla a la par de la exhibición sobre la geomorfología del VM. ——— En el lugar de este panel, preparar otro sobre la ecología del área (red trófica).
NO. E1. *"El Túnel de Lava"* -origen; morfología; habitantes -re-creación de un túnel de lava. -panel de introducción (free-standing). -tiene 3 nichos por dentro del túnel para tres exhibiciones No se instaló las exhibiciones en los nichos del túnel.	Nuevo No. D9: Determinar y diseñar el contenido de los 3 nichos: 1. Túneles de lava y flora (Ficus)--origen, morfología 2. Fauna--Murciélagos 3. Arqueología: evidencias Instalar alambre y spots en los 3 nichos. Preparar paneles de vidrio o plexi para los nichos.

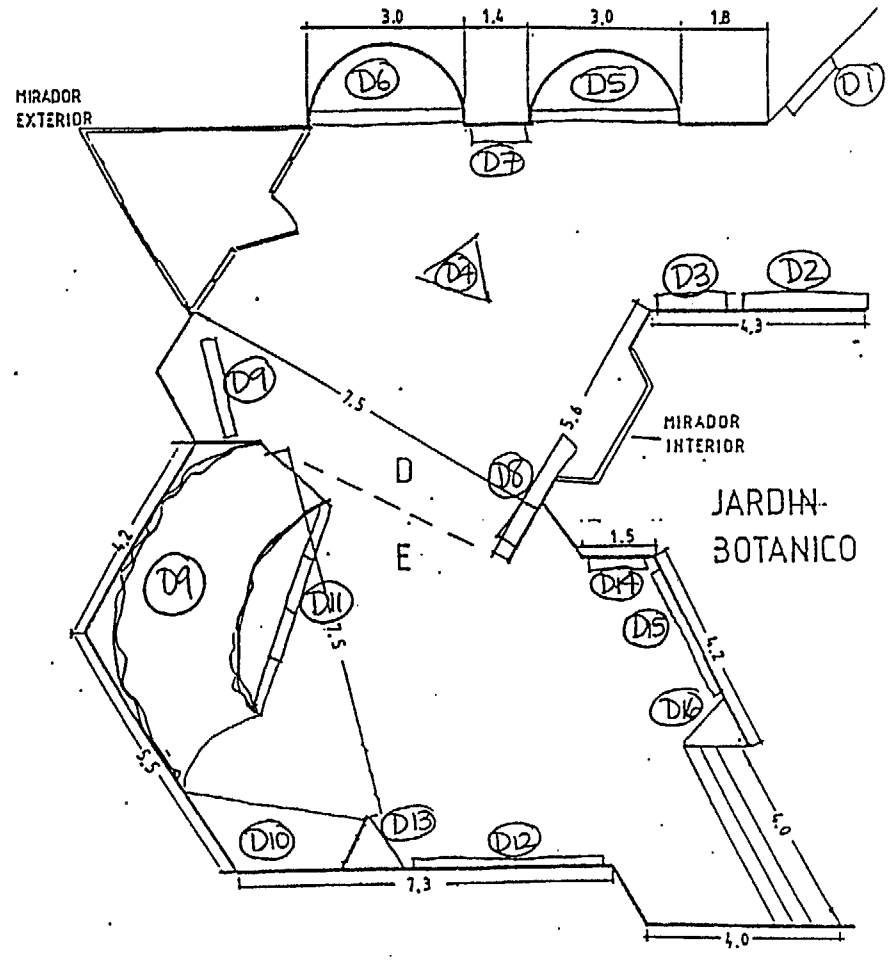
NO. E2. [iba a ser una diorama con Ficus encima de la lava] NO. E3. *"Los Túneles de Lava"* -origen; morfología; habitantes -área para diorama cerrado con plywood encima, fotos de los túneles presentado temporalmente. Diorama que no se instaló por problemas de filtración de agua.	Nuevo No. D10: Eliminar las fotos de túneles aquí, la información pasa a nicho numero uno en el túnel. Quitar los paneles de plywood y abrir el diorama. Componer techo del nicho. Determinar y diseñar el contenido del diorama [Animales?? Especies en peligro?? Coyote??].
NO. E3a. *"El Paisaje del Parque - Verano - Invierno"* -bosque seco; estacionalidad; ambientes Solo tiene rótulos informativos, no interpretativos.	Nuevo No. D14: Retocar. Redactar y rehacer los rótulos.
NO. E4. *"La Sucesión Vegetal en Acción"* -sucesión en suelo volcánico -4 paneles con ilustraciones pintadas No integra el fenómeno volcánico con la formación del suelo. No se terminó el panel de la etapa última. Los rótulos están montados muy alto.	Nuevo No. D11: En el primer panel se puede alterar la ilustración para que incluya el fenómeno volcánico con la formación del suelo (pintar un volcán en el fondo a la izquierda). Poner los nombres vulgares y científicos de las plantas. Terminar el último panel. Bajar los rótulos.
NO. E5. No se instaló - busto de Ramírez Goyena, primer botánico nicaragüense.	Opción: Conseguir y instalar busto de Ramírez Goyena??
NO. E6. *"Alteración del Ambiente por el Hombre"* -incendios; deforestación, erosión, extracción, agricultura; ganadería; destrucción de hábitats; contaminación; caza -panel con fotos y subtítulos. Diseño no apoya mucho. Elementos no concuerdan.	Nuevo No. D15: Rediseñar y preparar. Usar más imágenes y menos texto. Se separa en las siguientes secciones: - uso de los recursos del volcán - alteraciones que se producen y problemas de conservación - alternativas de protección Preguntar: "Como puede ayudar usted a proteger el PNVM?" y anexar un libro de registro para que los visitantes escriben sus comentarios (ayudará a la evaluación de la exhibición también).
NO. E7. *"Protección del Parque Nacional"* -normas de seguridad y protección -película positiva iluminada desde atrás por una caja de luces Baja calidad, la positiva está deteriorada. No es interpretativo, muy frío.	Nuevo No. D16: Preparar algo nuevo porque la información del reglamento del parque se debe presentar por otro medio (folleto). Recomiendo un panel sobre incendios (mayor peligro al parque, como comienzan, como se puede evitarlos, que hacer si Ud. encuentra uno...) con foto diapositiva iluminada desde atrás. Diseñar, preparar, etc.
NO. E8. *"Las Flores y sus Visitantes"* Falta información sobre especies en simbiosis.	Nuevo No. D12: Retocar. Rehacer rótulos.

NO. E9. *"La Sacuanjoche"* Se preparó pero no se instaló una exhibición sobre el sacuanjoche, su polinización y dispersión de semillas. Fue una película positiva iluminada desde atrás. Se perdió la caja de luces y la ilustración.	<u>Nuevo No. D13:</u> Preparar ilustración de la sacuanjoche, hacer diapositiva. Construir caja de luces. Instalarla.



SALAS D y E

ACTUAL



SALAS D y E

PROPUESTA

SALAS F Y G
ALTERNATIVA NO. 1 – REPARACIÓN DE LA EXHIBICIÓN ACTUAL

ELEMENTOS ACTUALES	RECOMENDACIONES
NO. 1. *"El medio-ambiente nicaragüense - El reto de proteger y producir"* -Titulo de la exhibición, introducción; créditos. -Panel ilustrado. Algunos se quejan de que hay un soldado armado, una señora que no descansa (canasta en la cabeza), y un campesino que parece que está "picado".	Retocar, eliminar los elementos no deseados.
NO. 2 (F1). *"Los beneficios de las áreas silvestres"* -Introducción. -Panel (free-standing) con símbolo precolombino y texto. Se fija poco en este panel.	Retocar.
NO. 3 (F2). *"Qué son las áreas silvestres?"* -Características. -Colección de fotos y titulación. Mensaje no está claro. No plantea nada específico. Fotos caídas. Reacción de visitante es–"que bonito es Nicaragua". Leyendas no son sobresalientes comparado con las fotos.	Rediseñar para que se nota más el mensaje.
NO. 4 (F6). *"Más beneficios de las áreas silvestres"* -Inspiración artística; apreciación estética; logros de ciencia; educación y recreo al aire libre; beneficios ambientales; confraternidad con la fauna; fuentes de farmacéuticos industriales y tradicionales. -Vitrina con cuatro lados y caja encima. No se terminó algunas secciones (educación y recreo al aire libre, beneficios ambientales, fuentes de farmacéuticos). Se han perdido muchos rótulos y ilustraciones. Muy cargado. Las cosas bidimensionales no se ve bien en la vitrina. La caja de plexi encima está desarmándose. Muy alto para niños.	Conseguir los elementos que falta. Buscar más elementos tridimensionales para complementar los otros. Montarlos, inclinando los elementos bidimensionales para que no son difíciles para ver.

NO. 5 (F4a). *"Interdependencia de la vida"* -Usando el ejemplo del jícaro (usos tradicionales y modernos por el hombre; el murciélago polinizador; el caballo dispersador). -Panel con ilustraciones y fotos. No se puso el título del panel. Lo han interpretado como "producción". El papel de algunos textos y dibujos se ha amarilleado. Mucho texto.	Preparar estencil del título y chuponearlo. Redactar textos. Preparar de nuevo los dibujos y textos y montarlos.
NO. 6 (F4b). *"Somos parte de un sistema natural. La diversidad de animales nos indica la sanidad del ambiente."* -Humanos y animales tiene las mismas necesidades básicas. -Ilustración romántica pintada. Falta leyenda abajo. Falta idea de "educación" como necesidad básica, según los maestros.	Retocar. Poner leyenda.
NO. 7 (F5). *"Beneficios de diversidad genética"* -concepto diversidad genética; orígenes silvestres de animales domesticados; etc. -panel con diagramas en color Está manchado y los colores están desapareciendo. Reacción del público muy positivo pero dicen que falta enseñar las razas del Hombre como ejemplo de diversidad.	Limpiar y retocar el panel. Incluir razas humanas??? Hacer los textos y dibujos de nuevo y preparar fotostatos (colorear y fotografiarlos después).
NO. 8 (F3a). *"Las plantas comestibles - Desarrollo de una dieta diversa"* -diversidad de plantas; orígenes silvestres de plantas domesticadas -panel con diagramas en color y B/N Les gusta la información pero por su posición o falta de luz, no reciben mucha atención. El guía genera mucho interés.	Limpiar. Retocar panel.
NO. 9 (F3b). *"Los Trópicos - Clave de la producción agrícola"* -importancia de preservar diversidad -panel con diagramas en color y B/N Les gusta la información pero por su posición o falta de luz, no reciben mucha atención. El guía genera mucho interés.	Limpiar. Retocar panel.

NO. 10 (F3c). *"La productividad de un bosque - por cuanto tiempo?"* -comparación de productividad de un bosque permanente y manejado con otro talado -panel con ilustración en color Se entienden fácilmente.	Limpiar. Retocar panel.
NO. 11 (F7). *"Nuestro Patrimonio Cultural"* -riqueza arqueológica y herencia étnica de Nicaragua. -panel con colección de fotos, caras de nicaragüenses, mapa arqueológico. No se preparó.	Buscar las fotos que había--se perdieron??? Preparar los elementos del panel.
NO. 12 (F8a). *"La Tortuga Verde (Chelonia mydas)"* -biología, distribución, comportamiento -panel pequeño con tortuga recortada en plywood, fotos, ilustraciones Fotos muy pequeños. Falta elementos.	Ampliar fotos. Retocar. Conseguir elementos que falta.
NO. 13 (F8b). *"Los Indios Miskitos"* -cultura, distribución, economía de subsistencia -panel pequeño Fotos muy pequeños. Falta elementos.	Ampliar fotos. Retocar. Conseguir elementos que falta.
NO. 14 (F8c). *"La pesca tortuguera en el Caribe occidental"* -comparación de pesca tortuguera artesanal con la de comercial; consecuencias de explotación no-sostenible. -vitrina con ilustraciones, fotos, objetos. Difícil ver en la vitrina, especialmente para niños. Colores de rótulos de algunos elementos han desaparecido. Necesita más artículos tridimensionales.	Ampliar fotos. Retocar. Conseguir elementos que falta. Instalar grada para niños.
NO. 15 (G1). *"Desequilibrio"* -introducción a la sección de problemas ambientales -panel (free standing) con símbolo precolombino y texto Sin guía, el público no se nota.	Retocar.
NO. 16 (G9). *"Cómo estará nuestro futuro si seguimos así?"* -rango y frecuencia de problemas ambientales -colección de artículos reales de periódicos de Nicaragua montado en 18 paneles pequeños. No se terminó.	Componer orden de los paneles. Montar artículos de periódicos. Se puede poner al día cada de vez en cuando. Una alternativa sería montar una colección de fotos sobre los recursos naturales protegidas en el Sistema de Áreas Silvestres de Nicaragua. Véase al Nuevo No. 28.

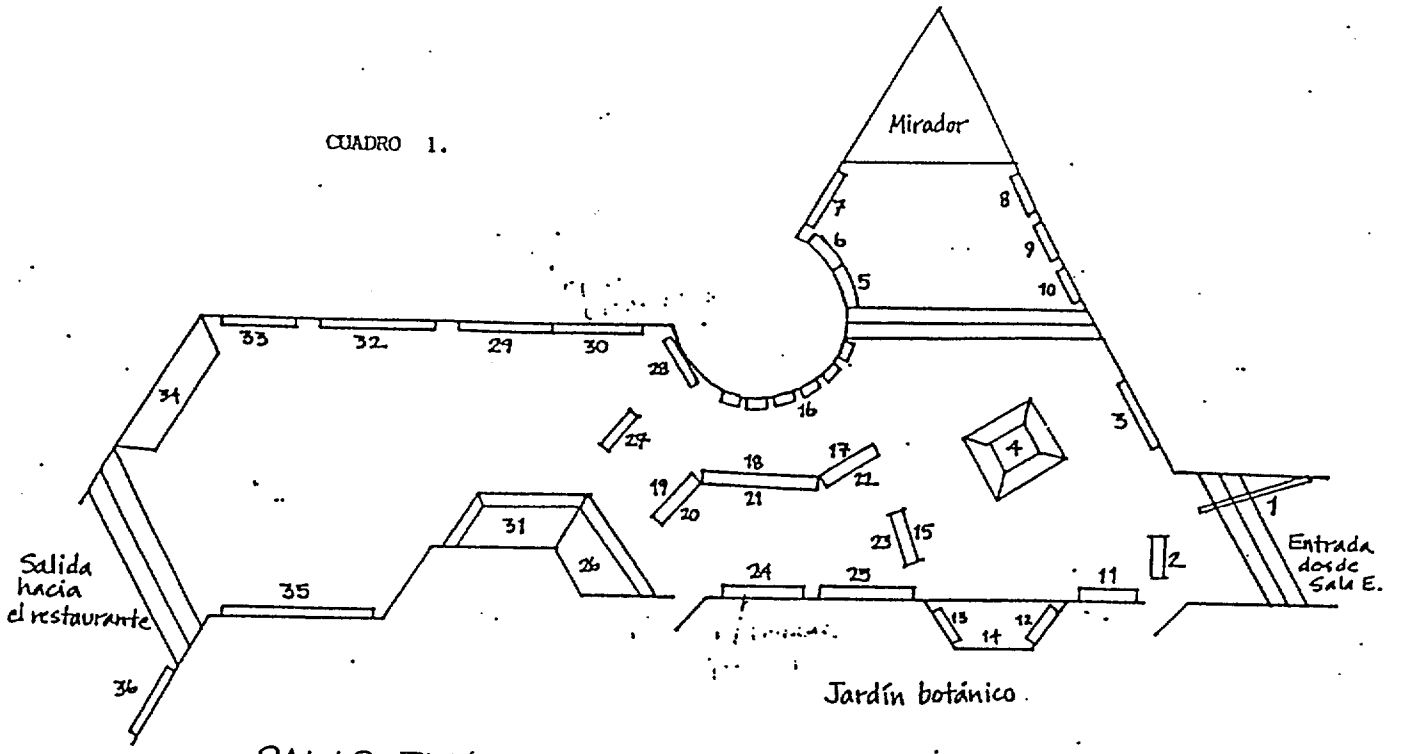
NO. 17 (G3). *"La comunidad de bosque tropical lluvioso - complejo incomparable"* -comunidad; diversidad; niveles del Bosque Tropical Lluvioso (emergente, bóveda, sotobosque, suelo) -Panel (free-standing), dos secciones con ilustraciones en color Muy efectivo según los maestros.	Retocar.
NO. 18 (G4). *Beneficios del bosque y efectos de la deforestación.* -previene erosión; hojarasca--abono; penetración del agua al suelo; productos de leña, alimentos, medicinas, madera, forraje, sombra; problemas del fuego; protección de cuenca -Formato muñequitos (cartoon). Muy efectivo según los maestros.	Retocar. Hacer dibujos de nuevo (proceso fotostato).
NO. 19 (G5). *"Un bosque o un desierto?"* -expansión de la frontera agrícola y consecuencias -Formato muñequitos (cartoon). Muy efectivo según los maestros.	Retocar. Actualizar. Hacer dibujos de nuevo (proceso fotostato).
NO. 20 (G6a). *"La pesca nicaragüense"* -variedad de peces y crustáceos comerciales dependientes de manglares -Panel (free-standing), ilustración pintada Muy efectivo según los maestros.	Retocar.
NO. 21 (G6b). *"El manglar - semillero de vida"* -sistemas estuarios y manglares; su importancia; causas de su destrucción y consecuencias -Panel (free-standing), sección grande con ilustración (perfil) pintada, fotos, etc. Muy efectivo. Ilustraciones pequeñas caídas.	Retocar. Reponer ilustraciones.
NO. 22 (G6c). *"Amenazas a los manglares"* -destrucción de manglares - problema complejo -panel (free-standing), dibujos B/N Es muy cargado pero esto no ha sido problemático. Falta color.	Retocar. Reponer ilustraciones (proceso fotostato--coloreado).
NO. 23 (G2). *"El pasado olvidado"* -causas de deterioro a yacimientos arqueológicos; "información" perdida. -panel (free-standing), al otro lado de No. 15. No se preparó.	Preparar el panel según diseño anteriormente planificado.

NO. 24 (G7a). *"El Jaguar (Felis onca)"* -ejemplo de especie en peligro de extinción; su biología; comportamiento; relación con el hombre; causas de su desaparencia -panel con jaguar tamaño natural recortado en plywood, con otras ilustraciones en B/N y textos La parte abajo muy cargado de textos. Falta color.	Redactar textos. Reponer ilustraciones (proceso fotostato--coloreado).
NO. 25 (G7b). *"Las especies desapareciendo--por qué?"* -juego para niños -factores que provocan la extinción de animales Muy efectivo--a la gente le gusta. Falta un mecanismo para abrir y cerrar las tapas.	Retocar. Reponer leyendas. Diseñar mecanismo para abrir/cerrar las tapas o usar truco de rótulito: "Abre" con flechas.
NO. 26 (G8). *"La importancia del buen manejo del territorio"* -"Un territorio mal manejado" -maqueta que enseña territorio deteriorado por practicas agrícolas no adecuadas. La maqueta está muy sucio. La maqueta está demasiado alto para verla. Las leyendas no son efectivos, muy largas. Falta rotulación en la maqueta para destacar las características importantes.	Renovar la maqueta completamente. Bajar toda la estructura. Cambiar las leyendas por rotulitos más cortitos instalados encima de la maqueta. Tal vez combinarlas con fotos. Diseñar y preparar vitrina para la maqueta.
NO. 27 (H1). *"Qué estamos haciendo sobre la situación?"* -Panel de introducción a la tercera sección sobre soluciones a los problemas ambientales. -panel (free-standing) con símbolo precolombino y texto	Retocar.
NO. 28 (H2). *"Los bosques tropicales"* -los bosques de Nicaragua; comparación de tipos de bosques; recurso forestal Los elementos se perdieron. No se montó.	Eliminar este tema. El Nuevo No. 28 sería (viejo 32) "Sistema Nacional de Áreas Silvestres".
NO. 29 (H3a). *"Chacocente"* -refugio de vida silvestre; sitio de anidación de tortugas marinas; 4 especies de tortugas marinas -panel grande, ilustración pintada Mapa no ilustra bien el área, falta color, es muy pequeña y montado demasiado alto.	Eliminar el mapa. Retocar.

NO. 30 (H3b). *"Ciclo de vida de la tortuga marina"* -anidación; sobrevivencia; depredación natural y la del hombre; colaboración pública para protegerlas -panel grande, ilustración pintada Muy efectivo según los maestros.	Retocar.
NO. 31 (H7). *"Un territorio bien manejado"* -buenas prácticas en cuencas para evitar problemas ambientales -maqueta, otro lado de No. 26. La maqueta está muy sucio. La maqueta está demasiado alto para verla. Las leyendas no son efectivos, muy largas. Falta rotulación en la maqueta para destacar las características importantes.	Nuevo No. 35. Renovar la maqueta completamente. Bajar toda la estructura. Cambiar las leyendas por rotulitos más cortitos instalados encima de la maqueta. Tal vez combinarlas con fotos. Diseñar y preparar vitrina para la maqueta.
NO. 32 (H5). *"Sistema Nacional de Áreas Silvestres"* -áreas silvestres protegidas, manejados, propuestos; regiones ecológicas -mapa tri-dimensional No se ve bien los limites de áreas actualmente protegidas. No esta actualizado. Algunos dicen que la presentación de las regiones ecológicas no es interesante pero los maestros las utilizan para interpretar los climas en diferentes zonas de Nicaragua.	Nuevo No. 28. Conservar o no los colores de las regiones ecológicas? Actualizarlo (limites) y eliminar áreas no protegidas legalmente. Preparar el relieve del mapa para que sea mas natural, no como gradas.
NO. 33 (H4). *"Rehabilitación Ambiental"* -áreas protegidas de los Maríbios; planes de manejo, Proy. Héroes y Mártires de Veracruz; participación popular. No se preparó.	Eliminar este tema. Construir un panel nuevo (dos lados, áuto-sostenida) para exhibir No. 32--*Reserva Marina Cayos Miskitos* y No. 33--*SI-A-PAZ.* Determinar elementos, diseñar, preparar.
NO. 34 (H6). *"Parque Nacional Archipiélago Zapatera"* -ambiente, fauna, arqueología -caja inclinada con fotos y textos Solo tiene fotos, algo aburrido. No está montado correctamente.	Hacer panel nuevo para el nuevo lugar. Determinar elementos, diseñar, preparar. Tratar de conseguir una de los estatuas u otro elemento parecido. El viejo sitio sería No. 31--*"BOSAWAS"*. Determinar elementos, diseñar, preparar.

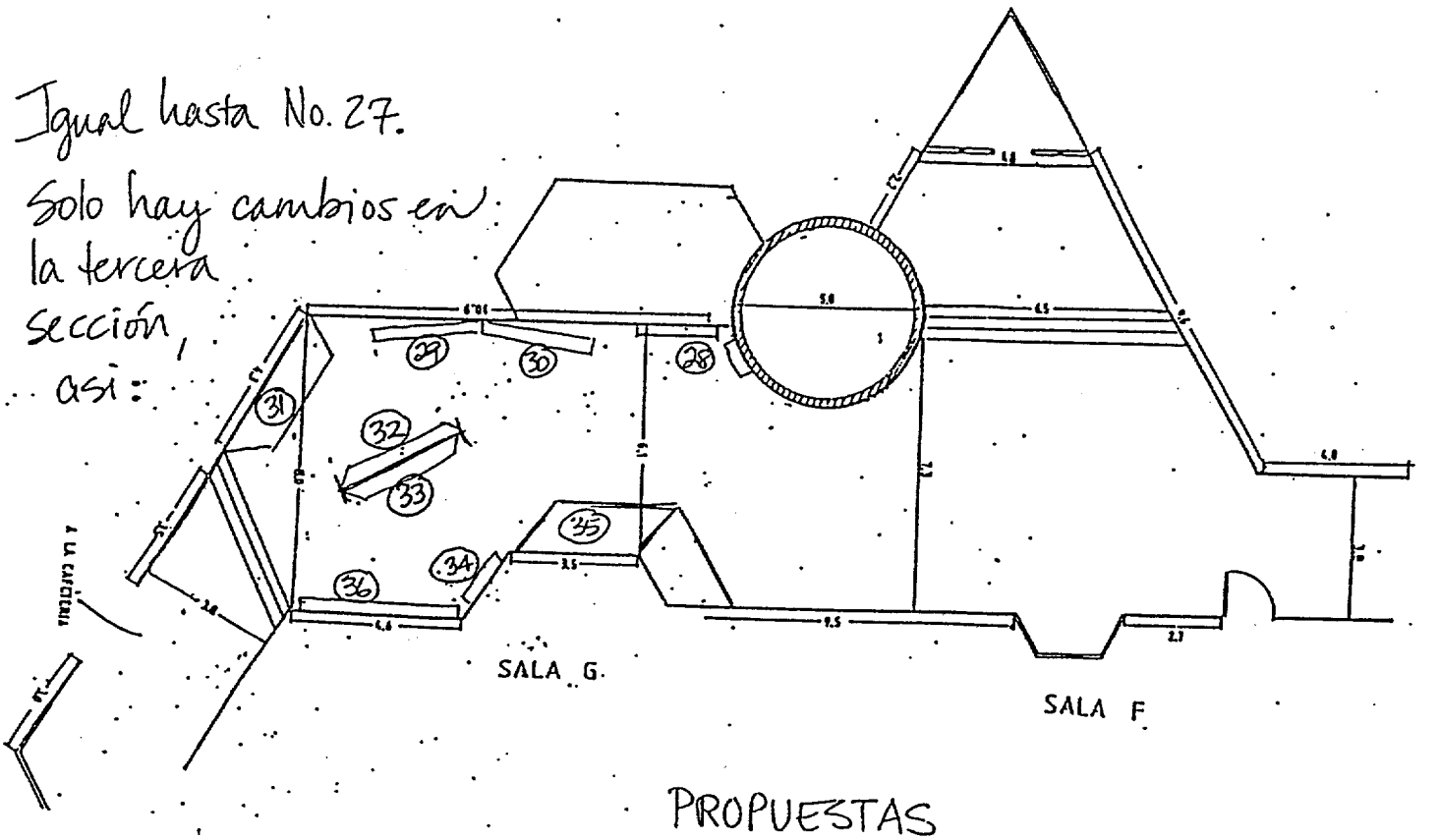
NO. 35 (H11). *"El futuro - naturaleza y desarrollo integrado"* -futuro potencial en armonía con la naturaleza, ejemplos de buenas prácticas ambientales -mural idealizado Muy popular con el público. El elemento más fotografiado. Leyenda algo largo.	Nuevo No. 36. Considerar que hacer con la leyenda. Limpiar, retocar. Preparar leyenda nueva (y perfil?).

CUADRO 1.



SALAS F Y G ACTUALES

Igual hasta No. 27.
Solo hay cambios en la tercera sección, asi:



PROPUESTAS

PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA
CENTRO DE INTERPRETACION AMBIENTAL

LISTA DE EXHIBICIONES

___A1. Sala A. Historia del Volcán Masaya
___A2.(A2) Parque Nacional Volcán Masaya
___A3.(A1) Arqueología Precolombina
___A4.(A4) Escenas Históricas del Volcán Masaya
___A14.(A6) La Gran Erupción de 1772
___B1. Sala B - Geología General
___B2.(B1) La Escala Geológica
___B3.(B2) Los Volcanes de la Tierra
___B4.(B3) El Movimiento de las Placas en América Central
___B5.(C3) Estructura Interna de un Volcán
___C1. Sala C - Vulcanología General Regional
___C2.(B4) Larreynaga y su Hipótesis sobre los Volcanes
___C3. Los Diferentes Tipos de Volcanes
___C4.(C6) Los Diferentes Tipos de Erupciones Volcánicas
___C5.(C2) Los Materiales que Salen del Volcán
___C6.(C5) La Cordillera Volcánica del Pacífico de Nicaragua
___C7.(C6) Los Volcanes y el Hombre
___C8.(C1) La Historia de los Volcanes en las Capas de Suelo de Managua
___D1. La Naturaleza del Volcán Masaya/El Volcán Masaya y su Ambiente
___D2.(D1) Historia Geológica de la Caldera de Masaya
___D3.(D7) Otros Rasgos del Paisaje Volcánico
___D4.(D4) La Fumarola de Santiago & Daños
___D5.(D2) La Vida Diurna del Parque
___D6.(D3) La Vida Nocturna del Parque
___D7.(D2a) Adaptaciones de los Animales
___D8.(D6) Los Chocoyos del Cráter
___D9.(E3) Los Túneles de Lava
___D10. ????????
___D11.(E4) La Sucesión Vegetal en Acción
___D12.(E8) Las Flores y sus Visitantes
___D13.(E9) El Sacuanjoche
___D14.(E3a) El Paisaje del Parque
___D15.(E6) Alteración del Ambiente por el Hombre
___D16.(E7) Protección del Parque Nacional

LISTA DE EXHIBICIONES, p.2

___NO.1. El Medio ambiente Nicaragüense - el Reto de Proteger y Producir
___NO.2. Los Beneficios de las Areas Silvestres
___NO.3. Qué son las áreas silvestres? Pueden tener
___NO.4. Más Beneficios de las Areas Silvestres
___NO.5. Interdependencia de la Vida
___NO.6. Somos Parte de un Sistema Natural
___NO.7. La Importancia de los Recursos Genéticos
___NO.8. Las Plantas Comestibles - Desarrollo de una Dieta Diversa
___NO.9. Los Trópicos - Clave de la Producción Agrícola
___NO.10. La Productividad de un Bosque - por cuánto tiempo?
___NO.11. Nuestro Patrimonio Cultural
___NO.12. La Tortuga Verde (Chelonia mydas)
___NO.13. Los Indios Miskitos
___NO.14. La Pesca Tortuguera en el Caribe Occidental
___NO.15. Desequilibrio
___NO.16. Cómo estará Nuestro Futuro si Seguimos así?
___NO.17. La Comunidad de Bosque Tropical Lluvioso - Complejo Incomparable
___NO.18. Causas de Deforestación
___NO.19. ¿El Bosque o Un Desierto? (Tasas de deforestación en Nicaragua)
___NO.20. La Pesca Nicaragüense
___NO.21. El Manglar -- Semillero de Vida
___NO.22. Amenazas a los Manglares
___NO.23. El Pasado Olvidado
___NO.24. El Jaguar (Felis onca)
___NO.25. Causas de extinción de animales--juego para niños
___NO.26. La Importancia del Buen Manejo del Territorio
___NO.27. Qué estamos haciendo sobre la situación?
___NO.28. Sistema Nacional de Areas Silvestres
___NO.29. Chacocente
___NO.30. Ciclo de Vida de la Tortuga Marina
___NO.31. Bosawás
___NO.32. Reserva Marina Cayos Miskitos
___NO.33. SI-A-PAZ
___NO.34. Parque Nacional Archipiélago Zapatera
___NO.35. Un Territorio Bien Manejado
___NO.36. El Futuro - Naturaleza v Desarrollo Integrado

APENDICE D BREVE SINTESIS NO-TECNICA DE LOS PROCESOS VOLCANICOS EN EL COMPLEJO DE LA CALDERA MASAYA

Información Suplementaria para Uso en el Programa Interpretativo del PNVM

APENDICE D
BREVE SINTESIS NO-TECNICA DE LOS PROCESOS VOLCANICOS EN EL COMPLEJO DE LA CALDERA MASAYA

Información Suplementaria para Uso en el
Programa Interpretativo del PNVM

Significado de los Túneles de Lava

Se conoce mucho sobre los túneles de lava por los estudios realizados de erupciones prehistóricas y activas en el Parque Nacional Volcanes de Hawaii. Ahí, los científicos han determinado que los túneles de lava influyen en la forma del edificio volcánico y brindan conocimientos acerca del origen de la magma y/o la trayectoria de su ascenso hacia la superficie de la Tierra.

Los túneles de lava (o tubos de lava, a como se les llama a veces) se desarrollan únicamente en flujos relativamente líquidos de composición basáltica que erupcionan a temperaturas extraordinariamente altas o a una viscosidad inusualmente baja, o ambos fenómenos. La temperatura elevada o viscosidad baja puede deberse a controles subterráneos estructurales que permiten que la magma se eleve más rápidamente de lo normal a la superficie, o debido a la composición química inusual que da a la magma una temperatura para derretirse más rápido y mayor capacidad de calor de lo que se encuentra en otras erupciones.

Tanto los controles estructurales favorables y la composición química inusual pueden ser responsable de la ocurrencia frecuente de los túneles de lava en el Volcán Masaya.

Muchas de las lavas arrojadas por el complejo de la caldera Masaya tienen características fluidas inusuales. Tres características de lavas altamente fluidas pueden observarse en o cerca del Parque: (1) textura glutinosa en la superficie (llamada "pahoehoe"). El flujo en la base de la escalera del MCB es una buena ilustración de lava pahoehoe. (2) Falta de deshechos de flujos en la superficie o por debajo del flujo (consistente de pedazos de lava "clinker" o "aa" que tienen una textura vesiculada, espinosa). Los mejores ejemplos son los flujos arriba mencionados en el inciso (1), y las lavas en las paredes de la caldera cerca de la Laguna de Masaya, donde un sinnúmero de unidades de flujos están sobrepuestos sin deshechos o capas de lava interpuestas. (3) Longitudes de flujos inusualmente largos comparados con típicos grosores de flujos. El mejor ejemplo es un flujo que hizo erupción en el margen noroeste de la caldera hace unos 6.600 años y que fluyo al norte casi ocho kilómetros al Aeropuerto Augusto Sandino (Williams, 1983).

Los túneles de lava contribuyen a la longitud extrema de algunos flujos mediante la conservación del calor de la lava en lo que se mueve alejándose del escape volcánico. Sin la pérdida de calor, el flujo continua por alguna distancia alejándose de la cumbre volcánica y la lava contribuye a construir un cono alto por encima del volcán. Esto, a su vez, resulta en un perfil bajo (o forma de "escudo") de algunos volcanes. Por esta razón, los volcanes de Hawaii han sido llamados "escudos volcánicos."

Estilo Eruptivo y Posibles Causas

Varios volcanólogos famosos quienes visitaron el Volcán Masaya en 1950 y 1960 observaron la forma tipo escudo y las características fluidas de las lavas del Masaya y equivocadamente creyeron que el Volcán Masaya producía solo erupciones "pasivas" o "efusivas" de baja explosividad, tales como las que se ven en Hawaii (McBirney y Williams, 1956). Estudios recientes han concluido todo lo contrario. En los últimos 30.000 anos, Masaya ha hecho erupción al menos tres veces con una gran explosividad, cada vez produciendo depósitos de ceniza voluminosos y ampliamente esparcidos que literalmente han enterrado la campiña circundante y cubierto áreas tan lejanas como Managua con una capa gruesa de ceniza o lapilli (Bice, 1982; Williams, 1983).

Los volcanólogos ahora creen que la inusual historia eruptiva del Volcán Masaya se debe a varias causas importantes. Primero, la caldera esta ubicada encima de una falla grande y activa, conocida como la Falla de Cofradía. Junto con una falla similarmente grande y activa que esta paralela a los alineamientos de escapes volcánicos cerca de la Carretera Sur, pasa por el borde oeste de Managua y continua debajo de la Península de Chiltepe y el Lago de Managua, la Falla de Cofradía marca la ubicación de un cambio importante en los movimientos relativos de las placas oceánicas y continentales por debajo de Nicaragua (StMBIer y Williams, 1986). En algún sitio profundo debajo de las ciudades de Managua y Masaya, el declive agudo en la placa oceánica que se hunde debajo del norte de Centro América en un ángulo de 60 grados comienza a aplanarse. El cambio en el ángulo de subducción causa fallas a gran escala para formar presión de alivio.

Los científicos saben que cuando la tasa de subducción se acelera, estas fallas profundas se tensionan y se separan rompiéndose para producir grandes terremotos. Algunos científicos ahora creen que, al romperse y separarse, las fallas pueden también brindar un camino a la superficie para magmas que se forman en la base de la concha continental (Williams, 1983). Generalmente, las magmas basálticas son tan fluidas que pierden lentamente la mayoría de sus gases disueltos al subir a la superficie de la Tierra. Sin embargo, los basaltos que suben rápidamente a lo largo de fallas profundas como la de Cofradía son capaces de retener suficiente gas en la magma que cuando llega a la superficie el rápido escape de gas puede propeler una erupción muy explosiva. Adicionalmente, la Falla de Cofradía extrae cantidades enormes de aguas subterráneas donde corta a través del subsuelo superficial entre el Lago de Managua y Nicaragua. Si hay suficiente agua subterránea para interactuar con la magma rápidamente subiendo, la erupción resultante puede ser catastrófica. Tal fue la erupción del Volcán Masaya hace unos 6.600 años, la que lanzó mas de 10 kilómetros cúbicos de ceniza sobre 50 kilómetros en la estratósfera y causo el colapso de la caldera del Masaya (Bice, 1982; Williams, 1983).

Desde esa erupción, volúmenes mucho mas pequeños de magma han continuado elevándose a lo largo de la Falla de Cofradía. Mientras que la ascensión de la magma puede ser aún mas rápida y la lava arrojada mucho mas caliente que en otros volcanes centroamericanos, las erupciones se ha vuelto menos explosivas. Los conos nuevos (Nindiri y Masaya) que han crecido en el piso de la

vieja caldera, fueron producidos por muchos flujos de lava relativamente delgados. La forma tipo escudo resultante de los dos volcanes esconde el hecho de que el Volcán Masaya produjo una de las erupciones más explosivas que haya ocurrido en cualquier parte del mundo en los últimos 10.000 años.

k/america.cen/nicaragu/jerez/spanish/apxd.wpd/12/20/96

APENDICE E

PUBLICACIONES GEOLOGICAS Y VOLCANICAS RELEVANTES PARA EL PROGRAMA INTERPRETATIVO DEL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA

APENDICE E
PUBLICACIONES GEOLOGICAS Y VOLCANICAS RELEVANTES PARA EL PROGRAMA INTERPRETATIVO DEL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA
(documentos no venían adjuntos)

La siguiente es una lista de publicaciones geológicas y otras publicaciones científicas de relevancia para el programa interpretativo en el Parque Nacional Volcán Masaya. Las publicaciones están organizadas en tres grupos, acorde a la complejidad técnica del tema en materia: (1) Temas técnicos o sociales preparados para el científico y el no-científico; (2) Temas técnicos específicos del Masaya preparados para especialistas científicos; y (3) Temas generales geológicos/vulcanológicos relevantes para el Volcán Masaya y su entorno geológico preparados para especialistas científicos.

(1) Temas Técnicos o Sociales Preparados Para Científicos y No Científicos

Axelrod, D.I., 1981. El papel del volcanismo en el clima y la evolución. Sociedad Geológica de América Documento Especial, 185.

Block, J.W., 1975. Sodoma y Gomorra: Un Desastre Volcánico. Revista de Educación Geológica, v. 26, n.3, p. 74-77.

Block, R.J., Peligros Volcánicos: Un Libro de Fuentes sobre los Efectos de las Erupciones. Academic Press, Florida. 424 pp.

Bryan, Alan L., 1973. Nuevas luces sobre Huellas Humanas en Nicaragua. Arqueología, v.26, n. 2, p. 146-47.

Caldcleugh, A., 1936. Algún recuento sobre la erupción del Cosiguina, en la Bahía Fonseca, en las costas oeste de Centro América. Transacciones Filosóficas, v.1,p. 27-30.

Fiske, R.S., 1981. Los científicos y los medios de comunicación: Interacciones contrastantes durante dos crisis volcánicas en el este del Caribe. Asociación Internacional para la Vulcanología y Abstractos de la Conferencia sobre la Química Interior de la Tierra, Tokio, p.93.

Flint, Earl. 1994. Huellas Humanas en Nicaragua. Anticuario Americano, v.6, p.112-114. Sheets, P.D. y Grayson, D.K. (eds), 1979. Actividad Volcánica y Ecología Humana. Academic Press, New York.

Tilling, R.I. (ed), 1989, Peligros Volcánicos: Curso breve de geología, Vol. 1, Unión Americana de Geofísica, Washington, D.C., 123 pp.

Van Bemmelen, R.W., 1971. Cuatro Estallidos Volcánicos que Influenciaron la Historia de la Humanidad: Toba, Sunda, Merapi,y Thera. Acta 1 del Congreso Científico Internacional sobre el Volcán Thera, Grecia, 15-23 Septiembre, 1969. Bouwer, Vol. 20-36.

(2) Temas Técnicos Específicos al Volcán Masaya Preparados Para Especialistas Científicos

Baxter, P.J., Stoiber, R.E. y Williams, S. N., 1982. Gases volcánicos y la Salud: Volcán Masaya, Nicaragua. Lancet, Julio 17, p. 150-151.

Bice, David C., 1979. Correlación de la tephra y la edad de las huellas humanas cerca de Managua,, Nicaragua. Abstractos de la Sociedad Geológica Americana, w. Prog., vol. 11, n. 7, p. 388.

Bice, David C., 1980. Orígen de la Caldera Masaya, Nicaragua. Abs. w. Prog., Sociedad Geológica Americana, v. 12, n.3, p.98.

Bice, David D., 1980. Estratigrafía de la tephra y aspectos físicos del volcanismo reciente cerca de Managua, Nicaragua. Disertación de Doctorado (Ph.D.) no publicada, Universidad de California, Berkeley, California. 422 pp.

Ferrey O., Carlos, 1971. Geología de las Regiones delVolcán Masaya y la Planicie de Tipitapa, Managua, Nicaragua. Catastro y Recursos Naturales.

Krusi, A., y J. Shultz, 1979. Depósitos en el surgimiento de la base del Volcán Masaya. Sociedad Geológica Americana, Abs. w. Prog., v. 11, n.3, p. 87-88.

McBirney, A.R., 1956. El Volcán Masaya de Nicaragua y su Caldera. Transacciones de la Unión Americana de Geofísica , v.36, n.1, p.83-96.

Stoiber, R. E. y S.N. Williams, 1986. Sulfuro y gases alógenos en el complejo de la caldera Masaya, Nicaragua: Flujo total y variaciones con el tiempo. Revista de Investigación Geofísica, v. 91, p. 12, 215-12,231.

Ui, T., 1973. Volcanismo Reciente en el Área de Masaya-Granada, Nicaragua. Bull Volc., v. 36, n.1, p. 174-190.

Williams, S.N., R.E.Stoiber, N.M. Johnson, W. E. Winner, R.A. Parnell, Jr., y B.J. Huebert, 198?. Volcán Masaya, Nicaragua: Una fuente mayor de So2 trMPOsférico durante 1980 y su impacto en el ambiente adyacente. EOS, v.61, n. 46, p. 1153

Williams, S.N., 1983. Lanzamientos plinios de composición basáltica. Geología y Mecanismos Eruptivos del Complejo de la Caldera del Masaya, Nicaragua. Tesis de doctorado no publicada, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire.169 pp.

(3) Temas Generales de Geología/Vulcanología Relevantes para El Volcán Masaya y su Entorno Geológico Preparados para Especialistas Científicos

Bonis, S. y Salazar, O., 1973. Las Erupciones de 1971 y 1973 del Volcán Fuego, Guatemala y algunas consideraciones para los volcanólogos. Boletín Vulcanológico,v.37, n.1, p. 394-400.

Collins, Daniel E., Marvin R, Niccum, y David C. Bice, 1976. Sumario Preliminar del Pleistocenio Tardío y Holoceno Volcánico y Estratigrafía Sedimentaria del Área de Managua, Nicaragua. Publicaciones Geológicas del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, n.5, p. 105-112.

Dames y Moore, Inc. & LAMSA, 1978. Estudio Geológico de las Ciudades del Sistema Metropolitano, Managua. Vice-Minissterio de Planificación Urbana, 143 pp.

Dengo, Gabriel, Otto Bohnenberger, y Samuel Bonis, 1970. Tectonicas y Volcanismo a lo largo de la zona marginal del Pacífico de Centro América. Geol. Rundsch., v. 59, n.3, p. 1215-1232.

Hadikisumo, D., 1974. El Ascenso y Caída del cráter del Monte Kelut después de erupciones paroxismales. Física tectónica, v.23, p. 3441-347.

Kuang, S., Juan, 1971. Estudio Geológico del Pacífico de Nicaragua. Catastro e Inventario de Recursos Naturales, Informe Geológico, n.3, 101 pp.

McBirney, A. R., y Howel Williams, 1964. El origen de la depresión nicaragüense. Bull Volc., v. 26, p. 63.

McBirney, A.R., y Howel Williams, 1965. Historia Volcánica de Nicaragua. Univ. de California, Publicación en Ciencias Volcánicas., v. 55, p. 1-69.

McBirney, A.R., 1955. El Origen de las Cuencas de Nejapa cerca de Managua, Nicaragua. Bull. Volc., v. 17, p. 145-154.

McBirney, A.R., 1964. Notas sobre los centros volcánicos cuaternarios al este de la Depresión Nicaragüense. Boletín del Servicio Geológico Nacional, n. 8, p. 89-97.

Saenz, Dionisio Martínez, 1951. Ríos de Oro, Torrentes de Lava. Managua, Nicaragua. 417 pp.

Sapper, Carl, 1925. Los Volcanes de América Central. Verlog, Halle, Max Niemeyer, 116 pp. (traducido al español).

Self, S., M.R. Rampino, y M.J. Carr, 1989. Una revaloración de la erupción delCosiguina en 1835 y su impacto atmosférico. Bull.Volc., p. 57-65.

Siebert, Lee. Colapso Estructural de los Volcanes: Avalanchas Grandes de Deshechos Volcánicos en Norte y Centro América. Instituto Smithsonian, Washington,DC, 1989.

Stoiber, R.E., y M.J. Carr, 1975. Segmentación cuartenaria volcánica y tectónica de Centro América. BoletínVolcánico, v.36, n.3, p. 304-325.

Williams, Howel, 1952. Observaciones geológicas en las antiguas huellas humanas cerca de Managua, Nicaragua. Contribución a la AntrMPOlogía e Historia Americana.,n. 52,p. 5-31.

Williams, Howel, 1952. La gran erupción del Cosiguina, Nicaragua, en 1835, con anotaciones sobre la cadena volcánica nicaragüense. Univ. de Calif. Publicación en Geología Científica, v. 29, p. 21-45.

Woodward-Clyde Consultores, 1975. Informe Sumario de investigación sobre fallas activas en Managua, Nicaragua y vecindad, Managua, Nicaragua. Vice-Ministerio de Planificación Urbana.

APENDICE F

MATERIALES DE EDUCACION AMBIENTAL RELATIVOS AL PROGRAMA INTERPRETATIVO DEL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA

APENDICE F
MATERIALES DE EDUCACION AMBIENTAL RELATIVOS AL PROGRAMA INTERPRETATIVO DEL PARQUE NACIONAL VOLCAN MASAYA

La siguiente es una lista de materiales de educación ambiental relativos al Programa de Interpretación Ambiental en el Parque Nacional Volcán Masaya. Todos los materiales fueron obtenidos de los sitios "WEB" de la red Internet relativos a temas de educación pública sobre peligros volcánicos. También se adjuntan copias obtenidas de los sitios WEB. Estos materiales se incluyen en este informe porque contienen textos descriptivos actualizados y gráficos acerca de los procesos volcánicos dirigidos a audiencias amplias. Los materiales incluidos contienen información que puede extraerse, sintetizarse, o usarse textualmente para acompañar varios de las exhibiciones en el Centro de Visitantes. Ampliaciones de los gráficos se incluyen con algunos materiales adicionales.

Varios de los anexos en la lista abajo detallada, son para adquirir mas información o productos. Otros anexos pretenden brindar información que respaldan la preparación de textos para las exhibiciones en el Centro de Visitantes. Una anotación del uso intencionado de cada anexo presentado en este apéndice se detalla enseguida de su título. Si el anexo pretende apoyar una exhibición existente o previamente propuesta para el Centro de Visitantes, la exhibición se identifica de acuerdo al esquema designado usado bajo la columna de "Recomendaciones" del Informe de Consultoría de 1992 (Apéndice C de este Informe). Si una exhibición se recomienda por primera vez en el actual informe, la exhibición se designa abajo como "nueva" y su posición general en la secuencia de exhibiciones se indica como "a seguir" la designación de exhibición recomendada en el Informe de Consultoría de 1992.

"Información Relacionada con Vulcanologíá Brindada por Otras Organizaciones" del Instituto Tecnológico de Michigan, "Homepage" (Anexo No. 1). Lista de Sitios relacionados con vulcanología en la Internet para usarse en la obtención de información adicional.

Información Seleccionada sobre Vulcanología del Instituto Tecnológico de Michigan. Sitio WEB. Los materiales en la lista abajo detallada, son elementos encontrados en el menú intitulado "Peligros Volcánicos":

1. Gases Volcánicos (Anexo No. 2)
   Partes de esta información puede ser apropiada como texto acompañante de la Exhibición C5 y/o un componente relacionado con los peligros volcánicos en la Exhibición C7.

2. Tephra (Anexo No3)
   Partes de esta información pueden ser apropiadas como texto acompañante de la Exhibición C5 y/o un componente ampliado sobrelos peligros volcánicos relacionados con la Exhibición C7.

3. Terremotos Volcánicos (Anexo No. 4)
   Partes de esta información puede ser apropiada para acompañar laExhibición C5 y/o un componente ampliado sobre los peligrosvolcánicos relacionado con la Exhibición C7.

Información Seleccionada del Sitio Web Mundo Volcánico. Basado en la Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio (NASA). Programa de datos científicos para uso público sobre la tierra y el espacio presentado en Internet. El material abajo detallado, son elementos encontrados bajo el menú intitulado, Volcanes: Historia de las Interioridades:

1. ***Tipos y Viscosidades (Anexo No. 5)***
   Partes de esta información puede ser apropiada para acompañar a la ExhibiciónC5.

2. ***Tipos de Volcanes: Estratificado o Compuesto, Conos Incinerados o de Fuego, Escudo o Protección y Caldera (Anexo No. 6)***
   Parte de esta información puede ser apropiada como texto acompañante como versión revisada de la Exhibición C4 y-o la Exhibición B5.

3. ***Tamaños de las Erupciones: Ignore bajo su propia responsabilidad (Anexo 7)***
   Este material incluye un gráfico interesante titulado: "Qué tan Grande es Grande" que podría ser modificado para incluir la erupción plinia de 6.600 a.p. del Masaya y varias otras erupciones históricas del Cerro Negro, Las Pilas y otros. La gráfica y partes de la información puede ser apropiada para una exhibición sobre los tipos de erupciones volcánicas y la explosividad volcánica (Siguiente, a seguir las Exhibiciones C3 y C4).

4. ***Mirando Dentro de la Tierra (Anexo No. 8)***
   Partes de esta información pueden ser apropiadas como texto acompañante de la Exhibición B4.

5. ***Ubicación de los Volcanes (Anexo No. 9)***
   Partes de esta información pueden ser apropiadas como texto acompañante para la Exhibición B3 y/o B4.

6. ***Las Placas Tectónicas y el Flujo de Calor (Anexo No. 10)***
   Partes de esta información pueden ser apropiadas como texto acompañante B3 y/o B4.

7. ***Los Volcanes y el Clima (Anexo No. 11)***
Partes de esta información pueden ser apropiados como texto acompañante de una expansión sobre los componentes del impacto volcánico a largo plazo , a continuación de la Exhibición C7.

8. ***Monitoreo Volcánico (Anexo No. 12)***
Porciones de esta información puede ser apropiada para una nueva exhibición sobre cómo es que los científicos estudian los volcanes (Nuevo, a continuación de la Exhibición C7).

9. ***Peligros Volcánicos (Anexo No. 13)***
Partes de esta información puede ser apropiada como texto acompañante de una expansión sobre los componentes de los peligros volcánicos, vinculada a la Exhibición C7.

10. ***Lideando con los Peligros Volcánicos (Anexo No. 14)***
Porciones de esta información puede ser apropiada como texto para acompañar una ampliación de los componentes de los peligros volcánicos relacionados con la Exhibición C7.

11. ***Análisis de Riesgo (Anexo No. 15)***
Partes de esta información puede ser apropiada como texto para acompañar una expansión sobre los peligros volcánicos relacionados con la exhibición C7.

Información Seleccionada del Sitio Web Monitoreo Geológico de los Estados Unidos (USGS)/Observatorio del Volcán Cascades (COV). Los materiales abajo detallados son elementos encontrados bajo el menú intitulado "Indice e Información—Rasgos y Fenómenos Volcánicos":

1. Índice e Información—Rasgos y Fenómenos Volcánicos (Anexo No. 16)
Información accesible bajo este menú para uso en la obtención de información adicional.

2. Descripción: Tubos (túneles) de Lava (Anexo No. 17)
Partes de esta información puede ser apropiada como texto acompañante a la versión revisada de la Exhibición C3 y C4, sobre erupciones de lava efusivas.

3. Descripción: Lava, Flujos de Lava, Pahoehoes, Aa (Anexo No. 18)
Partes de esta información puede ser apropiada como texto para acompañar la Exhibición C3 y C4 sobre erupciones efusivas de lava y/o la Exhibición C5 sobre productos volcánicos.

4. Peligros: Flujos Piroclásticos (Anexo No. 19)
   Partes de esta información puede ser apropiada como texto acompañante de una versión revisada de las Exhibiciones C3 y C4 sobre erupciones de ceniza y/o la expansión en los componentes del peligro volcánico en la Exhibición C7.

5. Peligros: Surgimientos Piroclásticos (Anexo No. 20)
   Partes de esta información puede ser apropiada como texto para acompañar la revisión de la Exhibición C3 y C4 sobre erupciones explosivas de ceniza y/o los componentes del peligro volcánico en la Exhibición C7.

Juegos de Filminas sobre Volcanes y Procesos Volcánicos accesibles para la compra. Del EOS Búsqueda de Educación Volcánica en el sitio web (Anexo No. 21).
Las filminas están accesibles a un precio nominal a través de la Unión Americana de Geofísica en Washington, D.C. y podrían usarse para producir una presentación narrada sobre los rasgos y peligros volcánicos.

Juego No. 1: superficie y efectos atmosféricos de la erupción del Monte Pinatubo en 1991
Juego No. 2: Topógrafa volcánica
Juego No. 3: Volcanes y los Peligros Volcánicos
Juego No. 4 Juegos de filminas Peter Francis, partes I, II, III, y IV. Por Peter Francis ilustrando su libro de 1993 titulado "Volcanes: Una Perspectiva Planetaria" (Oxford University Press, Oxford, UK)

Parte I:	Volcanes
Parte II:	Lavas y Rasgos Relacionados
Parte III:	Erupciones Piroclásticas y Productos
Parte IV:	Erupciones Hidrovolcánicas

Estudio Reciente de los "Tsunamis sheds Lights" sobre Terremotos. Por Sataki, Kenji, de EOS, v. 75, n. 1, 4 de Enero 1994. (Anexo No. 22)
Partes de esta información puede ser apropiada como texto para acompañar el componente ampliado sobre peligros volcánicos de la Exhibición C7.

GPS Monitoreo de Datos sobre Actividad Volcánica Accesible en Internet. Por Dixon, T.H. et al, de EOS, v.76, p.2. (Anexo No. 23)
Porciones de esta información puede ser apropiada como texto para acompañar una exhibición nueva sobre cómo es que estudian los científicos a los volcanes. (Nueva, a continuación de la Exhibición C7).

"Quieres Ser Volcanólogo? Por Rowland, S. del Mundo Volcánico (Anexo No. 24)
Partes de esta información puede ser apropiada como texto acompañante de una nueva exhibición sobre cómo es que los científicos estudian los volcanes (específicamente, qué tipo de científicos estudian los volcanes). (Nuevo, a continuación de la Exhibición C7)

Los Volcanes y los Cambios Climáticos Globales. Anónimo de Hechos de la NASA, EOS homepage sobre Vulcanología. (Anexo No. 25)
Partes de esta información puede ser apropiada como texto acompañante de un componente ampliado sobre los impactos volcánicos a largo plazo a continuación de la Exhibición C7.

Los Gases Volcánicos Brindan Claves sobre Cómo Trabajan los Volcanes (Anexo No. 26). Anónimo del USGS/homepage Observatorio Vulcanológico de Hawaii.
Partes de esta información puede ser apropiada como texto para respaldar una Exhibición sobre los tipos de erupciones y explosividad volcánica (Nuevo, a continuación de las Exhibiciones C3 y C4).

Problemas de Conocimiento Volcánico y Ejercicios de Laboratorio para Grupos Escolares. Varios Sitios Web de Internet tal como se indica en el margen derecho superior de las páginas adjuntas. (Anexo No. 27).

Apendice F

Anexo 1

Related Information Provided by Other Organizations

NASA

NASA Earth Observing System Project Science Office

- Mission to Planet Earth *and GIF image of the* EOS Mission Profile
- *EOS Instruments:* | AIRS | ASTER | Landsat 7 | MISR | MODIS | TES | others |
- Science Strategy for EOS: Chapter 8: Volcanoes, Dust Storms, and Climate Change

EOSDIS Core System Information for Scientists

- NASA Facts: Volcanoes and Global Climate Change

ESA

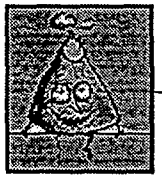
European Space Agency (ESA) *and* European Space Research Institute User Services

VOLCANO NEWS REPORTS

- Bulletin of the Global Volcanism Network (Smithsonian)
- Volcano Listserve Proceedings

GENERAL VOLCANO INFORMATION

Michigan Tech. University: Information on Volcanoes


VolcanoWorld

- The Electronic Volcano (Information on Active Volcanoes) -- Dartmouth Univ.

USGS VOLCANO OBSERVATORIES / U.S. VOLCANOES

AVO: Alaska Volcano Observatory

CVO: Cascades Volcano Observatory

- French Volcano Observatories (Martinique, Guadeloupe, Réunion, Comores)
- HVO: Hawaiian Volcano Observatory Volcano Watch weekly newsletter
- Long Valley Caldera (USGS Monitoring)
- Mauna Loa Decade Volcano
- Mount St. Helens: Images/Stories/Curriculum

University of Washington Volcano Systems Center (UW + USGS)

OTHER OBSERVATORIES & VOLCANO MONITORING INSTITUTES

- Geological Survey of Japan, Hokkaido Branch
- Hakone Volcano Research Center (VRC) [Asama, Kirishima, Izu-Oshima Volcano Observatories]
  - Unzen - Decade Volcano
- INGEOMINAS Volcano Observatories in Colombia at Manizales, Pasto, and Popayán
- Fernandina, Galapagos: Reports on the volcanic activity
- Mount Erebus Volcanic Observatory

NVI: Nordic Volcanological Institute *and a* list of Volcano Observatories world-wide

- Stromboli Project (University of Udine, Italy)
- Wairakei Research Center Taupo Observatory

VOLCANO RESEARCH / INFORMATION

Ascension Island Geology

- Batur Volcano, Bali, Indonesia
- Boris Behncke's Volcano Home Page (Stromboli and other volcanoes) or the mirror site at Michigan Tech. Univ.
- Canadian Meteorological Centre [soon to be designated a Volcanic Ash Advisory Centre (VAAC)] and links to VAAC Montreal (...version in Francais)
- Compiled Volcanology Data Set CD-ROMs (Remote Sensing of Kilauea, Mauna Loa, and Kamchatka)
- Center for the Study of Active Volcanoes, Univ. Hawaii at Hilo
- Daniel J. Johnson's Volcanic Activity Web site
- GEOMAR Research Center for Marine Geosciences of Christian Albrechts University, Kiel, Germany
- Global Positioning System Time Series and more GPS Information
- Global Volcanic and Environmental Systems Simulation (GVES): Vesuvius
- IAVCEI: International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior
  - January 1997 IAVCEI Meeting in Puerto Vallarta, Mexico

Istituto Internazionale di Vulcanologia - C.N.R. - Catania, Italy

- Jonathan Dehn's Computer Modeling of the Volcanic System
- Rincon de la Vieja Volcano, NW Costa Rica
- Ruapehu Erupts!
- Ruapehu Eruption Alert Bulletins (Inst. Geological & Nuclear Sci. Ltd, New Zealand)
- Stromboli on-line
- Under the Volcano by Peter Tyson (from MIT's Jan. 96 Technology Review magazine)
- University of Naples, Department of Geophysics and Volcanology
- University of Pisa, Italy - Volcanic Simulation Group
- U.K. Volcanologists Group
- Vesuvio Decade Volcano, Italy

- Volcaniclastic Information Center (UCSB)
- Volcano Mercenaries of America
- Volcano Topography and Volcanic Hazards (Goddard Geodynamics Branch)

RADAR IMAGING AND TOPOGRAPHY

- SIR-C/XSAR Radar Images of Earth (several volcano images)

NASA/JPL Imaging Radar and SRL Volcano Exhibit

- Alaska Synthetic Aperture Radar Facility
- Digital Elevation Data Catalog

VOLCANO HAZARDS AND EMERGENCIES

NGDC Natural Hazards

- Emergency Preparedness Information eXchange (EPIX)
- Emergency Information System International
- Natural Disaster Reference Database

VOLCANO-CLIMATE INTERACTIONS

- NOAA / CMDL Aerosol Group
- Global Change Master Directory
- Global Change Research Information Office
  - A Report: Forum on Global Change Modelling

GEOTHERMAL ENERGY

- Geothermal Energy Information (Center for Renewable Energy and Sustainable Technology)
- Geothermal Energy Information (International Geothermal Association)

MISC. RELATED SITES

- Public Use of Remote Sensing Data (NASA Cooperative Agreement Notice): VolcanoWorld (bringing volcano remote sensing data to classrooms, National Parks, and Monuments), and Virtually Hawaii (includes a virtual field trip to Kilauea)

- Univ. of Hawaii - School of Oceanography and Earth Science and Technology

- Hawaii Space Grant Consortium

- Michigan Technological Univ. - Dept. of Geological Engineering, Geology & Geophysics

---

Return to EOS Volcanology Home Page

This page is maintained by Joy Crisp (joy@glassy.jpl.nasa.gov)

Apendice F

Anexo 2

Volcanic Gases

An erupting volcano will release gases, tephra, and heat into the atmosphere. The largest portion of gases released into the atmosphere is water vapor. Other gases include carbon dioxide (CO_2), sulfur dioxide (SO_2), hydrochloric acid (HCl), hydrogen fluoride (HF), hydrogen sulfide (H_2S), carbon monoxide (CO), hydrogen gas (H_2), NH_3, methane (CH_4), and SiF_4. Some of these gases are transported away from the eruption on ash particles while others form salts and aerosols. Volcanic gases are also produced when water is heated by magma. Gases also escape from pyroclastic flows, lahars, and lava flows, and may also be produced from burning vegetation.

Acid rain can be produced when high concentrations of these gases are leached out of the atmosphere. When Katmai erupted in 1912, acid rain damaged clothes that were drying outside on a line 2000 km away from the erupting volcano in Vancouver, British Columbia (Bryant, 1991). High concentrations of CaF_2 can burn vegetation and other material on contact. Fluoride and chloride can contaminate water. Livestock have died from drinking such contaminated water. Fluoride and chloride can also be irritating to the skin and eyes of animals, and can damage clothes and machinery. Carbon monoxide and carbon dioxide are usually produced in small amounts. However, large amounts of these gases will sometimes build up in low lying areas and can asphyxiate livestock and harm vegetation (Bryant, 1991 and Scott, 1989).

Recently, a new volcanic hazard involving tropical lakes in volcanic regions was discovered. Carbon dioxide built up at the bottom of tropical Lake Nyos was released from the bottom of the lake when the lake overturned. Fifteen hundred people were killed and 10,000 people burned in this disaster (Bryant, 1991).

Harmful concentrations of volcanic gases usually do not extend further than 10 km from the volcano (Scott, 1989). Remote sensing instruments have been used to track volcanic gases such as SO_2. To find out more information about remote sensing and volcanic clouds click here. Other instruments have also been used to monitor volcanoes. These instruments measure amounts and types of volcanic gases. Currently much research is being done on how volcanic gases may contribute to changes in climate.

Text by C.M. Riley, Photo courtesy of the U.S. Geological Survey at CVO

Apendice F

Anexo 3

Tephra

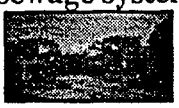
When a volcano erupts it will sometimes eject material such as rock fragments into the atmosphere. This material is known as *tephra*. The largest pieces of tephra (greater than 64 mm) are called *blocks* and *bombs*. Blocks and bombs are normally shot ballistically from the volcano (refer to the gas thrust zone described in the direct blast section). Because these fragments are so large they fall out near their source. Blocks and bombs as large as 8-30 tons have fallen as far away as 1 km from their source (Bryant, 1991). Small blocks and bombs have been known to travel as far away as 20-80 km (Scott, 1989)! Some of these blocks and bombs can have velocities of 75-200 m/s (Bryant, 1991). Smaller ejecta such as *lapilli* (2-64 mm) and *ash* (<2 mm) which are convected upward by the heat of the eruption will fall out farther from the volcano. Most particles greater than a millimeter in size will fall out within 30 minutes of the time they are erupted (W.I. Rose personal communication). The smallest particles which are less then .01 mm can stay in the atmosphere for two or three years after a volcanic eruption. Sometimes these particles produce fantastic sunsets such as was seen after the eruptions of Krakatau in 1883 and Pinatubo in 1991. Some scientists believe that these particles may contribute to global warming.

The size of particles that fall out is largest near the volcano and gets progressively smaller further from the volcano. The thickness of material usually decreases the further away from the volcano. Occasionally, as occurred in Ritzville, Washington when Mount St. Helens erupted in 1980, secondary thickening will occur. Secondary thickening means that ash deposits are thicker in a particular area than in surrounding areas. This results when ash particles and water form clumps which produce larger particles that have higher terminal velocities and so fall out of the ash cloud. When these particles hit the ground they break apart and produce a thicker deposit of ash than in surrounding areas.

The distance that ejecta travels away from a volcano depends on the height of the eruption column, temperature of the air, wind direction and wind speed. An erupting column that reaches into the stratosphere will be sheared by strong winds in this region and cause the eruption cloud to spread out over a larger area. The temperature of the air during an eruption will increase due to the hot material ejected into the atmosphere. This produces a bouyant force that carries tephra higher into the atmosphere which allows it to be deposited over a larger area. Wind direction and wind speed are very important in determining where and how large an area will be covered by ash. Ash erupting from Mount St. Helens on May 18, 1980 covered the town of Yakima, which is approximately 80 miles to the east of the volcano, with 10 mm of ash (Foxworthy and Hill, 1982). This caused the sky to become as dark as night during the middle of the day. The town of Vancouver, approxiamately 50 miles south of the volcano, had no ash deposited from the eruption because the wind direction was blowing away from it toward the northeast.

So how far away can ash be deposited? The eruption of Krakatau deposited ash over an area of 800,000 square kilometers. People 70-80 km away from the volcano had their clothes burnt by ash (Bryant, 1991). Fallout from the eruption of Tambora in 1815, which is the largest eruption in recent history, was deposited as far away as 1300 km (Francis, 1993)! More than 10 cm of ash fell in India 3000 km away from the Toba Caldera when it erupted 75,000 years ago.

Tephra produces a wide range of hazards. When the ejected material is in the atmosphere it is electrically charged and often produces lightning. Several people have been killed by lightning from volcanic eruption clouds. Large ejecta shot ballistically from the volcano are also a hazard to those

unfortunate enough to be near the volcano. Other hazards are produced when the ash is deposited on the ground. Ash can disrupt electricity, television, radio, and telephone communication lines, bury roads and other manmade structures, damage machinery, start fires, and clog drainage and sewage systems. Ash can produce poor visibility and cause respiratory problems. Often people living  in areas affected by volcanic ash will wear masks with filters or wet cloth over their nose and mouth to protect themselves from breathing in volcanic ash and fumes. If ash builds up on the tops of roofs, it will often cause collapse. This is especially common on flat topped buildings. Most deaths resulting from the eruption of Mount Pinatubo in 1991 were due to collapsing roofs (Wolfe, 1992).

Ash is also a great hazard to airplanes. Ash from the 1982 eruption of Galunggung Volcano in West Java, Indonesia caused engines in two jet airplanes to fail. Both aircraft dropped 25,000 feet before they could get their engines to start again. Ash end St. Elmo's fire entered the cabin and caused damage to the aircraft. Greater than sixty airplanes have been damaged by ash from various volcanic eruptions. Damage can include pitting of wind sheilds which causes them to look foggy. The fuselage, wings, engines, and light covers can also be damaged by ash and are very expensive for the airlines to repair. Volcanic eruption clouds cause rerouting, cancellation, and delays in flights which is also expensive for the airlines. The accumulation of ash can also load down a plane which may cause the plane to rest on its tail. Ash on runways is another problem because anytime a plane lands or takes off the ash is resuspended. Special techniques have been developed to remove ash from aircraft and runways (Casadevall, 1993). Currently much research is being done in using satellites to track volcanic clouds. For more information about tracking ash clouds using remote sensing devices click here.

Tephra can also destroy vegetation which can result in famine. Famines are the largest indirect hazard produced by volcanic eruptions. In 1815, after the eruption of Tambora which ejected 151 cubic kilometers of ash into the atmosphere, 80,000 people died due to famine (Bryant, 1991 and Francis, 1993).

Residents in areas that may be affected by volcanic ash during an eruption, need to be prepared. They should stock up on water and food supplies, stay indoors to avoid having clothing burnt or skin irritated by acids carried by volcanic ash, avoid going outside without a wet cloth or some sort of filter over their mouth and nose, stay in areas that are unlikely to receive large amounts of tephra or large sized tephra, avoid staying in buildings that are flat-roofed, and be prepared to be without telephones, electricity, and radio communication. Residents should also be prepared to do a lot of cleanup, and when doing this be careful not to resuspend the ash.

Tephra produces many hazards but is also very beneficial. Its greatest benefit is that it produces fertile soil for crops. This is the biggest reason why so many people live on or near active volcanoes.

Text by C.M. Riley, Sunset and huts with ash photos by M.T. Dolan, Palm trees with ash by W.I. Rose

Apendice F

Anexo 4

Volcanic Earthquakes

Earthquakes related to volcanic activity may produce hazards which include ground cracks, ground deformation, and damage to manmade structures. There are two general categories of earthquakes that can occur at a volcano: volcano-tectonic earthquakes and long period earthquakes.

Earthquakes produced by stress changes in solid rock due to the injection or withdrawal of *magma* (molton rock) are called *volcano-tectonic earthquakes* (Chouet, 1993). These earthquakes can cause land to subside and can produce large ground cracks. These earthquakes can occur as rock is moving to fill in spaces where magma is no longer present. Volcano-tectonic earthquakes don't indicate that the volcano will be erupting but can occur at anytime.

The second category of volcanic earthquakes are *long period earthquakes* which are produced by the injection of magma into surrounding rock. These earthquakes are a result of pressure changes during the unsteady transport of the magma. When magma injection is sustained a lot of earthquakes are produced (Chouet, 1993). This type of activity indicates that a volcano is about to erupt. Scientists use seismographs to record the signal from these earthquakes. This signal is known as *volcanic tremor*.

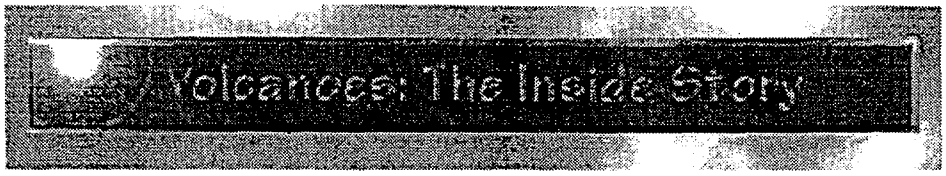
People living near an erupting volcano are very aware of volcanic earthquakes. Their houses will shake and windows rattle from the numerous earthquakes that occur each day before and during a volcanic eruption. Residents in Pompeii felt earthquakes daily before Vesuvius erupted in A.D. 79 but continued to go about their daily routines (Francis, 1993). When Mount Pinatubo in the Philipines erupted in 1991, nerves were rattled as much as windows by volcanic earthquakes.

Earthquakes exhibiting volcanic tremor warn of an impending eruption so that people can be evacuated to areas of safety. The volcanic tremor signal has been used successfully to predict the 1980 eruptions Mount St. Helens and the 1991 eruption of Pinatubo. Volcano-tectonic earthquakes can cause damage to manmade structures and landsliding. To prevent damage from being done, structures should be built according to earthquake standards, building foundations should be constructed on firm ground and not unconsolidated material which may amplify earthquake intensity, and buildings should be constructed on stable slopes in areas of low hazard potential.

Text by C.M. Riley, Photo by M.T. Dolan

Apendice F

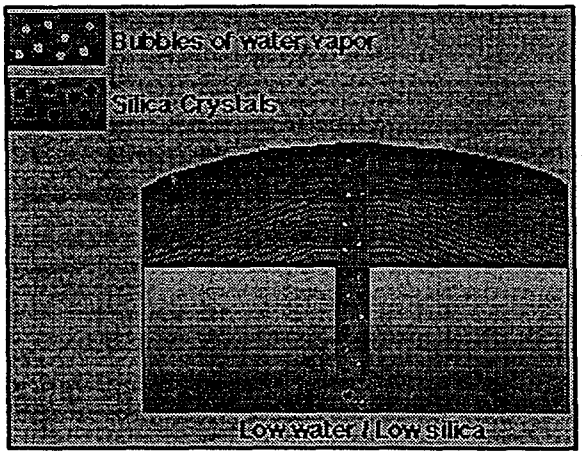
Anexo 5



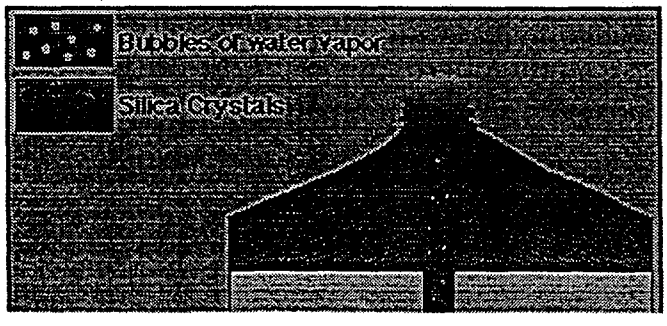
Lava Types and Viscosity

Volcanoes come in many shapes and sizes. Volcanic eruptions may be quiet outflows of lava so peaceful that one can stand close enough to toss in pebbles (or leis; see figure), or so explosively violent as to blow mountains apart and blast everything within a hundred miles to smithereens (not recommended for close observation). Both the shapes of volcanoes and the violence of volcanic eruptions depend on the same rather mundane thing: the physical properties of erupting lavas.

The two most important properties of lavas are 1) its viscosity, and 2) the amount of gases dissolved in the liquid rock. Let's look at each of these separately.

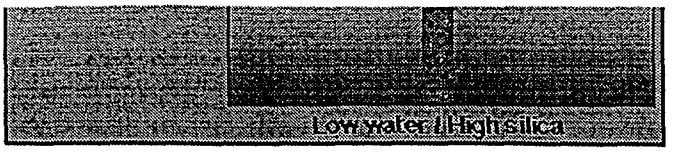


Viscosity is a term that describes the fluidity or "runniness" of the lava. Some lavas are very "runny," not quite like water, but more like warm honey or hot wax. When these lavas erupt, they flow for large distances before cooling enough to turn solid. You can imagine what kind of volcanic mountain you could make with runny lavas by thinking about (or carefully doing) pouring hot wax on a large sheet of paper. The wax spreads out into a large, flat layer. Let it cool and harden and then pour another layer. The second "flow" of wax will partly pond on the first and partly run off onto the paper to form another flat layer. If you keep pouring more and more "flows," you will get a large, but almost flat pile of wax. So lots of small eruptions of runny lavas form large, almost flat mountains like shield volcanoes. Eruptions of huge amounts of really runny lavas form **flood basalt** type volcanoes.



Other lavas are very "pasty" like soft clay, and hardly flow at all. Imagine piling lumps of soft ice cream on a big, flat dish - you end up with a tall, narrow pile. Likewise, pasty lavas form tall, steep-sided mountains like strato volcanoes.

156



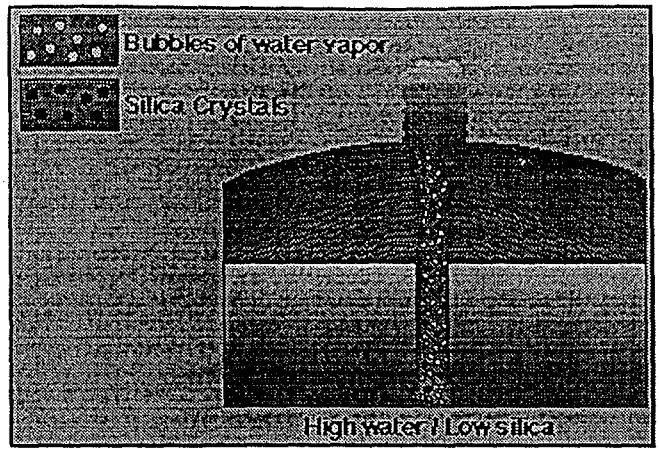
Viscosity in lavas depends on several factors. One of the most important is composition, especially the amount of silica (SiO_2 or quartz) melted in the lava. Silica molecules have the tendency to stick together to form long chains. These long chains literally get tangled together and make it difficult for molecules in the melt to slide past each other. This slowing of movement at the molecular level makes the whole lava less fluid. A small difference in silica content can make a huge difference in viscosity: lavas with about 70% silica (called rhyolites) are about 10 billion times stiffer than lavas with about 50% silica (called basalts).

The other important property of lavas governing the type of eruption is the amount of gases dissolved in the lava. The most important gases in lavas are water and carbon dioxide. (Although water is a liquid at room temperature, it is definitely a gas at typical lava temperatures of 900 C [1600 F] to 1200 C [2200 F].) Very little gas can be dissolved in lava at the low pressures (around one atmosphere) found at the surface of the Earth. We say the solubility of gases in liquids is low at low pressures. On the other hand, deep in the Earth where lavas are formed the pressures are high (thousands to millions of atmospheres), and significant amounts of gas can be dissolved in the lavas (up to several per cent by weight). We say the solubility of gas in liquids is high at high pressures. If we dissolve lots of gas in a lava at high pressure and high solubility and then lower the pressure to get low solubility, the gas will "undisolve" (or "exsolve") from the liquid to form bubbles.

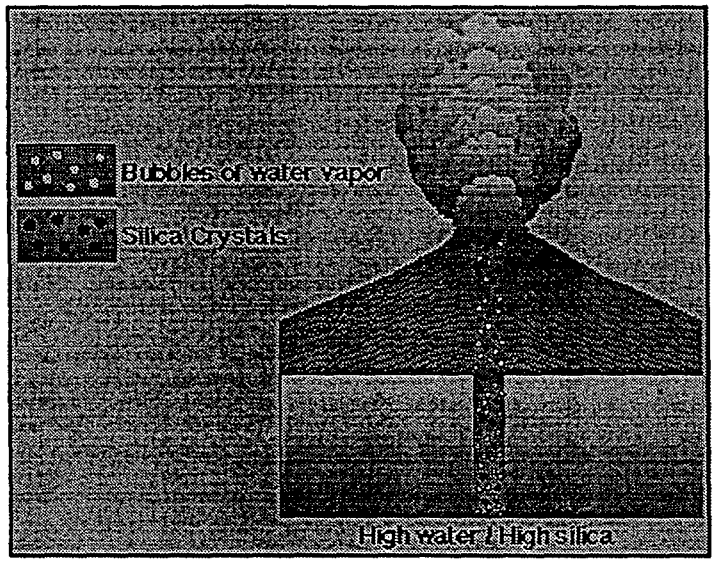
So what happens to the gases in lava when it rises from the deep interior of the Earth to the volcano on the surface? Let's consider a couple of everyday examples. Look a clear plastic bottle of soda pop that hasn't been opened or recently shaken. Most soda pop contains a few per cent by weight of dissolved carbon dioxide. If you look carefully at the liquid, you can't see any gas inside (remember, it is dissolved) except perhaps a few small bubbles and a tiny air pocket at the top. If you carefully open the bottle, you see many small bubbles quickly form and rise to the top and escape. If enough bubbles form, they take part of the liquid with them as a foam that flows out of the top. If you shake the bottle vigorously just before opening it, you trigger the formation of so many bubbles so quickly that the soda pop bursts explosively from the top, and you and everyone around you is sprayed with fine droplets of liquid. On the other hand, if you leave the bottle of soda pop open for long, virtually all of the dissolved gas escapes, and no amount of shaking can cause the remaining liquid to spray out. It can only be poured out.

This shows the effect of dissolved gases. What about viscosity?

Think about blowing bubbles through a straw in a glass of liquid. If the liquid is water (low viscosity), the bubbles you form escape easily. If you blow slowly (representing small amounts of escaping gas), the water is little disturbed. Even if you blow vigorously (representing large amounts of escaping gas), the water froths and bounces around a lot, but very little gets out of the glass. If you try the same thing with an ice cream soda or malt (representing high viscosity), bubbles escape only with difficulty. Even small bubbles bursting from a malt can get blebs of ice cream on your clothes. Blowing vigorously can launch the entire malt across the room!



Lavas show the same types of behavior. If an erupting lava has low viscosity and little or no dissolved gases, it simply flows out of the central vent and spreads far over the surface (see low water/low silica figure). If it has high viscosity and no dissolved gases, the lava oozes slowly out to form a bulbous dome which mostly just sits there (see low water/highsilica figure). In either case, you could stand nearby in relative safety. If the erupting lava has lots of dissolved gases, the gases come out of solution and form bubbles as the lava approaches the surface. If the viscosity of the lava is low, the lava bubbles and froths a lot right at the surface, tossing out tiny cinders and larger "bombs" of lava that quickly cool and fall back to the ground. This type of eruption (see figure to left) produces a spectacular "fire fountain" right over the vent, usually resulting in a **cinder cone**. Any remaining lava quietly flows away.

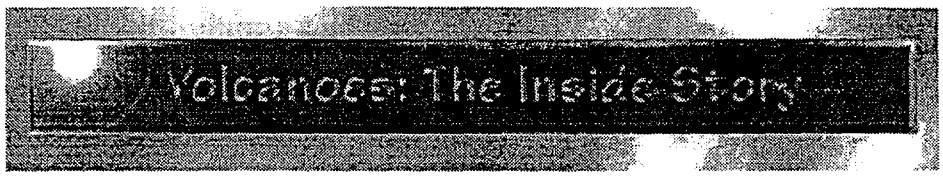


However, the last combination, lots of dissolved gases and high viscosity, is deadly (see figure to left). As the lava oozes to the surface, the gases quickly form bubbles that turns the lava into a red-hot froth that explodes out of the ground as a searing, greyish cloud of superheated steam and tiny particles called ash. The ash forms when the walls of the gas bubbles burst into tiny fragments. This type of lava causes explosive eruptions at volcanoes like **Vesuvius** and Mount St. Helens, and drives the cataclysms that produce the **"giant" caldera.**

Back to The Inside Story

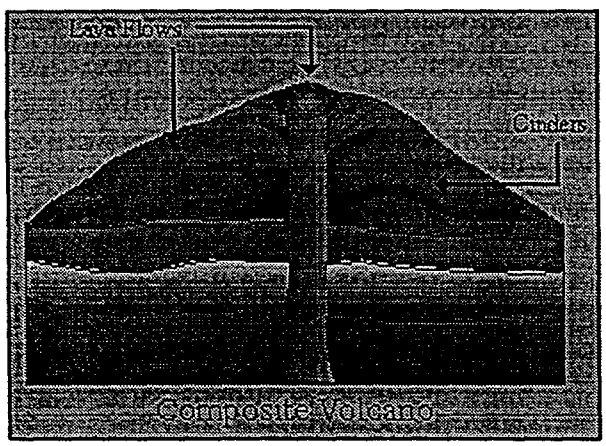
Apendice F

Anexo 6

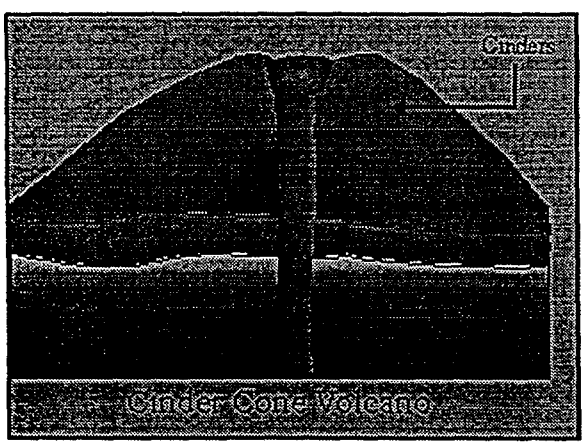


Volcano Types: Strato or Composite, Cinder Cones, Shield, and Caldera

Most people have never seen a real volcano, but have learned about them through movies or books. So when we think of a volcano, we usually conjure up the Hollywood version: a huge, menacing conical mountain that explodes and spews out masses of lava down on rampaging dinosaurs, screaming cave people or fleeing mobs of betogaed Romans - depending on your favorite volcano disaster movie. While those types of volcanoes do indeed exist, they represent only one "species" in a veritable zoo of volcano shapes and sizes. Some types of volcanoes are easily recognizable and some are not.

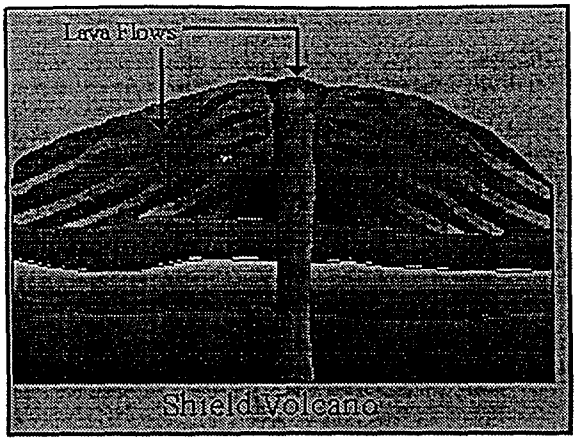


The "Hollywood" types are easily recognized. Many are located in populated areas and have well-known names: Vesuvius, Krakatoa, Fujiyama, and Mount St. Helens. These volcanoes are typically tens of miles across and ten thousand or more feet in height. As illustrated in the figure, they have moderately steep sides and sometimes have small craters in their summits. Volcanologists call these "strato-" or composite volcanoes because they consist of layers of solid lava flows mixed with layers of sand- or gravel-like volcanic rock called cinders or volcanic ash.



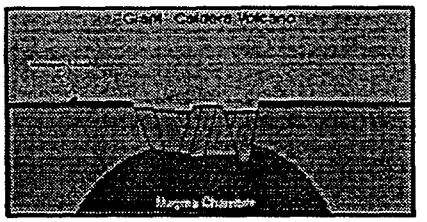
Another easily recognized type of volcano is the "cinder cone." As you might expect from the name, these volcanoes consist almost entirely of loose, grainy cinders and almost no lava. They are small volcanoes, usually only about a mile across and up to about a thousand feet high. They have very steep sides and usually have a small crater on top.

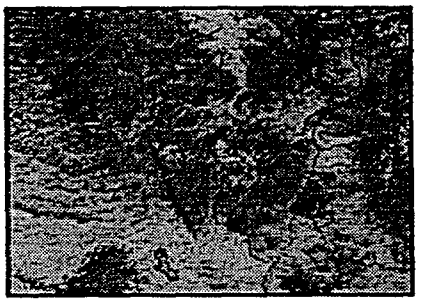
160



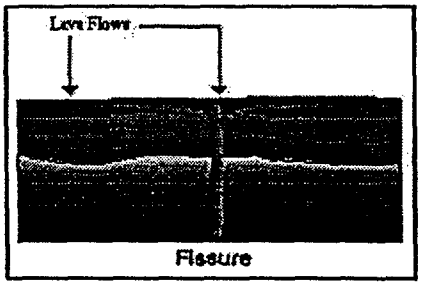
A third easily recognized volcano may be familiar to you from news reports from Hawaii: the "shield" volcano. This type of volcano can be very large: hundreds of miles across and many tens of thousands of feet high. The individual islands of the state of Hawaii are simply large shield volcanoes. Mauna Loa, a shield volcano on the "big" island of Hawaii, is the largest single mountain in the world, rising over 30,000 feet above the ocean floor and reaching almost 100 miles across at its base. Shield volcanoes have low slopes and consist almost entirely of frozen lavas. They almost always have large craters at their summits.

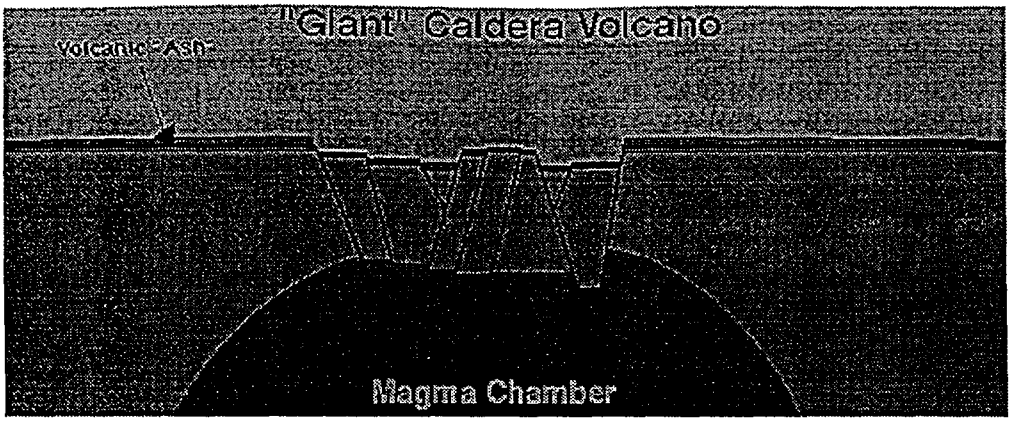
Two important types of volcanoes are difficult to recognize as such, especially when they are very large. The first of these is the "giant caldera" (see below, left). Calderas, which are simply circular depressions, are found on the summits of many volcanoes. "Giant" calderas are the largest of these: huge craters up to many tens of miles across. Giant Calderas form by collapse (See animation) in gigantic eruptions that spew volcanic rocks out to hundreds or even a thousand miles in all directions. Sometimes the calderas are so filled with lavas and volcanic ash that there is no recognizable depression at all. These can only be found by carefully locating the big fractures or "faults" in the ground that mark the edges of the caldera. One such caldera nearly fills Yellowstone National Park. In other cases, the edges of the caldera remain as large cliffs or ridges surrounding the central depression. However the depression is so large that a person standing in the middle could hardly see the edges and would only recognize them as such if they were pointed out. These giant calderas can best be seen in images taken from space, like the one of the Valles Caldera in New Mexico(below, right).

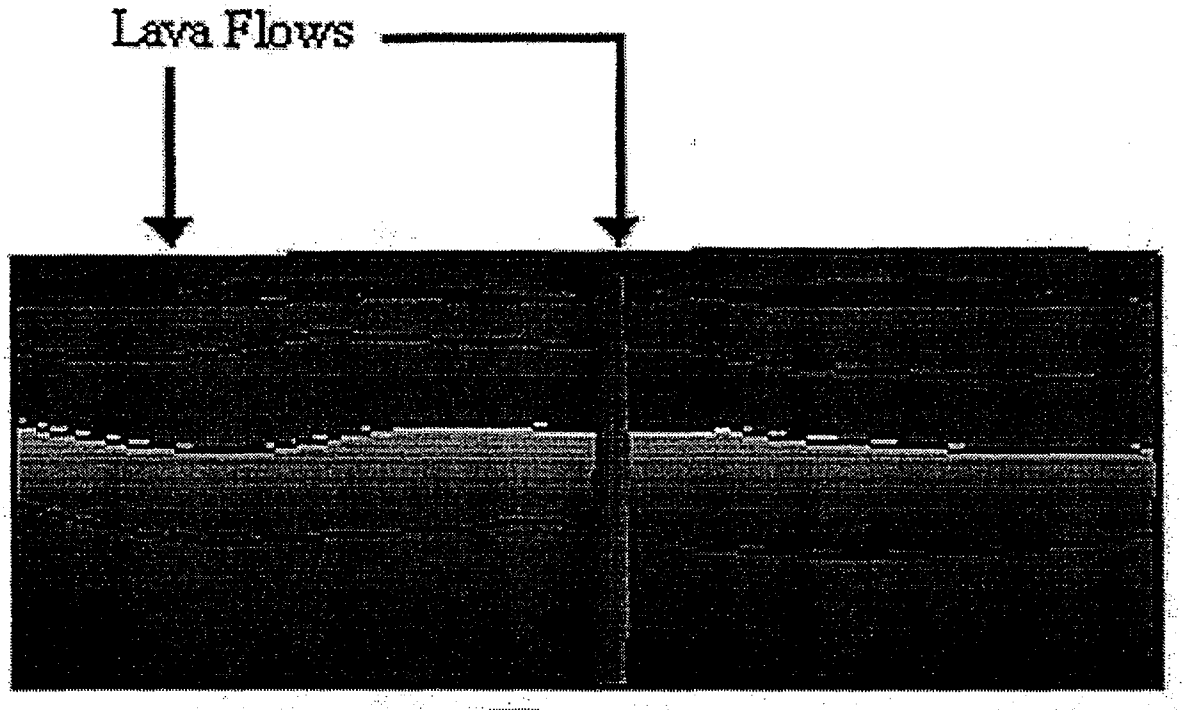




The second type of volcano difficult to recognize either from the ground or from space is the "fissure eruption" type. In this kind there is no central crater at all. Instead, giant cracks open in the ground and pour out vast quantities of lava that spread far and wide to form huge pools that can cover almost everything around. When these pools of lava cool and solidify, the surface remains mostly flat. Since the source cracks are usually also buried, there is often nothing "volcano-like" to see - only a flat plain. The fissure eruption shown below at right was at Los Pilas volcano in Nicaragua in 1952.



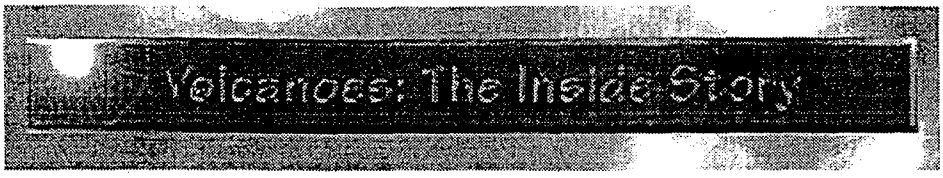

"Giant" Caldera Volcano
Volcanic Ash
Magma Chamber



Fissure

Apendice F

Anexo 7



Sizes of Eruptions: Disregard at your own peril

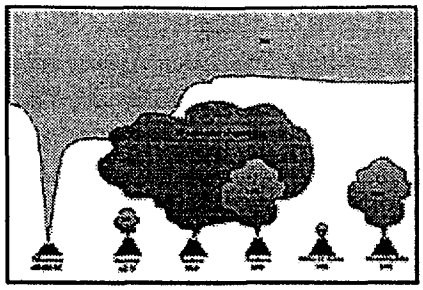
Volcanic eruptions come in all sizes: small, meduim, large, extra large, giant economy size, and super-giant-mega-huge-knock-your-socks-off-more-than-you-could-possibly-imagine size. Giant eruptions can literally affect the whole world. On the other hand, small eruptions may affect only a single hillside or single valley. Let's look at the characteristics and effects of volcanic eruptions of different sizes, starting small and working our way up.

How close?
A small volcanic eruption may consist of single small burst of steam and volcanic ash, as the initial eruption of Mount St. Helens (image?), or a single lava flow, like those which make the local evening news in Hawaii. By exercising some caution, many small eruptions can be viewed from a reasonable distance. What is reasonable? It all depends on the type of eruption. Explosive eruptions (high-water, high-silica), even small ones, are best seen from a distance of miles. On theother hand, effusive eruptions (low-water, low-silica) can be viewed from quite close if you position yourself properly. Large flows of very fluid lavas can attain speeds of 50 to 60 mph, so you would not want to try standing in front of such a flow! With care and proper clothing, however, these flows can be observed and even sampled from the side at a distance of a few feet.

C.R. Chapman tells of two volcanologists walking beside a lava flow during a long hike to the source vent. They grew hungry and decided to cook a frozen pizza they had been carrying on the solid, but hot crust forming at the edge of the flow. Unfortunately for their stomachs, while the pizza was cooking, the "oven" of unstable rock crust broke free and drifted into the flow, carrying their pizza out of reach. They went on, hunger unsatisfied, because wading in liquid rock is not recommended procedure.

Some flows are very slow, and even the fastest flows eventually cool, slow, and stop. "Slow" here means human walking speed or less. You can observe slow flows from any vantage point - front, side, even on top (in some cases). G.A. McDonald tells of a volcanologist who had observed a slow-moving "blocky" flow through a long, hot morning in Hawaii. By noon, the flow had appeared to stop, and the volcanologist decided to have lunch on the top of the flow. After sitting and eating for awhile, the volcanologist noticed that the surrounding scenery was still moving! The flow he was sitting on was still creeping along and was not "dead" after all.

166



How Large is Large?
There is no accepted scale for measuring the sizes of volcanic eruptions like the Richter Scale for earthquakes. One useful comparison is the volume of new volcanic rock blasted out by the eruption. The volumes of new volcanic rock are shown here in two ways: by the figure at left graphically comparing ejected volumes, and in the table below. The designations used here of "small," "large," "major," and "great" eruptions are simply descriptive, and are used only to draw attention to the great range in the sizes of volcanic eruptions.

Volcanic Eruption Volumes
Volume New Lava Erupted

Volcano	Year	Cubic Miles	Cubic Kilometers
	"Large" Eruptions		
Kilauea, Hawaii	1983	0.02	0.1
Mauna Loa, Hawaii	1976	0.09	0.375
"	1984	0.05	0.22
Mt. Pelee, Martinique	1902	0.1	0.5
Mount St. Helens	1980	0.2	0.7
Askja, Iceland	1875	0.5	2
Vesuvius, Italy	79	0.7	3
	"Major" eruptions		
Pinatubo, Philippines	1991	2.4	10
Krakatoa, Indonesia	1883	4.3	18
Ilopango, El Salvador	300	10	40
Santorini, Greece	1450 B.C.	14	60
Mazama, Oregon	4000 B.C.	18	75
Tambora, Indonesia	1815	36	150
	"Great" Eruptions		
Valles, New Mexico	1.4 Million B.C.	72	300
Long Valley, Calif.	740,000 B.C.	120	500
Yellowstone, Wyoming:			
Lava Creek Ash	600,000 B.C.	240	1000
Mesa Falls	1.2 Million B.C.	67	280
Huckleberry	2.0 Million B.C.	600	2500
Columbia, Washington	15 Million B.C.	24,000	100,000

* Volumes are approximate. 1 mi3 = 4.168 km3
Sources: R.L. Smith (1979) GSA Special Paper 180, p. 5-27; R.B. Smith and L.W

Press, F. and R. Siever (1974) Earth, W.H. Freemam & Co.

Small eruptions The volume of volcanic material tossed out in the bursts or flows of small eruptions is relatively small: a few football stadiums full (equal to a few million cubic feet or a few ten thousandths of a cubic mile). No worries, mate! After all, the inhabitants of the island of Stromboli in Italy simply ignore the virtually constant thumps of red-hot lava "bombs" being tossed out of the vent of their resident volcano. Of course, just how big or important a particular eruption appears depends largely on how close you were at the time. Even a small steam explosion seems huge if you happen to be standing right next to the vent when it "blows." And a single lava flow seems catastophic if it happens to go right through your bedroom! Small eruptions may also be of concern if they are harbingers of bigger things to come - a large eruption.

Large volcanic eruptions often make national and even international headlines, so you have probably

167

heard of some of these: El Chichon, Mount Redoubt (which nearly nailed a passing jetliner!), and Mount St. Helens. Large eruptions affect areas around them up to tens of miles away and eject typically a few tenths of a cubic mile of volcanic rock and lava (figure). Depending on the local population distribution, large eruptions can be very destructive of life and property. Potential hazards in these eruptions include huge blasts of super heated steam and pulverized rock, rock avalanches, massive clouds of volcanic ash, asphixiating gases, and, in the case of volcanoes with snow-caps or glaciers on them, giant mudslides. The eruption of **Vesuvius** in 79 AD buried the towns of Pompeii and Herculaneum in Italy and killed thousands of people by falling ash and poisonous gases. The main blast of steam and rock from the 1902 eruption of Mount Pelee on the Caribbean island of Martinique destroyed St. Pierre in less than two minutes, killing all but two of the city's 30,000 inhabitants. Ironically, warnings about the dangers of an imminent eruption were down-played by public officials anxious to keep the voting populace in town for an upcoming election. Unfortunately, the volcano exploded 3 days before the scheduled election, annihilating both electors and potential electees. Mudslides triggered by a 1985 eruption of Nevado del Ruiz in Columbia swept through a small town and killed 25,000 people. In contrast, only 57 people were killed in the 1980 Mount St. Helens eruption, largely because of the remote location and the effectiveness of public warnings.

As important as large eruptions appear locally, they are still relatively small compared to our next larger size class: major eruptions.

Major volcanic eruptions, including Mount Pinatubo in the Philippines in 1991 and Krakatoa in Indonesia in1883 (Hollywood even made a movie about that one!), are tens to hundreds of times larger than the eruption of Mount St. Helens. These eruptions are often **caldera**-type eruptions. They eject many cubic miles of material (see size comparison figure above) and affect areas around them up to hundreds of miles away. Everything about major eruptions must be written in superlatives. Major eruptions are incredibly destructive: the very islands, several miles across in each case, on which Krakatoa, Tambora (Indonesia, 1815), and Santorini (Greece, about 1500 BC) had stood simply disappeared into the sea during the eruptions. Tambora spread thick layers of ash and floating islands of pumice across 2000 miles of Indonesia. Superheated steam and ash from Krakatoa's main blast killed and burned people 30 to 40 miles away on the Sumatra coast. Krakatoa also spawned tidal waves over 100 feet high that swept the coasts of Java and Sumatra, claiming most of the 37,000 lives lost in that eruption. The destruction is so great and widespread in large and especially major eruptions that **eyewitnesses** often describe the eruptions and their aftermath as "the end of the world."

Major eruptions are incredibly loud: noises from the eruption of Tambora in Indonesia in 1815 were mistaken for nearby canon fire in European settlements 200 and 750 miles away from the volcano itself. In each community, nervous military leaders sent out ships and soldiers to investigate what were thought were attacks on nearby outposts! If the main eruption of Mount St. Helens had made as much sheer noise as Tambora, it would have been heard all over the United States.

Major eruptions can affect weather around the world. Clouds of ash and sulfur-rich particles thrown into the stratosphere by large volcanic blasts reflect part of the sunlight reaching the Earth, causing cooling of the atmosphere. The larger the blast, the greater the effect. A global cooling of about 1.5 deg. F (detected by modern sensors) continued for about two years after the Mount Pinatubo eruption. Cooling was so severe following the Tambora eruption that 1816 was called "the year without a summer" or "Eighteen hundred and froze to death." Cold temperatures and killing frosts in Europe and New England in America caused extensive crop failures and resulted in famine in post-Napoleonic France. Many farmers in New England left for the frontier in New York in search of better weather, swelling the American "Move West."

Major eruptions have even been responsible at times for literally changing the course of history. The Mataram empire in Java was apparently destroyed by a major eruption of Merapi in 1006 AD. The course

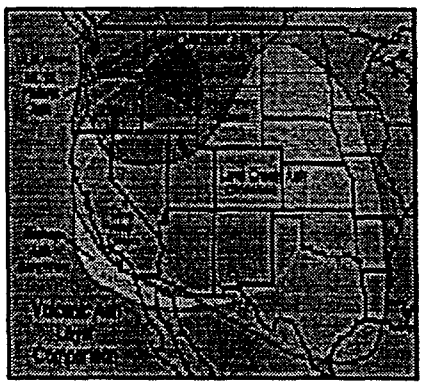
of Mayan civilization was changed when a major eruption of Ilopango in El Salvador destroyed the highland Mayas around 300 AD. Subsequent shifts in population, trade routes and resultant economic power gave a great boost to the development of the "Classic Maya" civilization. And the eruption of Santorini in the middle of Bronze age Europe apparently caused the destruction of the advanced Minoan civilization on Crete and the surrounding Islands and allowed the expansion of the early Greeks. Ash clouds and tidal waves from Santorini may also have reached Egypt about the time the Hebrews were leaving the country and given rise to the stories of the biblical plagues in Egypt.

Lest we become complacent thinking that major eruptions only occur in other parts of the world, just remember that the blast that destroyed Mount Mazama to form the placid-appearing Crater Lake in Oregon occurred only about 7000 years ago. Almost any of the Cascade volcanoes could do a repeat performance at any time.

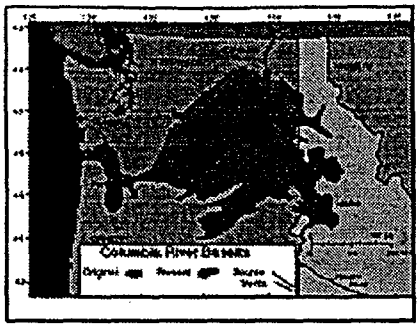
"Great" Eruptions As large and devastating as major eruptions are, they are not the largest volcanic eruptions known. None of these largest, or "great," eruptions have occurred in historic times (thank goodness!). We have only gigantic deposits of volcanic rock as eloquent evidence of their reality.

Great eruptions emerge from two types of volcanoes: **fissure eruption** and **giant caldera**. In both types, the volume of volcanic rock deposited on the surface of the Earth during a single great eruption can be many hundreds of cubic miles - hundreds of times larger than the major eruptions mankind has direct experience with.

Giant caldera eruptions explode with violence, noise, and destruction that defies description - try to imagine an eruption ten thousand times larger than Mount St. Helens! Several giant caldera eruptions are known to thave occurred in the United States. The Valles caldera in New Mexico expelled about 100 cubic miles of ash that still covers much of the middle of the state. The Long Valley caldera in southwestern Nevada ejected over 150 cubic miles of ash that now makes up thick layers of rock in mountains all over the West. But the largest of these eruptions known in the United States came from a fairly recently recognized giant caldera right in the middle of Yellowstone National Park. This caldera, some 30 by 50 miles in size, covers about half of the park, as seen in the map at left.



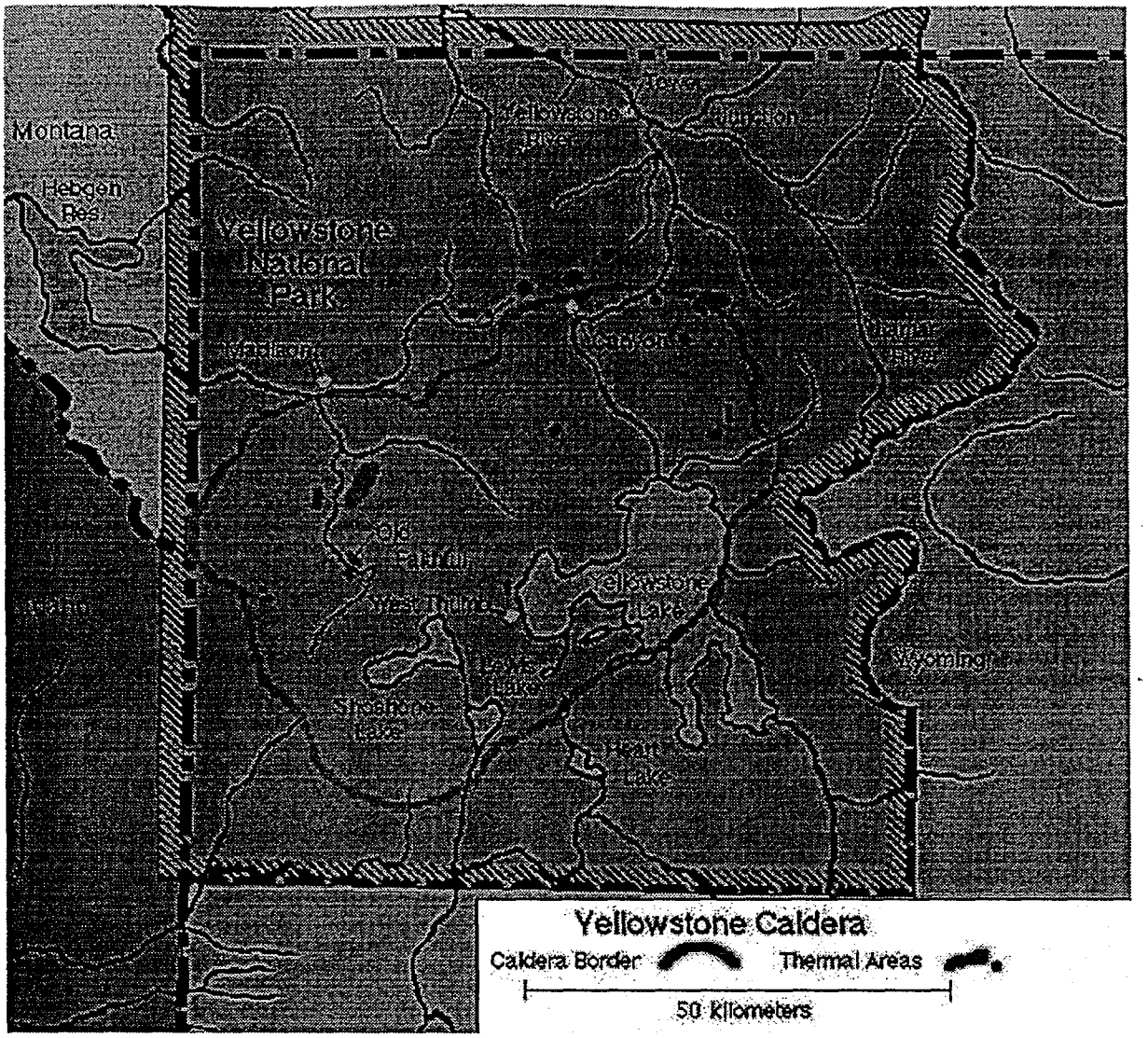
The Yellowstone Caldera is much larger than the crater on Mount St. Helens. The explosive ask deposit from Yellowstone is also much larger that the deposit from Mount St. Helens, as shown at left. The Yellowstone eruption blasted out a phenominal 300 cubic miles of ash in a thick blanket that extended from California to the Mississippi River. All life within hundreds of miles must have been extinguished in less than an hour.

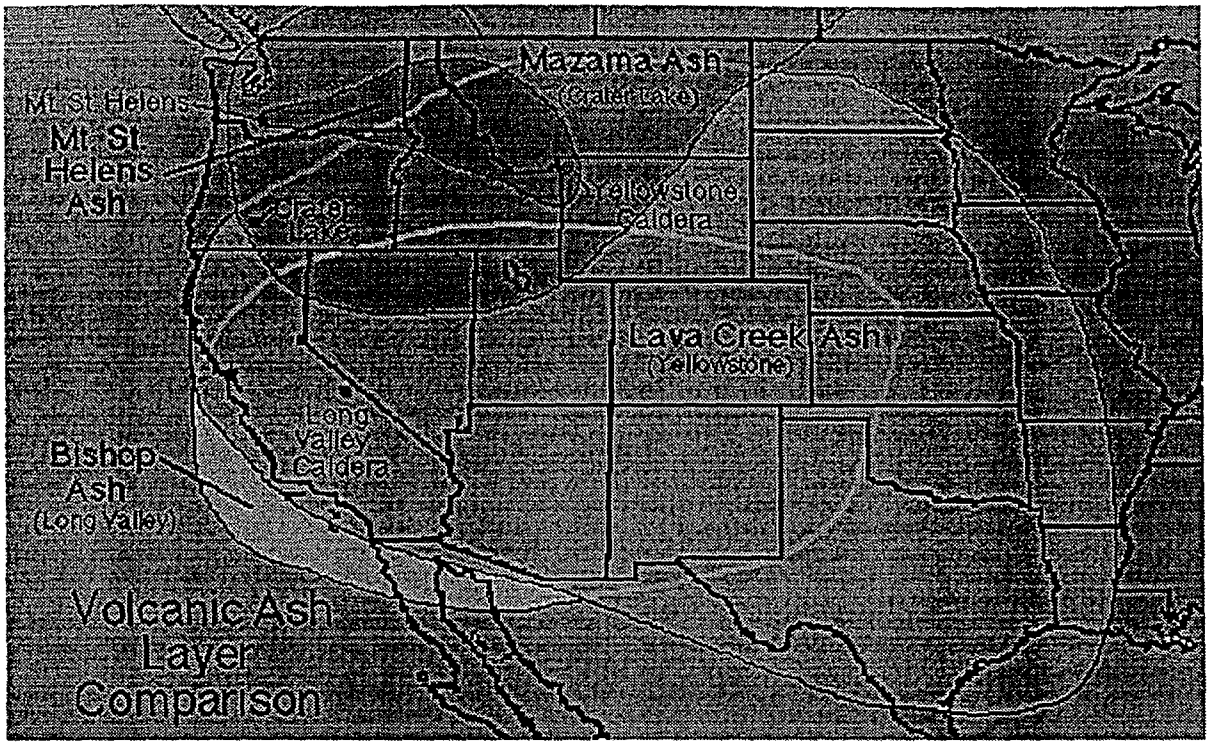


In giant fissure eruptions, sometimes called "flood basalt" eruptions, the Earth simply cracks open and disgorges vast amounts of fluid basalt. These giant outflows are not explosive, but they may continue for weeks without a break, inexorably burying vast areas under a sea of liquid rock. Flood basalt eruptions also come in swarms: as soon as one finishes, another begins. Multiple outflows from the same set of cracks continue for thousands of years, creating enormous barren plains of rock. The largest flood basalt deposit in the United States is the Columbia River Basalt group which covers the eastern third of the state of Washington, a quarter of Oregon, and part of Idaho. One individual layer of basalt - a single eruption - covers 15,000 square miles to depths of 100 feet or more - a total volume of about 600 cubic miles. The entire Columbia River group covers 50,000 square miles to depths of a mile or more, with a total volume of 25,000 cubic miles! All of this stuff came out of a group of cracks, each 30-50 yards wide and tens of miles long, in western Idaho. Flood basalt volcanoes are the largest known deposits of volcanic material.

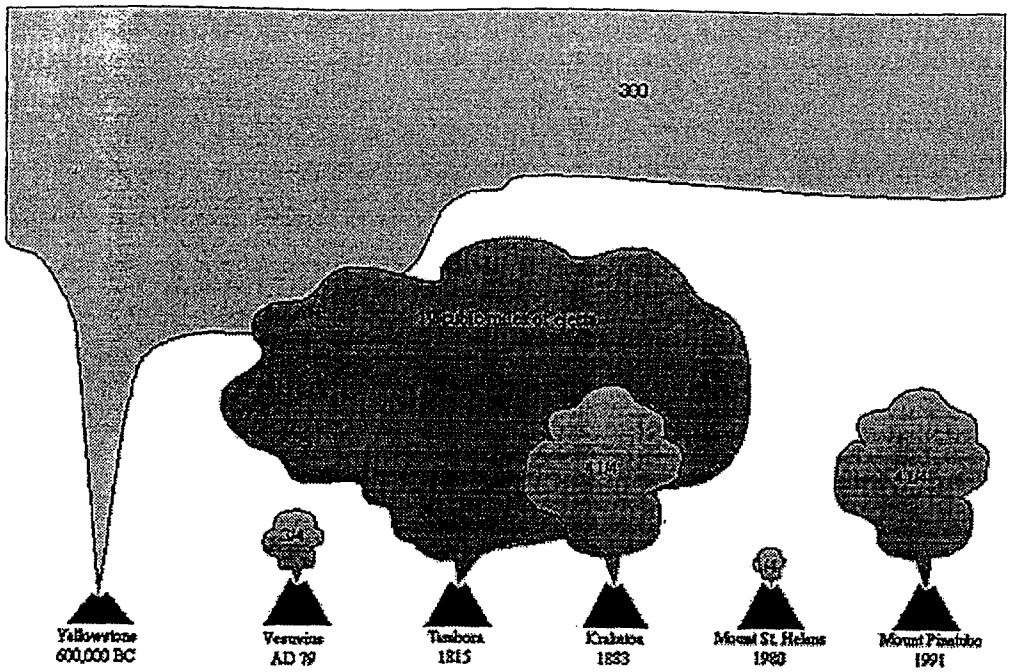
Given what we know about what a major eruption can do the the world's environment, we can only guess at the conditions great eruptions create. However, we do know that many of the world's great flood basalt eruptions correspond in time with some of the great periods of extinction of life in the Earth's past - indicating extremely challenging climatic conditions for extended periods of time. Fortunately, the larger an eruption is, the less frequently it occurs: many small eruptions occur around the world every year, large eruptions occur every year or so, major eruptions occur on scales of decades to centuries, while great eruptions.... Well, the Columbia basalts, the world's youngest major flood basalt deposit, are about 15 million years old. The Long Valley and Valles Calderas blew up, respectively, about 11 million and 700 thousand years ago. The Yellowstone caldera erupted about 600 thousand years ago. Certainly no great eruptions have occurred during recorded history. It would seem that humanity is unlikely to experience a great eruption anytime soon. On the other hand, the Yellowstone blast is only the latest in a string of eruptions in that area that occur every 600 thousand years or so. And its about that time again....

Back to The Inside Story


Montana
Hebgen Res.
Yellowstone National Park
Yellowstone River
Mammoth
Old Faithful
West Thumb
Yellowstone Lake
Lake Lake
Shoshone Lake
Heart Lake
Wyoming
Yellowstone Caldera
Caldera Border
Thermal Areas
50 Kilometers


Mazama Ash
(Crater Lake)
Mt. St. Helens
Mt. St. Helens Ash
Crater Lake
Yellowstone Caldera
Lava Creek Ash
(Yellowstone)
Long Valley Caldera
Bishop Ash
(Long Valley)
Volcanic Ash Layer Comparison

126
124
122
120
118
116
114
49
47
45
43
41
39
Columbia River
Washington
Montana
Olympic
Pdx
Idaho
Oregon
Columbia River Basalts
Original
Present
Source Vents
0
100 MI
0
100
200 km
Snake River


300
Yellowstone
600,000 BC
Vesuvius
AD 79
Tambora
1815
Krakatoa
1883
Mount St. Helens
1980
Mount Pinatubo
1991

Apendice F

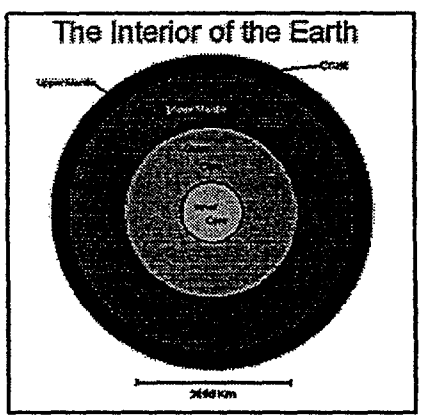
Anexo 8

Volcanoes: The Inside Story

Looking Inside the Earth

The interior of the Earth more than just a few miles beneath our feet is far more difficult to reach than the surface of Pluto or even a nearby star! The deepest mines in the world are only three to four kilometers deep. The deepest well ever drilled only penetrates 12 kilometers into the interior. Since it is 6371 kilometers to the center of the Earth, comparatively speaking, we have not even been able to get through the skin of the apple. Why haven't we gone any deeper? Even at a depth of 12 kilometers, the high pressures and temperatures of the surrounding rocks cause the metal of even the strongest drills to quickly weaken and deform. At depths of 100 kilometers, rocks flow like butter, and any hole we could form would quickly close upon us.

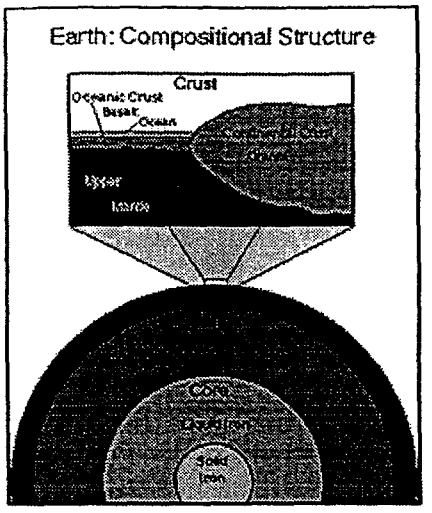
Yet we have learned a good deal about the Earth's interior using indirect means. Earthquakes and nuclear explosions generate sound (seismic) waves that travel through the entire volume of the Earth. By measuring the intensity and timing of seismic waves at many locations on the surface of the Earth, we are able to determine the density of materials at different levels in the interior. (The technique is a very sophisticated version of tapping on a barrel or wall to see if there is something inside.) By measuring the properties of different materials under high pressure in the laboratory, we can make good estimates of what different parts of the Earth's interior are made of.



From all these measurements, we find the Earth's interior is layered something like the inside of a peach. The "pit" at the center of the Earth is called the "core". It is made mostly of iron, some nickel, and about 10 to 15% of a less dense material, probably silicon, oxygen, or sulfur. Like a peach pit, the core itself is made of two concentric pieces, a solid inner core and a liquid outer core.

The large zone corresponding to the flesh of the peach is called the "mantle". It is made mostly of rocky minerals with names like olivine, pyroxene, quartz, and periclase (any good book on geology or mineralogy will tell you everything you ever wanted to know about these minerals, and then some). Almost all rocks are made of silicon and oxygen mixed with other elements such as calcium, aluminum, and iron. Mantle rocks contain particularly large amounts of iron and magnesium. The mantle is also divided into two parts, both solid: the lower mantle and the upper mantle. This division in the mantle, based on seismic data, may be due to small differences in the amounts of iron and magnesium, or may be due to differences in how close the atoms are to each other. (As an analog, think of a piece of Styrofoam. If you crush it, the particles inside are closer together because you have closed the tiny open spaces inside, but it is still made of Styrofoam.)

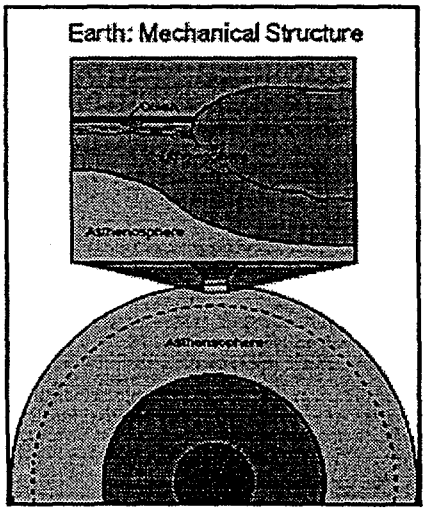
176



The "skin" of the Earth, called the "crust", is very thin like the skin of a peach. So thin, in fact, that we have to magnify a small piece of our sketch of the Earth to see any detail at all. There are two types of crust: oceanic and continental. As you might suspect from the names, oceanic crust is found mostly under the oceans, and continental crust is found on the continents. Oceanic crust is made mostly of a rock called **basalt**. It contains almost as much iron and magnesium as the mantle rocks. Oceanic crust also contains thin layers of **limestone, serpentine**, and **clay**. Limestone is made of calcium and carbon dioxide. Serpentine and clay are rocks like basalt that contain parts of water molecules. An important fact about these rocks is that when they are heated, the carbon dioxide and water "boil" out as gases.

Continental crust is made mostly of **granite**, a rock that contains smaller amounts of iron and larger amounts of **quartz**. As you may know from just looking around, continental crust also contains some limestone, sandstone, basalt - a little bit of just about everything. An important fact about continental crust is that it is less dense than basalt or mantle rocks. Thus it "floats" on the mantle rocks like a piece of wood in water. In fact, you and I live on dry land because the continents "float" much higher in the mantle "ocean" than oceanic crust does (like balsa floats higher than pine).

The terms core, mantle, and crust refer to parts of the Earth that differ in "composition". The Earth's interior is also divided up according to "mechanical" behavior. Specifically, parts of the Earth bend and flow when pressure is applied, and other parts fracture and break. This way of looking at the Earth helps us understand where earthquakes, volcanoes, and mountain ranges are found.



The part of the Earth where rocks fracture and break (we say the rocks are brittle) is called the "Lithosphere" (literally, the "sphere of rock"). The lithosphere covers the entire surface of the Earth down to about 100 kilometers under the oceans and down to about 200 kilometers under the continents. The term "lithosphere" is often used interchangeably with the term "crust," but they are **not** the same. The lithosphere includes the Earth's crust and parts of the upper mantle (See above figure). All faults (like the San Andreas fault in California) and earthquakes occur in the lithosphere, because earthquakes result from sudden breaks or shifts in rock. This can only happen where the rocks are brittle.

The rest of the Earth's interior below the lithosphere is called the "asthenosphere" (literally "sphere without strength"). Rocks at great depths in the Earth slowly bend and flow (we say the rocks are ductile or plastic). Generally, the rocks in the lithosphere have the same composition as the rocks in the asthenosphere. So why do they behave differently in different places? The explanation might be called the "Hot Wax Syndrome." If you take a piece of cold wax (like a piece of candle) and squeeze it between your fingers, it will crack and crumble. If you heat wax until it melts, it will flow like water. However, if you heat a piece of wax **almost** to melting and squeeze the piece between your fingers (careful not to burn yourself!), it will deform and flow like putty. Experiments have shown that almost all solids - wax, metal, rock, glass - act the same way: they are

brittle at low pressures and temperatures significantly below their melting points, but soft and ductile at high pressures or temperatures near their melting points. So what has this to do with the Earth's interior?

We have learned through measurements of seismic waves and the flow of heat through the surface of the Earth that the interior of the Earth is hot. Estimates of the temperatures in the deep interior of the Earth range from about 4000 deg. C to about 7000 deg. C, about as hot as the surface of the Sun! (The rocks and iron in the deep interior at these temperatures remain as solids and liquids instead of gases because of the very high pressures down there.) Yet the surface that you and I stand on is cool and solid.

Near the surface of the Earth, both temperatures and pressures are low, so rocks behave like cold wax: they crack and crumble. As we delve into the Earth's depths, temperatures and pressures rise quickly. At only a depth of 50 kilometers (about 30 miles), temperatures are already near 1000 deg.F (500 deg.C) and pressures are near 200,000 psi (pounds per square inch). For comparison, a typical pressure in automobile and bicycle tires is around 35 psi. Putting 200,000 psi inside a tire will blow it to (very tiny) smithereens! Putting 200,000 psi on the outside of a rock heated to near 1000 deg.F will cause it to flow like the hot, but unmelted, wax. So the heat and pressure inside the Earth cause rocks at depth to be soft, "without strength," forming the asthenosphere.

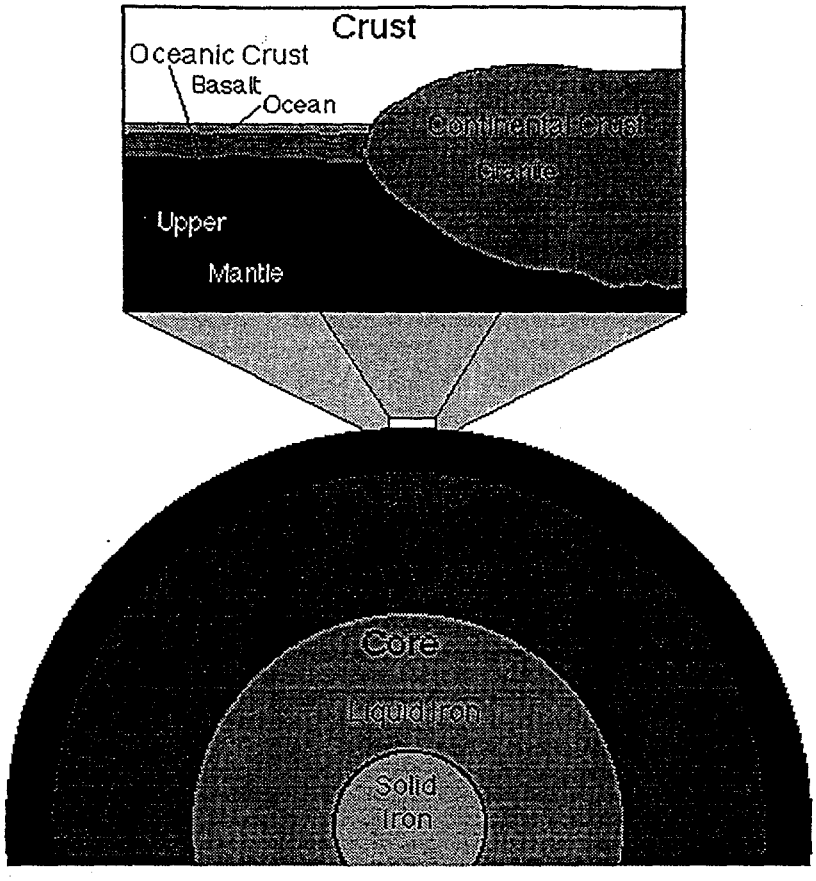
Table: The Earth's Interior Divisions

Layer Name	Outer Radius, km	Approximate Temperature	Composition
Inner Core	1229	7000 deg. C (max.)	Solid Iron
Outer Core	3484	5000 deg. C	Liquid Iron
Lower Mantle	5700	2000 deg. C	Iron-rich Rock
Upper Mantle	6360	500 deg. C	Iron-rich Rock
Crust	6371	0 deg. C	Basalt, granite

For more information about the interior of the Earth, you may want to look at "The Earth" in the Solar System Gallery at http://www.c3.lanl.gov:80/~cjhamil/SolarSystem/earthint.html

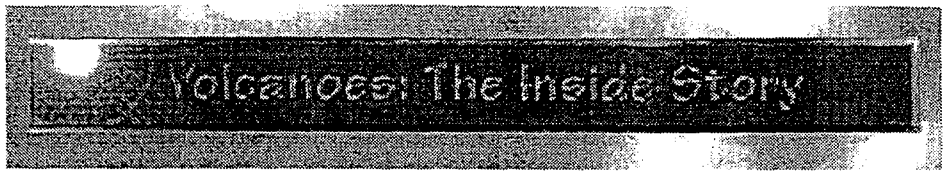
Back to The Inside Story

Earth: Compositional Structure



Apendice F

Anexo 9

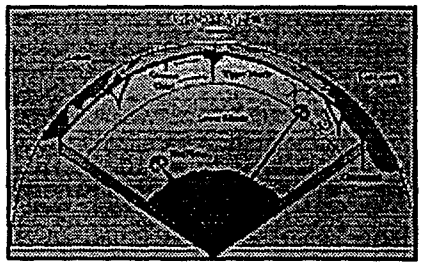


Location of Volcanoes

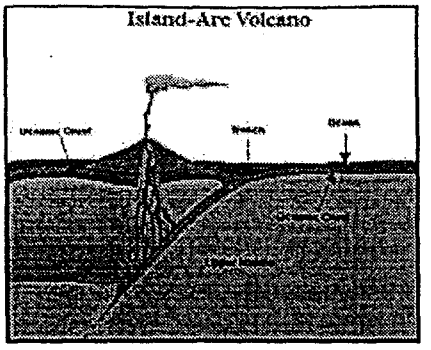
Imagine taking a world map, closing your eyes, and putting your finger down on the map anywhere at random. If you could be instantly transported to that spot on the Earth marked by your finger and looked around, do you think you would be able to see a volcano? Or even more exciting, would you see an erupting volcano? Probably not, because most volcanoes, especially active ones, occur in only a few well-defined narrow bands across the face of the Earth - something like wild animals confined to reservations. Actually, at most locations on the Earth you would only see a lot of sea water (but that's another story!). But even if you picked a place on land, in most cases there would be no volcano nearby. That is probably just as well, because volcanoes, like wild animals, can be very dangerous and unpredictable neighbors. Sometimes volcanic eruptions are quiet outpourings of lava or playful displays of fire fountains that can safely be viewed from a **reasonable distance**. Other eruptions are so destructive that everything within a thousand miles is annihilated within minutes to hours.

Why do volcanoes occur mostly in these narrow bands? Why not everywhere, such as in your backyard? Why are some explosive and some not? For that matter, why do volcanoes occur at all? Reasonable understanding of the answers to these questions has only been attained during the last hundred years or so.

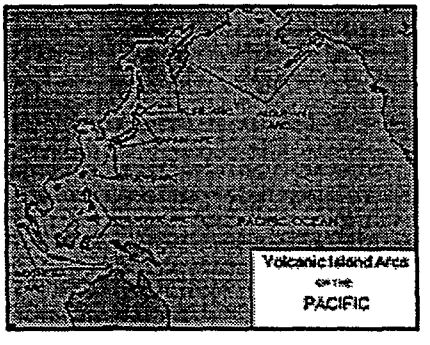
An important clue to understanding volcanoes is the location of the volcanic bands. Many of the world's active volcanoes are located around the edges of the Pacific ocean: the west coast of the Americas, the east coast of Siberia, Japan, the Philippines, Indonesia, and in island chains from New Guinea to New Zealand - the so-called "Ring of Fire." Recently active volcanoes are also found in Iceland, the Kenya Rift Valley in eastern Africa, Italy, and Hawaii. Looking at the locations of these volcanoes through the glasses of **plate tectonics**, we notice that most volcanoes occur near the edges of the large "plates" that comprise the solid surface of the Earth. Looking even more closely, we notice that the dangerous explosive volcanoes such as Mount St. Helens and Mount Pinatubo that make the evening news are located where plates are crunching together. The quieter, "effusive" volcanoes like Iceland and Hawaii are found mostly where plates are coming apart or in the middle of a plate.



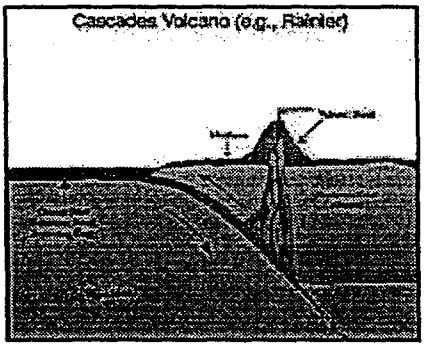
Let's carefully examine the edges of colliding plates to see why volcanoes might be found there. Remember that the plates move because heat flowing up from the Earth's core causes mantle rock to slowly flow in giant convection currents. The rigid plates are carried about, crunching into each other. Plate edges may be either **oceanic crust** or **continental crust**. So when plates collide, we have only three possibilities: oceanic-oceanic, oceanic-continental, or continental-continental collisions.



In oceanic-oceanic collisions, one of the edges is forced down into the **upper mantle**. Oceanic crust is able to sink into the mantle because its main component, cold **basalt**, is about the same density as the mantle rocks. The edge that goes down is called the "descending slab." Although the descending slab is mostly basalt, it also contains layers of **clay, limestone,** and **serpentine** that formed on the ocean floor. The clay and serpentine contain water. Limestone is made of minerals combined with carbon dioxide (CO2). As the slab containing all these different kinds of rocks descends into the mantle, it heats up. The heat causes the rocks containing the water and CO2 to decompose, releasing these gases. Dry basalt will not melt at mantle temperatures, but when it comes in contact with the water and CO2 its melting point is lowered. (The effect is just like using salt or anti-freeze to lower the melting point of water ice to clear roads in winter or keep your car radiator from freezing in cold weather.) Consequently, some of the basalt melts and absorbs the water and CO2. The liquid basalt is less dense than the surrounding solid rocks, so buoyancy forces cause the liquid rock to rise through the overlying mantle and oceanic crust to form a volcano on the ocean floor. As the lavas pile up, they form groups of volcanic islands like Japan and Indonesia.



The most likely intersection of a flat descending slab with the curved surface of the Earth is a long, gentle curve or arc. Since the volcanic islands tend to form a few hundred miles "downslab" from the collision site (marked by a deep trench on the ocean floor), they usually form an arc-shaped group. The arc-shape is easy to see in many examples: the islands of Japan, the Aleutian Arc extending from the SW coast of Alaska almost to Siberia, and the Timor-Java-Sumatra chain in Indonesia. Consequently these types of volcanoes are called "island-arc volcanoes." What kind of eruptions do we get with island arc volcanoes? Remember the lava forms because it contains lots of dissolved water and CO2. Thus when the lava reaches the surface, the gases are released, making for very explosive eruptions. Some of the most violent historical eruptions are of the island arc type: Tambora (1815), Krakatoa (1883), and Mount Pinatubo (1992).



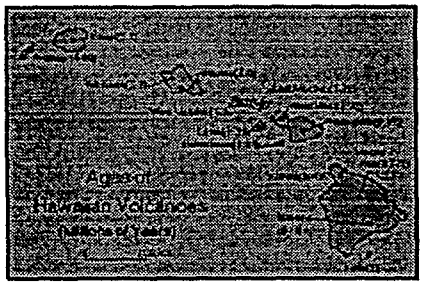
Now let's look at oceanic-continental collisions. In these cases, the oceanic crust always forms a descending slab beneath the continent because the **granite** in the continental crust is too light to sink into the mantle. In the descending oceanic slab, the same conditions for melting occur as before except this time, as the liquid rock ascends through the continental crust, some of the granite is melted and mixed with the liquid lava. Granite contains lots of **silica**, so the lava becomes very **viscous**. So when these lavas reach the surface, the resulting eruptions tend to be even more explosive than the island arc eruptions. The Cascade volcanoes in the American northwest are the best studied examples of this type. Examples include **Mount Rainier** and **Mount St. Helens**. A 3-D map showing the Cascades and the prominent volcanoes can be seen by clicking here

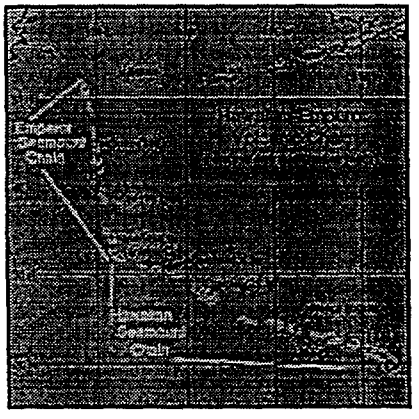
The third type of plate collision is continental-continental. The rocks on both sides of this type of collision are too light to sink into the mantle, so the edges simply crumble and fold into giant mountain ranges. The best example is the Himalayan Mountains in central Asia, which are the result of India crashing into Asia.

Very few rocks in these collisions are forced to great depths, so little melting occurs, and few volcanoes form. (Just in case you are wondering, there are only a few volcanoes in the Himalayas.)

So much for plate collisions. What about plate separations? In these cases, no rocks are forced down to where they can melt, so no volcanoes form, right? Wrong! Nature does it again! Where plates are separating, something must flow in to fill the gap or else we would have giant, open cracks extending hundreds of kilometers into the Earth's interior (talk about your ultimate sky-diving experience!). The stuff that flows in is hot, soft rock from the upper mantle. This rock is originally under great pressure, but as it rises into the gap between plates, the pressure drops faster than the rock can cool. A small amount of the rock of basaltic composition melts and flows to the surface through cracks. There is little or no dissolved gas in this lava, so the eruptions are not explosive. The amounts of lava erupting at any given time are small, but the eruptions are continuous and occur along all the oceanic ridges, so this type of volcano is the most common in the world. Iceland and the Kenya rift are among the very few places in the world where this type of volcanism occurs on land.

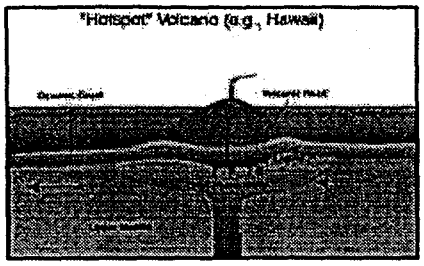
The lavas in plate collisions are formed from cold basaltic rocks being carried down to great depths where they are heated at high pressure. Even then, melting only occurs because the dissolved water and CO2 carried down with the basalt lowers its melting temperature. The lava in plate separations are formed by carrying already hot rock up to low pressures near the surface. This type of melting is called "depressurization melting," and works for nearly all solids. This type of melting is not observed in everyday life because the pressure changes necessary are very large.





We have now accounted for most of the volcanoes in the world, but there are still a few not associated with plate boundaries. These oddballs include some of the most continuously active volcanoes in the world, like Kilauea in Hawaii and La Fournaise on Reunion Island in the Indian Ocean. The lavas in these volcanoes are basaltic and contain little dissolved gas. This type of volcano is usually found at one end of a long chain of extinct volcanoes. For example, the active volcanoes in Hawaii - Mauna Loa, Kilauea, and the Loihi Seamount volcano off the SE side of the big island of Hawaii - form a small cluster of active volcanoes at one end of a kinked chain of hundreds of extinct volcanoes nearly three thousand miles long. Curiously, the ages of the volcanoes in these chains increase systematically along the chain from one end to the other. In the Hawaiian chain, the ages change from zero at the active volcanoes on Hawaii to several million years on Niihau, the westernmost of the major Hawaiian islands, to over 100 million years old at the far end of the chain. At the "old" end of such chains, one often finds a huge **flood basalt** type volcano. These gigantic formations include the largest deposits of volcanic rock in the World. One of these deposits, the Columbia Flood Basalts, covers over one third of the state of Washington. A chain of dead volcanoes leads eastward from the Columbia Basalts to the "live" one now located at **Yellowstone**. Volcanic chains and flood basalt deposits are scattered randomly in time and place around the world. They range in size from single volcanoes to giant groups of volcanoes and flood deposits half the size of the United States.

The long chains of extinct volcanoes with a "live" one at one end motivated the idea of "hotspot" volcanism: a small, fixed source of lavas from deep in the mantle that continuously "burns through" the overlying lithospheric plate as it passes over. In this model, the island chains would be something like a string of burn spots left in a thin piece of wood by passing it over a fixed torch. What could cause a hotspot? Can the hotspot idea account for the observed volcanoes?



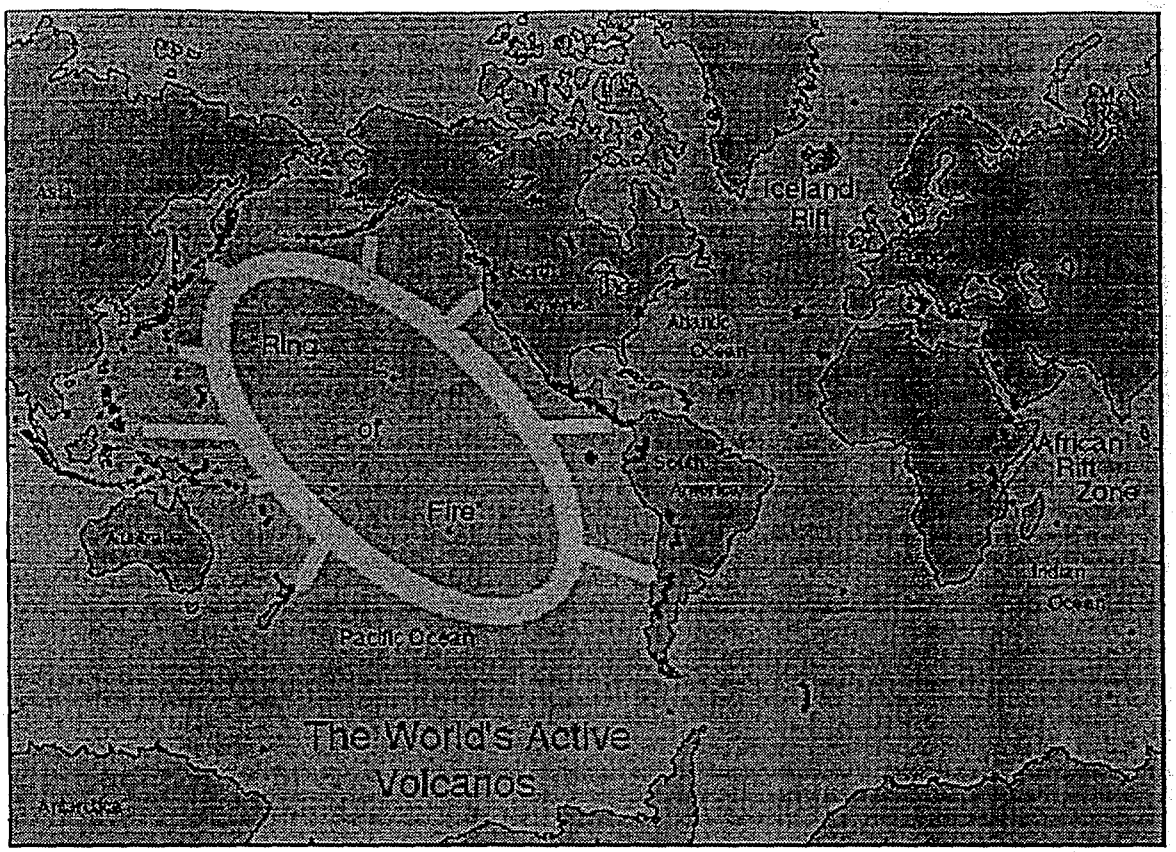
We currently think that hot spots are caused by **plumes** that rise from the lower mantle. Remember that not all of the Earth's **internal heat** is transported by mantle convection, but that part is transported by plumes of very hot rock. Experimental and computer models suggest that when a plume reaches the lithosphere, the plume flattens out against the bottom of the lithosphere, heats it, and causes it to bulge and fracture. Decompression melting converts some of the plume material to lava that then rises through cracks to the surface to form a huge flood basalt volcano. Later, as the plate continued to move over the hot spot, the "head" of the plume would shear off, leaving the narrower hot "tail." Lava rising up the tail and through the plate over a long period of time would leave a trail of **shield volcanoes** leading away from the huge flood basalt deposit. Since the lavas come from the mantle, the plumes would be basaltic in composition and low in dissolved gases. Plumes come in all different sizes and can occur anywhere.

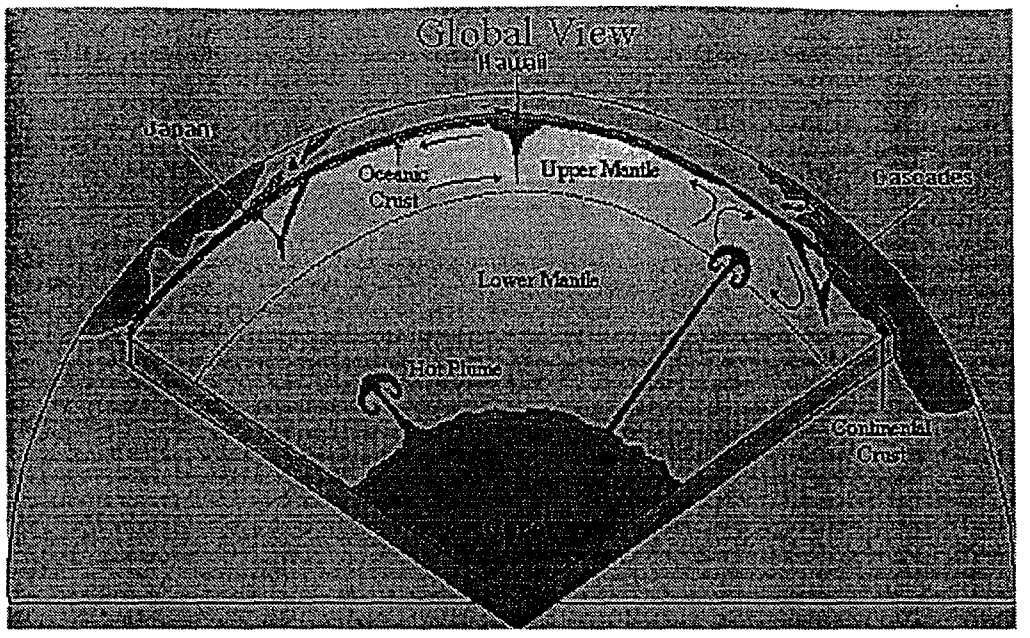
All of this should sound familiar. Virtually all of these model predictions match features seen in hotspot volcanism, which is why the plume model is the leading hypothesis for hotspot volcanoes.

An interesting consequence of hotspot volcanism is that a hotspot volcano can occur anywhere, even in your own back yard! In fact, a volcano did occur recently in one farmer's back yard: in 1943, Dionisio Pulido found a crack in his cornfield spewing out red hot rocks and lava. Within a year, the crack grew to a volcano - Paricutin - that covered his field, his farm and his local village - everything within five miles. Paricutin is still active today in southwestern Mexico. Of course, a glance at the map will show that Paricutin is in a zone of many active volcanoes caused by plate subduction under Mexico, so its location was not exactly a complete surprise. On the other hand, it is estimated that hotspot volcanism will affect every part of the Earth's surface on an average of every 500 million to 800 million years. So even if you live in Lafayette, Indiana, you might wake up some morning to find a brand new hotspot volcano in your own back yard!

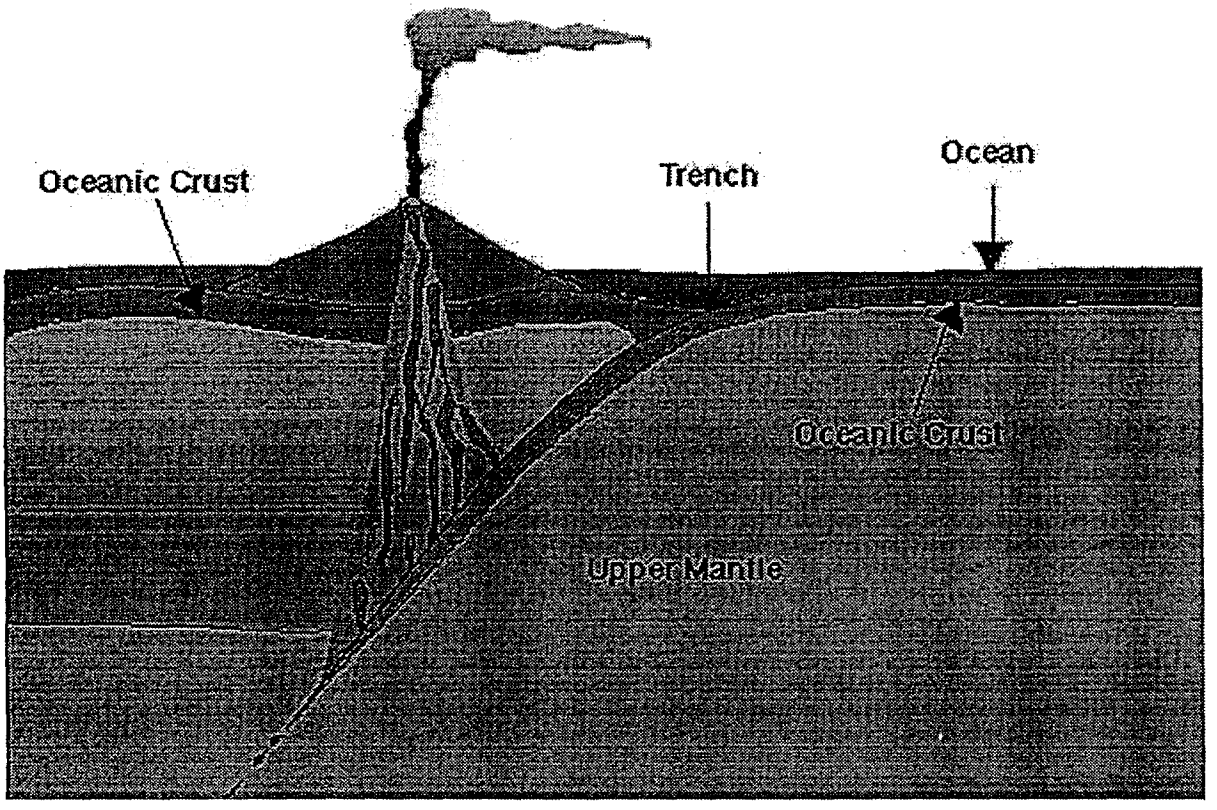
(Now all you have to do is figure out the probability of that actually happening in your lifetime!)

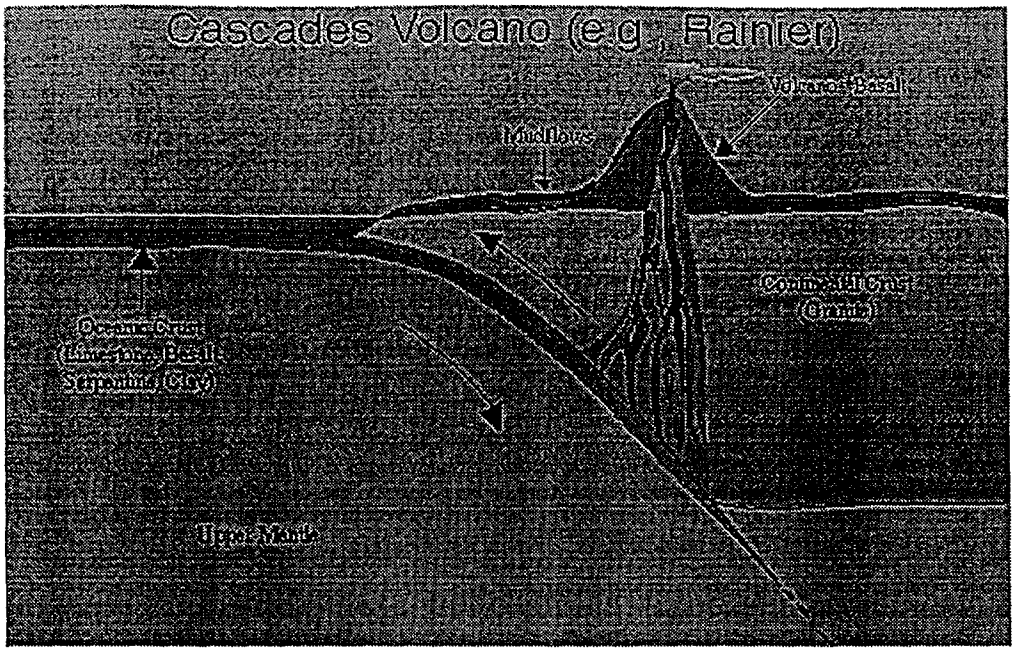
Back to The Inside Story


Iceland
Rift
Ring
of
Fire
Pacific Ocean
African
Rift
Zone
Indian
Ocean
The World's Active
Volcanos

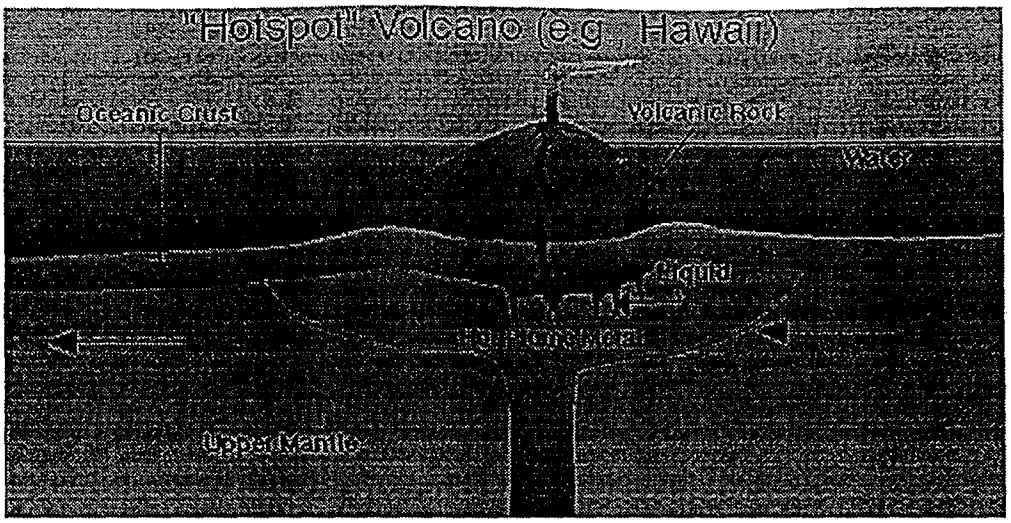

Global View
Hawaii
Japan
Oceanic Crust
Upper Mantle
Cascades
Lower Mantle
Hot Plume
Continental Crust

Island-Arc Volcano




Cascades Volcano (e.g., Rainier)
Volcanic Basalt
Mudflows
Continental Crust
(Granite)
Oceanic Crust
(Limestone, Basalt,
Serpentine, Clay)
Upper Mantle

188


"Hotspot" Volcano (e.g. Hawaii)
Oceanic Crust
Volcanic Rock
Water
Magma
Upper Mantle

Apendice F

Anexo 10

Scenarios | Problem Solving

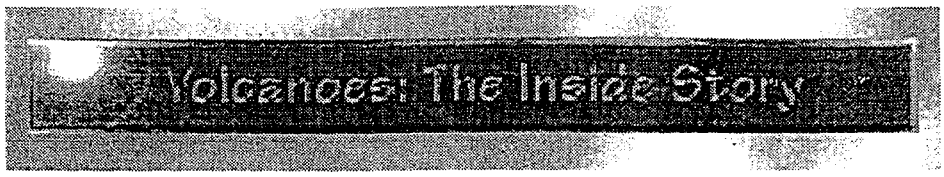
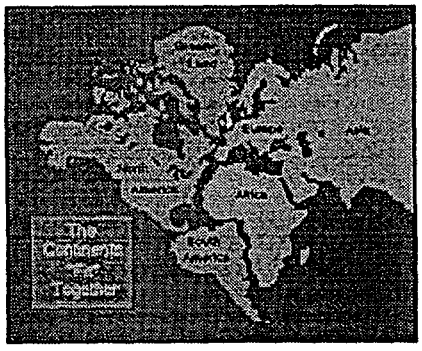
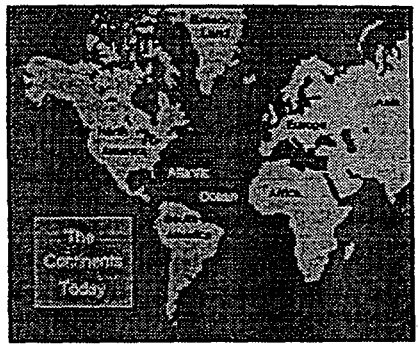


Plate Tectonics and Heat Flow





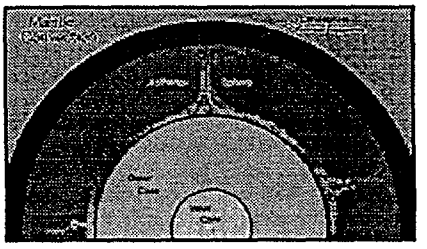
Almost since the creation of the first accurate maps of the eastern coasts of the Americas and the western coasts of Europe and Africa, it has been noticed that the two coastlines almost "fit" together. In the 1960's it was recognized that in fact the whole **lithosphere** of the Earth was like a giant puzzle, consisting of small and large pieces - called "plates" - joined at the edges by huge cracks, faults, and deep trenches. A really incredible thing about the individual plates is that they are moving in different directions across the surface of the Earth. The movement of the plates is very slow, only a few centimeters a year (about the speed at which your fingernails grow), but the consequences are enormous for all of us clinging to the surface of the Earth. Think for a moment. If huge chunks of the Earth's surface are moving in different directions, they must be ripping apart in some places and crunching together in others.

At first, the evidence for the movement of the plates was circumstantial: the "fits" of continental coastlines, similar groups of rock and fossils in mountains facing each other across the Atlantic in South America and Africa, fossils of tropical plants and animals in what are now polar climates, and magnetic "stripes" of increasing age across the ocean floors between the continents. However, since 1976 the motion between the Pacific and North American plates has been measured directly by bouncing lasers off of LAGEOS (Laser Geodynamics Satellite) - a sort of two-foot diameter orbiting cannonball with hundreds of small mirrors ground into its surface.

Characteristic geologic features are found at the edges of plates. Where the plates are separating on ocean floors, we find the oceanic ridges: a continuous ridge snaking about the Earth that has a small canyon along its crest. The sides of the small canyon are huge faults or cracks. Small amounts of **basaltic** lava are continuously erupting along these and other cracks in the canyon floor to fill in the gaps made by the separating plates. Where plates are separating on land we find long canyons with faulted sides called "rifts." Examples are the Kenya rift in Africa and the Rio Grande Rift in New Mexico. Where the plates are colliding, we have either huge mountain ranges such as the Himalayas in India (on land) or incredibly deep trenches (in the ocean) such as the Kermadek Trench near New Zealand. Mountain ranges like the Rockies and Appilachians were formed by continental crashes in the past. **Volcanoes** commonly occur along colliding plate boundaries. The volcanoes around the edges of the Pacific Ocean, evidence of "continental crunch" around the entire Pacific plate, are called the **Ring of Fire**.

In some places, like Southern California, the plates are neither colliding nor separating, but are just sliding past each other. In these cases we just get a great, big crack or fault (like the San Andreas in California). Unfortunately, the sliding is not smooth, but sticky and jerky. To the minuscule beings living on the "rubbing shoulders" of the gargantuan Pacific and North American plates, these tiny stops and starts are huge earthquakes that cause no end of problems.

What causes the plates to move? It turns out to be a consequence of the **high temperatures** inside the Earth. Common experience tells us that heat flows from hot to cold, so the heat in the Earth's deep interior must be flowing somehow to the surface. Hot lavas and gases coming out of **volcanoes** are direct evidence for heat flowing out of the Earth . Another indicator of heat flow is the increase in temperature with depth inside deep mines. These measurements of heat flow, however, are all made near the surface. The processes by which heat moves in the Earth's deep interior are investigated by computer simulations which can be compared with seismic and heat flow data which show temperature variations in the Earth's interior.



Based on both the measurements and simulations, we find that the hottest part of the Earth's interior is the iron **core**. Part of the heat down there is actually left over from the fiery formation of the Earth, part is from latent heat released by the freezing of liquid iron in the outer core onto the solid inner core, and part is (possibly) from the slow decay of naturally radioactive elements like uranium and potassium mixed in the core. The core heats the bottom of the rocky **mantle**. The hottest rocks near the bottom of the mantle become slightly less dense than the somewhat cooler rocks above them, so buoyancy forces try to push the hottest rocks upward. Although the rocks in the mantle are solid, the pressures and heat are so great that the rock can deform slowly, like hot wax. So the hot rock creeps upward through the cooler rocks. As the hot rock rises, cooler rock flows downward to take its place next to the core, where it is heated and becomes buoyant enough to rise again later. The rising hot rock comes in contact with cold rocks near the surface of the Earth where it gives off its heat, cools, and sinks again. Most of the rock in the mantle moves in this broad cyclic flow, indicated by the arrows in the figure. This zone where rocks are soft enough to flow is called the **asthenosphere**.

(This means of heat transport - the cyclical movement of hot and cold material - is called "convection." You can see an example of this in your kitchen by heating a pan of water to what is called a "rolling boil:" hot water from the bottom of the pan rises up the sides, flows to the center, and sinks to the bottom again.)

Occasionally, however, masses of hotter-than-normal rock rise independently of the broad flow, like bubbles through a flowing stream. These masses of very hot rock form "**plumes:**" rising columns with rounded tops.

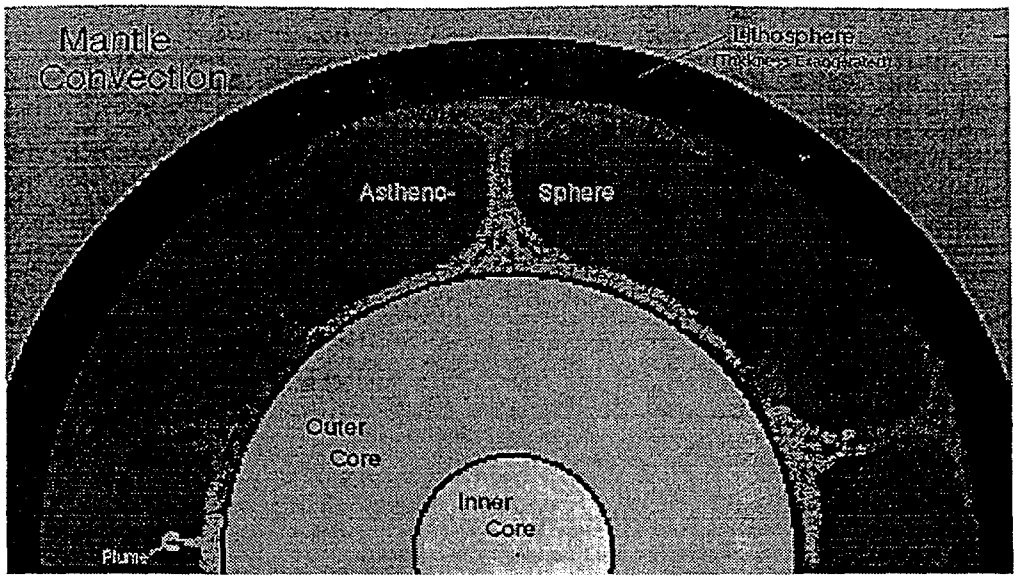
Rocks near the surface of the Earth are so cold and at such low pressures that they cannot flow like mantle rock. So how does heat get through this rigid layer (called the **Lithosphere**) to the surface? One way is by "conduction" which describes heat flow in an iron pan held over a fire. The part of the pan over the flame gets hot first, followed by the handle which is not over the flame. The heat in the handle came from the pan, but there was no movement of hot material from one part of the pan to another as in convection (the metal in the pan and handle certainly didn't flow!). The heat, which is vibrations of atoms in the solid pan, moves by fast moving (hot) atoms bouncing off of slow moving (cool) atoms, causing the slow atoms to move faster (heat up). So at the top of the asthenosphere, the hot rock flows along the bottom of the lithosphere, transferring its heat to the cold rocks by conduction. The heat then flows through to the surface, again by conduction.

A second way of getting heat through the lithosphere is more exciting: melt some of the mantle rock and let it flow through cracks in the lithosphere to the surface! Sound familiar? Flows of liquid rock (lava) onto the Earth's surface are usually called **volcanoes**!

How does all this relate to the motions of the plates on the earth's surface? The movement of heat by convection in the asthenosphere causes the rocks of the mantle to slowly move in huge streams. The solid (but brittle) rocks of the lithosphere are resting directly on top of the solid (but soft) rocks of the asthenosphere. As the rocks of the asthenosphere move in different directions, they carry parts of the lithosphere along. The lithospheric rocks can't stretch, so they break into pieces - forming the plates. Interestingly, once the plates form, they begin to act somewhat independently of the convection flow because their cold edges tend to sink into the mantle wherever they happen to be. The detailed relation between of the motions of the plates and the underlying convective motions are still being studied.

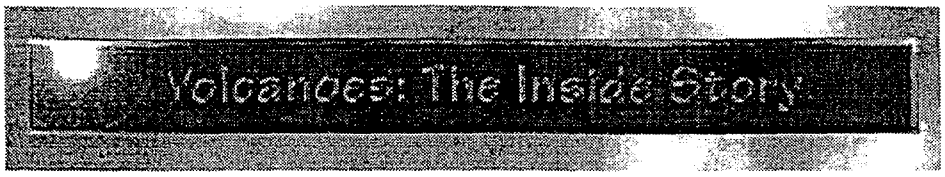
This whole group of observations and ideas describing the motions of the plates and their associated geologic features is called "Plate Tectonics." You should see by now where the "plate" part comes from. "Tectonics" derives from the Greek word for "builder," and is used in geology to describe structures like folds, faults, and mountains. Since one of the important results of plate collisions is rock fracture and mountain building, the use of this word should also be clear. Plate Tectonics is the current "paradigm" or unifying philosophy for understanding most of the geologic features on the surface of the Earth. Its development in the 1960's and 1970's represented an enormous leap forward in understanding how the Earth works.

Back to The Inside Story


Mantle
Convection
Lithosphere
Astheno-
Sphere
Outer
Core
Inner
Core
Plume

Apendice F

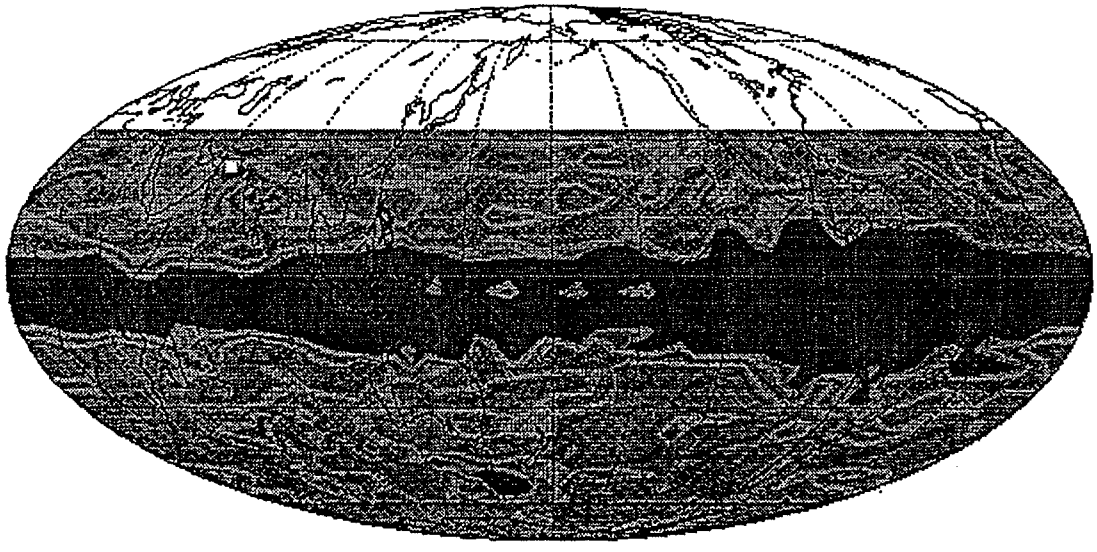
Anexo 11



Volcanoes and Climate

Volcanic eruptions can alter the climate of the Earth for both short and long periods of time. For example, average global temperatures dropped about a degree Fahrenheit for about two years after the eruption of Mount Pinatubo in 1991, and very cold temperatures caused crop failures and famine in North America and Europe in the two years following the eruption of **Tambora** in 1815. It is also believed that the balance of the Earth's mild climate over periods of millions of years and longer is maintained by ongoing volcanism. Volcanoes affect the climate through the gases and dust particles thrown into the atmosphere during eruptions. The effect of the volcanic gases and dust may be warming or cooling of the earth's surface, depending on how sunlight interacts with the volcanic material.

Volcanic dust blasted into the atmosphere causes temporary cooling. The amount of cooling depends on the amount of dust put into the air, and the duration of the cooling depends on the size of the dust particles. Particles the size of sand grains and larger fall out of the air in a matter of a few minutes and stay close to the volcano. These particles have little effect on the climate. Tiny dust-size ash particles thrown into the lower atmosphere will float around for hours or a few days, causing darkness and cooling directly beneath the ash cloud, but these particles are quickly washed out of the air by the abundant water and rain present in the lower atmosphere. However, dust tossed into the dry upper atmosphere, or stratosphere, can remain for weeks to months before they finally settle. These particles block sunlight and cause some cooling over large areas of the Earth.



Volcanoes that release large amounts of sulfur compounds like sulfur oxide or sulfur dioxide affect the climate more strongly than those that eject just dust. The sulfur compounds are gases that rise easily into the stratosphere. Once there, they combine with the (limited) water available to form a haze of tiny droplets of sulfuric acid. These tiny droplets are very light in color, so they reflect a lot of sunlight for their size. Although the droplets eventually grow large enough to fall to the Earth, the stratosphere is so dry that this

takes a long time, months to years. Consequently, reflective hazes of sulfur droplets can cause significant cooling of the Earth for up to a few years after a major sulfur-bearing eruption. Sulfur hazes are believed to have been the primary cause of the global cooling that occurred after the Pinatubo and Tambora eruptions. The sulfur cloud produced by Pinatubo was tracked by satellite for many months. The image shows the cloud about three months after the eruption. It is already a continuous band of haze circling the entire globe. You can learn more about the cooling effects of sulfur hazes by clicking here

Volcanoes also release large amounts of water and carbon dioxide. When these two compounds are in the form of gases in the atmosphere, they absorb heat radiation (infrared) emitted by the ground and hold it in the atmosphere. This causes the air below to get warmer. So you might think that a major eruption would cause a temporary warming of the atmosphere rather than a cooling. However, there are very large amounts of water and carbon dioxide in the atmosphere already, and even a large eruption doesn't change the global amounts very much. In addition, the water generally condenses out of the atmosphere as rain in a few hours to a few days, and the carbon dioxide quickly dissolves in the ocean or is absorbed by plants. Consequently, the sulfur compounds have a greater short-term effect, and cooling dominates. However, over long periods of time (thousands or millions of years), multiple eruptions of giant volcanoes, such as the **flood basalt** volcanoes, can raise the carbon dioxide levels enough to cause significant global warming.

Back to The Inside Story

197

Apendice F

Anexo 12

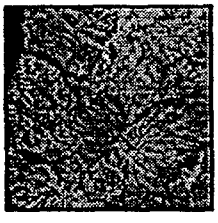
Volcanoes: The Inside Story

Volcano Monitoring

In any sporting event, a good player tries to figure out what his opponent is going to do next by carefully examining his past record and by keeping a close watch on him during the game. Likewise, if we want to know what a volcano is going to do, we need to study its past activity and keep a close watch on any current eruptions. This is what volcano monitoring is all about. In order to "keep an eye" on our volcanic neighbors, permanent volcano observatories are maintained around the world in areas of high volcanic activity, including Hawaii, Alaska, the Cascades, and central Italy.

Let's look at some of the important techniques of volcano watching and what we can learn by using them.

Geologic Structure. First we look at the structure and location of a volcano to see what type it is. This is important because the main types of volcanoes (Cascade, Island Arc, and Hot Spot) have characteristic types of eruptions: some explosive, some effusive, and some both. We look at the size of the volcano and its neighbors. We look for thick ice packs or glaciers on its sides or summit to see if mudflows are possible. We look at how heavily eroded it is to see if it is still active and whether there are sections likely to break off.



As an example, here is a SIR-C radar image of Mount Pinatubo in the Philippines showing the central cone and summit crater, rough ash flows (red) high on the volcano's sides, and smooth (dark) mudflows extending down the surrounding drainage valleys. This is an island arc volcano, which has many similarities to Cascade-type volcanoes like Mount Rainier and Mount Hood.

Past Eruptive History. Now we look at volcanic deposits around the volcano: what kinds of deposits (lava flows, mudslides, ash flows), how large they are and how far they extend from the volcano, and when they occurred. This will tell us if the volcano is active or not. We look for patterns of activity. Does the volcano erupt or produce mudflows at regular intervals? Does it have a consistent sequence of events, say a number of effusive eruptions followed by an explosive one, or several small eruptions followed by a large one? Combining the sizes and ages of different types of deposits will help us evaluate the risk of a particular volcanic hazard at a particular volcano.

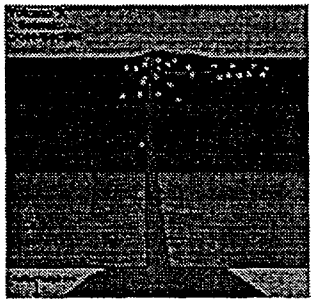
A simple example of eruptive histories of the Cascade volcanoes is given in the diagram in this article at the Cascades Volcano Observatory.

Past history can only help us so far, however, because experience with many volcanoes has shown that no two eruptions of a single volcano are exactly alike, and no two volcanoes produce exactly the same sequence of eruptions. Each volcano is unique, and predictions concerning the next eruption of any given volcano always have an element of uncertainty. This is why any volcano showing current signs of activity needs to be monitored in "real time."

Seismic Activity. The first evidence of an impending eruption is usually a series of seismic events or earthquakes. This is because for an eruption to occur, lava must rise from its formation zone deep

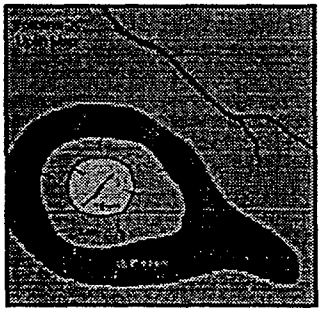
199

underground to near the surface. The lava must literally push overlying rocks aside to rise through them. The rocks are brittle and break as they are bent and twisted, releasing seismic energy that we record as earthquakes. By placing a number of seismic recorders around a volcano, the movement of the new mass of rising lava can be followed. Usually, the recorders are linked to a volcano observatory by radio so that people don't have to be present on the active volcano. By tracking lava movement, the place where the eruption is likely to occur can be identified.



Here is a short animation (Mpeg or Quicktime) simulating the occurrence of earthquakes during the formation of Volcano "X." At great depths, in the asthenosphere, huge globules (called diapirs) of magma rise through the soft rock without causing any earthquakes. As the globule reaches the bottom of the lithosphere, it flattens out and pushes upward against the rigid barrier, fracturing the brittle rock. The magma can then continue to ascend by forcing a crack through the lithosphere to the surface. Many small to medium earthquakes occur around the crack tip and in the adjacent rock. As the magma rises, the earthquake activity follows it. Near the surface, the magma may sometimes force its way through pre-existing weaknesses between rock layers. Earthquakes will occur wherever the rock is deformed enough to break. Clusters of small earthquakes called swarms also occur when magma flows quickly through narrow sections of magma-filled cracks. Both types of quakes are used to follow magma movement underground. Eventually, the tip of the rising crack reaches the surface, and a new volcano is born.

Uplift or Inflation. As a mass of new lava rises to the surface, it pushes the old rock aside and upward making a bulge or uplift on the surface. The process is often called inflation, because the expansion of a volcano due to the lava pushing up inside is similar to inflating a balloon by blowing new air into it. The inflation of a volcano is measured in several ways: by tilt meters that measure the angle of the ground surface, by laser ranging using mirrors placed on the mountain, and by precision surveys using aerial photographs.



Here is an animation (Mpeg or Quicktime) illustrating the inflation of the ground caused by the formation of Volcano "X." There is no bulge when the magma is still very deep. The bulge begins and grows as the magma rises, reaching a maximum when the magma is near the surface. The bulge deforms the near surface rock and small cracks often form in and around it. The eruption begins when the main magma-filled cracks reaches the surface. As the magma flows out onto the surface as lava, the bulge will decrease somewhat, like a deflating balloon.

Measurement of the volume of a bulge is very important because it gives an indication of how large the later eruption will be. This is because the volume of the bulge on the surface is roughly equal to the volume of the new magma underground. For example, about one square mile of the north side of Mount St. Helens bulged outward about 450 feet before the May 18 eruption. Thus the volume of the bulge was about one square mile times about a tenth of a mile, or about a tenth of a cubic mile. By comparison, the volume of new lava expelled during the eruption was later estimated to be a few tenths of a cubic mile.

Let's estimate the volume of the new magma under the bulge of Volcano X. We will work with the maximum bulge shown in frame 4 of the animation. One way to measure the volume is to think of the bulge as a layer cake: the bottom layer is one centimeter (cm) thick, the next layer - given as 5 cm tall - is

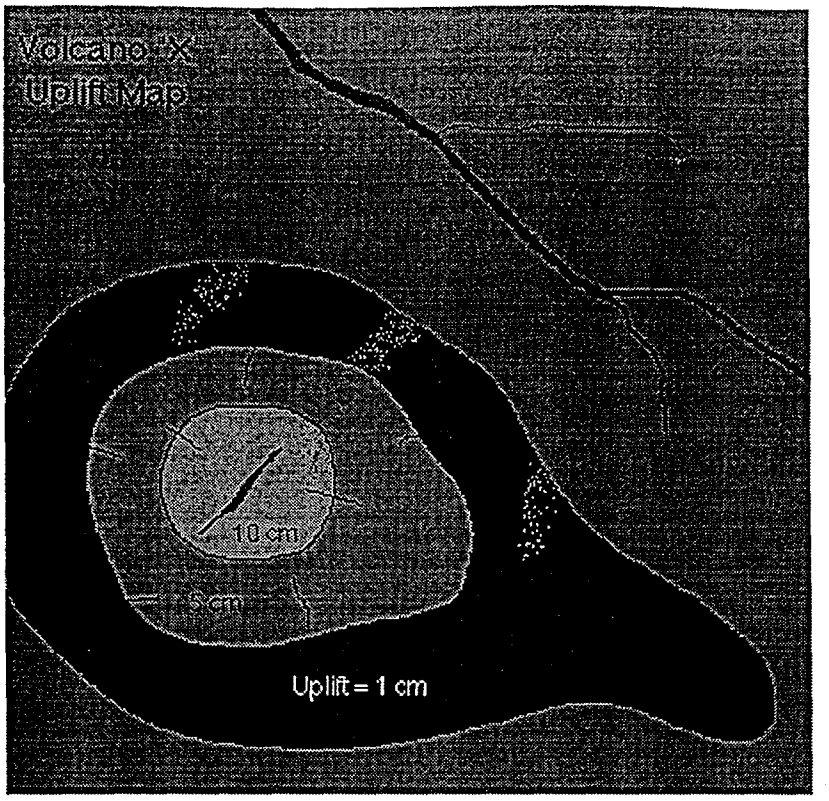
5-1 = 4 cm thick, and the top layer - listed as 10 cm tall - is 10-5 = 5 cm thick. The volume of each layer may be found by measuring its area and multiplying by its thickness. The volume of the bulge is then found by adding the volumes of all three layers together. To illustrate a point, let's make a quick estimate, rather than an exact measurement of the volume. The bulge is nearly circular, except for the "tail" to the lower right, so we can get our rough estimate by approximating the outline of each layer as a circle. If we assume the diameter of the 1 cm contour is about 10 kilometers across, then the area of 1 cm layer is about 3.15x52 = 79 square kilometers (km2), the area of the 4 cm thick layer (about 7 km in diameter) is about 38 km2, and the top 5 cm thick layer (about 3.5 km in diameter) is about 10 km2. Multiplying each layer by its thickness and adding together (remembering that 1 km = 100,000 cm) gives a volume of about 0.0028 cubi c kilometers (km3). Remember, this is only an estimate because we approximated each layer as a simple circle.

A more exact volume can be found if you have access to an image analysis program like NIH Image. [Directions for NIH Image: use File/Open to pull frame 4 into NIH Image. Use the measure tool (see measuring activity) to measure the vertical diameter of the 1 cm contour and Set Scale assuming this diameter is 10 km. Select Area under Analyze/Options Select Options/Density Slice and use the tool to narrow the red selection bar that appears on the LUT. Move the narrow selection bar up and down the LUT u ntil one of the colored contours of the bulge is changed to red. This area is now "selected." Select Analyze/Measure. Repeat for each colored contour. Finally, select Analyze/Show Results to see your three measured areas.] Rather than treating the bu lge like a layer cake, this approach measures the area of each thickness directly, so the volume of the bulge is obtained by multiplying each measured area by its total thickness and adding. Using NIH Image, we obtained 64.2 km2 for the 1 cm area, 27.9 k m2 for the 5 cm area, and 8.41 km2 for the 10 cm area. Multiplying together and adding the volumes gives 0.00288 km3. This more accurate value is slightly larger than the estimate we first made, largely because we included the "tail" on the bulge. Howe ver, our first estimate was close enough for many purposes, and shows that even without sophisticated image processing programs, useful measurements can be made by careful approximations.

Now that we have measured the volume of the bulge of Volcano X, let's consider what we have. By either technique, we obtain a rounded volume of 0.003 km3. Comparing this amount with the observed volumes of different sizes of eruptions in the table of Eruption Sizes shows that even if all of the new magma erupts onto the surface, this will still only be a small eruption. If the volume had turned out to be 10 or 100 km3, then the expected eruption would be much larger and destructive.

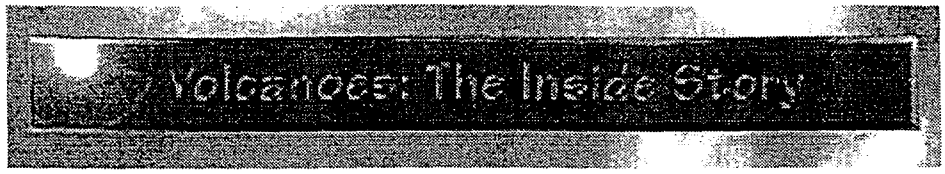
"Typical" Events. This category includes a number of different types of observations, including avalanches and landslides triggered by inflation, releases of volcanic gas and steam, changes in the temperature or mineral content of springs on or near the volcano, and the formation of new fractures or faults. New cracks and faults form where the rocks are pushed out of shape so much that they break. Faults typically form around the edges of a large bulge and indicate the area over which rock failure might occur during the coming eruption.

For example, large fractures formed around the edges of the bulge on Mount St. Helens. Virtually all of the heavily fractured zone broke and fell off of the mountain during the May 18 eruption.


Volcano 'X'
Uplift Map
10 cm
5 cm
Uplift = 1 cm

Apendice F

Anexo 13



Volcanic Hazards

Active volcanoes pose many hazards to life and property. Some, like huge lava flows and explosive blasts associated with volcanic eruptions, are spectacular headline-grabbers recognized by everyone. Other hazards, like glowing avalanches and ash falls, are much less flamboyant and little known by the general public, but can be just as deadly. A few hazards, such as rockslides and mudflows, can occur even in the absence of an eruption. Short descriptions of many volcanic hazards are given here. If you wish more information on volcanic hazards, click here.

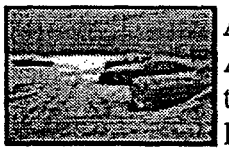
Lava Flows are sheets and tongues of liquid rock expelled from the crown or flank of an **effusively** erupting volcano. They are probably the best known volcanic hazard. They are usually depicted in books and movies as roaring down the erupting volcano's steep slopes to inundate houses, cars, trees and expendable movie extras. Lava flows can indeed travel very fast, up to 50-60 mph, but some lava flows move very slowly, at human walking speeds or less. The speed of a flow depends on the viscosity of the lava, and how steep the slope the flow is moving down. The destructive power of lava flows lies in the high temperature of the rock, which can set structures aflame, and the size and mass of the flow, which can engulf or crush even large buildings. The destructive capabilities of a flow depend on its size, of course. Lava flows small enough for a person to step across cause little damage. On the other hand, lava flows like the **Columbia River Basalts** are large enough to literally cover entire states, totally destroying everything in their path.

The **Explosive Blast** is the "Feature Presentation" of a (surprise!) explosively erupting volcano. It is an outburst of fragments of rock and lava driven by expanding gases, which were dissolved in the erupting lava at great depths. These blasts may throw great blocks of rock many miles. More destructive is the superheated blast cloud itself, which expands out from the volcano at hundreds of miles per hour, enveloping and searing anything in its path. The destructive power of the blasts lies in the high velocity winds - exceeding wind speeds in hurricanes - within the cloud and the very high temperatures of the gas. The blasts are capable of destroying all life within many miles of the volcano within minutes. The main blast at Mount St. Helens destroyed over 230 square miles of forest in a few seconds. The destroyed area is seen to the upper right of the remains of the mountain in this Shuttle image (STS 47-73-056)

204

Ash Flows are dense masses of gas and tiny fragments of lava that flow down the sides of volcanoes at great speeds. Much less well known (and understood) than lava flows or explosive blasts, ash flows are sort of a combination between a blast cloud and a lava flow. They form when gas-saturated lavas come near the surface of the Earth where the pressure in the lava becomes low enough to let the dissolved gas form bubbles. If the bubbles form fast enough, the lava breaks into tiny fragments of liquid rock (called ash) that are carried out of the surface vent with the gas. If the ratio of the amount of gas to fragments is large (lots of gas), the ash is carried by the gas into blast clouds that can reach the upper atmosphere. If the ratio of gas to ash is small (lots of fragments), the ash can drag the gas downward into red-hot flows. These red-hot flows are partially controlled by gravity, and since the gas makes the friction between the ash particles very small, they can flow very far (up to hundreds of miles), very fast (over a hundred mph). The relatively small red-hot ash flows that have been seen by geologists are called "glowing avalanches" because of their similarities to snow avalanches.

Ash flows finally stop because the gas finally escapes from between the particles. Glowing avalanches usually leave thin deposits of loose fragments like sand mixed with gravel. The ash fragments are hot, however, and deposits of ash have been found which are so thick that the hot particles actually fused together to form solid masses of rock after they stopped flowing. Geologists have never actually watched the formation of such a deposit, but the amount of ash in these deposits is so large that it requires ash flows hundreds of times larger than the glowing avalanches that have been seen. The destructive power in ash flows is both the high flow speed and the high temperatures of the gas and rock. Even relatively small ash flows can be incredibly destructive: a glowing avalanche destroyed the town of St. Pierre in less than 30 seconds. The force of the flow left walls standing, but ripped off roofs and killed over 30,000 people in the town by burning and asphyxiation. Ash flows occur in explosive eruptions, and are a significant problem with eruptions in Japan and the American Cascades.

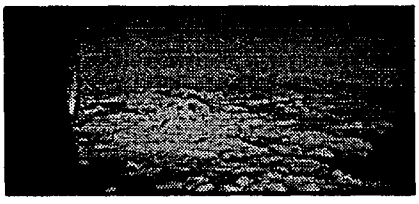


Ash Falls are less devastating than ash flows, but can be very disruptive to modern life. Ash falls are the blanketing deposits dropped downwind by the clouds of ash thrown into the atmosphere by explosive volcanoes. These deposits may be a thin dusting or a thick layer of grit. They appear grayish to whitish and look like fallen snow, but, unlike snow, ash deposits do not melt, and must be removed physically. The ash is heavy and can collapse roofs, break branches, and coat the leaves of plants. Unless the plants are cleaned (manually or by rain), they can die. This is a significant problem for farmers' crops. The ash is particularly hard on machines: some ash particles are so small they pass through engine air filters and ruin the engine. This image shows the ash layer on cars near Mount Pinatubo.

Rock/Debris avalanches are masses of cold, dry rock broken free from the sides of a volcano. They are driven downslope by gravity and destroy simply by burial and the force of their motion. A good example of a rock avalanche triggered by an eruption is the mass of rock that broke off of the north face of **Mount St. Helens** and buried the valleys to the north. However, an eruption is not needed to trigger a rock avalanche. Simple undermining of a mass of rock by slow erosion can start a rock avalanche, as can an earthquake unrelated to an eruption. Of course, such rock avalanches can occur on any steep mountain slope, but volcanoes are particularly prone to rock avalanches because: 1) their sides consist of outward-sloping

layers of solid and fragmental rock (it is easier to slide down a sloping table top than across the ends of a bunch of stacked tables), and 2) volcanic rock is easily altered by water into slippery clay which promotes failure and sliding.

Mudflows are masses of fluid mud moving downhill under the influence of gravity. Mudflows commonly start with melting of ice or snow high on a volcano's side. The melted water mixes with the (usually) abundant loose soil and ash to form a muddy liquid about as runny as wet cement. The mud follows stream and river valleys down and away form the volcano to become a fast-moving (40-50 mph) wall of mud that will carry away anything in its path. These two images show a house in the Philippines seen from about the same spot before and after a mudflow from Pinatubo. Only the pointed roof is visible in the second image. Mudflows at Mount St. Helens carried huge trucks and machinery many miles and tore bridges and houses from their foundations. They can be seen along river valleys in the Shuttle image above. A mudflow roared down a river valley on the side of Nevado del Ruiz in Columbia in 1985 and swept through a town of 25,000 people, killing nearly everyone and leaving nothing standing.



Mudflows are a particular problem on high volcanoes that have glaciers on them, such as volcanoes in the Andes Mountains in South America and the Cascades in the western United States. Mount Rainier's "cap" and drapings of ice are clearly visible in this image of its west side. Here are some of the volumes of ice found in glaciers on selected Cascade volcanoes:

Volcano	Volume of Glacier Ice
Rainier	155.8 billion cubic feet
Hood	12.2 "
Three Sisters	5.6 "
Shasta	4.7 "
St. Helens -now	1.5 "
-pre 1980	5.0 "

Compiled from S.L. Harris (1988) Fire Mountains of the West

As you might expect, the larger the amount of ice available to melt, the larger the potential mudflows. About 3.5 billion cubic feet of ice melted during the 1980 Mount St. Helens eruption. Mudflows from that eruption flowed many tens of miles down local river drainages. Mudflows around Mount Rainier, with its much larger mass of glaciers, are an ongoing problem. Some Rainier mudflows are known to have traveled 50 to 100 miles away from the mountain. Mudflows are a significant danger during eruptions, when the heat from the inside of the mountain or from falling hot ash is capable of melting large amounts of water. However, mudflows can also occur when there is no eruption. An earthquake may shake off a mass of ice that melts due to friction as it rolls down the mountain, mixing with loose material to make a mudflow. A heavy snow fall or rapid spring melt may trigger a burst of ice or water from a glacier that may form a mudflow.

Glacial Outbursts, as the name suggests, are masses of water or ice suddenly released from a glacier. Outbursts may be caused by rapid melting, an earthquake, or heat from lava moving inside a volcano. Glacial outbursts are mostly water, but they can turn into mudflows if they flow over ground with abundant

206

soil or gravel. Glacial outbursts and mudflows can occur on any mountain with glaciers or heavy snow pack, but since many volcanoes grow to altitudes at which glaciers form, outbursts and mudflows are frequently significant volcano-related hazards as well.

Earthquakes around volcanoes are caused by movement of lava inside the volcano. The lava literally pushes rocks aside as it moves underground. The rocks are brittle and break as they are moved, releasing seismic energy that we record as earthquakes. Most of the earthquakes are small to medium in size. They often occur in large groups in short periods of time called swarms. The swarms can keep the ground continuously shaking for long periods of time. Some earthquakes can be large, such as the 5.1-magnitude earthquake that started the May 18 eruption of Mount St. Helens which was the result of the north half of the mountain breaking free.

Tidal Waves are giant water waves that form when volcanoes erupt in or near large bodies of water. Waves can be caused by large earthquakes associated with the volcano, by movement of seafloor rocks during caldera eruptions, by giant rock avalanches, or by boiling or expulsion of water out of a hot, collapsed crater.

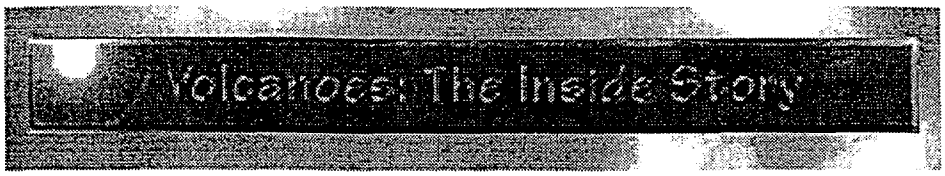
Poison gases are released in and around volcanoes before, during, and for many years after volcanic eruptions. The most abundant gases released by volcanoes are just water vapor and carbon dioxide, which are not directly poisonous. However, many of the less abundant volcanic gases are definitely not recommended for breathing, such as (in order of decreasing abundance): sulfur dioxide (SO_2) and sulfur trioxide (SO_3) - which are nasty enough by themselves, but also combine with the abundant water to form sulfuric acid - hydrochloric acid (HCl), carbon monoxide (CO), hydrofluoric acid (HF), boric acid (H_3BO_3), etc. These gases are released by eruptions, but also percolate up from underground masses of lava to the surface. Where the gases vent through dry rocks, fumaroles form. Where the gases vent into the lakes that often form in volcanic craters, poisonous lakes develop. One lake in Indonesia has been converted to a huge basin of concentrated sulfuric acid. Lake Nylos, a lake in a volcanic crater in Cameroon, Africa, became saturated with carbon dioxide. In 1986, a disturbance in the lake caused about a cubic kilometer of heavy CO_2 gas to bubble to the surface and flow down a nearby valley like the CO_2 mist used on monster movie sets. The gas settled over a village in a low-lying spot for a short time before dispersing, asphyxiating over 1700 villagers and all their animals.

Back to The Inside Story

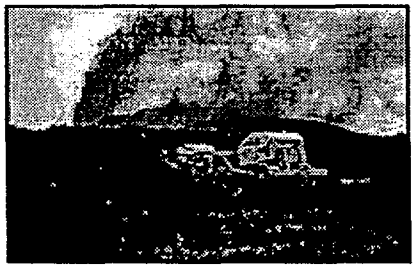
Apendice F

Anexo 14

Scenarios | Problem Solving



Dealing with Volcanic Hazards



What do you do when the volcano in your own back yard erupts? Call your family volcanologist? ("Sandbag the river bank and call me in the morning....") What if it is your responsibility to make an evaluation or to take action? First, you must gather information to determine the current situation (seismic activity, active eruption, etc.) and evaluate the potential type and magnitude of hazards associated with the current situation. Then you must choose a response to the threat. Options include (but are not restricted to):

1. Ignore. The situation may warrant no further concern.

2. Wait and watch (Literally). The situation may only need careful continuous monitoring without movement restrictions of the people.

3. Put monitoring system in place. The technology exists to put sensors in place that will detect a variety of changes in a volcano like inflation or seismic activity. A system of motion sensors high in a valley prone to mudslides can give some early warning to communities farther down the valley. (The warning time depends on the sensor's distance upstream and the speed - typically 40 to 50 mph - of the mudflow.) Many volcanoes already have some monitoring systems, but most do not.

4. Restrict access to an area. Rather than evacuate, you may choose to allow only certain types of people into the danger area, such as businessmen or employees of companies operating in the area, owners of private homes in the area, police or forest rangers, or geologists monitoring the volcano. A question here is whom to restrict and why.

5. Evacuation of an area around the volcano. The size and location of the evacuation area depends on the projected size and type of eruption. You may only need to evacuate particular valleys (as in the case of local lava flows or mudslides), or you may need to evacuate all around the volcano for many miles. Some eruptions may throw ash high enough to affect passing aircraft, in which case you may want to restrict movement in a large airspace around the volcano.

6. Brace for the "End of the World." An eruption may be so large that there are no practical responses.

7. Something else? The possibilities are limited only by your creativity.

209

Remember that any action taken will have consequences. Some, like #2 and #3 cost money for equipment and/or people - money that will have to come out of somebody's pocket. Any kind of access restriction or evacuation will cost money, disrupt lives, and take time. Businesses in a restricted area like hotels or grocery stores will lose money due to loss of customers, others like lumber companies and mines will lose access to their means of production. You will have to balance the potential risk to public safety against the needs and interests of private individuals. In our society, individuals can often exert a lot of pressure on decision makers to choose courses of action that may not be in the public interest (remember **St. Pierre**). As an evaluator or decision maker, you need to be as honest and accurate in your judgments as possible, because if you are wrong, you will either cause needless disruption or economic hardship for people, or you will allow lives to be lost that could have been saved.

Back to The Inside Story

210

Apendice F

Anexo 15

Risk Analysis

This rather thorny term, "risk analysis," camouflages a seemingly esoteric subject that hits virtually every American right where it hurts most -- in the pocketbook! Risk analysis is the study of the chance of a damaging or life-threatening event happening in your life this very day. Fire! Flood! Theft! Earthquakes! Car accidents! Rabid T-Rex attacks! What are **your** chances today?

The basic ideas of risk analysis are quite simple, but the application can be quite complicated depending on the risk evaluated. But don't let that stop you! Insurance agents know all about risk analysis (that is how they decide how much you will pay for insurance), and they are just normal people like you. To give you an idea of what's involved, let's look at a simple example: auto insurance premiums. The total cost an insurance company has to cover each year for a particular type of accident is:

Total Cost = (Cost of each accident) x (# Accidents per year)

where the number of accidents per year refers to the group insured by the company. The actual number of accidents within a given group of people will, of course, change somewhat from year to year. So to get a good estimate of the average yearly cost, an insurance company will simply count the number of accidents for the group over an interval of several years and then divide the total number of accidents by the number of years. The resulting number per year is called the probability of occurrence for the particular accident. To break even, the insurance company must collect the Total Cost from the group. So your annual premium, or the cost per person in the group to cover that particular accident, is:

Premium = (Cost of each accident) x (# Accidents per year)
(# of people in group)

You premiums will actually be slightly larger (a few %) so that the company can make a small profit.

We have considered only the cost of a single type of accident, but everyone knows that there are many different kinds of accidents -- from small fender-benders costing a few hundred dollars to fix to large car-totaling crashes costing tens of thousands of dollars to fix. So a more realistic way of thinking of your premiums is to think of the total cost of accidents as a sum like: (the cost of small accidents times the number of small accidents) + (cost of large accidents times the number of large accidents) and so on. When you take a "deductible," you are saying that you will pay for any accidents you have costing less than a certain amount. Since you pay for one type of accident, the total cost to the insurance company is less, so the premium you pay them is less.

You should also realize that different kinds of accidents have different probabilities of occurrence. For instance, experience shows that small wrecks occur more often than large ones, so the probability of a large wreck is smaller than the probability of a small wreck. The number of accidents also depends on the type of people in a group. In general, high school students have more accidents per person than their parents, so the students' premiums are larger than their parents'.

212

Just for comparison, here are the chances of a few types of interesting events occurring in your life this year:

Event	Chance this Year
Car Stolen	1 in 100
House catch fire	1 in 200
Die from Heart Disease	1 in 280
Die of Cancer	1 in 500
Die in Car wreck	1 in 6,000
Die by Homicide	1 in 10,000
Die of AIDS	1 in 11,000
Die of Tuberculosis	1 in 200,000
Win a state lottery	1 in 1 million
Killed by lightning	1 in 1.4 million
Killed by flood or tornado	1 in 2 million
Killed in Hurricane	1 in 6 million
Die in commercial plane crash	1 in 1 million to 10 million (Depends on airline)

Note that these numbers are national averages - they will be somewhat different depending on where you live, how old you are, whether or not you smoke or exercise, whether you like to golf during thunderstorms, and which airline you choose. On the other hand, there are some useful comparisons. For example, you are about 1,000 times more likely to be killed on the way to the airport than to die during the airplane flight. You are about 10,000 times more likely to die from any cause or to have your car stolen than to win a lottery.

Now let's apply risk analysis to natural hazards. How do you estimate the annual probability of occurrence of a particular type of natural disaster -- especially of disasters that don't happen every day? In just the same way as above: count the number of the type of event over an interval of time and divide the sum by the number of years in the interval. For example, based on geologic evidence, the 14 Cascade volcanoes have erupted 50 times in the last 4000 years. So the probability of eruption for any given volcano in the Cascades in any given year is 50/(14)(4000), or about 1 in a thousand (10^{-3}) per year. This translates into about 1 or 2 eruptions among the 14 Cascade volcanoes each century.

All of these 50 eruptions were relatively small ones -- even the 1980 eruption of Mount St. Helens! However, there is geologic evidence of eruptions over 100x larger than Mount St. Helens in the Cascades. How often do these very large eruptions occur? The data are:

Volcano	Age, yrs	Magma Volume	Caldera Size
Crater Lake, Or (Mount Mazama)	6900	~40 mi^3	5 x 6 mi
Newberry, Or	~350,000	>5-10 mi^3	4 x 5 mi
"	<500,000	>>10 mi^3	"
Long Valley, Ca	700,000	~140 mi^3	15 x 20 mi

Four eruptions in about a million years. This implies a probability of eruption of about 1 in 250,000 per year. Now, how accurate is this estimate? We must be careful because the so-called "statistics of small numbers" can be very misleading. In statistics, we are looking for typical events, not unique ones. If we looked at only the last 10,000 years, we would find only one event: the Mazama eruption. If we assumed the Mazama eruption to be typical, a simple calculation gives an annual probability of eruption of 1 in 10,000 ("Aaaaaaahhh! We're all gonna' die!"). But what if the Mazama eruption was unique? A one-shot deal? Then there would be no giant eruptions in the future, and the actual probability of eruption would be zero ("No worries, Mate!"). Which is right? Unfortunately there is no way to tell whether a single event is unique or not. The best that we can do to find out is to try to find other similar events.

We obtained our list of four events by expanding the time period of our search to over 200 times as long as the period considered for the smaller eruptions. Four is still not a large number for statistical analysis, but it is better than one. Not only that, but one of the eruptions, Long Valley, is not even in the Cascades, only nearby. It may or may not be affected by the conditions driving large eruptions in the Cascades. Let's look at what we have. On the one hand, there have been more than one Mazama-scale eruption in the Cascades. Thus Mazama is not unique and the probability of eruption is greater than zero. On the other hand, the 1 in 10,000 probability we calculated considering Mazama as typical would predict about 100 Mazama-scale eruptions less than a million years old in the Cascades. There are actually only (at most) four. Consequently, in the absence of additional data, we can accept the 1 in 250,000 eruption probability as approximately correct, but we must also recognize the uncertainty in that number and the need to gather additional data if possible.

One more point: if we compare the probability of small Cascade eruptions with the probability of large eruptions, we find that small eruptions are much more likely than large ones. This result is consistent with much experience in dealing with many natural phenomena (earthquakes, hurricanes, tornadoes, floods, etc.): large events are much less probable than small events of the same kind. This is because the extreme conditions required to bring about extreme events are unusual in themselves and usually require enormous concentrations of energy that are difficult to achieve.

Apendice F

Anexo 16

USGS/Cascades Volcano Observatory
Vancouver, Washington

Index and Information -- Volcanic Features and Phenomena

- Ashfall

- Calderas
- Cinder Cones
- Composite Volcanoes
- Ground Cracks

- Debris Avalanches
- Debris Dams
- Debris Flows
- Density Current
- Domes

- Earthquakes
- Eruptions
- Eruption Cloud
- Eruption Column

- Gas Emissions
- Glaciers

- "Hot Spots"
- Hydrology/Hydrologic Processes

- Jkulhlaup

- Lahars
- Lava
- Lava Domes
- Lava Flows
- Lava Tubes

- Magma
- Mudflows

- Phreatic Eruptions
- Plate Tectonics
- Plumes

5/6

- Pyroclastic Flows
- Pyroclastic Surges

- Radial Cracks

- Sediment Erosion, Transport, and Deposition
- Seismicity
- Shield Volcanoes
- Strato-Volcanoes
- Submarine Volcanoes

- Tephra
- Thrust Faults
- Tsunami

- Volcanic Blasts
- Volcanic Eruptions
- Volcano Types

URL for CVO HomePage is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html>
URL for this page is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Glossary/framework.html>
If you have questions or comments please contact: <webmaster@pwavan.wr.usgs.gov>

Return to:
[Lava Menu] ...
[Mount St. Helens Menu] ...
[Ape Cave Menu] ...

URL for CVO HomePage is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html>
URL for this page is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Glossary/LavaFlows/description_lava_tubes.html>
If you have questions or comments please contact: <webmaster@pwavan.wr.usgs.gov>

Apendice F

Anexo 17

USGS/Cascades Volcano Observatory
Vancouver, Washington

DESCRIPTION: Lava Tubes

From: R.I.Tilling, C.Heliker, and T.L.Wright, 1987, Eruptions of Hawaiian Volcanoes: Past, Present, and Future: U.S.Department of the Interior, U.S.Geological Survey Publication, p.30.

... During long-lived eruptions, **lava flows** tend to become "channeled" into a few main streams. Overflows of lava from these streams solidify quickly and plaster on to the channel walls, building natural *levees* or *ramparts* that allow the level of the lava to be raised. Lava streams that flow steadily in a confined channel for many hours to days may develop a solid crust or roof and thus change gradually into streams within **lava tubes**. Because the walls and roofs of such tubes are good thermal insulators, lava flowing through them can remain hot and fluid much longer than surface flows. Tube-fed lava can be transported for great distances from the eruption sites. For example, during the 1969-74 **Mauna Ulu** eruptions at **Kilauea**, lava flows traveled underground through a lava-tube system for more than 7 miles long to enter the ocean on five occasions.

From: M.P.Doukas, 1990, Road Guide to Volcanic Deposits of Mount St. Helens and Vicinity, Washington: U.S.Geological Survey Bulletin 1859, p.12.

... **Ape Cave** is one of numerous **lava tubes** formed in the Cave Basalt. The basalt consists of **pahoehoe flows** that originated on the southwest flank of Mount St. Helens and flowed down the surface of older pyroclastic-flow deposits. Charcoal samples from two localities under the lava tubes yielded Carbon-14 ages of 1,860+/-250 and 1,925+/-95 years (Greeley and Hyde, 1972).

From: P.T.Pringle, 1993, Roadside Geology of Mount St. Helens National Volcanic Monument and Vicinity: Washington Department of natural Resources Division of Geology and Earth Resources Information Circular 88, p.64.

Ape Cave lava tube ... is the longest lava tube (12,810 ft or 3.9 km) in the conterminous United States (similar tubes are found in Oregon, California, and Idaho) and one of the longest in the world. The cave was constructed by a **pahoehoe flow** that crusted over; soon after, the molten lava on the inside drained away, leaving the outer crust in place. Lava stalactites and stalagmites and flow marks can be seen on the walls and floor of the cave. Lava stalactites, conical or cylindrical deposits of lava that hang from the ceiling of a tube, are formed by dripping; stalagmites are similar in shape and are formed on the floor of the tube by the accumulation of drips from the ceiling. ...

Apendice F

Anexo 18

USGS/Cascades Volcano Observatory
Vancouver, Washington

DESCRIPTION:
Lava, Lava Flows, Pahoehoe, Aa

From: B.Myers and S.R.Brantley, 1995, Volcano Hazards Fact Sheet: Hazardous Phenomena at Volcanoes, USGS Open-File Report 95-231.

Lava Flows: Molten rock (magma) that pours or oozes onto the Earth's surface is called **lava**. The higher a lava's silica content, the more viscous it becomes. For example, low- silica basalt lava can form fast-moving (10-30 miles per hour), narrow lava streams or spread out in broad sheets up to several miles wide. Between 1983 and 1993, **basalt lava flows** erupted at Kilauea Volcano in Hawaii destroyed nearly 200 houses and severed the coast highway along the volcano's south flank.

In contrast, higher-silica **andesite and dacite lava flows** tend to be thick, move slowly, and travel short distances from a vent. Dacite and rhyolite lava flows often form mound-shaped features called domes.

From: B.L.Foxworthy and M.Hill, 1982, Volcanic Eruption of 1980 at Mount St. Helens: The First 100 Days, USGS Professional Paper 1249, p.122

Lava: General term for magma (molten rock) that has been erupted onto the surface of the Earth.

Lava flow: An outpouring of lava onto the land surface from a vent or fissure. Also, a solidified tonguelike or sheetlike body formed by outpouring lava.

From: R.I.Tilling, C.Heliker, and T.L.Wright, 1987, Eruptions of Hawaiian Volcanoes: Past, Present, and Future, p.7, p.37.

Scientists use the term **lava** for molten rock (and contained gases) that breaks through the Earth's surface, and the term magma for molten rock underground. ...

Lava flows form more that 99 percent of the above-sea parts of Hawaiian volcanoes. **Pahoehoe** (pronounced "pah-hoy-hoy") and **aa** (pronounced "ah-ah") are the two main types of Hawaiian lava flows, and these two Hawaiian names, introduced into the scientific literature in the late 19th century, are now used by volcanologists worldwide to describe similar lava-flow types. **Pahoehoe** is lava that in solidified form is characterized by a smooth, billowy, or ropy surface, while **aa** is lava

322

that has a rough, jagged, spiny, and generally clinkery surface. ...

From: R.P. Hoblitt, C.D. Miller, and W.E. Scott, 1987, Volcanic Hazards with Regard to Siting Nuclear-Power Plants in the Pacific Northwest, USGS Open-File Report 87-297

Lava flows: Lava flows are streams of molten rock that erupt relatively nonexplosively from a volcano and move downslope. The distance traveled by a lava flow depends on such variables as the effusion rate, fluidity of the lava, volume erupted, steepness of the slope, channel geometry, and obstructions in the flows path. Basalt flows are characterized by relatively low viscosity and may reach more than 50 km from their sources; in fact, one Icelandic basalt flow reached 150 km (Williams and McBirney, 1979). Andesite flows have higher viscosity and few extend more than 15 km; however, one andesite flow of Pleistocene age in the Cascades is 80 km long (Warren, 1941). Because of their high viscosity, dacite and rhyolite lava extrusions typically form short, thick flows or **domes.**

Lava flows cause extensive damage or total destruction by burning, crushing, or burying everything in their paths. They seldom threaten human life, however, because of their typically slow rate of movement, which may be a few meters to a few hundred meters per hour. In addition, their paths of movement generally can be predicted. However, lava flows that move onto snow or ice can cause destructive **lahars** and floods, and those that move into forests can start fires. The flanks of moving lava flows typically are unstable and collapse repeatedly, occasionally producing small explosive blasts or small **pyroclastic flows**.

Lava flows have been erupted at many vents in the Cascade Range during Holocene time; their compositions range from basalt to rhyolite. The longest known basalt, andesite, and rhyolite lava flows erupted at Cascade volcanic centers during Holocene time are, respectively, the 45-km-long Giant Crater basalt flow at **Medicine Lake volcano** the 12-km-long Schriebers Meadow andesite flow at **Mount Baker**, and the 2-km-long Rock Mesa rhyolite flow at **Three Sisters**. Lava flows of varied composition are likely to erupt again in the Cascade Range and will endanger all non-moveable objects in their paths.

From: T.L.Wright and T.C.Pierson, 1992, Living With Volcanoes, The U.S. Geological survey's Volcano Hazards Program, USGS Circular 1973, p.37

Lava flows: Streams of molten rock that either effuse quietly from a vent or are fed by lava fountains. Fluid basalt flows can move at velocities from 15 to as high as 50 kilometers per hour on steep slopes and travel up to tens of kilometers from their source. Viscous andesite flows move only a few kilometers per hour and rarely extend more than 8 kilometers from their vent. Lava flows destroy everything in their path, but most move slowly enough that people can escape. **Lava domes:** Lava (usually dacite or rhyolite) that is too sticky to flow far from its vent forms steep-sided mounds called **lava domes.**

Return to:

Apendice F

Anexo 19

USGS/Cascades Volcano Observatory
Vancouver, Washington

HAZARDS: Pyroclastic Flows

From: USGS Open-File Report 87-297
Volcanic Hazards with Regard to Siting Nuclear-Power Plants in the Pacific Northwest, by R.P. Hoblitt, C.D. Miller, and W.E. Scott

Pyroclastic flows are high-density mixtures of hot, dry rock fragments and hot gases that move away from their source vents at high speeds. They may result from the explosive eruption of molten or solid rock fragments, or both, or from the collapse of vertical eruption columns of ash and larger rock fragments. Pyroclastic flows may also result from a laterally directed explosion, or the fall of hot rock debris from a dome or thick lava flow.

Rock fragments in pyroclastic flows range widely in grain size and consist of dense rock, pumice, or both. Individual pyroclastic flows, worldwide, range in length from less than one to more than 200 km, cover areas from less than one to more than 20,000 km2, and have volumes from less than 0.001 to more than 1000 km3 (Crandell and others, 1984). Pumiceous pyroclastic flows with volumes of 1-10 km3 can reach distances of several tens of kilometers from a vent and travel downslope at speeds of 50 to more than 150 km/hr (Crandell and Mullineaux, 1978), their velocity depending largely on their volume and on the steepness of slopes over which they travel. Pyroclastic flows and their deposits commonly contain rock debris and gases with temperatures of several hundred degrees Celsius (Banks and Hoblitt, 1981; Blong, 1984, p. 36).

Most pyroclastic flows consist of two parts: a basal flow of coarse fragments that moves along the ground, and a turbulent cloud of finer particles (ash cloud) that rises above the basal flow (Crandell and Mullineaux, 1978). Ash may fall from the cloud over a wide area downwind from the basal flow.

Pyroclastic flows generally follow valleys or other depressions, but can have enough momentum to overtop hills or ridges in their paths. The larger the mass of a flow and the faster it travels, the higher it will rise onto obstacles in its path. Some pumiceous pyroclastic flows erupted during the climactic eruptions of Mount Mazama (Crater Lake) about 6850 years ago moved 231 m upslope to cross a divide 17 km from the volcano (Crandell and others, 1984) and ultimately reached a downvalley distance of 60 km from the vent (Williams, 1942; Bacon, 1983).

Pyroclastic flows are extremely hazardous because of their high speeds and temperatures. Objects and structures in their paths are generally destroyed or swept away by the impact of debris or by accompanying hurricane-force winds (Blong, 1984). Wood and other combustible materials are commonly burned by the basal flow; people and animals may also be burned or killed beyond the margins of a pyroclastic flow by inhalation of hot ash and gases.

Pyroclastic flows have been erupted repeatedly at many volcanic centers in the Cascade Range during Holocene time. Moreover, large silicic magma chambers may exist at several volcanic centers in the Cascade Range that have had explosive eruptions of large volume (101 - 102 km3). Such eruptions can

produce pyroclastic flows which could travel more than 50 km from a vent and could be extremely destructive over wide areas. Because pyroclastic flows move at such high speeds, escape from their paths is unlikely once they start to move; areas subject to pyroclastic flows must be evacuated before flows are formed.

Return to:
[Hazards Menu] ...
[Pyroclastic Flow Menu]

URL for CVO HomePage is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html>
URL for this page is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Hazards/NRC_Definitions/pyro_flows.html>
If you have questions or comments please contact: <webmaster@pwavan.wr.usgs.gov>

Apendice F

Anexo 20

USGS/Cascades Volcano Observatory
Vancouver, Washington

HAZARDS: Pyroclastic Surges

From: USGS Open-File Report 87-297
Volcanic Hazards with Regard to Siting Nuclear-Power Plants in the Pacific Northwest, by R.P. Hoblitt, C.D. Miller, and W.E. Scott

Pyroclastic surges are turbulent, low-density clouds of rock debris and air or other gases that move over the ground surface at high speeds. They typically hug the ground and depending on their density and speed, may or may not be controlled by the underlying topography. Pyroclastic surges are of two types: "hot" pyroclastic surges that consist of "dry" clouds of rock debris and gases that have temperatures appreciably above 100 degrees C, and "cold" pyroclastic surges, also called base surges, that consist of rock debris and steam or water at or below a temperature of 100 degrees C (Crandell and others, 1984).

Both hot and cold pyroclastic surges damage or destroy structures and vegetation by impact of rock fragments moving at high speeds and may bury the ground surface with a layer of ash and coarser debris tens of centimeters or more thick (Crandell and others, 1984). Because of their high temperatures, hot pyroclastic surges may start fires and kill or burn people and animals. Both types of surges can extend as far as 10 km from their source vents and devastate life and property within their paths. During an eruption of Mont Pelee on Martinique in 1902, a cloud of hot ash and gases swept into the town of St. Pierre at an estimated speed of 160 km/hr or more (Macdonald, 1972). About 30,000 people died within minutes, most from inhalation of hot ash and gases. Pyroclastic surges have occurred at volcanoes in the Cascade Range in the past and can be expected to occur again. Future cold surges (base surges) are most likely to occur where magma can contact water at volcanic vents near lakes, those that have crater lakes, and at vents in areas with a shallow water table.

Return to:
[Hazards Menu] ...
[Pyroclastic Flow Menu] ...

HOME | VOLCANO INFO | MOUNT ST. HELENS | PHOTO ARCHIVES | INDEX

URL for CVO HomePage is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html>
URL for this page is: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Hazards/NRC_Definitions/pyro_surges.html>
If you have questions or comments please contact: <webmaster@pwavan.wr.usgs.gov>

Apendice F

Anexo 21

EOS Volcanology Educational Outreach

Links to Other Volcano K-12 Educational Sites: Lessons and Activities

Educational and Outreach Panel for the EOS Science Executive Council

---

Educational Outreach Slide Sets:

- #1: Surface and atmospheric effects of the 1991 eruption of Mt. Pinatubo
- #2: Volcano Topography
- #3: Volcanoes and Volcanic Hazards
- #4: Peter Francis Slide Set: Volcanoes, Lavas and Related Features, Pyroclastic Eruptions and Products, and Hydrovolcanic Eruptions

---

Return to EOS Volcanology Home Page

This page is maintained by Joy Crisp (joy@glassy.jpl.nasa.gov)

A slide set compiled by Peter Francis from the book:

Volcanoes: A Planetary Perspective

(1993) Peter Francis, Oxford University Press, Oxford, UK, 443 pp.

This selection of slides was compiled in reponse to requests for illustrative material arising from my Oxford University Press book. I hope it will be of some help in teaching volcanology. Inevitably, it was difficult to choose 40 slides to cover the whole field of volcanology, and there are many subjects not covered at all. In making the selection, I chose slides that were:

1. Reasonably good pictures in themselves.
2. Good illustrations of some volcano or point of volcanology.
3. Not already too widely familiar.
4. Suitable for use in class teaching.
5. Covering a wide range of subjects.

I have indicated in parentheses the relevant parts of the book text in which the material is described (e.g., Section 7.4) and also the same or similar figures (e.g., *Fig. 9.17*). In some cases, these are not identical, because I have replaced original black and white prints with color slides.

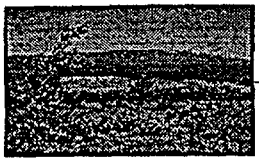
I hope that you find the slide set useful, and would of course welcome any comments you may have on the slides themselves or the explanatory captions. Please write to me at: Peter Francis, Earth Sciences, Open University, Milton Keynes MK7 6AA, England, or send email to: P.W.Francis@open.ac.uk

35 mm Color Slide Set Available for Purchase from Peter Francis: Ordering Information

Note: The copyright for these slides remains vested with Peter Francis, not Oxford University Press.

- Part I: Volcanoes (10 slides shown below)
- Part II: Lavas and Related Features (7 slides)
- Part III: Pyroclastic Eruptions and Products (13 slides)
- Part IV: Hydrovolcanic Eruptions (10 slides)

Part I: Volcanoes

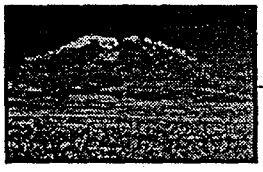


SLIDE #1 (133K): Mauna Loa, Hawaii, photographed from Kilauea caldera

This 4169 m high basaltic shield volcano is the Earth's largest volcanic construct, rising some 9000 m above the Pacific ocean floor. It has a volume of about 40,000 cubic kilometers, the result of the accumulation of innumerable flows of low-viscosity basalt lava. Only about 17% of this volume is above sea-level. Submarine eruptions probably commenced 1-2 million years ago, and eruptions above sea level about 400,000 years ago. The extremely gentle slopes seen in the photograph result from the fact that Mauna Loa is an elongate volcano, extended along south-west and east rifts, from which most lavas are erupted. The profile across the rift zones (towards the camera) is somewhat steeper, but still does not exceed 10 degrees in the middle slopes. At the summit of Mauna Loa is the 2.6 x 4.5 km Mokuaweoweo caldera. Mauna Loa last erupted in 1984. *(Fig. 2.26; 6.4; 6.5; 14.27(c)).*

SLIDE #2 (140K): Nevado Ojos del Salado, Chile / Argentina frontier

At 6885 m, this is the world's highest active volcano, although the edifice itself is not large -- its basement is at about 4500 m, roughly the level of the camera. Nevado Ojos del Salado is a compound or multiple volcano, consisting of a massif covering some 70 square kilometers formed of at least a dozen andesitic and dacitic cones intermingled with lava domes and craters. The volcano has never been studied in detail. It has not erupted in historic times, though it exhibits continuing fumarolic acitivity. White material in gullies is snow; the greyer material is pumice from a large but undated plinian eruption. *(Fig. 2.4).*

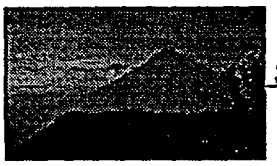


SLIDE #3 (135K): San Pedro, North Chile

This 6150 m high andesite-dacite composite volcano is an exceptionally well-exposed example of numerous similar volcanic constructs around the circum-Pacific "Ring of Fire." It is a large volcano, rising from a base at just over 3000 m. It consists of two essentially different units. At left, the reddish brown, snow-covered peak forms part of the "Old Cone," constructed mostly of basaltic andesite lavas, thin flows of which can be seen near the summit. At some unknown time, this cone failed, producing a massive dé•bris avalanche deposit, not seen in the photo. Subsequently, a large dome of hornblende dacite lavas accumulated, forming the greyish massif on the right side. This dome became very steep, and many flow fronts of the lavas failed, yielding the visible scars, and forming an apron of hot avalanche debris, the upper parts of which are visible (pink toned) immediately below the lava scarps. Fumarolic activity continues to the present day on the summit of the dome. The foreground and middle distance is mantled with a plinian pumice fall deposit, creating a very smooth surface. *(Fig. 12.4-12.6).*

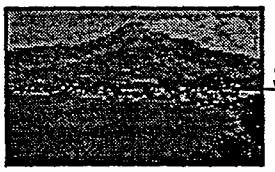
SLIDE #4 (149K): Láscar, Chile

Volcan Láscar 5,641 m, is the most active volcano in the central Andes. Since 1988 a silicic lava dome has been growing in the summit crater, and there have been several recent eruptions, notably on April 19 and 20, 1993, when pyroclastic flows were erupted on both southern and northern flanks, and ash fell out as far distant as Buenos Aires, Argentina. The volcano consists of elongate series of six overlapping craters, trending roughly northeast, with the active, fuming crater located near the center of this cluster. It is about 800 m in diameter and 300 m deep. Grey pumice deposits from the 1993 eruption are visible in this photo, and the margins of some pyroclastic flows can be seen at right center. Most impressive, however, are the older, massive andesitic lava flows, exhibiting flow margins tens of meters high, well developed flow levé•es and transverse ogive ridges. (Section 7.4, *Fig. 9.17; 9.18*).



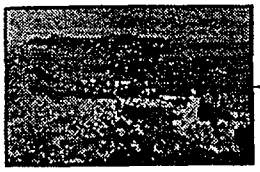
SLIDE #5 (88K): Agua, Guatemala

Seen in profile at sunset, this photo illustrates the classical symmetrical cone that defines the 'ideal' volcano. Such cones result from the interplay of eruption and erosional processes, and rely on eruption of small lavas and tephra from a single summit crater and rapid radial transport of talus to maintain their radial symmetry. Agua is 3752 m high, with a summit crater 200 m in diameter. Its symmetrical profile is echoed by the two volcanoes in the background, Fuego (left; 3700 m) and Acatenango (right; 3960 m). (Section 16.2).



SLIDE #6 (130K): Mt. Pelée, Martinique, Caribbean

This notorious volcano looms above the town of St. Pierre (middle distance) exactly as it did prior to its catastrophic eruption of May 8, 1902, when the town was destroyed and more than 20,000 inhabitants were killed. In French, the word *pelé•* means bald. This implies that when Mt. Pelée;e acquired its name, its summit was an unvegetated dacitic lava dome, just as it is today. The visible lava dome was constructed during the volcano's most recent eruptive episode (1929-1930) but a closely similar edifice was built during the 1902 eruption, to be later destroyed. St. Pierre was destroyed by *nuée•es ardentes* (glowing avalanches) which detached from the growing lava dome and crashed under gravity down the flanks of the volcano. For the most part, these avalanches were topographically controlled by preexisting valleys, such as that of the Rivièe•re Blanche (extreme left) but some were big enough to engulf St. Pierre on their margins. *(Fig. 4.18).*

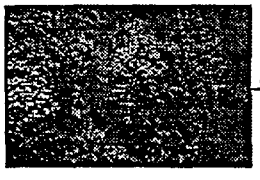


SLIDE #7 (147K): Vulcano, Vulcanello and Lipari (Mediterranean)

Vulcano, eponym of all volcanoes, has been intermittently active throughout historical times, and took its name from the Roman god of fire, Vulcan. Active fumaroles and deposits of yellow sulphur on the rim of the crater formed during the 1888 eruption provide a foreground for a tourist resort and harbor. They illustrate the risk developers are prepared to take in areas of *obvious* volcanic risk. In the middle distance is the small cone and lava shield of Vulcanello. This was originally a separate island, and the Vulcano-Vulcanello pair said to be the "Scylla and Charybdis" of Homer. Vulcanello was united to Vulcano by an eruption in the 16th century. In the background is the island of Lipari, also volcanic, but with no historic activity. *(Fig. 6.12).*

SLIDE #8 (125K): Wizard Island and Crater Lake, Oregon, USA

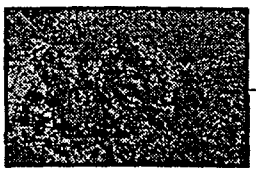
Crater Lake's serenity belies a violent origin. Its blue waters fill a caldera nine kilometers in diameter, whose floor is 600 meters below the lake level, while the encompassing walls rise steeply 600 meters above it. Howel Williams, a distinguished American volcanologist of Welsh extraction, concluded in a classic study that the present caldera occupies the site of an older volcanic cone, about 3600 meters high, called Mt. Mazama. 6,800 years ago, a huge plinian eruption destroyed the original volcano, formed the present caldera and showered tephra as far as Alberta in Canada. After the plinian phase, a series of ignimbrites was erupted, filling the valleys radiating from the old cone. Wizard Island, a small volcanic cone constructed after the eruption, now occupies one corner of the lake. *(Fig. 10.11; 14.4).*



SLIDE #9 (201K): Cerro Galan caldera, northwest Argentina

Landsat Thematic Mapper false color composite image. An elliptical structure 35 x 25 km in diameter, Cerro Galan is the world's best exposed example of a resurgent caldera. It was formed about 2.2 million years ago by the eruption of the Cerro Galan ignimbrite, which has a minimum volume of 1 million cubic kilometers. Unwelded ignimbrites are exposed on western and eastern flanks of the caldera as deeply gullied, yellow and grey weathering units; welded ignimbrites form the resurgent center of the caldera (dark greys and browns). The west rim of the caldera reaches 5200 m; its floor is at 4500 m and the summit of the resurgent center at 6000 m. An older andesite volcano (Cerro Colorado) is visible in the bottom left hand corner, mantled by ignimbrites. The caldera was occupied by a lake after it formation. Laguna Diamante (blue, south west corner of caldera) is a salty relic of a much larger body of water. *(Fig. 14.13).*

234



SLIDE #10 (199K): Cerro Panizos, southwest Bolivia

First recognized as an unusual volcanic construct on spacecraft images, Cerro Panizos straddles the frontier between Bolivia and Argentina. Preliminary age dates indicate that Panizos is largely Late Miocene in age with no Holocene activity. Panizos is a roughly circular feature about 40 km in diameter with an average elevation of about 4700 m. It is a radially symmetrical shield of ignimbrites more than 300 m thick with a central complex of dacitic coulé•es and lava domes reaching up to 5,400 m in elevation. Three ignimbrites closely spaced in time have a total volume exceeding 500 km3 . The later flows and domes were erupted in the ignimbrite vent area. Because the whole structure has radial dips of about 3 degrees from the center of the complex, Panizos was initially though to be an ignimbrite shield which had undergone little syn- or post eruptive collapse. However, later work showed the rocks in the center of the shield had subsided (down-sagged), with local inward dips of up to 6 degrees, and that the ignimbrite center had several vents. Panizos may be either a collapse caldera, filled by late-stage ignimbrites and post caldera collapse lavas, or a nested caldera. (Section 14.3.1).

Continue to Part II: Lavas and Related Features

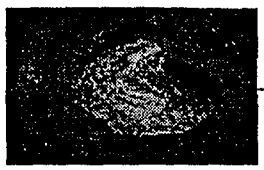
Continue to Part III: Pyroclastic Eruptions and Products

Continue to Part IV: Hydrovolcanic Eruptions

Return to EOS Volcanology Home Page

This page is maintained by Joy Crisp (joy@glassy.jpl.nasa.gov)

Part II: Lavas and Related Features



SLIDE #11 (168K): Kupaianaha lava pond, Hawaii, July 1988

Lakes or ponds of basaltic lava which may persist for months or years are intriguing aspects of basaltic volcanism. Persistent lava lakes may be established within a preexisting crater if sustained by convective circulation with a deeper reservoir. This situation persisted within the Halemaumau crater during much of the 19th century. The 100 m diameter Kupaianaha lava pond, seen here, represents a different situation, where lava supplied at a steady rate of about 5 cubic meters per second from the nearby Pu'u O'o vent ponded on an area of flat topography, to form a constantly replenished 'holding tank,' which was constantly drained by a series of lava tubes which debouched on the Pacific coast 12 km distant. Only a small amount of gas can be seen; most was vented from Pu'u O'o. The shifting patches of chilled, plastic crust and glowing incandescent lava provide instructive analogs of lithospheric plate motions. *(Fig. 6.9).*

SLIDE #12 (194K): A'a and pahoehoe flows, Hawaii

Chemically similar basaltic lavas may exhibit grossly different surface characteristics under different physical conditions, notably rate of flow. Pahoehoe flows (left) have grey glassy, shiny surfaces which are generally smooth when fresh, and form curious plastic patterns of ropes and whorls with dimensions of a few centimeters to a few meters. Individual flow lobes are rarely more than a meter thick, and are typically 10-20 cm. They form at low rates of flow. At higher rates of flow, internal shearing shreds the lava, and highly irregular, angular scoriaceous fragments result forming a'a flows (reddish colored, right side). Individual fragments may range up to a meter or more in size, though those seen here are 10-20 cm in diameter. Both lavas seen here were erupted within a short time of each other during the 1969-74 eruption of Mauna Ulu, Hawaii. *(Fig. 7.9).*

SLIDE #13 (174K): Lava tree mold, Hawaii

Many of the lavas erupted from Hawaiian volcanoes flowed into dense rain forest consisting mostly of *ohia* trees. After rapidly engulfing the trunk of this tree, pahoehoe lava set it on fire, incinerating the wood, while itself chilling solid around the outside. Soon after, the bulk of the flow drained away again, leaving a tall pipe-like 'chimney' of chilled basalt 1.5 m high marking the site where the tree once grew. An imprint

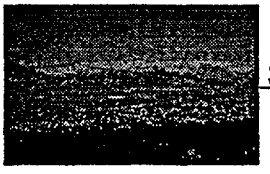
of the pattern of the bark can often be seen on the inner wall of the mold. 'Lava tree forests' are known in many other parts of the world. *(Fig. 7.18).*

SLIDE #14 (146K): Trachytic lava flow field, El Teide, Tenerife

A 'lava flow' is not necessarily a single entity. The term *flow field* describes the tangle of flows from a single eruptive episode, as seen here beneath the steep summit of 3700 m high El Teide volcano. A flow that cools rapidly relative to its flow rate will sprout many offshoots. As a result, long durations of flow at slow effusion rates generate flow fields that have large width to length ratios, composed of many branches; at higher flow rates, flows move rapidly from their sources to form relatively long, simple flows, such as that extending to the lower right corner of the photo. These flows also exhibit well developed levées, and have coarse aa surface textures. *(Fig.7.7).*

SLIDE #15 (165K): Advancing aa flow, Mt. Etna

Although fast flowing in their upper reaches, the distal snouts of aa flows often advance slowly, like shuffling slag heaps. This 1971 Etna lava illustrates the height of the flow front (5-7 meters) and its coarse rubbly surface, with blocks over a meter in diameter. These conceal and insulate the hot core of the flow, which can just be glimpsed glowing red-hot in one or two places, for example in the crevice between the lady in a red poncho and her companion in a brown jacket. When photographed, the flow was creeping forward at a few meters an hour. Flows from this eruption ruined the skiing on Etna, which had previously boasted many smooth ash-covered slopes (left and foreground). Some black mud flows triggered by the eruption can be seen in the middle distance at left of the flow. *(Fig. 6.18, 7.10).*



SLIDE #16 (120K): Chao lava coulée, north Chile

Coulées are a cross between lava domes and lava flows: they are thick extrusions erupted on slopes steep enough for shear stresses to exceed the yield strength, thus permitting the flow to ooze down slope. One of the world's best known examples of a coulée, and the largest of its type in the world, is the Chao dacite occupying the saddle between Paniri and Léon volcanoes. 39Ar-40Ar ages indicate it is less than 100,000 years old. It is a 14.5 km long coulée, with flow fronts 350-400 m high and has a total erupted volume of about 26 km3. A characteristic feature of this body are the prominent 30 m high flow ridges or ogives on its surface, resulting from folding during emplacement of surface layers with different mechanical properties due to differential cooling of the lava. Eruption of the huge coulée appears to have occurred in three main stages. Chao is so young that its internal structure is not exposed, but in older, dissected examples, coulées display *ramp structure*, formed as successive increments of lava are extruded from the vent and squeeze earlier erupted increments outwards. Most of the outward movement of the flow is

accommodated in a thin zone of shearing at the base. *(Fig. 7.25).*

SLIDE #17 (151K): Showa Sin-Zan plug dome, Japan

Upheaved plug domes are masses of rock that are pushed bodily upwards like pistons. "Showa Sin-Zan " or "New Roof Mountain" grew during the height of the Second World War, so there were no official records of its growth, but the astute village postmaster, Masao Mimatsu, kept a unique pictorial record of its progress by drawing a series of profiles on the paper covering of his window. From January 1944 until November 1944 the uplifted area rose steadily, but no new rock was visible -- the uplifted material was all crater lake sediments, baked hard by the heat of the lava beneath, carried upwards as smoothly as if on an elevator. In November of 1944, a plug of lava eventually punched its way through the elevated dome, rising until it was about 100 m above the top of the dome, and nearly 300 m above ground level. It is this extrusive crown which dominates the photo. *(Fig. 7.28).*

Return to Part I: Volcanoes

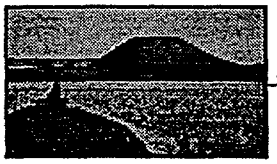
Continue to Part III: Pyroclastic Eruptions and Products

Continue to Part IV: Hydrovolcanic Eruptions

Part III: Pyroclastic Eruptions and Products

SLIDE #18 (111K): Strombolian eruption, Pacaya, Guatemala

Strombolian explosions are short blasts, separated by periods of less than a tenth of a second to several hours. Each burp probably represents the bursting of a rising bubble of gas within the magma column as it approaches the surface. The fragmented clasts propelled upwards are probably globs of the magma which formed the skin of the exploding bubble. Strombolian eruptions involve release of much larger proportions of gas to magma than other types of activity; in some cases, the magmatic material may not escape from the vent at all, and is recycled. They are usually photographed at night and are most familiar as time-exposures in which individual glowing clasts trace elegant incandescent parabolas. This daytime 1/60-second shot captures the first instants of an explosion, in which the ejected material still forms a discrete slug. Large blocks can be silhouetted against the sky on the right, and some blocks are visibly glowing against the dark central part of the column. Pacaya has been intermittently active throughout recorded history. *(Fig. 6.10).*

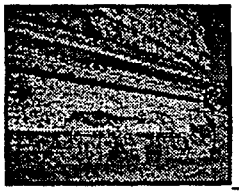


SLIDE #19 (131K): La Poruña monogenetic scoria cone, north Chile

A monogenetic volcano is the product of a single eruptive episode lasting a few hours, or a few years. Basaltic scoria cones are good examples of monogenetic volcanoes and are found in thousands all around the world. They all have the same distinctive morphology. They are rarely more than two or three hundred meters high, and are often asymmetrical; either elongated along a fissure, or else higher on the side that was downwind at the time of eruption. A distinctive feature is their simple geometric profile, defined by the angle of rest for loose scoria: *all* young scoria cones have side slopes close to 33 degrees. Their craters are large in relation to the size of the edifice as a whole (compare Agua in Slide 5--Part I). Naturally, their crisp profiles soften with age, but the ratio of crater width to basal width changes remarkably little. Thus, scoria cones remain easily recognizable, even after millennia of weathering. La Poruña in the Atacama desert of Chile is 300 m high and appears pristine, but because of the hyperarid environment it may be several thousand years old. A train on the Antofagasta-La Paz railroad (in the shadow near the cone) provides scale. *(Figs. 7.8; 16.1).*

SLIDE #20 (162K): Strombolian scoria fall deposit, Bandera, New Mexico

Basaltic *scoria* is the typical product of strombolian activity. Cindery in appearance, scoria fragments have a light, frothy texture. Individual clasts are sharp-edged and angular. Normally, basaltic scoria is a greyish-black colour, but when fresh it may be stunningly iridescent, shining in peacock blue colours. Because the lava is easily fragmented by escaping gas, only a small proportion of the finest grained material is produced, so a typical scoria deposit is not dusty. Most fragments here near the Bandera cone in New Mexico are 1-3 cm in diameter. About 0.01 cubic kilometers of magma was erupted, and the eruption column probably did not reach more than a few hundred meters above the vent. Thus the deposit thins rapidly away from the vent. Because basaltic scoria is used extensively for road making, scoria cones are often quarried, displaying their internal structures, as here at Bandera. Within the cone itself, there is often well-developed layering, resulting from separate explosive pulses, but here, a little way downwind, the deposit forms a very even blanket. Note how the loose material piles up at the bottom of the quarry face, forming slopes with the same angle of rest as those of the main cone. (Section 9.4).

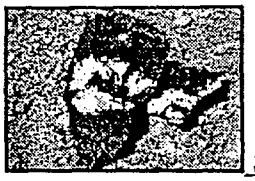


SLIDE #21 (179K): Plinian pumice fall deposit, Arequipa, Peru

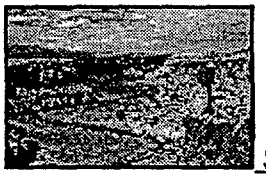
Superficially similar to the scoria fall deposit in Slide 20, this 2 m thick plinian deposit also consists of well sorted clasts 1-3 cm in diameter. These are of rhyodacitic composition. Unlike the scoria fall deposit which is of limited areal extent, this plinian deposit mantles an area of many hundreds of square kilometers and was erupted from a much higher eruption column, possibly reaching an altitude of 30 km. The pumice layer shows slight evidence of internal layering or shower bedding. It is overlain by several other fall units of different composition, which were apparently erupted without a major erosional interval. It is not known when the plinian deposit was erupted. *(Fig. 9.22).*

SLIDE #22 (192K): Breadcrust block, Socompa, north Chile

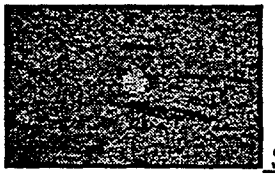
Bread-crust blocks are rounded or angular lumps with a smooth, glassy crust broken by deep cracks and fissures, exposing the frothy, vesicular core of the bomb, and reminiscent of a well-baked, crusty loaf of bread. Bread-crust blocks are formed when lumps of viscous, gas-rich lava are ejected from the vent: the outer crust chills quickly to form the glassy crust, but the interior remains hot, and continues to vesiculate, frothing up the interior. As in a decently baked loaf, the internal expansion causes the brittle outer crust to crack. This block was found in the Socompa debris avalanche deposit. It shows that hot magma was present within the volcano when the catastrophic flank failure took place, since the vesiculated brittle block would have broken up during transport. Similar blocks are often found as ejected bombs in vulcanian pyroclastic deposits. *(Fig. 9.20).*


SLIDE #23 (198K): Mixed pumice clast, Láscar, north Chile

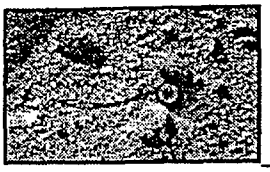
Some explosive eruptions may be triggered by the introduction of fresh, hot basaltic magma into a preexisting magma chamber. There is subtle evidence for magma mixing in many eruptions, but it is rarely as black-and-white as in this clast from an undated pyroclastic flow from Láscar. The darker component is andesitic; the lighter dacitic. In this example, identical isotopic characteristics of the two components suggest that they fractionated from the same source. (Section 14.4). Lascar is also featured in Slide #4--Part I.


SLIDE #24 (157K): Major ignimbrites, Rio Loa, North Chile

Individual ignimbrites may have volumes in excess of 1,000 cubic kilometers and travel for distances in excess of 100 km from their source. They form important parts of the landscape in many parts of the world, and are particularly well exposed over huge areas of the Central Andes. Two massive ignimbrites, each tens of meters thick, separated by a terrace, can be seen in this view of the canyon of the Rio Loa. As the photo suggests, they can be readily traced for tens of kilometers along the canyon. The pinkish weathering dacitic ignimbrites are an unwelded variety known by the Peruvian term *sillar*, the original pumices have undergone vapor phase alteration forming a light, strong homogenous rock much used for building stone. The lowermost unit is the 8.1 Ma old Sifon ignimbrite, which travelled at least 150 km from its source caldera, Pastos Grandes in Bolivia. (Chapter 10).


SLIDE #25 (225K): Fiamme in welded ignimbrite, Aso, Japan

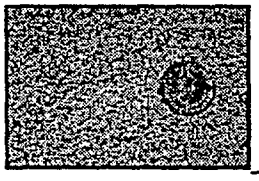
The most densely welded ignimbrites are glassy rocks hard to distinguish from lavas. More commonly, it is only the pumice clasts that are conspicuously glassy: they are squashed into black, glassy flattened pancakes. These, seen in cross section, resemble candle flames, and are known by their Italian name of *fiamme*. Similar textures can be seen on a microscopic scale, with tiny glass shards flattened and molded over one another. Extreme degrees of flattening can be produced by squashing of shards at the base of thick ignimbrites, whereas higher up, where pressure is less, the flattening is proportionally less. Before ignimbrites were properly understood, eutaxitic texture was the main diagnostic criterion used to identify them. Most ignimbrites, however, look more like Slide 26 than 25. Eutaxitic texture is still a valuable criterion for identifying ancient ignimbrites. *(Fig. 10.32).*


SLIDE #26 (226K): Unwelded ignimbrite, Cerro Galan, Argentina

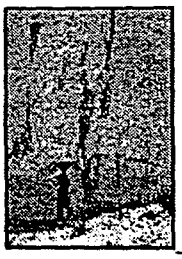
This slide illustrates the texture of a typical large volume ignimbrite. It consists of fist-sized dacitic pumice clasts and small sparse lithics in a crumbly, finer grained matrix. Such rocks are very rapidly eroded, and are thus not well preserved or exposed in temperate regions. This example is from the 4.6 million year old Real Grande ignimbrite which has a volume of the order of 500 cubic kilometers. Landsat image of Cerro Galan volcano is shown in Slide 9--Part I. *(Figure 10.22).*

SLIDE #27 (176K): Compositional zonation in ignimbrite, Crater Lake, Oregon

The ignimbrite erupted during the formation of Crater Lake caldera 6,800 years ago (Slide 8--Part I) shows magnificent compositional zonation. The lowermost (pale) component exposed here is rhyodacitic in composition (70-72% SiO_2); the uppermost (dark) component is andesitic (56-62% SiO_2). Tapping of a compositionally zoned magma chamber with more evolved dacitic magma at the top yielded zoned deposits, showing mirror-image relationships: the first-erupted rhyodacites are at the bottom. There are no obvious breaks in the sequence: the mechanisms of transport and emplacement of ignimbrites that can yield these relationships remain poorly understood. Note the splendid pillars, evidence of rapid erosion. *(Fig. 10.11).*


SLIDE #28 (220K): Homogeneous ignimbrite, Cerro Galan, Argentina

Not all ignimbrites possess easily recognizable pumice and lithic clasts, nor do they show compositional zonation. The 2.2 million year old Cerro Galan dacitic ignimbrite is an excellent example of a very large ignimbrite (at least 1,000 cubic kilometers) which is remarkably homogeneous throughout, and is also pumice and lithic poor. This slide shows a typical close-up view, in which the abundance of crystals is evident. Black biotite is conspicuous, but quartz and plagioclase are also evident. Fragmentation of fragile dacite pumice and crystal concentration probably took place during emplacement. Landsat image of Cerro Galan volcano is shown in Slide 9--Part I. (Chapter 10 and Section 14.2.2; *Fig. 14.17*).


SLIDE #29 (184K): Fluidization pipes in ignimbrite, Cerro Galan, Argentina

Convincing evidence for the important role of gas fluidization in the mobility of ignimbrites is provided by segregation structures which form as escaping gases cause clasts of different sizes and densities to jostle apart from one another, to provide direct routes for the gas through the body of the material. These lithic-filled pipes rise many meters through the 4.6 million year old Real Grande ignimbrite. The largest clasts within the pipes reach 20 cm in diameter, most of the finer material in the pipes has been blown away or *elutriated.* Landsat image of Cerro Galan volcano is shown in Slide 9--Part I. *(Fig.10.8).*

SLIDE #30 (169K): Mudflow, Chigliapichina volcano, north Chile

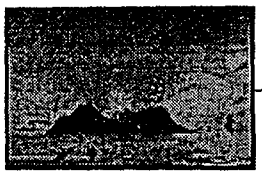
Mud flows are amongst the most dangerous of volcanic phenomena. They took the lives of 25,000 inhabitants of the town of Armero, Colombia, during the 1985 eruption of Nevado del Ruiz. Some mud flows are caused by the breaching of crater lakes (Kelut 1966); others by melting of snow and ice by an eruption (Nevado del Ruiz 1985) and still others by rain falling on fresh, unconsolidated ash (Pinatubo 1991). This miniature Chilean example illustrates many of the main features. It formed after a rare rainstorm in 1969. Broad levées 30 cm high and a sinuous central channel are well displayed. After emplacement, the mud set hard. *(Fig. 13.18).*

Return to Part I: Volcanoes

Return to Part II: Lavas and Related Features

Continue to Part IV: Hydrovolcanic Eruptions

Part IV: Hydrovolcanic Eruptions



SLIDE #31 (119K): The 1831 eruption of Graham island, Mediterranean

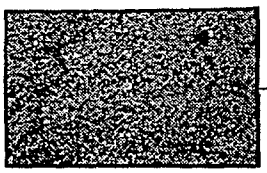
This rare gouache painting illustrates the eruption which formed Graham island 50 km north of Pantelleria in 1831. Submarine eruptions generally commence with an exposive hydrovolcanic phase of activity, termed *surtseyan* after the eruption off Iceland in 1963. Strombolian activity is indicated in this painting, suggesting that the vent had become insulated from sea water. Because of its strategic importance, the new island was immediately claimed by Britain, Spain and Italy and many names were proposed -- Graham Island, Ferdinanda, Hotham, Corrao, Sciacca, Giulia and Nerita. Sadly the island rapidly succumbed to erosion by waves. By the end of October 1831, it had almost gone. By early in 1832 it had disappeared altogether. This caused Charles Lyell to comment in his great geology textbook: "as the island was visible for only about three months, this is an instance of wanton multiplicity of synonyms which has scarcely ever been outdone, even in the annals of zoology and biology." *(Fig. 6.14).*

SLIDE #32 (159K): Diamond Head Crater, Honolulu, Hawaii

Diamond Head is a fine example of a *tuff ring*, formed by hydrovolcanic explosive activity about 40,000 years ago. It is about 1 km in diameter and its rim is mostly about 100 m high. On its southwestern extremity, however (away from the camera) it reaches 232 m. This marked asymmetry was the result of northeast trade winds blowing during the eruption, as they do for much of the year at the present day. The crater currently houses the Honolulu headquarters of the FAA (Federal Aviation Administration). *(Fig. 16.5).*

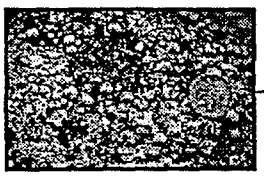
SLIDE #33 (172K): Acid crater lake, Poas, Costa Rica

Poas has contained a hot, acid crater lake for much of its recent history. The lake water typically has a temperature of 40-50 degrees C, and a pH approaching 1. It is quite shallow, and sometimes disappears to reveal a witches' cauldron of bubbling mud and molten sulphur. Minor eruptions through the lake are quite common, showering the surrounding forest with acid rain. An extensive and extremely complex hydrothermal system is present -- most of the pale colored rocks in the crater wall are extensively altered. Because the lake water buffers the temperature of the system, fumarolic sulphur deposits accumulate, rather than being sublimated as they would in dry conditions *(Fig. 6.15, 6.16).*



SLIDE #34 (228K): Surtseyan tuff. Tenerife, Canary Islands

The hydrovolcanic eruptions that result from the interactions between basaltic magmas and water produce pyroclastic rocks with distinctive characteristics seen in this photograph showing a close-up of rocks exposed in the walls of a typical tuff ring on the island of Tenerife. Fuel-coolant like explosive fragmentation of the magma produces a high proportion of very fine grained, glassy material, which rapidly alters in the warm, wet environment to form the yellowish palagonitic tuff making up the most of the matrix of the rock. Ill-defined layers of angular fragments of fresh grey basalt lava are also present. Each layer was probably the product of an individual explosive blast. (Section 9.9.1).



SLIDE #35 (207K): 400 million year old accretionary lapilli, England

Accretionary lapilli, also termed *pisolites*, are small spheres of extremely fine ash, which may reach more than centimeter in diameter. They are commonly found in tephra deposits formed by eruptions where water has been involved -- hydrovolcanic or phreatomagmatic eruptions. Often, they consist of an outermost shell of harder ash surrounding a more friable core; sometimes they have a concentric, onion-like structure. Although it is clear that accretionary lapilli are associated with 'wet' eruptions, it is not clear exactly how they form. It used to be thought that they resulted from raindrops flushing through dense tephra clouds, fine ash accreting around rain drops. While this is one possible mechanism, it is clear that there are others, since lapilli are found in a range of deposits, not only air-falls. They are common, for example in base surge and other pyroclastic flow deposits. These examples are in the 400 million year old (Ordovician) Borrowdale Volcanic Series of the English Lake district, and illustrate how well subtle volcanic features can be preserved in ancient rocks. *(Fig. 9.31)*.

SLIDE #36 (110K): Mount St. Helens, USA June 1980

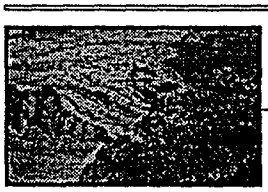
This aerial view of Mount St. Helens immediately after its eruption of May 18, 1980 illustrates the great horseshoe shaped amphitheatre that resulted from the massive avalanche of the north flank that initiated the eruption. Originally, the cone was 2949 m high; after the eruption the highest point on the rim of the amphitheatre was 2560 m, while its floor was at 1800 m. Most of the missing material ended up in the 2.8 cubic kilometer debris avalanche deposit which entered the valley of the Toutle river, but some was reamed away by the violent plinian eruption that ensued. Since 1980, an extrusive dacite lava dome grew within the amphitheatre, but was inactive at the time of writing. (Section 4.4 and *Fig. 4.27*).

SLIDE #37 (181K): Mount St. Helens blast zone

Millions of trees, many of them full-grown Douglas firs, were flattened by blast over an area of nearly 600 square kilometers. Most were simply uprooted and stripped as bare as telegraph poles. Some, partially sheltered behind ridges, were snapped like match sticks. Initially, the blast had a velocity of 90 - 100 meters per second. It probably accelerated to supersonic velocities (greater than 300 meters per second) as it expanded in the vent area. Since it was travelling so much faster than the avalanche, the blast overtook the avalanche before the latter had travelled more than a kilometer or two. Since wind speeds of as little as 20 meters per second (80 kilometers per hour) can blow trees down, it is scarcely surprising that the blast levelled the forest so comprehensively. Note how the trees in the photo are pointing radially away from the volcano. They were all stripped of their foliage, so that only bare trunks remain. Note also how little volcanic material was deposited. The blast was a rapidly moving, low density cloud of dust and gas, from which denser material sedimented to form a deposit a few centimeters thick; at the margin of the blast zone, it density became low enough that it lofted away from the ground. (Section 4.4.2).

SLIDE #38 (190K): Socompa volcanic debris avalanche, north Chile

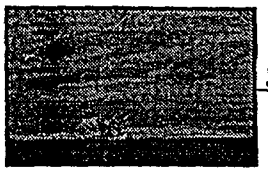
This Landsat Thematic Mapper image displays the world's best exposed example of a large volcanic debris avalanche deposit. About 7,200 years ago the jolt of an earthquake on one of the faults triggered failure of Socompa's western flank, triggering an avalanche which carved out a 70 degree wedge, 12 km across, from the original 6300 m high volcano, whose present summit is seen in blue (snow in false color) at bottom right. The volume of displaced material was ten times greater than Mount St. Helens and formed a deposit which now covers about 500 square kilometers of the Atacama desert. A small proportion of the 20 cubic kilometers of material in the moving avalanche 'froze' in place to form a primary avalanche deposit (red tones; left center) and a great marginal levée (grey tones; top left margin). Most of the material came to rest transiently behind the levées, and then moved off down the northeastward facing slope, in a direction almost at right angles to the *primary* avalanche to form a *secondary* avalanche. Material which arrived at the snout of the avalanche (grey, top center) had travelled at least 40 km. (Section 13.1.1. and *Fig. 13.5*).



SLIDE #39 (172K): Margin of Socompa debris avalanche

This oblique aerial view of the southwestern margin of the avalanche deposit conveys an impression of its scale. The field of view extends about 15 km into the distance. Here the avalanche laps up on some hills of crystalline Palaeozoic basement rocks. The marginal levée is about 40 m high and several hundred meters wide in places. In the left foreground, the scarp left by the break away of the secondary avalanche can be

seen; fortuitously, the Antofagasta-Salta railroad follows this scarp for several kilometers. *(Fig. 13.10)*.



SLIDE #40 (128K): Sunset, Chelsea, London, November 26, 1883

Brilliantly colored sunsets and prolonged twilights were noted all over the world after the August 1883 eruption of Krakatau, Indonesia, as the result of the global spread of aerosols from the eruption throughout the stratosphere. These displays were recognised as distinct from the familiar red sunsets seen though London's smoke-laden atmosphere and were the subject of considerable contemporary discussion. Artist William Ascroft drew a series of explicit renderings of Krakatau sunsets as he saw them from the banks of the Thames on November 26, months after the eruption. This slide is one of several paintings made while the sun set. Although the sunset effects were obvious, the effects on global temperature were more subtle, perhaps about 1 degree C in the northern hemisphere. Similar effects were seen worldwide after the June 1991 eruption of Mt. Pinatubo, Philippines.

Return to Part I: Volcanoes

Return to Part II: Lavas and Related Features

Return to Part III: Pyroclastic Eruptions and Products

Return to EOS Volcanology Home Page

This page is maintained by Joy Crisp (joy@glassy.jpl.nasa.gov)

Apendice F

Anexo 22

Study of Recent Tsunamis Sheds Light on Earthquakes

Eos Vol. 75, No. 1, January 4, 1994, p. 3. © *1994 American Geophysical Union*Permission is hereby granted to journalists to use this material so long as credit is given, and to teachers to use this material in classrooms.

Kenji Satake,
Department of Geological Sciences, University of Michigan, Ann Arbor

In the space of one year, three major destructive tsunamis, or seismic sea waves, devastated coastal regions of Nicaragua (September 2, 1992), Flores Island, Indonesia (December 12, 1992), and Hokkaido, Japan (July 12, 1993). The maximum run-up heights of each of these tsunamis were more than 10 m, and a total of about 1500 people were killed. Field surveys were made for these tsunamis and reported in *Eos* [Satake et al., 1993; Yeh et al., 1993; Hokkaido Tsunami Survey Team, 1993]. The survey teams, typically consisting of scientists and engineers from various fields, documented the behavior of the tsunamis in detail. Tsunami survey data are used for various types of research, ranging from coastal behavior of tsunamis to past and future earthquakes.

Most tsunamis are caused by shallow submarine earthquakes. Indeed, all three tsunamis mentioned above were caused by magnitude 7-8 earthquakes. Fault motion causes ocean bottom deformation, which generates tsunamis; this tsunami generation and propagation can be simulated on computers. The synthetic tsunamis from seismologically estimated fault parameters usually reproduce the observed tsunami waveforms [Satake, 1992].

The Nicaraguan earthquake, however, caused much larger tsunamis than are to be expected from seismological analysis. Several similar earthquakes have occurred in the world and have been called "tsunami" earthquakes [Kanamori and Kikuchi, 1993], but why these tsunamis are unusually large is not known. Seismic wave analysis of the Nicaragua event shows that the fault motion continued for an unusually long time. Furthermore, comparison of the tsunami field data with computations from various fault models shows that the Nicaragua fault motion occurred in the top 10 km of oceanic crust, which means the earthquake was much shallower than typical subduction-zone earthquakes. We now believe that unusually large tsunamis are due to slow fault motion within subducted sediments.

Tsunami waveforms are particularly useful in the study of old earthquakes for which little good-quality seismic data exists; such data have been available only since the 1960s, whereas tsunami waveforms have been recorded since the mid-19th century. It is important to study old earthquakes because the typical recurrence time of a large subduction-zone earthquake is 100 years. Tsunami analysis of the 1957 Aleutian earthquake-which was believed to be the third largest of the century-showed that it was actually much smaller. The earthquake has been downgraded to seventh in the rankings.

Geologists use even older tsunami data. Recently, a tsunami deposit was found that provided evidence for an earthquake occurring in the Seattle area about 1000 years ago [Atwater and Moore, 1992]. The recurrence of large earthquakes in the Pacific northwest, along the Cascadia Subduction Zone, has been estimated from tsunami deposits as well as from other paleoseismological data. Abnormal sediments in Texas and Mexico have been interpreted to be tsunami deposits, apparently from a gigantic meteorite impact near Yucatan at the Cretaceous/Tertiary boundary [Bourgeois et al., 1988], when a mass extinction took place. Study of deposits from recent tsunami events will provide an important calibration to quantify such geological studies.

Coastal behavior of tsunamis needs to be examined in more detail. For example, the field survey of the Hokkaido tsunami revealed that the maximum run-up height was 30 m in a small valley on Okushiri Island, but 20 m or less a short distance away; the run-up height varies significantly with local topography. Three-dimensional run-up

Apendice F

Anexo 23

The following article was published in the January 3, 1995 issue of EOS: Transactions of the American Geophysical Union (volume 76, page 2)

GPS Monitoring Data for Active Volcanoes Available on Internet

Timothy H. Dixon, Frederic Farina and Ailin Mao, University of Miami

Frank Webb, Jet Propulsion Laboratory

Marcus Bursik, State University of New York, Buffalo

Ross Stein and Grant Marshall, US Geological Survey

Large changes in surface strain near active volcanoes may accompany, and in many cases precede, major volcanic eruptions by days, weeks or even months. Recent results at Long Valley Caldera in California indicate that surface strain changes may even precede changes in the rate of seismicity by several months (Langbein et al., 1993). These observations suggest that geodesy is a critical component of any monitoring program designed to assess hazard and perhaps predict eruptions at Long Valley and other active volcanoes.

The Global Positioning System (GPS) has been used to make high precision geodetic measurements on some active volcanoes over the past few years (e.g., Dixon et al., 1993). These measurements typically involve observations at yearly intervals, which means that strain signals varying rapidly in time could be missed. Recent advances make it feasible to monitor active volcanoes continuously with remotely operated GPS receivers. A research project funded by NASA and the USGS has monitored activity in Long Valley Caldera since January, 1993 with a permanent GPS station at the USGS two color laser facility "CASA" (named for nearby Casa Diablo hot springs) near the top of the resurgent dome. Results from the first year of observations were recently summarized by Webb et al. (1994). Following a three month period in early 1993 when the antenna was covered by snow, the system has performed very well, and has provided a nearly continuous record of three dimensional surface strain. Uplift has continued through late-1994 at a rate very similar to that of the previous three years, as indicated by leveling (Yamashita et al., 1992), two color laser (Langbein et al., 1993) and previous yearly GPS data (Dixon et al., 1993). A second GPS site ("KRAKATAU") about 10 km north of CASA was installed at the end of September 1994.

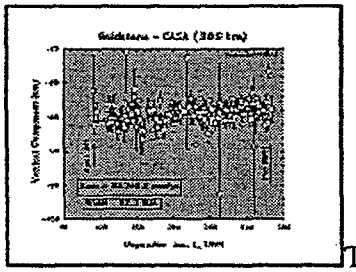
Some of the challenges we encountered in this project reflect conditions that are typical of many volcanoes, including:

* harsh environmental conditions. The range of temperatures has exceeded 55°C, and the antenna at CASA has been covered by up to 2 meters of snow;

* limited facilities available to support a permanent receiver. While our first site at CASA had the advantage of facilities associated with the USGS two color laser site, notably power, we needed to install a dedicated telephone line. The remote KRAKATAU site needed its own power, provided by solar panels and a bank of batteries, as well as its own communications, since nearby telephone lines did not exist. A high speed radio link to the CASA facility provides the necessary connection.

The ultimate goal is to obtain high accuracy results in a timely manner, and make them readily available to a large user community with a broad range of interests and backgrounds. For volcanologists who may not be well versed in GPS technology or may not have facilities to rapidly process large amounts of GPS data, obtaining the GPS results may prove diffcult.

To address this last problem we recently initiated a system that makes the results of a "quick look" analysis from the two permanent GPS sites in Long Valley available to anyone with access to Internet. The system works like this: Raw data from CASA are sent automatically every 24 hours via high speed modem and telephone line to the International GPS Service for Geodynamics (IGS) Central Bureau at the Jet Propulsion Laboratory (JPL), much like other permanent GPS tracking sites around the world (Zumberge et al., 1994). Data from the remote KRAKATAU site are transmitted via radio link to CASA for incorporation into the data stream. Additional data from the southern California Permanent GPS Geodetic Array (PGGA; Bock, 1991) and from the northern California Bay Area Regional Deformation network (BARD; Romanowicz et al., 1994) are also available. The raw data from Long Valley and the other global and regional sites are then transmitted from the IGS Central Bureau, PGGA or BARD to the University of Miami via Internet, and are analyzed within 24 hours with automated routines. Raw data are archived at JPL, Scripps Institution of Oceanography, Goddard Space Flight Center, the University of Miami and elsewhere. The analyzed data for CASA, KRAKATAU and selected other sites reside on the public access directory of the University of Miami's Geodesy Lab computer, and are available on Internet via anonymous ftp (**ftp corsica.rsmas.miami.edu**, or use our IP address, **ftp 129.171.100.35**). The "README.1" file in the public directory (pub) gives a brief summary of the analytical techniques and available files.



The data for CASA begin April 1, 1994. The data for KRAKATAU begin October 14, 1994. Figure 1 is a plot of data from one of these files (GOLDCASA.NEV), and shows the vertical component of the baseline vector between CASA and GOLDSTONE, a station in the Mojave Desert about 300 km south-southwest of CASA. Over this eight-month period, average uplift of CASA relative to GOLDSTONE, presumably reflecting motion at CASA, occurred at a rate of 30.7±5.5 mm/yr. For comparison, uplift in the period 1979-1980 reached ~100-200 mm/yr (Hill et al., 1985), while average uplift at CASA for the period 1989-1992 recorded by three GPS experiments spanning three and a half years was 27.5±4.7 mm/yr (Dixon et al., 1993). Thus we have succeeded in detecting an uplift signal with a precision comparable to that achieved by the earlier intermittent experiments, but over a much shorter time.

The first 12 days of data from the remote KRAKATAU site were available at the time of writing, and preliminary results indicate that this station is performing well. For example, on the 7.7 km CASA-KRAKATAU baseline, the wrms scatter of the north, east and vertical components is 1.5, 3 and 6 mm respectively. We observed north-south lengthening of this baseline (25±6 mm/yr) reflecting the fact that these two sites span the deforming, expanding resurgent dome (Langbein et al., 1993). This rate agrees with the 2 colr laser rate within errors.

In principle, any volcano could be monitored in this way as long as data are available for transmission via Internet. Data transmission within 24 hours of collection is best, since these data can be included in our near real time analysis, and since the results have direct relevance to hazard assessment. However, it is also possible to analyze a second data stream that lags real time by several weeks or more in order to

252

incorporate remote stations lacking automated communications.

We think this is an exciting development in the history of volcano studies, and look forward to expanding and further testing the system on additional targets. Hazardous volcanoes in Mexico, Costa Rica, Columbia and Peru may be added to this monitoring system within the next one to two years depending on receiver availability.

References

Bock, Y., Continuous monitoring of crustal deformation, GPS World, 40-47, June, 1991.

Dixon, T. H., M. Bursik, S. Kornreich Wolf, M. Heflin, F. Webb, F. Farina, S. Robaudo, Constraints on deformation of the resurgent dome, Long Valley caldera, California from space geodesy, in Space Geodesy and Geodynamics, D. Smith and D. Turcotte, eds., American Geophysical Union Geodynamics Series v. 23, 193-214, 1993.

Hill, D. P., R. A. Bailey and A. S. Ryall, Active tectonic and magmatic processes beneath Long Valley caldera, eastern California: an overview, J. Geophys. Res., 90, 11,111-11,120, 1985.

Langbein, J. O., D. P. Hill, T. N. Parker, S. K. Wilkinson, An episode of re-inflation of the Long Valley Caldera, eastern California; 1989-1991, J. Geophys. Res., 98, 15,851-15,870, 1993.

Romanowicz, B., D. Neuhauser, B. Bogaert and D. Oppenheimer, Accessing northern California earthquake data via Internet, EOS: Trans. Am. Geophys. U., 75, 257-259, 1994.

Webb, F., M. Bursik, T. Dixon, R. Stein, G. Marshall, Deformation at Long Valley from one year of continuous GPS measurements, Geophys. Res. Lett. (In Press, 1994).

Yamashita, K. M., J Kleinman, E. Iwatsubo, J. Ewart, D. Dzurisin, J. Rundle, R. Stein, Results of 1992 leveling survey at Long Valley caldera, California, EOS: Trans. Am. Geophys. U., 73, 347, 1992.

Zumberge, J. F., R. Liu, R. Neilan, The International GPS Service for Geodynamics, Central Bureau Information System, EOS: Trans. Am. Geophys. U., 75, 103, 1994.

Figure Caption: Time evolution of the vertical component of the baseline vector between CASA (Long Valley) and Goldstone (Mojave Desert). Error bars represent ± one standard error. Weighted root mean square scatter (wrms) of the daily position estimates about the best fit line (11 mm) is a measure of data precision.

Back to RSMAS Geodesy Lab, University of Miami GPS Volcano Monitoring Page

---

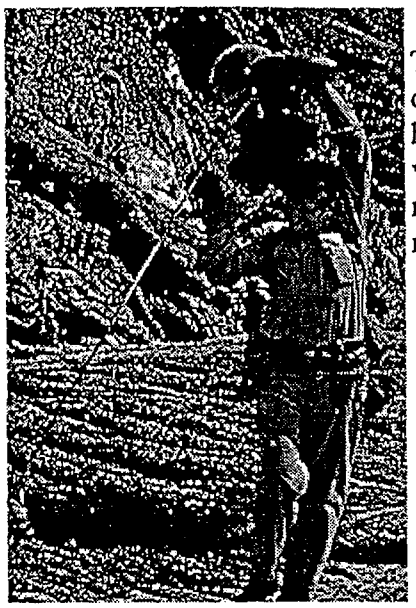
Tim Dixon's web pages are served via ftp on corsica.rsmas.miami.edu (129.171.100.35), a Sparc 10.

tim@corsica.rsmas.miami.edu

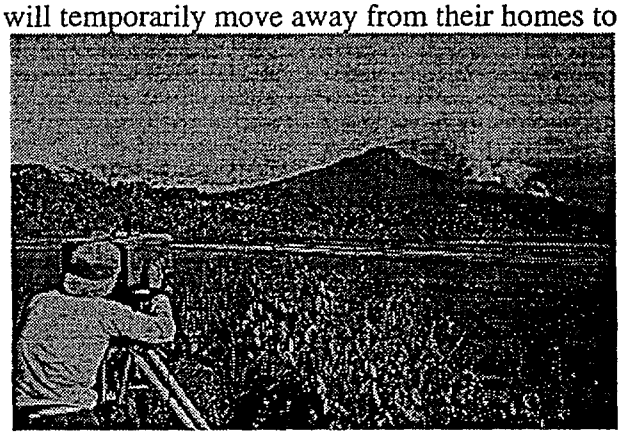
Apendice F

Anexo 24

Do you want to become a volcanologist?



Many volcanologists believe they have the best jobs in the world. They have the exciting chance to study active volcanoes in beautiful and often exotic places. The volcanologist's work advances science, but also has direct importance to the lives of people who live near volcanoes. If a volcanologist says a volcano is not going to erupt, but it does, many people may die in the eruption. But if the volcanologist warns that it will erupt, many people will temporarily move away from their homes to safety.



Volcanoes are complicated phenomena that can't be understood without knowledge of the structure and chemistry of the Earth and its rocks, and the interaction of volcanic materials with air and water. To really understand volcanoes it is necessary to study a number of sciences, but the most important is geology - the study of the Earth's rocks.

To be prepared to study geology at a university or college, students must take math and science classes when they are in high school and even in junior high school. It seems unfair, but it is true, that how much you learn when you are in grade school and high school usually determines what you will be able to do during the rest of your life. If you want to become a volcanologist you must concentrate on your classes, even if other kids seem to spend all their time with sports or dating or other pastimes. Don't be a nerd; enjoy life, but also be serious about your studies!

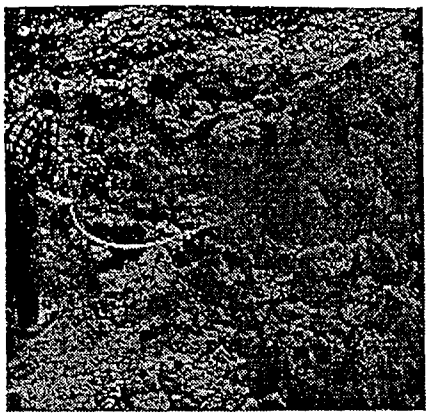
Here is a list of the types of courses to take in high school so that you will have the option to study volcanoes later in college if you want to. Take biology, chemistry, physics, and Earth science if available. Take algebra, trigonometry, and pre-calculus. And learn Basic or some other computer language so you can use a computer without being frightened by it.

Where should you go to college? Very, very few colleges offer even one course in volcanology, but the basic information you need is taught in geology courses at many universities. Major in geology, taking courses in geomorphology, geophysics, geochemistry, petrology, structural geology, sedimentary geology, and remote sensing. If you go to a college in the American West, or in Hawaii or Alaska, you will probably see a lot of volcanoes and volcanic rocks during geology field trips.

If you want to be a volcanologist you can't stop with just a bachelor of science degree in geology. With a B.S. your career choices are pretty much limited to being an assistant or technician. This might get you a chance to map volcanoes or analyze rock chemistry under somebody else's direction, but your salary will be low and you will not have the chance to decide for yourself what volcano problems to study. You have to go back to school to get a doctor of philosophy (Ph.D.) degree in geology. This will probably take four to five years of additional study and research after you have completed a B.S.

The good thing about getting a Ph.D. is that you will be working with a group of other students and professors who are as excited about volcanoes as you are. After about a year of classes you will probably become involved in volcano research, and at the end of your graduate student days you will know more about one volcano or some volcanic process than anyone else in the world! You will write scientific papers and present talks to other volcanologists at scientific meetings. And you will start to look for a job.

Many volcanologists in the US work for the U.S. Geological Survey, the government agency responsible for studying the nation's geology and finding ways to utilize geologic resources, and ways to mitigate potential geologic hazards. The USGS operates three volcano observatories. The oldest is in Hawaii, on the rim of the Kilauea volcano. Volcanologists there predict, monitor, and closely study the eruptions of Kilauea and the nearby Mauna Loa volcanoes. Another volcano observatory is at Vancouver, Washington, where Mt. St. Helens and other Cascade volcanoes are monitored. The third observatory is in Alaska, where geologists from the USGS and the University of Alaska work together to monitor the 100 active Alaskan volcanoes.



In addition to working with the USGS, some volcanologists work in state geologic surveys, especially in states like California, Oregon, and Washington, where volcanoes are plentiful. But probably the largest number of volcanologists teach in university geology departments. Besides teaching occasional volcanology courses, most volcanologists teach other traditional courses such as petrology, geochemistry, and geophysics. University faculty have to be on campus most of the year, and thus they tend to do volcanic fieldwork during summer vacations.

We've tried to explain various aspects of learning to be a volcanologist, but you may have some other questions. If so, go to the Ask a Volcanologist part of VolcanoWorld and send us your questions!

For more information about what it like to work on volcanoes see:

- Scott Rowland's Working On Hawaiian Volcanoes

Photo credits (from top to bottom):
1. Volcanologist collecting a lava sample. Photo by **R. Tilling**, U.S. Geological Survey, 1974.
2. Volcanologist using electronic distance measurements (EDM) to monitor an active volcano in Indonesia. Photo by **J. Dvorak**, U.S. Geological Survey, 1982.
3. Seismologist using a portable seismometer to assist volcanologists in their study of lava tubes. Photo by **C. Thornber**, U.S. Geological Survey, 1994.
4. Volcanologists measure ground deformation on the south flank of Kilauea volcano, Hawaii. Photo by **S. Mattox**.
5. Volcanologist collects a gas sample, Kilauea volcano, Hawaii. Photo by **S. Mattox**.

To Ask a Volcanologist To VolcanoWorld

Apendice F

Anexo 25

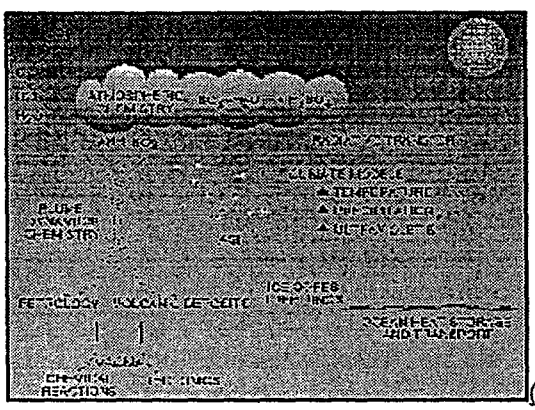
NASA Facts

Volcanoes and Global Climate Change

Volcanoes and Global Cooling

Volcanic eruptions are thought to be responsible for the global cooling that has been observed for a few years after a major eruption. The amount and global extent of the cooling depend on the force of the eruption and, possibly, its latitude. When large masses of gases from the eruption reach the stratosphere, they can produce a large, widespread cooling effect. As a prime example, the effects of Mount Pinatubo, which erupted in June 1991, may have lasted a few years, serving to offset temporarily the predicted greenhouse effect.

Figure 1 shows that as volcanoes erupt, they blast huge clouds into the atmosphere. These clouds are made up of particles and gases, including sulfur dioxide. Millions of tons of sulfur dioxide gas can reach the stratosphere from a major volcano. There, the sulfur dioxide converts to tiny persistent sulfuric acid (sulfate) particles, referred to as aerosols. These sulfate particles reflect energy coming from the sun, thereby preventing the sun's rays from heating the Earth.


(Click here for full image)

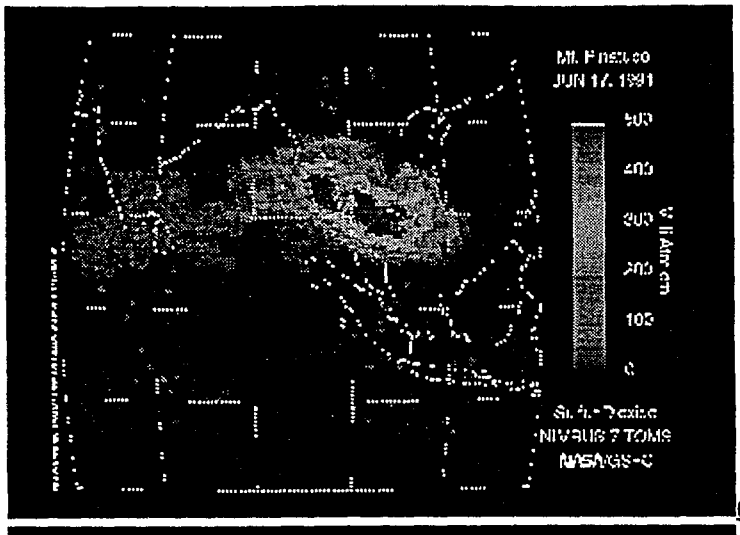
Caption: (Figure 1. Volcanism studies are an important aspect of climate research [see glossary at the end of this article])

Global cooling often has been linked with major volcanic eruptions. The year 1816 often has been referred to as "the year without a summer." It was a time of significant weather-related disruptions in New England and in Western Europe with killing summer frosts in the United States and Canada. These strange phenomena were attributed to a major eruption of the Tambora volcano in 1815 in Indonesia. The volcano threw sulfur dioxide gas into the stratosphere, and the aerosol layer that formed led to brilliant sunsets seen around the world for several years.

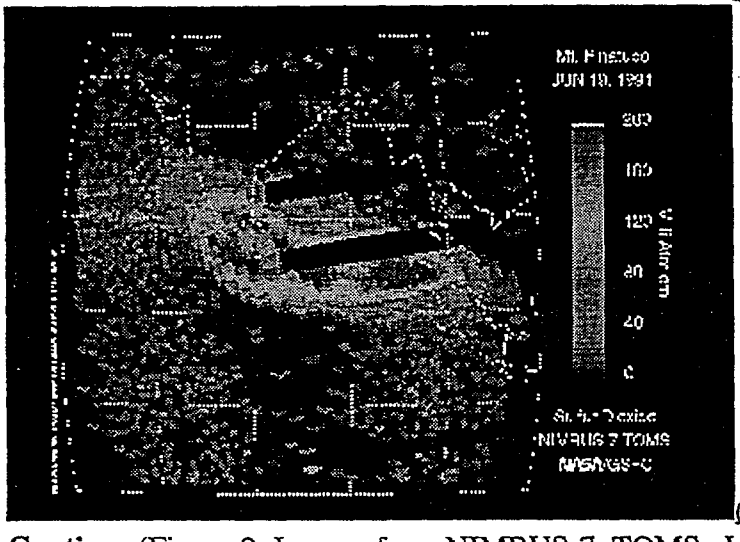
However, there is some confusion about the historical evidence that global cooling may be caused by volcanic emissions. Two recent volcanic eruptions have provided contradictory evidence on this point. Mount Agung in 1963 apparently caused a considerable decrease in temperatures around much of the world, whereas El Chichn in 1982 seemed to have little effect, perhaps because of its different location or because of the El Nino that occurred the same year (see **NASA Facts--El Nino**). El Nino is a Pacific Ocean phenomenon, but it causes worldwide weather variations that may have acted to cancel out the effect of the El Chichn eruption.

Volcanoes and Ozone Depletion

Another possible effect of a volcanic eruption is the destruction of stratospheric ozone. Researchers now are suggesting that ice particles containing sulfuric acid from volcanic emissions may contribute to ozone loss. When chlorine compounds resulting from the breakup of chlorofluorocarbons (CFCs) in the stratosphere are present, the sulfate particles may serve to convert them into more active forms that may cause more rapid ozone depletion (see **NASA Facts--Ozone**).



(June 17, 1991)

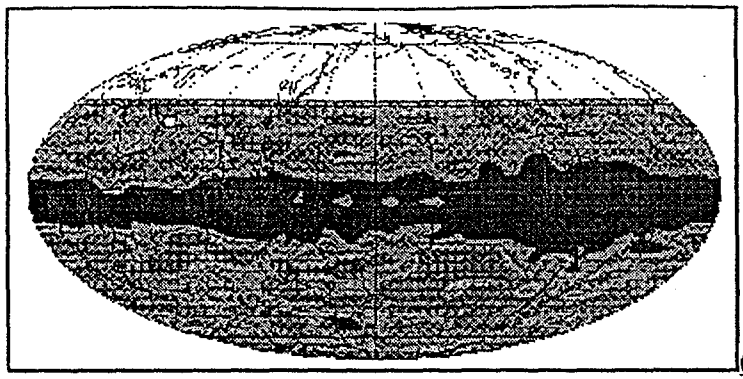


(June 19, 1991)

Caption: (Figure 2. Images from NIMBUS-7: TOMS--June 17 and 19, 1991, showing the spread of sulfur dioxide from the Mt. Pinatubo eruption. The "gray scale" indicates the thickness the sulfur dioxide cloud layer would have had if it were observed at standard surface conditions of temperature and pressure).

Monitoring the Effects of Volcanoes

Even if one can get to a volcano, it's practically impossible to measure its gas output because one can't synoptically see the whole cloud. Even aircraft can't do it because they're too low and it's too dangerous. Space observations from NASA's Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) instrument have contributed significantly to our knowledge of the total amount of sulfur dioxide emitted into the atmosphere in the course of major volcanic eruptions. Figure 2 shows TOMS images of the sulfur dioxide spreading across the Pacific region following the eruption of Mount Pinatubo. Several weeks later the sulfur dioxide had spread around the world as observed by the Microwave Limb Sounder (MLS) instrument on NASA's Upper Atmosphere Research Satellite (UARS) (see Figure 3).


(Figure 3.)

Caption: (Figure 3. Images from UARS satellite--sulfur dioxide cloud from Mt. Pinatubo on September 23, 1991, after dispersal around the world).

In addition to detecting the sulfur dioxide from Mount Pinatubo, TOMS has made similar observations of more than 100 volcanic events including a major eruption from the Cerro Hudson volcano in Chile in 1991. A TOMS instrument was launched on the Russian Meteor-3 spacecraft in 1991; it is also scheduled to fly on a special-purpose NASA satellite, an Earth Probe, in 1994, and on the Japanese Advanced Earth Observing System (ADEOS) mission in 1996. Current plans are for TOMS to monitor volcanic eruptions well into the next century.

Data from the Stratospheric Aerosol and Gas Experiment (SAGE II) instrument on NASA's Earth Radiation Budget Satellite (ERBS) have shown that during the first five months after the Mount Pinatubo eruption, the optical depth of the stratospheric aerosol increased up to 100 times in certain locations. Optical depth is a general measure of the capacity of a region of the atmosphere to prevent the passage of visible light through it. Greater optical depth means greater blockage of the light. In this case, the increased optical depth means that considerably less of the sun's energy can get through the cloud to warm the Earth's surface.

Observations of the effects of Mt. Pinatubo aerosols on global climate have been used to validate scientist's understanding of climate change and our ability to predict future climate. Researchers at NASA's Goddard Institute for Space Studies in New York City have applied their general circulation model of Earth's climate to the problem. They have reported success in correctly predicting the effects of the sulfate aerosols from Mount Pinatubo's eruption on lowering global temperatures.

The following related information can be found in the EOS Reference Handbook:

- Mission Elements - Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)
- Microwave Limb Sounder (MLS)
- Mission Elements - Advanced Earth Observing System (ADEOS)

NASA Missions to Study Volcanoes

Some of NASA's past and present missions that contribute to the study of volcanoes are listed in the accompanying table. Included in the table is the Earth Observing System (EOS), the key element of NASA's Mission to Planet Earth. The first launch in the series of EOS satellites is scheduled to take place in 1998.

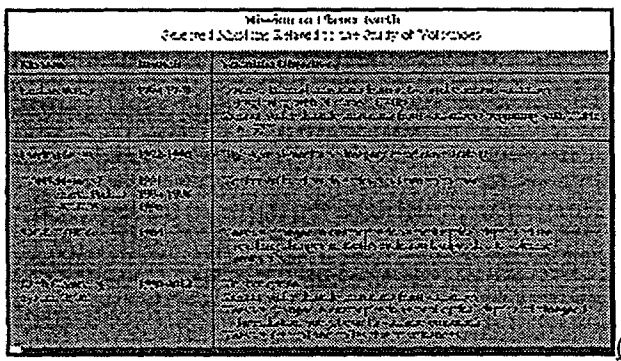
The High Resolution Infrared Radiometer (HRIR), first flown on NASA's Nimbus-1 satellite in 1964, has been used to observe both active and dormant volcanoes. On Nimbus-2, HRIR recorded energy changes

from the volcanic activity on Surstey, Iceland in 1966. The Multispectral Scanner (MSS) and Thematic Mapper (TM) instruments on the Landsat satellite have provided a long series of images of volcanic activity, e.g., venting, volcanic ash falls, and lava flows.

The EOS program will incorporate a series of satellites that will carry advanced instruments to provide a highly-accurate, self-consistent, and long-term data base of many aspects of Earth's atmosphere, land, and ocean characteristics. The information gained from this major effort to study Earth phenomena will expand our knowledge of the interactions of volcanoes with Earth's climate.

Glossary of Chemistry

- ☐ Cl2 chlorine
- ☐ HCl hydrogen chloride
- ☐ H2O water
- ☐ O3 ozone
- ☐ H2SO4 sulfuric acid
- ☐ SO2 sulfur dioxide



(Click here for full image)

Apendice F

Anexo 26

Volcano Watch--August 25, 1996

Volcanic Gases Provide Clues to How Volcanoes Work

In a double handful of molten magma (weighing about a pound), there is less than a tenth of an ounce, by weight, of dissolved gas--roughly the same weight as a pinch of table salt. Yet this tiny amount of gas can drive spectacular lava fountains hundreds of feet into the air. The fountaining occurs because dissolved volcanic gases expand when pressure on the magma is released. Anyone who has shaken a bottle of soda and opened it quickly has gotten the full value of this basic principle of physics.

The Volcano Watch column for this week will be on volcanic gases. What gases come out of volcanoes like Kilauea and Mauna Loa, where the gases come out from, and what happens to them afterwards.

Gases are trapped (dissolved) in magma at depth, where pressures within the Earth's crust are very great--many thousands of pounds per square inch. As the magma rises to the surface and is erupted, the pressure decreases, and some of the gas is released. The main gases dissolved in magma are water vapor, carbon dioxide, and sulfur gases, with lesser amounts of hydrogen, hydrochloric acid, and hydrofluoric acid. In our pinch-of-salt-to-a-double-handful-of-magma illustration earlier, most of the "pinch" is water vapor, followed by lesser amounts of carbon dioxide and sulfur gases with a few "grains" of hydrogen and the other acid gases. At HVO, we study gases emitted from Kilauea and Mauna Loa in order to assess the state of eruptive activity, and to help improve our understanding of how volcanoes work.

At the summit of Kilauea, most of the gas released--aside from water vapor--is carbon dioxide (CO_2), the same gas found dissolved in soda (and beer). Kilauea emits about 1,300,000 tons of carbon dioxide each year, an amount that seems large, but is actually about 1/17,000 th of the man-made CO_2 generated each year, and contributes very little to the greenhouse effect.

Sulfur dioxide (SO_2) and lesser amounts of hydrogen sulfide (H_2S) are the most abundant sulfur gases emitted in volcanically active areas that are very hot, or where molten magma is close to the surface. These areas include the summit of Kilauea, the eruptive sites on and near Pu'u 'O'o, and the lava-tube system going down to where lava enters the ocean. In geothermal areas, such as Pohoiki, however, hydrogen sulfide is essentially the only sulfur gas emitted. Hydrogen sulfide, sometimes called "sewer gas", is a toxic gas that irritates the eyes, nose, and throat and has a rotten egg odor. It is an insidious poison, because although our noses can initially detect H_2S at very low concentrations, under prolonged exposure to higher levels of the gas, our sense of smell may become fatigued. Because of this fatigue, we may no longer be able to detect H_2S but could still suffer from its effects. Furthermore, our ability to distinguish between moderate and very high concentrations of H_2S is limited. Sulfur dioxide, in contrast, is the biting, choking gas that you smell right after you've lit a kitchen match, or the sharp odor you sense at the Halema'uma'u overlook. Sulfur dioxide is also toxic but is typically so irritating to the nose that it provides its own warning when concentrations reach toxic levels.

An interesting chemical relationship exists between the sulfur dioxide and the hydrogen sulfide released by the volcano. These two gases react quickly (within minutes) with each other to produce sulfur particles and

264

water vapor. Both of the products of this reaction are odorless and are less toxic than either H_2S or SO_2. Most of the hydrogen sulfide released in eruptive areas on Kilauea is consumed and is converted to sulfur particles by this process, because there is much more sulfur dioxide than hydrogen sulfide coming out of the volcano. This is why you seldom smell hydrogen sulfide at the summit caldera or along the eruptive east rift. The volcano has its own hydrogen sulfide abatement system! Geothermal areas, by contrast, have no large quantities of SO_2 available for reaction, so any H_2S released is removed by reaction with oxygen in the air to form sulfur dioxide, a process that takes a day or more.

Scientists at HVO measure the amount of sulfur dioxide released from Kilauea using a correlation spectrometer (COSPEC). The COSPEC is mounted in a vehicle that is driven beneath the volcanic gas plume. The COSPEC "looks" up through the plume and measures the SO_2 as it is blown across the road and away from the volcanic vent. By recording how much sulfur dioxide the COSPEC sees and by knowing the speed of the wind blowing the gas plume, we compute the amount of SO_2 emitted from the volcano. Before the current east rift eruption began 10 years ago, Kilauea released about 150 tons of SO_2 each day, nearly all of which was emitted from the summit caldera. Sulfur dioxide emissions were as high as 30,000 tons per day during the high fountaining episodes at Pu'u 'O'o. These episodes occurred every three to four weeks from 1983 to 1986 and typically lasted 24 hours or less. Starting from 1986 when the Kupaianaha lava pond formed, Kilauea released as much as 1,800 tons of SO_2 each day, between 150 and 300 tons of which were from the summit and the balance from the east rift eruptive sites. This sulfur dioxide emission rate has continued at roughly the same or a slightly lower level ever since. During eruptive pauses emission rates are much lower. By comparison, Pinatubo Volcano in the Philippines released 19,000,000 tons of SO_2 during its catastrophic eruption on June 15, 1991.

Sulfur dioxide is released at the summit, at Pu'u 'O'o, at the 51-53 vents, and at the skylights along the tube system. The sulfur dioxide reacts chemically with oxygen, dust particles, sunlight, and water in the air to form a mixture of sulfate-aerosols (tiny particles and droplets), sulfuric acid, and other oxidized sulfur species known as "vog." What happens to the vog is determined primarily by wind direction and intensity. When moderate to strong northeasterly trade winds blow, the vog is typically carried to the southwest towards South Point, where the wind patterns wrap around the island, sending the vog up the Kona coast. During Kona winds, or in the absence of strong trade wind conditions, however, vog stays on the east side of the island, affecting people, animals and plants, sometimes from Ka Lae to Hilo.

Gas release of another form occurs where lava enters the ocean. Again, a chemical reaction occurs, this time between molten lava and sea water. The reaction is vigorous because of the intense heat, generating a large, white plume cloud containing a mixture of hydrochloric acid and sea water, commonly called laze. During along-shore or on-shore winds, this laze plume can drop rainwater on people along the coast. This rain is often more acidic than lemon juice, with a pH of 1.5 to 2.5, but is more corrosive than lemon juice to skin and clothing. Hydrochloric acid is toxic and causes irritation to the throat, lungs, eyes, and nose. Visitors should heed park warning signs and avoid standing directly in or under the coastal-entry plume.

U.S. Geological Survey
Hawaiian Volcano Observatory
P.O. Box 51, Hawaii Volcanoes National Park, HI 96718
Phone (808) 967-7328 FAX (808) 967-8890

Return to

Apendice F

Anexo 27

EVACUACION DE UN VOLCAN: UNA SIMULACION

META: Explorar los peligros asociados con un evento natural cataclísmicos, y las respuestas humanas a ellos.

OBJETIVOS: Los estudiantes harán

1. Trabajarán cooperando en pequeños grupos para resolver el problema
2. Considerar maneras de minimizar el riesgo y amenazas a la seguridad humana
3. Identificar comportamientos apropiados en una situación de emergencia
4. Planificarán un proceso ordenado, paso por paso, en un tiempo limitado
5. Evaluarán el proceso en la toma de decisiones de su propio grupo

CONCEPTO: Los eventos cataclísmicos crean amenazas a la seguridad individual que tienen que ser analizados y manejados lógicamente, metodológicamente, y mediante la cooperación.

SUMARIO: Los estudiantes se imaginan a si mismos pasando un fin de semana en una cabaña de verano cerca del Monte Santa Helena (u otro sitio volcánico), y teniendo que evacuar el área rápidamente. Trabajando en grupos de tres a seis, ellos deciden la ubicación de su cabina en relación a la montaña, y planean un proceso de evacuación en un limite de tiempo de media hora. Los grupos intentan resolver este problema mediante la cooperación. Luego los estudiantes evalúan el éxito de su grupo, analizando y discutiendo los procesos usados para establecer prioridades, hacer planes y tomar decisiones, administrar el tiempo y alcanzar un consenso.

AREAS DE CONTENIDO: Estudios sociales, artes idiomáticos, ciencias, habilidades en procesos de grupo. La tarea del grupo puede simplificarse para estudiantes mas jóvenes; para estudiantes mayores, puede ser precedido o acompañado con instrucciones específicas sobre procesos grupales tales como construcción del consenso, toma de decisiones, resolución de conflictos, etc.

MATERIALES NECESARIOS:

Entregarles:

1. Un mapa de cualquier área recreativa
2. Escenario de evacuación
3. Una película (opcional) "Este Sitio en el Tiempo: La Historia del Monte Santa Helena"
4. Papel de carnicero
5. Lapiceros marcadores

Estrategias Instructivas:

1. Técnicas de Agrupamiento/Mapa mental
2. La Magia de la Metáfora (p. 3, "Fantasías Guiadas")

SECUENCIA INSTRUCTIVA:

1. Dividir a los estudiantes en grupos de tres a seis miembros cada uno. Brindar a cada grupo con una copia del Mapa de Cualquier Área Recreativa. El grupo debe comenzar con la decisión sobre la ubicación de su cabaña de verano, poniendo en una lista al menos tres razones por las cuales escogieron ese lugar. Enfatizar que todos tienen que estar de acuerdo sobre la ubicación y los criterios por haberlos escogido. Una vez que hayan decidido, deben dibujar su cabaña en el mapa.

2. Pedir a los estudiantes que se imaginen a si mismos en el **Escenario de la Evacuación.** Leérselo en voz alta a la clase. (Para efectos dramáticos, puede mostrarles la película o video de "Este Sitio en el Tiempo: La Historia del Monte Santa Helena.").

3. Explicar que son las 7:30 am, y que los grupos solo tienen 30 minutos en los cuales deben planificar su evacuación. Tienen que decidir sobre un plan que use los recursos que tienen a su alcance, y los saque del área en el menor tiempo posible. Enfatizar que cada miembro del grupo tiene que estar de acuerdo con el plan. Sus recursos incluyen:

   a. un vehículo de dos personas para todo terreno
   b. un radio de batería am/fm
   c. alimentos para tres días
   d. tres cañas de pesca y un cuchillo de cacería
   e. tres mochilas
   f. una linterna de campamento
   g. un mapa de cualquier sitio recreativo
   h. un juego de naipes

4. Será de ayuda darle a los grupos instrucciones en el siguiente proceso para resolución de problemas:

   a. Presentar pensamientos e ideas de los miembros acerca de la evacuación, y ponerlos en una lista sobre el papel de carnicero.
   b. Decidir sobre las tres mejores ideas y discutir los aspectos negativos y positivos de cada una.
   c. Escoger la mejor idea o combinación de ideas para llegar a la mejor opción.
   d. Presentar ideas sobre como llevar a efecto el plan.
   e. Escoger las mejores estrategias, y asignar roles y responsabilidades.

f. Escribir un plan de acción, consistente en los pasos a seguir sobre una programación del tiempo.

(Cuando los estudiantes hayan acordado y completado el plan de acción, pueden considerarse "evacuados". Que cada grupo registre el tiempo que les tomo completar la tarea).

5. Despues de 30 minutos, averiguar cuales grupos lograron salir a tiempo y cuales no. Registrar sus tiempos en el pizarrón. Permitir el tiempo necesario para que cada grupo comparta su plan. Estimular comentarios sobre los planes de otros estudiantes.

6. Que los estudiantes discutan en sus grupos las siguientes preguntas:
   a. Cuales fueron sus pensamientos y sentimientos sobre esta actividad? b.Que fue lo que encontró difícil en ella?
   c. Como se compara esta simulación con una situación de la vida real?
   d. Como resolvió el conflicto tu grupo?
   e. Que tipos de conducta son importantes en una situación de emergencia?
   f. Que temas evitaron o amenazaron que tu grupo saliera a tiempo?
   g. Escoja uno de estos temas y presenten ideas de posibles soluciones alternativas.

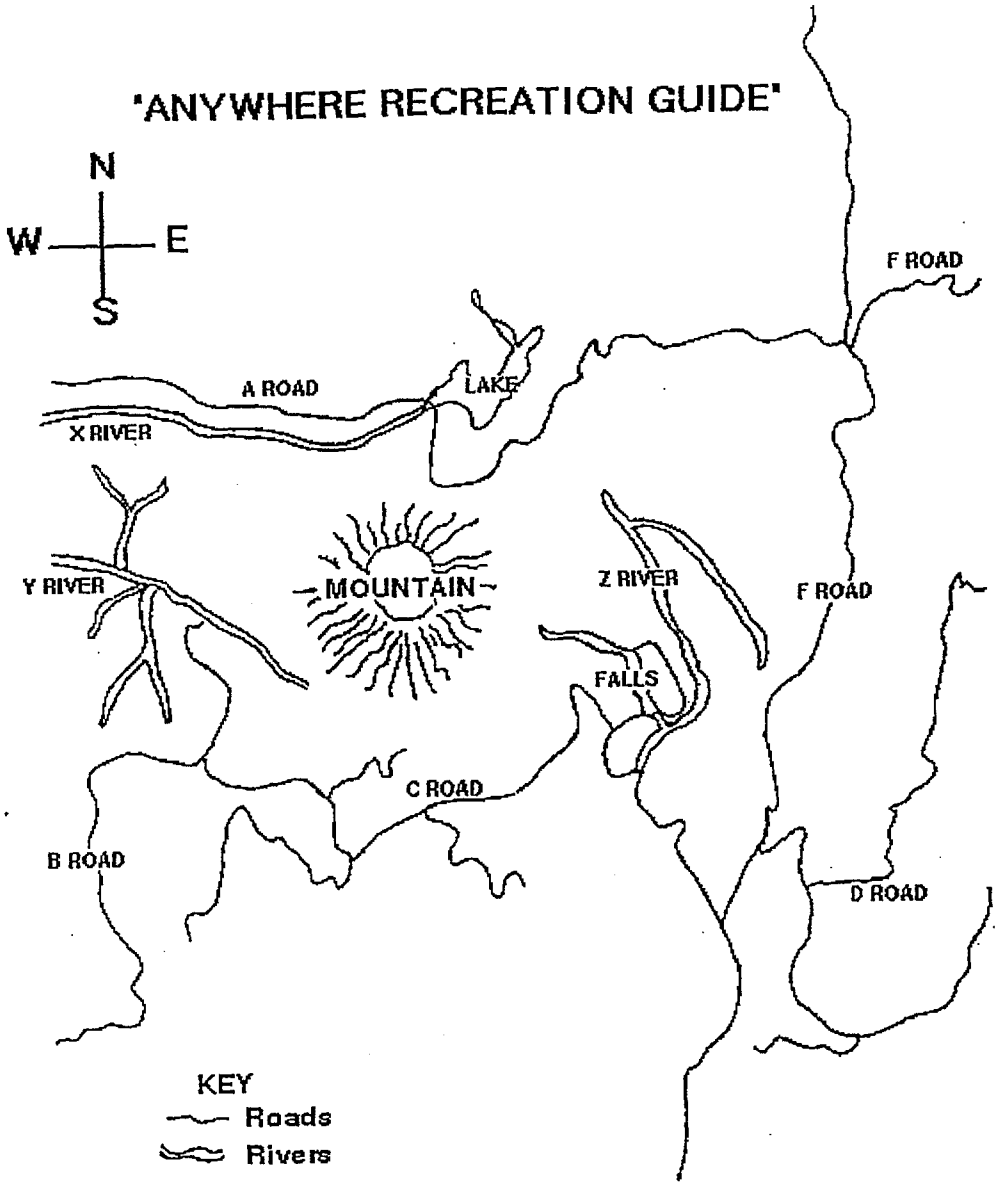
7. Conduzca una discusión con toda la clase. Brinde oporrtunidad para que los estudiantes vean como aquellos en otros grupos tomaron decisiones, resolvieron conflictos, etc.

8. Clausura. Explique que la actividad volcánica puede ser vista como destructiva cuando se piensa en su impacto sobre el paisaje puentes, hogares, carreteras, vida silvestre y vidas humanas. Sin embargo, en la medida que continúen esta unidad sus estudios se enfocaran sobre otro aspecto de las erupciones volcánicas: las fuerzas volcánicas como parte del proceso de construcción - terrestre natural.

Extensión:

1. Presentar a los grupos que originalmente se organizaron con papel de carnicero y lapiceros marcadores de colores. Como guión para profundizar el trabajo de esta unidad, dirígalos para que presenten lo que ya saben acerca de los volcanes y erupciones volcánicas. Si no están seguros de su información, o en la medida que tengan preguntas, que circulen los temas que tienen en su lista de ideas lanzadas. Después de unos diez minutos, haga que los grupos compartan con la clase sus preguntas y necesidades para información adicional acerca del tema.

2. Organize en la clase una lista compuesta para referirse a ella en la medida que la unidad progresa. Las preguntas no respondidas también pueden ser el punto de arranque para los proyectos finales independientes.


'ANYWHERE RECREATION GUIDE'
N
W
E
S
F ROAD
A ROAD
LAKE
X RIVER
Y RIVER
MOUNTAIN
Z RIVER
F ROAD
FALLS
C ROAD
B ROAD
D ROAD
KEY
Roads
Rivers

271

ESCENARIO DE EVACUACION

Es un espléndido fin de semana a finales de la primavera, tienes permiso para pasarlo en una cabaña propiedad de los padres de tu amigo Pedro, ubicada cerca de (el Monte Santa Helena u otro sitio volcánico). Hasta que regresen a recogerte el Domingo por la tarde, estas "por tu propia cuenta" en el campo salvaje. Tu y tus amigos han pasado el día pescando y nadando en un río cercano, escalando los senderos para una caminata que planeas realizar mañana, comiendo, riendo, y en general, pasando un tiempo maravilloso. Por la noche ya todos están exhaustos, listos para cenar y acostarse temprano. Pero uno de los miembros del grupo, Rodolfo, no puede dormirse. Sus movimientos inquietos alrededor de la cabaña perturban tu sueno, y los otros se quejan de que tampoco los deja dormir. Para el amanecer, tu amigo sin dormir esta levantado, haciendo ruido en la cocina, preparando el desayuno. Quejumbrosos y malhumorados, todos están despiertos a las 6:30 a.m. Es el 18 de Mayo de 1980.

Mientras el grupo come, Rodolfo te cuenta sobre los sueños que lo mantuvieron despierto y con malestares la noche anterior. Sonó sobre una serie de terremotos y erupciones volcánicos violentas. Primero, bromeas sobre sus temores. Todos han vivido en la sombra de esta montaña familiar la mayoría de sus vidas. Cierto, en el ultimo año ha mostrado actividad incrementada, suave; sin embargo, los científicos han mantenido que no hay peligro actual presente.

Pero Rodolfo insiste en que tiene una "premonición", que los sueños fueron tan vividos que el cree que son una advertencia. El quiere empacar todo y salir del área. Sus palabras están teniendo un efecto sobre el resto de ustedes, quienes comienzan a mirar ansiosamente por la ventana.

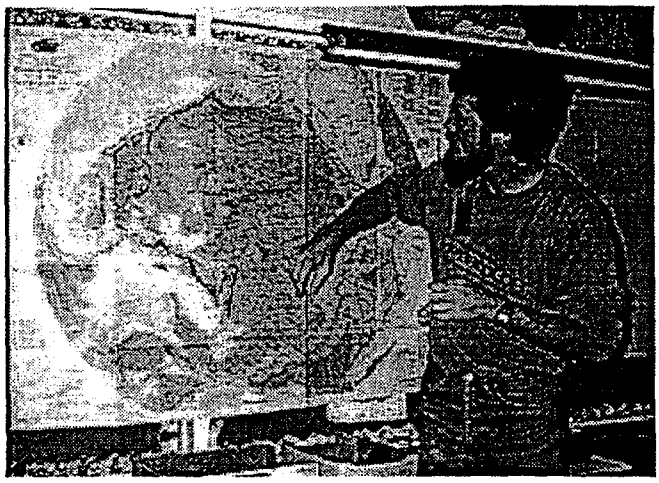
En ese momento, irrumpe Pedro por la puerta de la cabaña. Había ido a echar un vistazo claro de las montaña a unos 40 metros de la puerta de la cabaña, y ahora le urge al resto de ustedes de que salgan a mirar. Algo nuevo esta pasando. En vez de la nube de gases claros normal, una nube gris-oscuro cuelga sobre la cumbre. Y entonces, hay un leve temblor a tus pies. Entonces, una sacudida mas fuerte que bota una lata de sopa de la cocina, y causa que varios vasos de poroplas caen de la mesa al piso.

Al darse cuenta de que deben:

1. mantenerse juntos
2. decidir sobre la mejor ruta para salir del área
3. evitar el pánico

Se reúnen en la mesa de la cocina para planificar su evacuación.

Volcano Lesson Plans



One goal of VolcanoWorld is to provide students and teachers with lessons about volcanoes. Even if you are not a formal student or teacher you might find something interesting. Here's a few lessons and activities to get you started. Keep an eye on this page. We'll be adding many more lessons as fast as we can.

1. A Teacher's Guide to the Geology of Hawaii Volcanoes National Park
2. UKESCC
3. Earth Science Lessons for grades 5-8
   - Hyperstudio lessons
   - Online lessons
4. Mount St. Helens Lessons for grades 5-12
5. On-Line Lesson: VOLCANOES by Lois Carter

To VolcanoWorld

273

On-Line Lesson

VOLCANOES

Lois Carter, 5th Grade Teacher, Brookneal Elementary School, Brookneal, VA

Objectives

1. Students will locate an active volcano around the world.
2. Students will ask a volcanologist from Hawaii or North Dakota a challenging question.

Background

Before this lesson the class:

1. Read and discussed the chapter in their science text on volcanoes.
2. Researched types of volcanoes and made a chart with data including type, size, shape, and an example.
3. Divided into cooperative groups observed how a volcano erupts by making a working model.
4. Viewed videos on Mount Saint Helens and Kilauea.
5. Examined samples of pumice, basalt, and obsidian.
6. Examined articles and pictures of volcanic eruptions in magazines and newspapers.
7. Brainstormed questions to ask a volcanologist and chose a question.
8. Teacher's Note: It would be helpful if you prepared a handout of the questions below for the students to use during the activity.

Activity

The student will locate Volcano World on Netscape and do the following:

1. Click on Current and Recent Eruptions and select an active volcano. Take notes on its current volcanic activity and other significant information.

   QUESTIONS
   1. What is the name of the volcano?
   2. What is the location of the volcano?
   3. What type of volcano is it?
   4. Date and description of any current or recent eruptions.
   5. Give other interesting facts about the volcano.

2. Click on Ask a Volcanologist. Click on Previous Questions. If your question has been asked, read and take notes on the answer. If not, type in your question. Return at a later time to see the volcanologist's reply to your question.

Earth Science HyperStudio Stacks

Following are hypherstudio stacks that Scott Johnson, a elementary school teacher in Licoln Elementary in Grand Forks, has developed. These lessons are geared toward and tested by 5-8 grade students.

Here is a philosophical discussion of how one teacher - Scott Johnson, a member of the VolcanoWorld development team - plans to use VolcanoWorld in his 5/6th grade classroom. Specific lesson plans like those listed below could be components of Scott's general plan. Let us know how you might use VW in your classroom.

The stacks are compressed. You will need to grab (by clicking your mouse on the file) the HyperStudio Player before downloading the stacks.

HyperStudio Player requires you to set the monitor of your Mac to 256 colors before you use it. You can do so by picking 256 in your [Control Panels] [Monitors].

The CopyMaster in each chapter has questions and answers that can be used by teachers. Please read the README file in the CopyMaster before using the stacks.

- ☐ HyperStudio_3.0_Player.sea.hqx: HyperStudio Player for Macintosh required to use the stacks.

- ☐ Plate Tectonics
  - ☐ Chapter 1 Copymaster A: Tests, Reviews and Answer Keys.
  - ☐ Chapter 1 Copymaster B : Content Center, Hands-On Center, Tests, Reviews, Vocabulary Sheets, Answer Keys, Chapter Schedule, Goals, materials, and objectives for each lesson.
  - ☐ The_Earth's_Layers: Teaches the students about the different layers of the Earth and how they work together.
  - ☐ Pangea_to_the_Present: A history of plate movements from 250 million years to the present.
  - ☐ How_Plates_Move: Teaches the processes involved in plate movement.

- ☐ Earthquakes and Volcanoes
  - ☐ Chapter 2 Copymasters
  - ☐ The Rolling Earth
  - ☐ Volcanoes
  - ☐ Volcanic Terms

- ☐ Cones, Eruptions, and Pyroclasts

- Chapter 3 Copymaster
- Hot spot volcanoes
- Lava flows and pyroclasts
- Volcanic Cones and Eruptions

- Rocks and Minerals
  - Chapter 4 Copymaster
  - Rocks
  - Minerals
  - Igneous Rocks
  - Sedimentary Rocks
  - Metamorphic Rocks
  - Rocks and Mineral Slideshow

- Prehistoric Earth
  - Chapter 5 Copymaster
  - Prehistoric Earth

To VolcanoWorld

How I Will Use VolcanoWorld in the Classroom

Scott Johnson
5/6th grade teacher
Lincoln Elementary, 400 Pakenham
Grand Forks, N.D. 58201

This Intermediate/Middle School Earth Science Curriculum will utilize three centers for instruction. The three centers will enhance student learning by teaching concepts and processes hands-on as the students gain an understanding of one of the most powerful forces on Earth-Volcanism.

The students will daily read, discuss, experiment, utilize CD ROM technology, and access SENDIT/INTERNET information to gain a better understanding of the Earths dynamic systems. [SENDIT is a statewide, local version of Internet that our schools in North Dakota are connected to.]

The students will work in pairs in the Computer Center bringing up information of daily volcanic activity that will be supplied through SEND-IT/INTERNET from VolcanoWorld. This information will have been screened and rewritten by VolcanoWorld personnel for the use of 5th - 8th graders. The students will use this information in our Adopt-A-Volcano program. This program will enable the students to become real scientists by analyzing current information of volcanic and seismic activity, and by encouraging students to make predictions of further activity.

The students will be actively involved in the learning of concepts and processor of our dynamic Earth by taking Interactive Field Trips into Mt. St. Helens National Monument and Hawaii Volcanoes National Park all through the use of Internet resources and ultimately CD ROMs to be produced by VolcanoWorld.

The students will use Content Cards in the Content Center. These cards will be read and the information discussed in groups. Quizzes and tests will be supplied for student assessment and evaluation.

The students will perform daily experiments utilizing the scientific method in the Hands-On Experimental Center. The students will work in small groups collecting data and discussing concepts learned at this center.

The students will gain knowledge and a good understanding of volcanoes and volcanic processes by working in these three centers, each center enhancing the information gained at the others.

Scott Johnson is a member of the VolcanoWorld Development Team.

To VolcanoWorld **To Volcano Lesson Plans**

277

Earth Science Lessons

Following are Earth Science lessons Scott Johnson, a elementary school teacher in Licoln Elementary in Grand Forks, has developed. These lessons are geared toward and tested by 5-8 grade students.

Here is a philosophical discussion of how one teacher - Scott Johnson, a member of the VolcanoWorld development team - plans to use VolcanoWorld in his 5/6th grade classroom. Specific lesson plans like those listed below could be components of Scott's general plan. Let us know how you might use VW in your classroom.

The CopyMaster in each chapter has questions and answers that can be used by teachers. Please read the README file in the CopyMaster before using the lessons.

- Chapter 1: Plate Tectonics
  - The Earth's Layers, Lesson #1: Teaches the students about the different layers of the Earth and how they work together.
    - Content Center Lesson 1: The Earth's layers.
    - Goals, Objectives and Materials For Lesson #1, The Earth's Layers.
    - Hands-on Center Lesson 1: Earth's Layers
    - Discussion Questions Lesson 1 Answers.
    - Discussion Answers for Lesson 1, The Earth's Layers, and Lesson 2, Pangaea to the Present.
  - Pangea to the Present, Lesson #2: A history of plate movements from 250 million years to the present.
    - Content Center Lesson 2: Pangaea To The Present.
    - Goals, Objectives and Materials For Lesson #2, Pangaea to the Present.
    - Hands-on Center Lesson 2: Pangaea to the Present.
    - Discussion Questions Lesson 2 Answers.
  - How Plates Move, Lesson #3: Teaches the processes involved in plate movement.
    - Content Center Lesson 3: Plate Movements.
    - Goals, Objectives and Materials For Lesson #3, How the Earth's Plates Move.
    - Hands-on Center Lesson 3: How Plates Move.
    - Discussion Questions Lesson 3 Answers.
  - Chapter #1 Copymaster: Tests, Reviews, Vocabulary Sheets, Answer Keys, Chapter Schedule, Goals, materials, and objectives for lesson 1, 2, and 3.
    - Read Me First!
    - Review Questions Chapter 1 The Earth: A Dynamic Planet

- Test Questions Chapter 1 The Earth: A Dynamic Planet.
- Student Copy Vocabulary Words Chapter 1, The Earth: A Dyanamic Planet
- BaseballGame
- Content Center Lesson 1: The Earth's layers.
- Content Center Lesson 2: Pangaea To The Present.
- Content Center Lesson 3: Plate Movements.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #1, The Earth's Layers.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #2, Pangaea to the Present.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #3, How the Earth's Plates Move.
- Hands-on Center Lesson 1: Earth's Layers
- Hands-on Center Lesson 2: Pangaea to the Present.
- Hands-on Center Lesson 3: How Plates Move.
- Teachers Copy Vocabulary Words Chapter 1, The Earth: A Dyanamic Planet.
- Discussion Questions Lesson 1 Answers.
- Discussion Questions Lesson 2 Answers.
- Discussion Questions Lesson 3 Answers.
- Discussion Answers for Lesson 1, The Earth's Layers, and Lesson 2, Pangaea to the Present.
- Review 1 Answers for Chapter 1, The Earth: A Dynamic Planet.
- Test 1 Answers for Chapter 1, The Earth: A Dynamic Planet.

☐ Chapter 1 Online test, you can take the chapter 1 test here and get it graded.

☐ Chapter 2: Earthquakes and Volcanoes

☐ The Rolling Earth, Lesson #4

- Content Center Lesson 4 Earthquakes-The Rolling Earth.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #4, "Earthquakes-The Rolling Earth"
- Hands-On Center Lesson 4, Earthquakes-The Rolling Earth.

☐ Volcanoes, Lesson #5

- Content Center Lesson #5 Volcanoes.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #5, "Volcanoes"
- Hands-On Center Lesson 5, Volcanoes.

☐ Volcanic Terms, Lesson #6

- Goals, Objectives and Materials For Lesson #6, "Volcanic Terms"
- Hands-on Center Lesson 6, Volcanic Terms.

☐ Chapter #2 Copymaster: Tests, Reviews, Vocabulary Sheets, Answer Keys, Chapter Schedule, Goals, materials, and objectives for lesson 4, 5, and 6.

- Chapter Review Chapter 2, Earthquakes and Volcanoes
- Test Chapter 2 Earthquakes and Volcanoes.
- Student Copy Vocabulary Chapter 2, Earthquakes and Volcanoes.
- BaseballGame
- Content Center Lesson 4 Earthquakes-The Rolling Earth.
- Content Center Lesson #5 Volcanoes.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #4, "Earthquakes-The Rolling Earth"
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #5, "Volcanoes"
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #6, "Volcanic Terms"
- Hands-On Center Lesson 4, Earthquakes-The Rolling Earth.
- Hands-On Center Lesson 5, Volcanoes.
- Hands-on Center Lesson 6, Volcanic Terms.
- Answer Discussion Questions Lesson 4 "Earthquakes-The Rolling Earth
- Teacher Copy Vocabulary Chapter2, Earthquakes and Volcanoes.

279

- Chapter Review Answers Chapter 2, Earthquakes and Volcanoes
- Test Answers Chapter 2, Earthquakes and Volcanoes

☐ Chapter 2 Online test, you can take the chapter 2 test here and get it graded.

☐ Chapter 3: Cones, Eruptions, and Pyroclasts

☐ Lava flows and pyroclasts, Lesson #7.
- Content Center Lesson 7 Volcanoes.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #7, "Lava Flows and Pyroclasts"
- Hands-on Center Lesson 7, Lava Flows and Pyroclasts.

☐ Volcanic Cones and Eruptions, Lesson #8.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #8, "Volcanic Cones and Eruptions"
- Hands-on Center Lesson 8, Volcanic Cones and Eruptions.

☐ Hot spot volcanoes, Lesson #9.
- Content Center Lesson 9 Hot Spots-Hawaii and Yellowstone.
- Goals, Objectives and MaterialsFor Lesson #9, "Hot Spot Volcanoes-Hawaii and Yellowstone"
- Hands-on Center Lesson 9, Hot Spots: Hawaii and Yellowstone.

☐ Chapter #3 Copymaster: Tests, Reviews, Vocabulary Sheets, Answer Keys, Chapter Schedule, Goals, materials, and objectives for lesson 7, 8, and 9.
- Chapter 3 Review Questions Cones, Eruptions, and Pyroclasts
- Chapter 3 Test Questions Cones, Eruptions, and Pyroclasts
- Student Vocabulary Chapter 3
- BaseballGame
- Content Center Lesson 7 Volcanoes.
- Content Center Lesson 9 Hot Spots-Hawaii and Yellowstone.
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #7, "Lava Flows and Pyroclasts"
- Goals, Objectives and Materials For Lesson #8, "Volcanic Cones and Eruptions"
- Goals, Objectives and MaterialsFor Lesson #9, "Hot Spot Volcanoes-Hawaii and Yellowstone"
- Hands-on Center Lesson 7, Lava Flows and Pyroclasts.
- Hands-on Center Lesson 8, Volcanic Cones and Eruptions.
- Hands-on Center Lesson 9, Hot Spots: Hawaii and Yellowstone.
- Discussion Questions Answers Lessons 7, 8, and 9.
- Teacher Vocabulary Chapter 3
- Chapter 3 Review Answers Cones, Eruptions, and Pyroclasts
- Chapter 3 Test Answers Cones, Eruptions, and Pyroclasts

☐ Chapter 3 Online test, you can take the chapter 3 test here and get it graded.

☐ Chapter 4: Rocks and Minerals

☐ Rocks, Lesson#10.
- Read Me FIRST!, Lesson plan for Rocks and Minerals lessons.
- Chart.

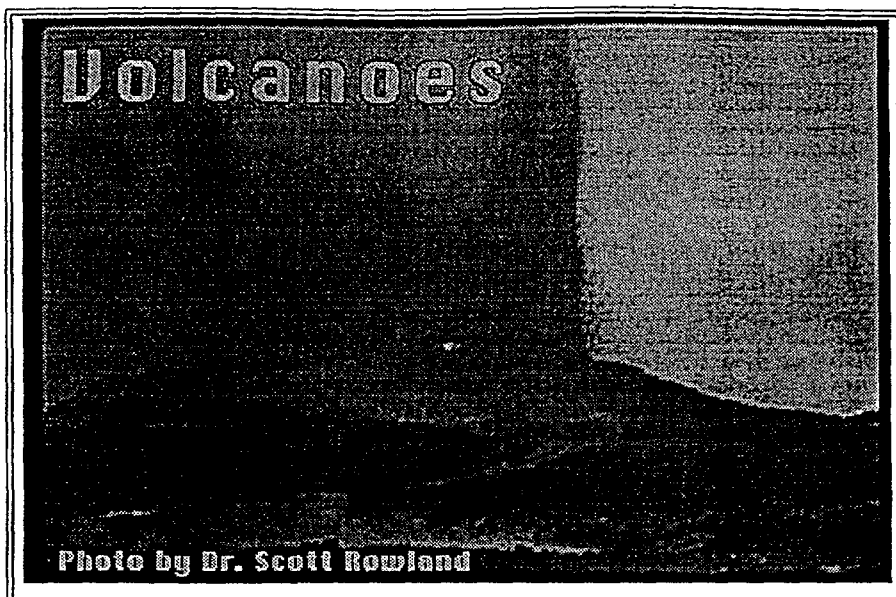
☐ Minerals, Lesson#11.

☐ Sedimentary Rocks, Lesson#12.

☐ Metamorphic Rocks, Lesson#13.

☐ Rocks & Minerals Slide Show.

To VolcanoWorld



Welcome to the lesson "Volcanoes". You need to click on the buttons and icons to move through the pages of the lesson. If at any point in this lesson you would like to return to the beginning just click on the "Earth" icon. If at any point you would like to go directly to the questions just click on the "Questions" button.This will allow you to move through the lesson at your own pace.

Click on the "Next" icon to begin your study of volcanoes!!!

Questions Next To VolcanoWorld

Volcanic activity is the most powerful force in nature. Some volcanic eruptions are much more powerful than the largest nuclear explosion. Volcanoes have killed thousands of people and have created some of the most frightening events in human history.

Volcanoes have been the basis for myths and legends the world over.

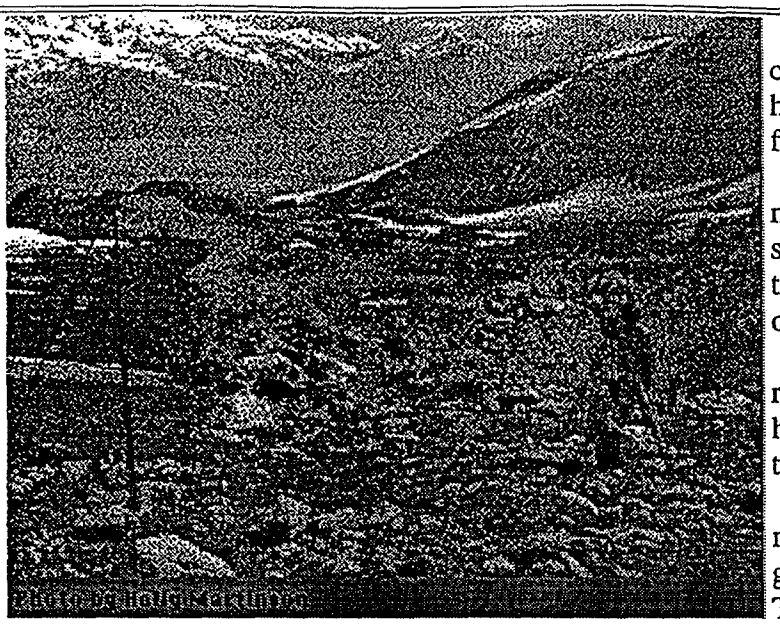
Volcanoes are also responsible for much of the land we live on, 90% of all the continents and ocean basins are the product of volcanism. The air we breathe, and the water we drink have been produced by millions of years of eruptions of steam and other gases.

The volcanic mountain to your left is Mount Adams which is located in the Cascade Range of Washington.

Click on the "Next" button to see the island that gave volcanoes their name!!

Back Beginning Questions Next To VolcanoWorld

283



Many volcanoes erupt in very consistant patterns, while other volcanoes have no eruption pattern at all. This makes forecasting eruptions difficult.

What makes predicting eruptions even more difficult is the fact that many volcanoes start with one type of eruption pattern and then change eruption patterns as they grow older.

Some of the most powerful eruptions in recorded time have come from volcanoes that have been dormant for hundreds and even thousands of years.

Here we have geologists studying a tilt meter. A tilt meter is used to measure the growth of the lavadome in the foreground. The tiltmeter will show a different angle as the dome grows. With careful study the geologists can tell if magma is on the rise and that an eruption may occur in the near future.

Click on the "Questions" or "Next" button to review the lessons main points.

Back Beginning Questions Next To VolcanoWorld

784

Hands-on Center

(Volcanoes)
Lesson #5

Erupting Volcano

Materials:

1. 3 small plastic bottles of seltzer of soda
2. 1 small bottle of food coloring

The teacher should conduct the following experiment. Wearing safety goggles and old clothing is advised. The experiment could ruin clothing and hurt unprotected eyes. Follow the steps below having the students write down what they observe and hear.

1. Show the students the bottle before it is opened explaining that the gases dissolved in the liquid are under much more pressure than gases outside the bottle. As the bottle is opened the gas (Carbon Dioxide) will be visible as it escapes creating bubbles and a hissing sound.

2. add 3 drops of red food coloring

1. put the plastic cap back on the bottle
2. shake the bottle profusely hold the bottle over a sink or drain- tell the students that the liquid inside the bottle represents magma, which is molten rock and gas inside the Earth.

3. turn the cap slowly allowing the "lava" to erupt-tell the students that as magma escapes to the surface it is then called lava.

The teacher should explain that the liquid has dissolved gases in it (Carbon Dioxide), just as magma has many dissolved gases in it.

When the bottle is not open the students will not be able to see the gas because the liquid has the gas disolved in it. Because of the higher pressure in the bottle you can not see the gas bubbles. When the bottle is opened the students will see the gas escape. The liquid will erupt out with the gas because it is under more pressure than the outside environment. When magma rises in the conduit the pressure falls as it nears the surface of the Earth. The lava will escape violently as the pressure drops for the same reasons that the soda water escaped with the carbon dioxide gas. When a volcano erupts the lava may be very frothy from the escaping gases. This is true especially if the magma has a high gas content. The most violent eruptions are due to a great build up of pressure from magma that has a high gas content. Magmas with little dissolved gas usually do not erupt violently.

Lava Dome Building

Materials:

1. Toothpaste in a tube
2. Cardboard
3. scissors

Cut a hole in the cardboard so that the neck of the opened toothpaste tube fits into the hole. Squeeze the tube lightly so that a little toothpste comes out then stop. Explain that the toothpaste is very thick and pasty like dactitic lava is. This is the same lava that has built the lava dome in the crater in Mt. St. Helens. Squeeze the tube again and stop, explaining that the dome was built very slowly with these same starting and stopping motions. The dome grew for seven years and has basically halted its growth as of 8/20/95.

The dome that is in the crater in Mt. St. helens today is not the only dome that has occupied this space. Another dome grew during the first month after the original eruption but blew up in June of 1980.

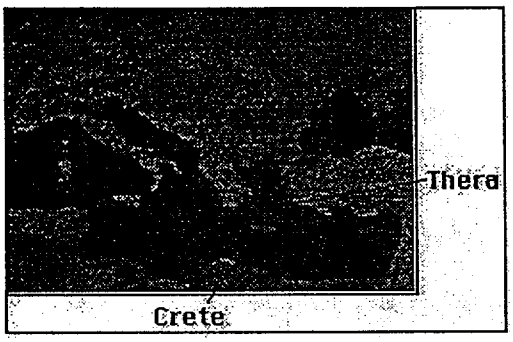
Continue the same pattern of squeezing and stopping until the students understand the concept of dome growth.

Other Lessons To VolcanoWorld

Content Center

(Lesson #5)
Volcanoes
"The Lost Continent of Atlantis"

Have you ever heard of the lost continent of Atlantis? Where was the lost continent of Atlantis? Historians have speculated that it was in the middle of the Atlantic Ocean, off of the coasts of both Spain and France, and also in the western Mediterranean Sea. We do not know for sure where it was, but in 1956 a Greek seismologist by the name of Angelos Galanopoulos suggested that the great continent was located in the eastern Mediterranean Sea. More specifically south of Greece on the island of Santorini, which was called Thera in 1470 B.C. He believed a great volcanic eruption was the end to this wonderful civilization.



Plato, a great Greek poet and historian, was fascinated with an ancient Egyptian story of a fantastic civilization which was lost during a terrible catastrophe.
Plato called this civilization Atlantis. He depicted Atlantis as the greatest civilization of its time. The people were famous for their beauty and their culture. Plato wrote about this beautiful place one thousand years after it was destroyed. His writings were based on ancient Egyptian writings and his translation of the language was questionable.

Plato made a mistake in his math!!! He claimed the lost continent to be about ten times the size that it actually was. He also put the time of the calamity to be about 9000 years before the rise of the great Athenian empire, which was about 10 times earlier than it could have really occurred. Historians now believe that Atlantis was destroyed about 900 years before Athens. A factor of ten was the problem with Plato's accounts, ten times too large and ten times too early.

What happened to wipe this superior civilization off the face of the Earth? A great volcanic eruption was the cause. A volcano named Santorini exploded with such fury that it not only blew most of the island into the heavens but also caused a huge tsunami that wiped out many of the neighboring civilizations.

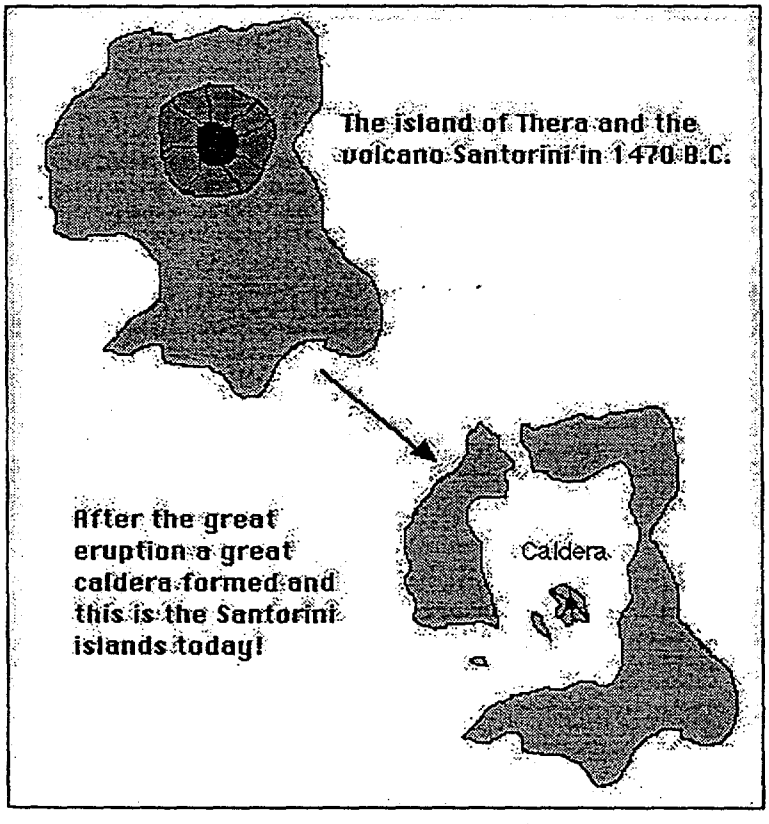
When Santorini erupted, much of the volcanic cone exploded into the atmosphere and over 32 square miles of the island was destroyed. What happened next was the formation of a caldera. A ***caldera*** is a bowl shaped depression caused by the magma chamber under the volcano emptying during an eruption and the volcano falling into the magma chamber because of its own weight. When the caldera formed, a series of tsunamis produced by the crashing of the top of the volcano wiped out many cities and towns in the eastern Mediterranean. This tsunami was reported to have reached the height of over 300 feet. The explosion was heard as far away as Sweden, and the earthquakes produced knocked down walls in Crete over 100 miles away!! Historians believe these giant sea waves were what caused the mysterious end of the great Minoan civilization in the Mediterranean.
Archaeologists have recovered artifacts from the island lately that show a great ancient civilization was present on Thera about 3500 years ago. The artifacts have come from the sunken part of the island far under the surface of the sea. This evidence helps us to believe that Santorini may be the "Lost Continent of Atlantis"!!!!

Questions

1. What caused great civilizations in the Mediterranean to disappear about 1400 B.C.?

2. What is a caldera?

3. What caused the production of a huge tsunami over 300 feet tall?



Other Lessons

To VolcanoWorld

Hands-On Center

(Volcanic Terms-Lesson #6)

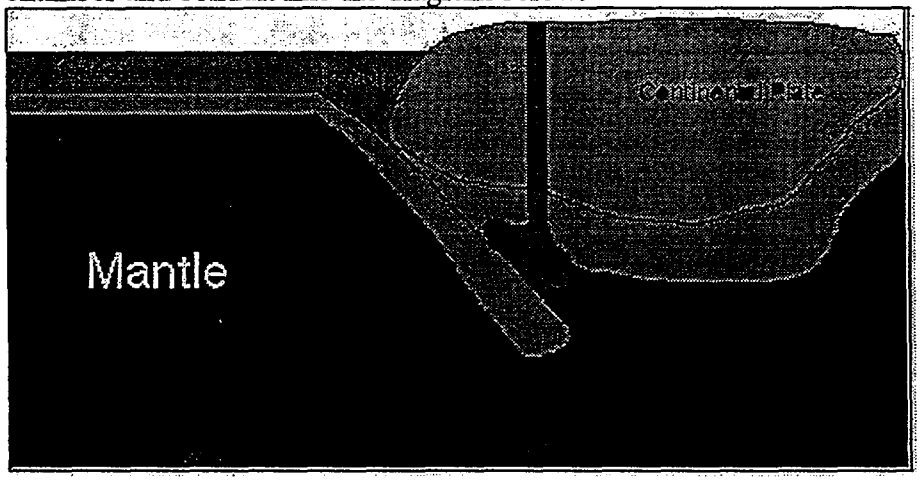
A Model of a Strato Volcano

Materials:

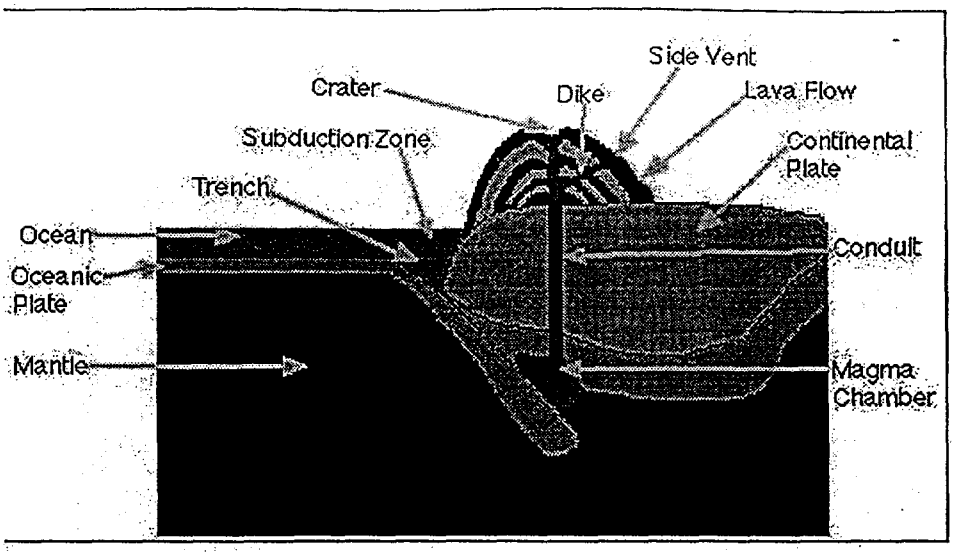
1. Five colors of modeling clay or playdough-Red, Brown, Gray, Black, Blue
2. Thumb Tacks
3. 10 X 12 sheets of tag board
4. Felt tip pen for labeling
5. Thick Thread

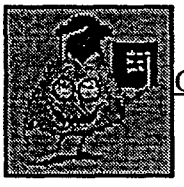
There will be no Content Lesson today because the Hands-On lesson will take at least a half-hour. The students will build a volcano model on tag board. The students will add lava and ash layers one by one simulating the process that builds a real strato volcano cone.

The students will start by building the upper layer of the mantle and lower crust with a magma chamber and conduit like the diagram below.



The students will then start to build the strato volcano model by rolling "snakes" that will represent the alternating layers of hardened lava (Black clay)and ash (Gray clay). They will need to add an extension to the conduit (Red clay) with each set of layers added. As they build the volcano higher have the students add a fissure (Red clay) and a lava flow (Red clay) down the flank of the cone.
When the students are finished making the model have them label it by writing the following terms on the tag board and connecting the terms to the model with pins. (See Diagram below)



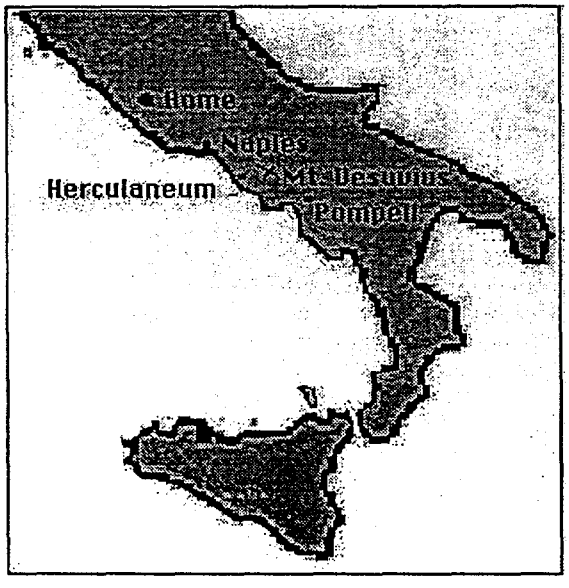

Other Lessons

To VolcanoWorld

Content Center
Lesson #5 "Volcanoes"
Vesuvius "The Day it Rained Fire"

Pompeii and Herculaneum were bustling Roman cities in 79 A.D. Mt. Vesuvius hadn't erupted in over eight hundred years and the mountain was green with fig and olive trees. Farmers cultivated the sides of the cone. The people were used to earthquakes and didn't pay much attention to the numerous quakes that had been rattling their bowls and plates prior to the eruption. What they didn't know would kill thousands of people that beautiful August day in 79 A.D. Vesuvius was awakening from its long slumber.

Vesuvius awakened with a huge eruption of ash and pumice raining down on the city of Pompeii. Pompeii lay to the south of the volcano and that day the wind was from the north pushing the cloud toward the city. Pompeii was buried in up to 20 feet of pumice and ash. Many animals and people were suffocated and buried alive. Many people though, did survive the initial eruption. Some decided to flee but many stayed.



The city of Herculaneum lays to the west of the volcano and much closer to Vesuvius than Pompeii. Herculaneum was a beautiful beachside resort city in 79 A.D. Herculaneum was barely touched by the first eruption. In fact, about only one inch of ash and pumice fell on the city during the first eruption.
The next eruption was the deadly one. This eruption blanketed the whole surrounding area with very hot,

turbulent, twirling gases and ash. This glowing cloud was very heavy and hugged the ground as it flowed down the side of Vesuvius. The temperatures of this pyroclastic flow were probably around 700 degrees F. and at a speed of over 70 miles per hour animals and people could not out run it. With temperatures this high everything in its path is killed instantly.

Herculaneum didn't get lucky this time. It was buried in an extremely hot flood of volcanic mud. This steam filled volcanic mud buried the city with a layer over 50 feet high. Pompeii suffered through this eruption also. Over 20,000 citizens died in the pyroclastic flows only hours after the initial eruption.

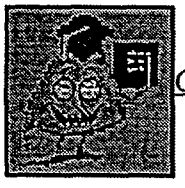
A man by the name of Pliny the Younger wrote an account of this eruption as he viewed Vesuvius from Naples to the northwest of the volcanic mountain. His account was probably the first one ever written. His uncle, Pliny the Elder, died in the second eruption that day. Pliny the Elder was a commander of a fleet of Roman battleships. He was also a naturalist, a person who studies natures spectacles and writes about them. He was viewing the eruption when he was probably over come by hot gases.

Today Vesuvius is the most visited volcano in the world. The mountain that hadn't erupted in about eight hundred years has erupted many times since. In 1631, Vesuvius belched out another pyroclastic flow, which has been the worst eruption since 79 A.D. Many tourists pay to make the very difficult climb to the crater to view the steaming lava inside the volcano. They flock to the excavated ruins of Pompeii and Herculaneum to view the plaster casts of bodies as they lay when they died almost two thousand years ago during the day that rained fire.

Discussion Questions

1. What caused the death of so many people during the second eruption of Vesuvius?

2. What is a pyroclastic flow?


Other Lessons

To VolcanoWorld

APENDICE G

INDICE Y FECHAS DE FOTOGRAFIAS INCLUIDAS EN ESTE INFORME

APENDICE G

INDICE Y FECHAS DE FOTOGRAFIAS INCLUIDAS EN ESTE INFORME

Nº	Fecha	Captación	Rollo	Negativo
1	7/96	Vista panorámica de las paredes al extremo sur y sureste del Cráter Santiago mostrando un cono cinerítico temprano (parte de unidad Qv8-ver Sec.2.1 del texto de explicación) a la izquierda de la fotografía, y flujos de lava descansan sobre capas masivas de cenizas y escoriasatribuídas al Volcán Nindiri (unidad Qv20) en el lado derecho de la fotografía. Qv20 esta interrumpido por fallas y las capas de cenizas y escoria parecen estar alteradas por procesos hidrotérmicos. Existe un pequeño cráter formado entre la unidad Qv20 y el cono cinerítico de la unidad Qv8. El cráter llenó de capas de cenizas, escoria y lavas (tambien designado como unidad Qv8) antes de ser enterrado por dos capas gruesas de flujos de lava y depositos de lapilli del Volcan Masaya (unidad Qv9). Mas tarde, un flujo de lava (unidad Q125) del volcán Nindiri cubri o la parte oeste de la secuencia.	R3	N7
2	3/93 J.Alt	Pared sureste del Cráter Santiago con vista detallada de depósitos designados como Qv8, incluyendo escoria roja y negra de un cono(s) cinerítico temprano (s), flujos delgados de lava y capas finas de lava, escoria y ceniza que llenaron el cráter pequeño ubicado al oeste. Note la ceniza gris y café claro que fue depositada primeramente sobre la pared y el piso del cráter. Lava masiva en medio de la sección pudo haber emanado del cono cinerítico. La lava ha sido atribuida al volcán Masaya (como parte de la unidad Qv9). El flujo es trazable alrededor de las paredes al extremo este y oeste del Cráter Santiago.	R4	N35A/36 o N24A/25 o N19A/20
3	3/93 J. Jhonson	El borde al extremo Sureste del Cráter Nindirí truncado por el colapso del Cráter Santiago, exponiendo la sección de ceniza al extremo superior relativamente cubierta (unida Qv24) por vertientes de lava (Qv20). Vertiente de lava recientes (unida Q127) llenaron el Cráter Nindirí y finalmente, en 1670, rebasó la orilla en su extremo norte, bajando el flanco hasta la mitad hasta el margen de la caldera (ubicada al sur de la Carretera Managua-Masaya)	R4	N20A/21 o N23A/24

Nº	Fecha	Captación	Rollo	Negativo
4	7/96	Borde noreste del Cráter Nindirí, que exponde una sección de más de 30 metros de grosor de capas de ceniza gris sobre capas finas de flujos de lava y escoria roja atribuida al Volcán Nindirí (Qv20). Algunas de los capas de ceniza parecen mostrar capas cruzadas, pero en su mayoría parecen ser depósitos estratificados lanzados al aire. La coloración café claro se debe a alteraciones palagoníticas, es decir, la descomposición de algunos de los fragmentos de vidrio basáltico en la ceniza. Note el trazo aparentes de las fracturas o fallas en el noroeste que interrumpe los materiales en la pared del cráter. Diques finos de color crema cortan la escoria roja masiva en la base de la sección pero aparentemente terminan contra la base de los flujos.	R2	N9
5	7/96	La pared oeste del Cráter Santiago, exponiendo lavas (unidad Q127) que llenaron el Cráter Nindirí. El área central del Cráter Nindirí, conocido como Plaza Sapper, parcialmente colapsada en 1852 cuando se formaron los cráteres Santiago y San Pedro Las paredes y piso del Cráter Nindirí consiste de vertientes de lava fina y una escoria masiva roja.	R3	N9
6	3/93 J. Jhonson	La pared al extremo Norte del Cráter Santiago. El lado derecho de la fotografía muestra parte de la secuencia de 24 vertientes de lava (unidad Qv9) del volcán Masaya (también ver fotografía 14). Por lo menos una vertiente de lava relativamente reciente (unidad Q126) del Volcán Nindirí descansa sobre las secuencias de las lavas del Masaya justo al este de la vieja orilla del Cráter Nindirí (centro arriba de la fotografía)	R4	N29 o N30 o N33
7	7/96	El lado extremo este del OBI está realzado por el amplio canal de una vertiente de lava fluida (unidad Q125) que cubre la mayoria de la cuadratura sureste de la caldera. La vertiente contiene tuneles de lava y descansa sobre un grueso lecho no consolidado de lapilli negro (la capa de encima de la unidad Qv9) que predomina sobre el lado extremo este del Cráter Santiago. Notar la distintiva zona rojo "orneado" del emplazamiento de calor de la lava sobre terreno pobremente desarrollado por encima de la capa por debajo del lapilli.	R1	N19

Nº	Fecha	Captación	Rollo	Negativo
8	7/96	El lado extremo oeste del OBI esta debajo de un pequeño lente de lava masiva que avanza lateralmente dentro de aglutinadas salpicaduras y vertientes de desechos (unidad Q125 descrita arriba), que descansa sobre una unidad de lapilli negro. Los horizontes rojo "orneados" vistos en la fotografía 7 son visible bajo el lente de lava en la parte izquierda de la fotografia. Debajo del lapilli negro, la sección predominante consiste de escoria proveniente del cono de cenizas que se formo encima de una fisura con tendencia noroeste.	R1	N20
9	2/77 J. Johnson	En 1977, el Piso del Cráter Santiago, mostrando un intercrater de diámetro pequeño sin rocosidad, encima del piso de lava negra pahoehoe (unidad Q 129) que hizo erupción en 1965. La medida del intercrater en ese momento, era de aproximadamente de 100 metros de ancho y 80 metros de profundidad.	R4	N22A/23 o N21A/22
10	7/96	El piso del Cráter del Volcán Santiago en 1966, mostrando un ancho y una profundidad significativa del intercrater. Derrumbes de tierra y roca de la pared sur del Cráter Santiago, desaparecieron directamente dentro del intercrater que ahora se extiende hasta la pared del extremo sur del Cráter.	R2	N10
11	7/96	Daños del área de estacionamiento en el OBI en la borde sur del Cráter santiago. Al menos 5 metros del área del mirador se ha desprendido dentro del cráter del Santiago desde finales de 1980. Actualmente el área en un perímetro de 5 -10 metros del del borde del Cráter contiene fisuras , emanando a través de éstas gases volcánico, los cuales son extraídos y expulsados al exterior por corrientes de aire a través de las paredes fracturadas del Cráter.	R2	N21
12	7/96	Las fisuras que cortan el pavimento en el OBI y continúan hacia el este por lo menos 15m. Más arriba de las fisuras una depresión lineal marcada con pequeños agujeros hundidos indican el colapso del material traslapado dentro de los vacíos inferiores.	R2	N19
13	7/79	Trazos de fisuras en la superficie que cortan el pavimento del área de estacionamiento OBI y continúan hacia el este. Piezas de asfalto quebrado, postes de madera, y las capas de ceniza negra debajo del área del pavimento, han desaparecido dentro de las fisuras.	R2	N23

Nº	Fecha	Captación	Rollo	Negativo
14	7/96	Vistas del piso del Cráter Santiago mostrando las grandes cantidades de desechos producidos por rocas y avalanchas de tierra provenientes de las paredes del cráter del extremo sureste.	R2	N4
15	7/96	Entrada a un túnel pequeño de lava cerca borde del borde del Cráter Santiago al este del OBI. Note a la derecha de la fotografía, fracturas continuas que cortan el carapacho. El túnel es encontrado en el mismo flujo (Q125) como el túnel de lava del "Tzinanconostoc"	R1	N16
16	7/96	La carretera pavimentada (cortes en la carretera están inmediatamente detrás de la pequeña caseta a la distancia) y el camino no pavimentado entre el OPO y el OBI son traslapados por escoria de lapilli no consolidado (parte de unidad.Qv9) por las erupciones anteriores del Volcán Masaya. Note la proximidad del camino con el borde del Cráter Santiago.	R1	N3
17	7/96	Rótulos de precaución ubicados al inicio del camino de peatones entre el OBI y el OPO.	R2	N34
18	7/96	Largas y ardientes grietas desarrolladas dentro del lapilli negro no consolidado (el del extremo superior de la unidad Qv9) de una erupción anterior del Volcán Masaya. Las Grietas son probablemente estructuras incipientes de desplomes. Aunque también han sido atribuidas a la ruptura de la superficie de trazos de una falla mayor que se encuentra debajo de la caldera del Volcán Masaya	R2	N33
19	7/96	Paredes de seguridad al final este del OPO construidas sobre la unidad no consolidada de ceniza y lapilli, que lentamente esta deslizandose dentro del Cráter Santiago. Note fisura vertical en lapilli (centro de la fotografía) que marca el plano de falla del hundimiento del bloque. El extremo superior derecho de la fotografía muestra proximidad de la erosión del frente del lapilli hasta la base de la pared de seguridad.	R1	N4
20	7/96	El bloque grande de vertientes de lava (unidad Q126) situado a la orilla del Cráter Santiago en el OPO, estaba colgando precariamente cuando la pared de seguridad fue instalada en 1977-78. El bloque que eventualmente caerá, es evidencia de la relativa estabilidad del borde en el extremo norte del Cráter Santiago, comparado al alto ritmo de desprendimiento de rocas y de tierra en el borde sur.	R3	N22

Nº	Fecha	Captación	Rollo	Negativo
21	7/96	Infraestructura OBE, instalada aproximadamente dos metros bajo el nivel del área de estacionamiento pavimentado al extremo final de el OPO. El OBE fue construido excavando dentro del lapilli negro. (unidad Qv9) Una pared de seguridad fue instalada al frente y lados del área excavada. En el frente de cara al cráter, la pared de seguridad parece descansar sobre una gruesa vertiente de lava (también parte de la unidad Qv9) por debajo del lapilli negro.	R3	N3
22	7/96	Remanentes expuestos del poste de concreto que sujeta la pared de seguridad frente al cráter en el OBE. Note la apariencia oxidada de la refuerzo de hierro empotrada en el poste. La pared permanece relativamente estable debido a la masividad de los arranques que descansa directamente sobre la vertiente de lava que esta por debajo.	R3	N6
23	7/96	La porción dañada de la pared de seguridad cerca de la parte superior del OCB: Note la inadecuada altura de la pared al borde del precipicio del Cráter Santiago. La fuerza del concreto que sujeta los postes se ha degradado significativamente debido a la corrosión de las barras de resfuerzo, por los gases volcánicos.	R3	N24A
24	7/96	Descomposición de parte de los postes de madera empotrados en el concreto a la orilla de el OBI en el área de estacionamiento. La reducción del área seccional de la cruz donde los postes fueron empotrados en una base de concreto levanta dudas sobre la fortaleza de los postes verticales de la Cruz de Bobadilla. Esta preocupación puede proveer elementos adicionales para restringir el acceso de los visitantes al área cerca de la base de la cruz.	R2	N12
25	7/96	Perfil del mirador principal del OBI, muestra una constante condición de baja visibilidad y alta concentración de gases volcánicos. Las vertientes de lava por debajo del área del mirador es la unidad Qv25. El color crema /rosado claro sobre la superficie de lava en el primer plano inmediato, es debido a alteración de la roca por una larga exposición a los gases volcánicos. El color gris fresco de alguna áreas del frente de las rocas indican desprendimientos recientesde rocas	R1	N22

k/america.cen/nicaragu/jerez/spanish/apxg/12/20/96