

PERCEPCION REMOTA Y EXPLORACIONES GEOFISICAS APLICADAS A LA ARQUEOLOGIA EN AREAS VOLCANICAS ACTIVAS DE COSTA RICA Y EL SALVADOR

Payson D. Sheets
Department of Anthropology
University of Colorado at Boulder
E.U.A.

RESUMEN

Si sólo se emplean técnicas tradicionales de prospección en reconocimientos arqueológicos, no será posible registrar sitios y rasgos culturales detectables mediante técnicas de percepción remota e instrumentos geofísicos. En el presente artículo, se revisa y compara la utilización de esas técnicas e instrumental, en proyectos arqueológicos desarrollados en Costa Rica y El Salvador. Se plantean sugerencias para estudios en América Central. El huaquerismo y la construcción de infraestructura desafortunadamente destruyen cada día muchos sitios arqueológicos; por lo que tales técnicas para encontrar y explorar sitios enterrados en capas profundas adquirirán mayor importancia en el futuro.

ABSTRACT

If only traditional techniques are used in archaeological reconnaissance, it won't be possible to record sites or features detectable by means of remote sensing techniques and geophysical instruments. In the present paper, the use of some of these techniques and instruments, in archaeological projects conducted in Costa Rica and El Salvador, are reviewed and compared. Suggestions are made for studies in Central America. Unfortunately, every day looting and construction works destroy many archaeological sites; therefore, such techniques to find and explore deeply buried sites will become more important in the future.

Este trabajo tiene como objetivo examinar el uso de sensores remotos y la instrumentación geofísica, tal como ha sido aplicada a los problemas de la investigación arqueológica en Costa Rica y El Salvador, con la intención de explorar su aplicabilidad en futuros diseños de investigación en Gran Nicoya. Resulta importante comprender que el empleo exitoso de estos instrumentos en sitios arqueológicos, depende de la apropiada escogencia de los mismos, así como de las características del lugar. Otro elemento de importancia es el de contar con un geofísico capacitado, quien opere y ajuste los instrumentos, para detectar la sensibilidad, profundidad, dimensiones y naturaleza del objeto. Los instrumentos geofísicos varían en su capacidad de detectar la evidencia cultural en diferentes ambientes, además, dependen de la profundidad a que se hallen los depósitos. Las estaciones atmosféricas

pueden tener también un efecto directo, ya que los suelos se tornan húmedos o secos y la vegetación cambia. Es importante asimismo evitar los "recetarios"; donde se espera que un instrumento determinado proporcione información cultural relevante, porque éste funciona bien en otro contexto, en otro lugar. En algunos casos, la base operativa de los instrumentos deberá estudiarse a fondo, si se desea una exitosa utilización de los mismos. Mientras más traten los arqueólogos de obviar estas necesidades, mayor será la probabilidad que deriven interpretaciones y datos de poca utilidad.

La percepción remota implica la obtención de indicios acerca de las propiedades de la superficie y subsuperficie de materiales que se hallan a considerable distancia. Estas distancias pueden ser aún mayores cuando los investigadores utilizan instrumentos a través de satélites, para registrar suelos, vegetación y geografía de grandes extensiones. La distancia puede ser moderada cuando las cámaras e instrumentos digitales dispuestos en aviones, registran fenómenos desde algunos cientos de metros de altura. Las distancias pueden ser cortas cuando los instrumentos geofísicos se mueven en la superficie de la tierra, en la búsqueda de anomalías que podrían indicar evidencia cultural a uno o a varios metros bajo la superficie. Los dos proyectos tratados en el presente artículo ejemplifican esos rangos de distancia y tipo de instrumentos.

El Proyecto Arenal en Costa Rica empleó aeronaves y satélites con gran variedad de instrumentos, y se tuvo éxito en detectar los senderos erosionados que las poblaciones usaron hace miles de años para viajar de un lugar a otro, así como cementerios, manantiales y fuentes líticas. El Proyecto Cerén en El Salvador, ilustra el uso de sensores geofísicos en la búsqueda de contextos culturales enterrados bajo unos cinco metros de cenizas volcánicas. Algunos instrumentos geofísicos no son apropiados para las condiciones del Cerén; otros empero—particularmente radares de resistividad y penetración—han detectado exitosamente estructuras sepultadas bajo grandes capas de ceniza volcánica.

EL PROYECTO ARENAL Y LA PERCEPCION REMOTA

Como parte del Proyecto Prehistórico Arenal, fueron llevadas a cabo investigaciones multidisciplinarias con énfasis en arqueología, vulcanología y biología, entre 1984 y 1987, en la región noroccidental de Costa Rica (Fig. 1). Los objetivos del mismo incluyeron la determinación de secuencias volcánicas y culturales, que ayudaron con el estudio de los asentamientos y la subsistencia. Además, fueron explorados los efectos que las erupciones volcánicas ocasionaban a las sociedades, determinando así la adaptación a las condiciones tropicales, y la integración de las sociedades locales con redes económicas y sociales más grandes. El estudio por sensor remoto realizado por la Administración Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA, siglas en inglés), proporcionó una cantidad de imágenes sorprendentemente efectivas en detectar vestigios de rutas prehistóricas que conectaban un sitio arqueológico con otro, tanto como las características y orígenes de los materiales. La Provincia de Guanacaste, situada en la parte noroccidental de Costa Rica, tiene tres zonas fisiográficas principales, ellas son: la costa del Pacífico, la llanura interna y las montañas. La costa, ha sido relativamente bien estudiada, particularmente por Lange, Accola y Ryder (1980), teniéndose como resultado el descubrimiento de una serie de sitios arqueológicos y artefactos que datan del 500 a.C. hasta la Conquista. Los llanuras internas no han recibido tanta atención, pero algunos proyectos han proporcionado información cronológica y adaptativa (cf. Guerrero, Solís y Vázquez, este volumen). Las áreas montañosas, localmente conocidas como "la cordillera", han sido las menos estudiadas, existiendo sólo algunas publicaciones preliminares hechas por Norr (1986), Finch (1986) y Aguilar (1983).

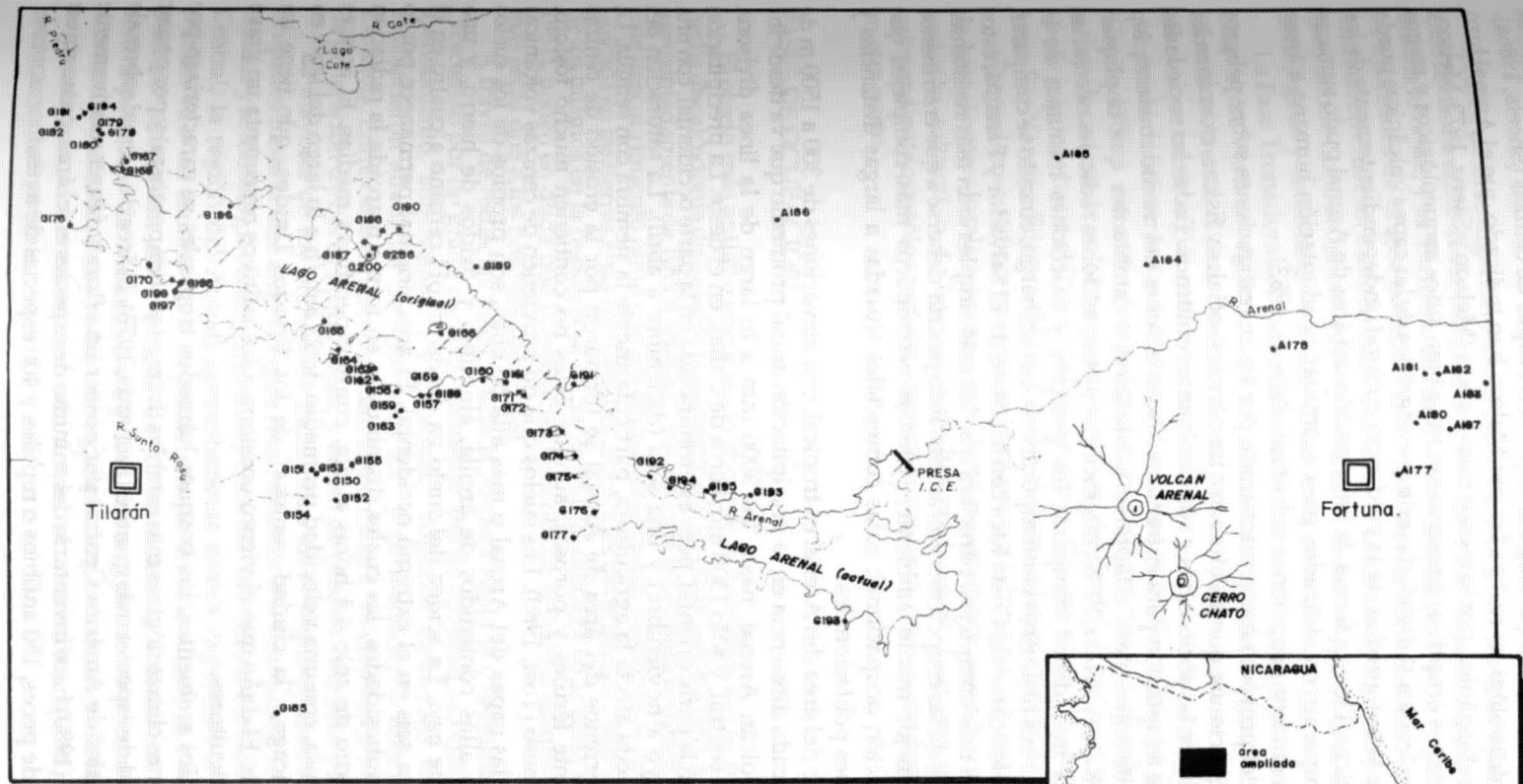
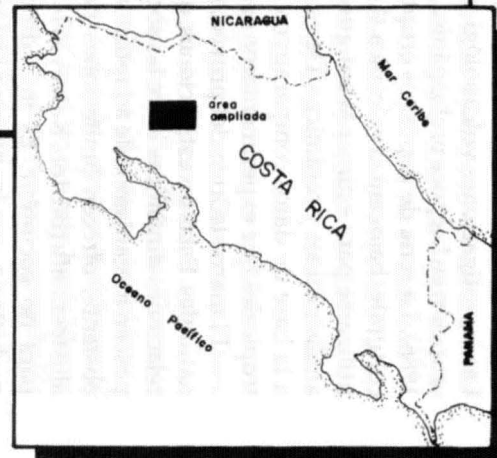
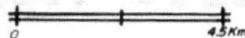


Fig. 1 Mapa del área de estudio del Proyecto Arqueológico Arenal, incluyendo la laguna y volcán del mismo nombre, así como la ubicación dentro del territorio de Costa Rica en el recuadro.



El área de Arenal fue escogida para el proyecto porque se sabía que las erupciones del Volcán Arenal enterraron restos arqueológicos bajo varias capas de cenizas (Sheets, 1973). Las investigaciones vulcanológicas realizadas por Melson han indicado que el Arenal tuvo una gran erupción en la época prehispánica, por lo menos nueve veces (Melson y Sáenz, 1973; Melson, 1986). La serie de depósitos eruptivos preservaron muy bien sitios arqueológicos y culturales bajo ceniza volcánica. Además, la serie estratigráfica de las capas volcánicas puede utilizarse para estimar la antigüedad de la evidencia cultural, independientemente de los análisis líticos y cerámicos. De esta forma, la información del área de Arenal pudo sumarse a la base de datos comparativos utilizados para examinar la adaptación humana a áreas tropicales que experimentaron erupciones volcánicas (Sheets, 1983).

El marco teórico del proyecto fue suministrado por las investigaciones sobre peligros naturales. Estas investigaciones, que involucran a las ciencias sociales y físicas, examinan relaciones dinámicas entre las sociedades y sus cambiantes entornos. Todas las sociedades poseen mecanismos de adaptación para enfrentar a las variaciones del medio ambiente. Sin embargo, ofrecen limitaciones para adaptarse a situaciones cambiantes que implican ajustes *in situ* (Burton, Kates y White, 1978), migraciones u otras acciones radicales necesarias para no sucumbir. Es más difícil comparar los peligros y reacciones humanas de la prehistoria, que los eventos históricos contemporáneos. Sin embargo, cuando se comparan a las sociedades y el vulcanismo de Costa Rica con los casos de El Salvador y Panamá, es interesante que los últimos con sociedades más complejas, pareciera que las más simples eran más resistentes a los golpes imprevistos de las erupciones volcánicas. Esto podría deberse a que eran más dependientes de un mejor medio ambiente; sistemas económicos más complejos que incluían la especialización ocupacional; rutas comerciales situadas a largas distancias y grandes concentraciones poblacionales.

El medio ambiente del área del Arenal es tropical, con elevaciones de 300 a 1500 m de altura. Existe una marcada diferencia en la precipitación anual promedio que va desde los 6000 mm cerca del Volcán Arenal, hasta los 3000 mm a lo largo de la línea divisora continental en la parte central, y sólo 1300 mm cerca de Cañas, en el oeste. La precipitación estacional es mínima en la parte oriental, pero es pronunciada en la parte occidental, con una estación húmeda (mayo a noviembre) y una seca (diciembre a abril). La saturación del terreno en el área húmeda afecta la agricultura, particularmente la siembra con semilla. La mayor parte de los terrenos del área de Arenal se formaron por la erosión de cenizas volcánicas generalmente fértiles y porosas; aunque éstas no contienen mucho fósforo, potasio, zinc y manganeso (Tosi, 1980). Los suelos que no provienen de cenizas volcánicas recientes, ya sea bajo las capas del Arenal o más allá de ellas, son propios de los suelos tropicales, mostrando altos contenidos de arcilla, aluminio y óxidos de hierro, y una fertilidad relativamente baja. La acidez del suelo va desde un pH cercano a cuatro en el extremo oriental, hasta seis en el extremo occidental. El área oriental permanece por lo general cubierta por nubosidades, las cuales disminuyen en forma marcada la radiación solar hasta un promedio de sólo 4,4 horas al día, con temperaturas medias. El área es extremadamente ventosa, con una velocidad promedio de 23 Km/h a lo largo del lago; en comparación con Chicago, "la ciudad ventosa" de los Estados Unidos, que tiene un promedio de 16 Km/h. El daño que el viento ocasiona a los cultivos representa un grave problema para los agricultores.

De todos los medios ambientes, los bosques húmedos tropicales se caracterizan por mantener las condiciones climatológicas más estables (húmedad, temperatura) y por poseer la biomasa y diversidad de especies más grande (Richards, 1973). El área de Arenal sobresale entre las zonas tropicales de América Central por poseer una flora y fauna relativamente ricas (Tosi, 1980). Tosi (1980) hace inventario del mínimo de especies en el área, como siguen: 500 plantas, 25 clases de peces, 150 anfibios o reptiles y 400 especies de aves.

El área de investigación Arenal situada en la Cordillera de Tilarán, se encuentra en la línea divisoria entre dos zonas prehistórico-culturales: la subárea arqueológica Gran Nicoya, situada al oeste, y la Vertiente Atlántica, al este (Lange, 1984d: Fig.7.1). Una evaluación de los materiales de origen cultural recuperados en la zona del Proyecto Arenal (ver Fig. 1), permitió efectuar un examen más detallado de la naturaleza de esa frontera. Asociadas a las fases donde hubo sedentarismo y producción de cerámica, se descubrieron características tecnológicas y estilísticas de ambas áreas en la zona de Arenal.

La Fase Tronadora comparte características con los complejos cerámicos La Montaña y Chaparrón, Vertiente Atlántica, y La Pochota, tierras bajas del Guanacaste. Durante las fases Silencio y Arenal, el área de Arenal compartió más material de origen cultural con Gran Nicoya que con la región atlántica. Esta relación se revirtió durante la Fase Tilarán. Creemos que puede definirse una subárea de la cordillera entre Gran Nicoya y las áreas del atlántico (Sheets, 1986c). Su extensión geográfica no es claramente conocida, pero probablemente incluye la cadena de volcanes y lomas que van desde el Volcán Orosí, en el norte, hasta Monte Verde y quizás hasta el Cerro Cedral, en el sur. En esta última se incluyen por supuesto las áreas Río Naranjo-Bijagua (Norr, 1986) y Hacienda Jericó (Finch, 1986).

Si se pudiera justificar la creación de una nueva subregión cultural, los sitios arqueológicos de Arenal y otros localizados en la cordillera, no serían una mera derivación periférica de otra tradición cultural, o de la mezcla de dos tradiciones, sino una tradición relativamente independiente que sólo aceptaba ocasionalmente la incorporación de innovaciones realizadas en otra parte.

FASES DE OCUPACION

El objeto más antiguo encontrado durante la investigación es una punta estilo Clovis, hecha de calcedonia disponible localmente a lo largo de la costa del Lago Arenal (Fig. 2). Data aproximadamente de 10 000 años a.C. y evidencia la primera ocupación humana en la región. Este descubrimiento junto con los abundantes restos paleoindios de la región de Turrialba, ubicada en las tierras altas con bosques tropicales del atlántico (Snarskis, 1979a), y la escasez de los mismos en la región seca de Santa María, ubicada en la zona sur de Panamá (Cooke, 1984), ponen en duda que la población paleoindia se habría adaptado mejor a las llanuras más secas que a los bosques húmedos.

A través de todas las fases, desde la Arcaica hasta la Conquista, la zona de Arenal se caracterizó por un grado excepcionalmente alto de continuidad cultural en los patrones de asentamiento, subsistencia y tecnología. Algunos elementos tecnológicos básicos se establecieron alrededor de 4000 años a.C. y permanecieron intactos hasta la Conquista Española. Entre estos últimos tenemos la tecnología "núcleo-lasca", que es la primera forma de generación de bordes punzantes, y el uso de piedras calientes para cocinar.

La mayoría de los poblados establecidos en el segundo milenio a.C. permanecieron ocupados hasta la fase arqueológica final, anterior a la Conquista. Los cambios en la piedra lascada y la tecnología cerámica fueron pocos. En contraste con muchas regiones de América Central, la región del Arenal aparentemente nunca experimentó aumentos rápidos de población, o un cambio en la dependencia de un solo alimento básico para subsistir. Los pueblos mantenían altos grados de autosuficiencia económica, en contraste con sus contemporáneos de Mesoamérica y los Andes, que se volvieron más dependientes de economías centralizadas y redes comerciales a largas distancias. Esta estabilidad es aún más extraordinaria si tomamos en cuenta que se mantenían en un ambiente volcánico y sísmicamente inestable.

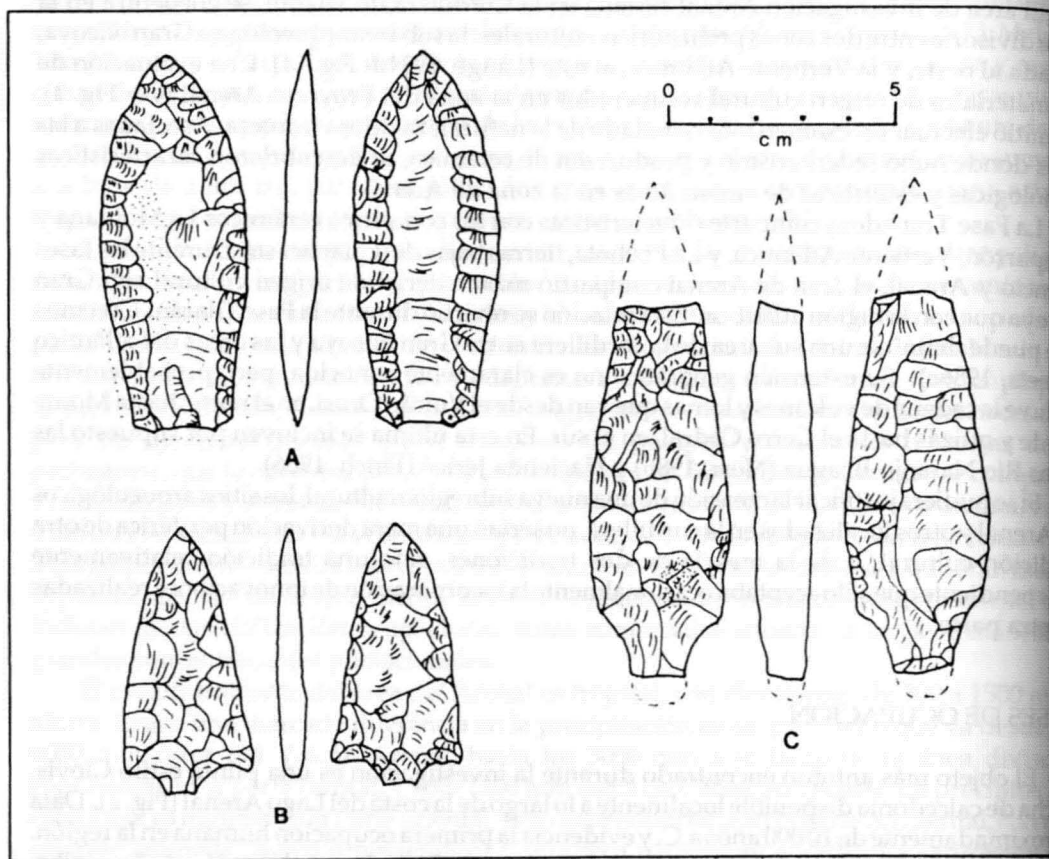


Fig. 2. *Artefactos de piedra lasqueada del área Arenal. (a) Punta estilo Clovis hallada en la costa de la Laguna Arenal. (b) Punta estilo Fortuna, correspondiente probablemente al Período Arcaico. (c) Punta estilo Silencio, representativa de la fase del mismo nombre.*

A lo largo de todas las fases con asentamientos sedentarios, los lugares más favorable para radicar lo fueron los terrenos planos cercanos a los ríos. La mayor concentración de poblados se encontraba a lo largo de la costa ecotonal sur del Lago Arenal, hacia las laderas del macizo montañoso, donde la gente tenía acceso a recursos y a una variedad de zonas ecológicas. Esto incluye el lago con sus mamíferos y peces, el valle superior del Río Arenal, rico en suelos fértiles de origen volcánico, y las áreas de los cerros. El análisis de residuos macrobotánicos, polen y fitolíticos indica una estrategia de subsistencia mixta, que incluía cultivos de granos, frutas y, probablemente, tubérculos.

La Fase Fortuna (4000-3000 a.C.), se conoce por los descubrimientos en superficie, cortes estratigráficos y por un sitio de campamento excavado. Se encontró una "punta Fortuna" lasqueada (Sheets, 1986b) (ver Fig. 2), junto con restos de madera petrificada, calcedonia, dacita y otros materiales locales de grano fino. El campamento, con sus dos fogones, produjo docenas de piedras para cocinar, evidentemente usadas para hervir. Además, fragmentos de

piedra que se produjeron al ocurrir los rápidos cambios de temperatura. La forma más común para producir bordes punzantes era una industria informal de "nucleo-lasca". Ambas tecnologías, la de piedra para cocinar y la talla "nucleo-lasca", permanecieron prácticamente intactas hasta la Era Histórica.

Existe una brecha de mil años entre el final de la Fase Fortuna y el inicio de la Fase Tronadora, según nuestra conservadora definición. No nos ha sido posible separar desafortunadamente estas ocupaciones con base en la estratigrafía, correlaciones estilísticas, análisis de seriació, o técnicas cuantitativas. El cambio en el estilo de vida que pasó de la caza y la recolección a las aldeas sedentarias, que utilizaban la cerámica e instrumentos pesados de piedra, ocurrió aparentemente durante ese milenio.

De la Fase Tronadora (2000-500 a.C.) se excavó un piso de vivienda y fue hallada cerámica en el sitio Tronadora Vieja (G-163). Este sitio fue uno de los tantos pueblos dispersos del área Arenal en el segundo milenio a.C. La preservación del mismo se facilitó por estar bajo la cenizas volcánicas de la Unidad Tefra 61, cuya formación data de aproximadamente 1800 a.C. Esta erupción no se atribuye definitivamente al Volcán Arenal. Es probable que pueda provenir del Cerro Chato. Los objetos de cerámica estaban bien hechos y decorados con incisiones y pintura (Hoopes, 1986a, 1987a, 1987b). Los entierros, probablemente secundarios, aparentemente eran hechos en pequeños hoyos rectangulares que estaban situados entre las casas y, ocasionalmente, se hacían acompañar de ofrecimientos de alfarería. Las estructuras eran de planta circular, con postes que sostenían los techos y piso de tierra. La secuencia de los objetos de cerámica del área Arenal, está basada en el análisis de fragmentos recogidos en superficie y en excavaciones etratigráficas (Hoopes, 1986a, 1987b).

La alfarería de la Fase Tronadora del sitio Tronadora Vieja, está entre la cerámica más temprana que se conoce para Costa Rica. Las fechas de las pruebas de radiocarbono indican que apareció en la Cuenca de Arenal, antes de los 2000 años a.C., o quizá cientos de años antes. La alfarería de la Fase Tronadora tiene grandes afinidades con la de otros complejos de Costa Rica y Nicaragua: *i.e.* Chaparrón en la región de San Carlos (Snarskis, 1978), Dinarte en la Isla de Ometepe (Haberland, 1966a, 1984b, 1986), Loma B de la costa del Guanacaste (Lange, 1980a), Naranjo de la cordillera norte (Norr, 1986), La Pochota en las tierras bajas del Guanacaste (Odio, 1992), La Montaña y Barva de las tierras altas centrales (Snarskis, 1978, 1984b) y Curré en la Cuenca del Río Térraba (Corrales, 1987). Es similar en varios aspectos a las colecciones contemporáneas de Mesoamérica y de la parte noroccidental de América del Sur. Comparte formas con Barra y Ocos, al norte (Coe, 1962a, Lowe, 1975, Clark *et al.*, *n.d.*) y, hacia el sur, con Canapote, Barlovento y otros complejos del norte de Colombia (Bischoff, 1966, 1972; Reichel-Dolmatoff, 1985). Sin embargo, para nosotros Tronadora no es lo suficientemente parecida a alguna de estas colecciones como para que se proponga una relación directa. Las características de la cerámica de la Fase Tronadora sugieren, por otra parte, una manifestación particular, de lo que probablemente fue una tradición tecnológica generalizada de cerámica decorada a lo largo del Area Intermedia cerca del segundo milenio a.C.

Dada la amplia distribución de los complejos cerámicos tempranos en Costa Rica, y las similitudes generales de la alfarería de la Fase Tronadora con la del Formativo Temprano, tanto de Mesoamérica como de Sur América, resulta difícil caracterizarlos como pertenecientes a tradiciones culturales del norte o sur, atlántica o pacífica. Sus afinidades más cercanas se establecen con Chaparrón, en la cuenca norte del Atlántico de Costa Rica (Snarskis, 1978) y Dinarte de la Isla de Ometepe en el Lago de Nicaragua (Haberland, 1966a). El acabado superficial y la calidad de cocción son más similares a las de Barra y Ocos que a las de Barlovento. Sin embargo, hasta que la naturaleza de la ocupación del Período Formativo en

Costa Rica sea entendida, la alfarería de la Fase Tronadora sobresale como un complejo regionalizado de cerámica de los períodos formativos Temprano y Medio en el Ar Intermedia.

La Fase Arenal (500 a.C.-600 d.C.) es la expresión local del horizonte estilístico bicromado en zonas del sur de América Central (Hoopes, 1987b; Lange, 1984d). La densidad poblacional en la zona de Arenal, y en casi toda la cordillera, alcanzó su fase culminante durante esta fase. El número de sitios arqueológicos, su tamaño y la frecuencia de cerámica analizable, son mayores durante esta fase.

Los cementerios estaban casi siempre situados en alturas prominentes, cerca de los poblados. Las viviendas de plantas circulares y, supuestamente, techos pajizos, permanecieron parecidas a las de la fase anterior. Los fogones para cocinar estaban situados afuera de las casas.

Una muestra de los entierros de la Fase Arenal que proporcionamos, proviene del cementerio del sitio Bolívar (G-164). A juzgar por el tamaño de las fosas, los entierros fueron primarios, depositados en posición extendida, y se hacían acompañar por objetos. Después que el cuerpo era colocado en la fosa, ésta era rellenada con tierra, piedras alargadas alineaban en un rectángulo alrededor de la subsuperficie de la fosa y toneladas de piedra de río eran depositadas encima. Algunas vasijas completas de cerámica, metates y manijas eran quebrados sobre la capa de piedra.

La Fase Arenal está dividida en dos etapas con base en correlaciones de secuencia cruzada y fechas radiocarbono. Las características de la primera etapa (500 a.C.-1 d.C.) incluyen pintura rojo sobre crema bordeada por gruesas incisiones y, pintura en brochado múltiple en rojo y franjas con impresiones de concha. La última etapa (1-600 d.C.) es caracterizada por el uso de pintura negra con combinaciones en rojo, decoraciones incisas finas (predominantemente geométricas y motivos trenzados tipo güilloche) semejantes a las de la cerámica Usulután, también por la aparición, a finales de esta fase, de los primeros policromos. En resumen, los estilos cerámicos de la Fase Arenal son similares a los de Gran Nicoya, pero se evidencian vínculos con los de la Vertiente Atlántica, por el uso de decoración roja en crema, aplicaciones zoomórficas y bases huecas decoradas. Cerámica del atlántico llegó al sitio Bolívar (G-164) y otras partes en Guanacaste oriental (Ryder, 1986a) por comercio, alrededor de 300 a 600 años d.C.

Los utensilios de piedra se volvieron más comunes y se usaron con connotación religiosa, simbolización de estatus y fines utilitarios. Los metates tenían superficies ovaladas para moler, y virtualmente todos tenían tres patas cónicas o cilíndricas. Eran comunes las manos de piedra cilíndricas, alargadas, que sobresalían a los lados del metate. Hachas de formas petaloides, con lados rectos o ensanchados un poco, fueron frecuentemente enterradas con los muertos.

La Fase Silencio (600-1300 d.C.) presenció un descenso poblacional, marcado por la disminución de caseríos ocupados y por su tamaño, aunque habían algunos extensos. La cerámica policromada empezó a hacerse en la región, pero las industrias líticas cambiaron poco. El lasqueo bifacial de puntas de proyectil y cuchillos, suspendido durante la Fase Arenal y la mayor parte de la Fase Tronadora, reapareció con el advenimiento de la Fase Silencio (ver Fig. 2). Sin embargo, la talla bifacial de hachas petaloides continuó de forma ininterrumpida desde la Fase Tronadora hasta la Tilarán.

Los cementerios en la Fase Silencio estaban más alejados de los poblados que en otras épocas, a varios kilómetros como es el caso del sitio funerario Silencio (G-150). Los enterramientos se hacían en cajones de laja volcánica cuyas técnicas de construcción son virtualmente idénticas a las sepulturas tardías de las tierras altas centrales de Costa Rica (Snarskís, 1984b). Las tumbas de laja en la región Arenal incluían vasijas miniaturadas.

pendientes de oro y, o, metates elaborados. Es el final de la tendencia funeraria de las fases Arenal y Tronadora, caracterizados por las largas distancias entre poblados y la gran complejidad de sus cementerios en la construcción de tumbas. A pesar de que algunos cementerios estaban ubicados a distancias considerables de los pueblos, la percepción remota nos permitió hacer conexiones directas entre los sitios arqueológicos, por la detección de pequeños senderos erosionados que enlazaban poblados con cementerios, manantiales y centros de actividades especiales. El sondeo remoto es considerado en mayor detalle en un apartado posterior.

Las fuertes relaciones con los estilos cerámicos de las culturas de Gran Nicoya continuaron a lo largo de la Fase Silencio. Alrededor de esta época hubo en Gran Nicoya una enorme proliferación de diferentes tipos de cerámica policromada de alta calidad, que fue también evidente en la cordillera. Abundante cerámica policromada fue encontrada en el sitio Silencio (G-150) en las tumbas de laja. Pequeñas vasijas policromadas, talvez fabricadas en la Cuenca del Tempisque al oeste, aparecieron en los entierros como ofrendas, algunas veces asociadas con pendientes de oro. Mientras un gran número de fragmentos cerámicos de diferentes tipos del Período Sapoá (800-1350 d.C.) de Gran Nicoya, hallados en el sitio Silencio, pueden representar artículos adquiridos a través del trueque o comercio en las regiones del oeste, el tipo más común fue el Jiménez Policromo que se fabricaba localmente. Su calidad no es tan buena como la de las cerámicas del área del Río Tempisque.

La Fase Tilarán (1300-1500 d.C.) presenció un descenso continuo de la población y un giro en la afiliación cultural, fuera de Gran Nicoya, hacia las montañas centrales y la Vertiente Atlántica. El cambio en la cerámica es similar al observado por Creamer (1983b) en la zona del Golfo de Nicoya. En el área Arenal, las primeras fases demuestran sólo débiles relaciones hacia el este y sureste; la gente en la cordillera mantenía sólo afiliaciones culturales primarias con Gran Nicoya al oeste. Por contraste con los patrones de asentamientos de la fase previa de poblados dispersos, pequeños a medianos, la Fase Tilarán está caracterizada por caseríos ampliamente dispersos. El patrón de asentamiento es más parecido al de la Fase Tronadora que al de cualquier otra. La cerámica ya no manifiesta influencias culturales vinculables a los estilos policromos bien elaborados, sino, más bien, aplicaciones y otras técnicas plásticas (Hoopes, 1986b). Es muy probable que la tendencia hacia prácticas funerarias más complejas, presentes durante las primeras tres fases, se viera interrumpida. No encontramos entierros correspondientes a la Fase Tilarán. Los artefactos de entierros de esta fase son escasos en las colecciones privadas. Los saqueadores locales no tienen conocimiento sobre ellos.

VULCANISMO

La erupción de 1968 del Volcán Arenal ha sido la más violenta en la historia de Costa Rica. Un saldo de 87 personas muertas y la devastación de gran parte del bosque tropical existente, algunas haciendas, fincas y un pueblo fueron resultado de esta catástrofe. Mientras escribimos (marzo 1993) el volcán está activo, produciendo ocasionalmente pequeñas explosiones y coladas de lava.

Antes de 1968, se desconocía la historia eruptiva del Volcán Arenal. Empero, la actividad investigativa de las últimas dos décadas ha revelado, por lo menos, una serie de nueve explosiones durante los últimos cuatro mil años (Melson, 1986). La constancia de los vientos alisios que soplan del este ha sido evidente durante los últimos milenios. A través de toda la sucesión estratigráfica, las capas de tefra son más gruesas hacia el oeste del volcán que en otras direcciones. La primera capa de tefra que afectó los poblados situados en el área de estudio, fue la Unidad 61, que cayó alrededor de 1800 a.C. En apariencia esta vino de la

primera y más fuerte erupción del Volcán Arenal. Sus cenizas cayeron en los campos habitados del sitio Tronadora Vieja (G-163), y esto contribuyó a la preservación de las estructuras y áreas de actividad.

La segunda capa de tefra atribuible al Arenal, o Unidad 55, cayó alrededor del 800 a.C. Esta última fue una erupción mayor y la capa de cenizas resultante formó una superficie relativamente compacta en el área.

Las dos capas de cenizas conocidas como unidades 52 y 53 cayeron alrededor de los tiempos de Cristo. Eran más delgadas que las 61 y 55, y presumiblemente tuvieron menores efectos en la flora, fauna y asentamientos humanos. Varias de estas capas de ceniza y suelos formados por ellas se pueden observar en la Figura 2, sacada de una prueba estratigráfica realizada durante la excavación de una fosa funeraria en el sitio Silencio (G-150).

Luego cayeron en el área dos capas relativamente gruesas, como producto de grandes erupciones que se dieron en un corto lapso. Conocidas como las unidades 40 y 41, se depositaron alrededor de 800 a 900 d.C. y parece ser que fueron tan gruesas que ocasionaron daños ecológicos significativos.

La última erupción en la prehistoria—una de las más violentas—formó alrededor del 1450 d.C. la Unidad 20. Esta tefra es un marcador estratigráfico muy conveniente, el cual separa los períodos prehistóricos de los históricos, y es fácilmente diferenciable en el área investigada. Melson ha estudiado cada una de las unidades principales del sitio arqueológico El Tajón, ubicado cerca del volcán (Melson, 1986; Melson y Sáenz, 1973). Este investigador pudo relacionar la mayor parte de las unidades de tefra asociadas a contextos arqueológicos con el esquema cronológico, aunque quedan aún algunas interrogantes.

PERCEPCION REMOTA

El área de Arenal presenta retos para el sondeo remoto aplicado a la arqueología, debido a varias razones. Condiciones atmosféricas nubosas y una alta humedad atmosférica interfieren con algunas técnicas de percepción a distancia. El bosque húmedo tropical ha sido transformado en pastizales espesos para alimentar ganado. Las erupciones del Arenal han enterrado objetos bajo varias capas de ceniza. La densidad poblacional del área fue baja en relación con cuencas de similar tamaño en Mesoamérica o los Andes. De manera adicional, el impacto de los pobladores de Arenal en el medio ambiente prehistórico fue relativamente bajo. Las sociedades del área Arenal fueron igualitarias la mayor parte del tiempo, tanto como las del Golfo de Nicoya (Creamer y Haas, 1985). Existe poca evidencia que indique su tránsito hacia formas de organización más jerarquizadas, o cacicazgos, durante las fases Arenal y Silencio. Por lo tanto, carecían de grandes obras civiles características de sociedades más complejas, construcciones que serían detectables mediante la percepción remota.

El proyecto se ha beneficiado de la abundante información obtenida por el Laboratorio de Recursos de la Tierra de la NASA. Dos escenas captadas a través de satélite (radar de espectro múltiple e instrumentos de cartografía), fueron capaces de grabar los declives generales del medio ambiente, detectaron las variaciones en los bosques tropicales y rastrear el impacto de la erupción del Arenal de 1968. Cuatro sobrevuelos proporcionaron fotografías aéreas a color infrarrojas, así como información digital del aparato laser LIDAR, del Radar de Abertura Sintetizada (SAR) (Wu y Sader, 1987) y del Lector Térmico de Multiespectro (TIMS) (Khale y Goetz, 1983; Sever y Wiseman, 1985). Además, se obtuvieron numerosas fotografías en blanco y negro (negativos de 9x9 pulgadas) del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica; sus imágenes, luego de ampliaciones de hasta diez veces, fueron de mucha ayuda. Estas fotos convencionales continúan siendo la fuente de obtención de datos más económica por sondeo remoto con que se cuenta.

Se ha descubierto un número de imágenes lineares anómalas en algunas fotografías aéreas a color infrarrojas, y blanco y negro, así como en la información digital de los instrumentos TIMS, SAR y LIDAR. Mediante el análisis y la comparación con elementos del paisaje contemporáneo, muchas de las líneas son identificables como de origen histórico o reciente (e.g. cercos de los caminos, sendero de ganados o veredas). Sin embargo, varias otras conectaban sitios arqueológicos, o sitios con fuentes de materias primas. Por ejemplo, líneas que salen del cementerio Silencio (G-150) conducen directamente a un manantial, a depósitos de laja andesítica empleada en la construcción de paredes y tumbas y, también, al lugar donde aflora este tipo de piedra. Otras líneas aparentemente conducían hacia los pueblos de donde procedían los muertos que se inhumaban en el cementerio.

Dichas imágenes lineares sólo pueden ser consideradas como anomalías hasta que sean investigadas en el campo, y den evidencia inequívoca de que el realidad son de origen cultural prehistórico. Varias de las líneas corroboradas mediante la excavación de trincheras, resultaron ser caminos prehistóricos erosionados (Fig. 3). La estratigrafía mostró el origen de formación y preservación. Cuando se inició el uso de los caminos, la compactación de los suelos retardó el crecimiento de la vegetación y redujo la infiltración del agua pluvial. La caída de las lluvias ocasionó escorrentía y, por ende, la erosión de los caminos; asimismo la erosión formó una zanja en forma de "U" a lo largo de la vía.

Mientras los caminos continuaron siendo usados y erosionados, sus taludes se volvieron más empinados; la erosión lateral formó, entonces, una amplia zanja en "V". A lo largo de algunas laderas empinadas, donde existía considerable tráfico a pie y una mayor erosión hacia abajo y los laterales, la zanja alcanzó algunos metros de profundidad y se ensanchó más de cinco metros. Después del abandono de los caminos, la regeneración vegetal estabilizó la superficie, impidió la erosión y posibilitó la preservación. Las capas de cenizas volcánicas que cayeron más tarde también contribuyeron con la preservación, permitiendo nuestra interpretación de la compleja mezcla de procesos naturales y culturales involucrados.

La secuencia de tefras establecida por Melson (1986) fue de muchísima ayuda para determinar la fecha de uso de los caminos. Las excavaciones evidenciaron el estrato en el cual dio inicio la erosión, proporcionando la fecha inicial de su uso después que la capa de ceniza cayera y se desarrollara suelo, antes de la caída de la siguiente capa. Una fecha del cese del flujo peatonal por el camino, es brindada por la capa no erosionada de cenizas encima de él. La información independiente, para estimar el tiempo de uso del camino, fue brindada por los objetos líticos y cerámicos. Sin embargo, es poco frecuente la presencia de cerámica en las zanjas y los restos líticos raramente son marcadores de períodos cortos.

Si los artefactos fueran la única forma de asignarle fechas a los caminos, la mayor parte de las zanjas hubieran necesitado excavaciones más profundas (varios metros cuadrados) para poder generar una buena muestra de restos culturales.

Un elemento esencial del sondeo remoto es la verificación de campo, y se deben establecer criterios claros para que una anomalía sea considerada como una característica de origen cultural prehistórico. Lo contrario es igualmente cierto, ya que la metodología utilizada debe aclarar cómo las anomalías pueden ser identificadas como un fenómeno no cultural, o como una característica reciente. En algunos casos, descubrimos anomalías lineares en las imágenes que tenían la forma, densidad de color y señas espectrales de los caminos previamente confirmados como prehistóricos, pero se determinó que eran históricos o recientes, por las relaciones estratigráficas descubiertas durante las investigaciones de campo.

El descubrimiento de anomalías lineares en los datos obtenidos por percepción remota, y la verificación de muchas de ellas, como caminos prehistóricos mediante excavaciones, evidencia la red territorial de comunicación pedestre. Esta red de caminos es muy parecida a la de los indígenas Kayapo de la Cuenca del Amazonas de Brasil (cf. Posey, 1983), la cual conectaba poblados, campos y sitios de extracción de recursos en un medio ambiente húmedo tropical.

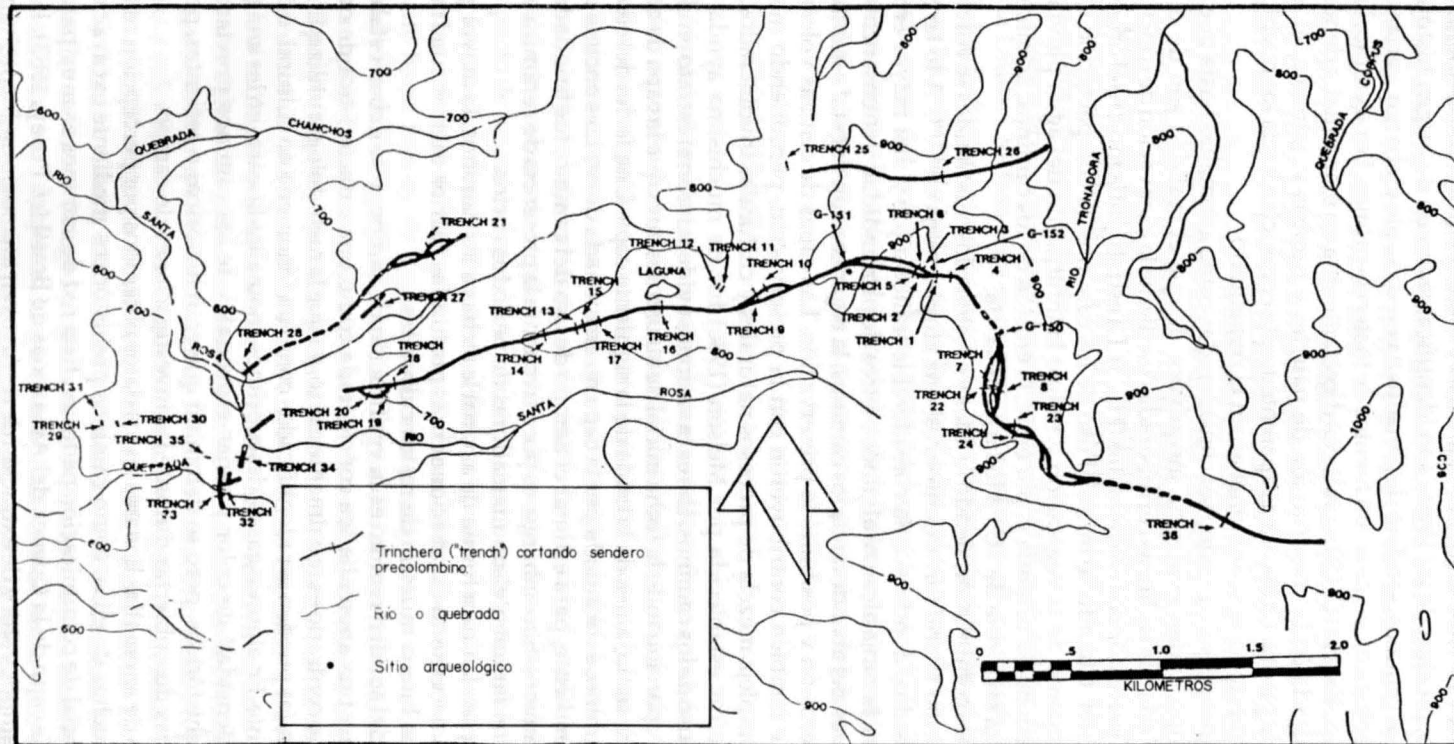


Fig. 3 Mapa de antiguas veredas, descubiertas por percepción remota, y confirmadas mediante la excavación de trincheras y determinación de relaciones estratigráficas. Las veredas más tempranas datan de pocos siglos antes de Cristo, y las más tardías estuvieron en uso hasta 1200 d.C.

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS DEL SONDEO REMOTO EN EL AREA ARENAL

El Proyecto Prehistórico Arenal constituyó un estudio de asentamientos y subsistencia de poblaciones, en los bosques húmedos tropicales de Costa Rica, afectadas por erupciones volcánicas explosivas y ocasionales. Se esperaba que registros habitacionales, de por lo menos un milenio, podrían encontrarse para estudiar la fortaleza de las sociedades simples ante las erupciones volcánicas y, ser comparadas con sociedades más complejas del norte de América Central, y otras afectadas por erupciones sorpresivas. La base de datos de Arenal que desarrollamos para explorar los asentamientos, subsistencia y vulcanismo, es cronológica y geográficamente más amplia de lo que originalmente habíamos anticipado, variando desde el clima húmedo del la Vertiente Atlántica hasta el seco monzónico de la Vertiente Pacífica, que incluyen evidencia de la ocupación paleoindia y arcáica, anterior al surgimiento de sociedades sedentarias, antes del 2000 a.C.

Comparadas con lo realizado en El Salvador (Sheets, 1983) y en Panamá (Linares, Sheets y Rosenthal, 1975), nuestras investigaciones en el área Arenal no se centraron en sitios enterrados bajo metros de ceniza volcánica, principalmente por la dificultad de descubrir y excavar dichos contextos arqueológicos. Por otro lado, los sitios afectados por caídas menores de ceniza, fueron también omitidos, ya que no brindan condiciones extraordinarias de preservación de los artefactos, estructuras o capas de tefra reconocibles para fechamientos. Además, sus habitantes no sufrieron grandes cambios de adaptación con la precipitación de cenizas. Sitios enterrados por cantidades moderadas de tefra, también ofrecen ventajas en la búsqueda de semejanzas y diferencias en la respuesta humana, pues caídas que dejan depositaciones de uno a dos metros de ceniza tienen efectos severos en la flora y la fauna (Sergerstom, 1950; Rees, 1979). Un factor de comparación más difícil de establecer es la escala de las diferentes erupciones. A pesar de que varios lugares pueden ser sepultados por igual espesor de cenizas, se deberá considerar la magnitud del o los eventos eruptivos, y las dimensiones de las áreas afectadas. Aún cuando estamos lejos de entender todas las variables significativas, contamos con suficientes casos registrados que se consideran ejemplos adecuados. Podemos por lo tanto, proponer algunas hipótesis y generalizaciones de trabajo iniciales.

Las sociedades más simples evaluadas en Costa Rica parecen haber sido más resistentes a los impactos de las erupciones volcánicas, que las sociedades más complejas estudiadas en El Salvador. La susceptibilidad de las sociedades prehistóricas de El Salvador fue mayor, porque estas dependían de un medio ambiente más constituido, con un cultígeno básico predominante. Poseían una economía más dependiente de productos trasladados desde grandes distancias, que involucraba la redistribución. Además, los asentamientos estaban organizados verticalmente, reflejando centralización política, económica y social (Sheets, 1983).

Aunque no eran tan complejas como las sociedades antes mencionadas, la tribu de Barriles del oeste de Panamá estaba organizada en dos tipos de poblados y, por lo menos, una parte de la economía estaba bajo control centralizado (Linares, Sheets y Rosenthal, 1975). La subsistencia aparentemente estaba basada en el maíz como producto básico y los suelos aluviales eran favorables para la agricultura. Una erupción del Volcán Barú provocó la expulsión de grupos de la parte superior de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo, que pudieron haber originado a su vez migraciones hacia la Vertiente Atlántica, al norte de la división continental de las aguas.

Tanto en El Salvador como en Panamá, las principales erupciones de los volcanes Ilopango y Barú, respectivamente, sirvieron como fase o período divisorio, porque fueron lo

suficientemente grandes para provocar impactos sociales, evidenciables mediante cambios en la cultura material. Las sociedades repoblaron las áreas impactadas después de que la vegetación y los suelos se recuperaron lo suficiente para garantizar una nueva fase de ocupación. Este no es el caso de Costa Rica. Dado que las erupciones del Arenal ocurrieron cada cuatro siglos como promedio, seguramente sorprendieron a la gente de los alrededores tal y como sucedió en la erupción de 1968. No existe una sola erupción del Arenal que pueda ser relacionada con un final de una fase y, por ende, con un período de cambio cultural. Ninguna de ellas muestra un impacto suficiente en las poblaciones humanas de las zonas, ya fuera por desorganización interna, impacto ecológico, que haya ocasionado la emigración acompañada por cambios culturales antes de su reocupación, como para ser reconocida en los registros arqueológicos. En contraste, la tefra del Barú formó un estrato de poco espesor en los sitios ocupados, pero causó más impacto a las poblaciones humanas. La tefra de Ilopango es comparable en grosor con las del Arenal, todas ellas se encontraron a distancias considerables de las fuentes de origen.

También son casos comparables las pequeñas erupciones de Laguna Caldera, Boquerón y Playón (Sheets, 1983). Eventos volcánicos más fuertes que afectaron los asentamientos encontrados en el área de Arenal estuvieron asociados a la formación de las unidades 40 y 41, *circa* 900 d.C. Esos fenómenos pudieron haber ocasionado migraciones que produjeron la concentración poblacional en el Valle del Río Piedra. Las capas de ceniza son más delgadas en ese valle que en el área del Lago y el Río Arenal. Por lo tanto, dicho valle pudo haber servido de refugio hasta que los suelos y la vegetación en el área cercana al volcán pudieron recuperarse. A pesar del traslado de los asentamientos, no aparecen cambios localizables en los contextos arqueológicos que motivaran la definición de fases diferenciadas. El descenso paulatino de la población en el área de estudio, desde la Fase Arenal hasta la Conquista Española, no parece covariar con la actividad volcánica. Pareciera, sobre todo, haber obedecido a un fenómeno regional movido por otras causas.

La tradición alfarera del área de Arenal no se desarrolló aisladamente. Sin embargo, desde el comienzo de la Fase Tronadora, la secuencia cerámica tiene particularidades locales. Las vasijas de borde rojo de uso doméstico predominan en todas las fases menos en la Tilarán y es clara la continuidad en las formas de las vasijas de una fase a otra. Aún para la Fase Silencio, cuando la influencia en Gran Nicoya es mayor, los tipos predominantes de cerámica local se encuentran claramente diferenciados. Las puntas estilo Silencio podrían indicar una conexión distante con las migraciones de pueblos pipiles y nicaraos del centro de México hacia América Central. Empero, la mayoría de las industrias líticas representan la solución local a los problemas locales.

La secuencia cerámica sugiere continuidad biológica y cultural en la prehistoria de la región, con poca evidencia de desplazamiento, emigración o invasión. La cantidad y distribución cerámica sugiere, no obstante, algunas tendencias demográficas significativas a lo largo de la secuencia. La cantidad de sitios con alfarería de la Fase Arenal sobrepasa la de otras fases, evidenciando un pico poblacional en la región en esa época. Los cementerios estaban en lugares especiales a la orilla de los pueblos y eran señalados por acumulaciones de cantos rodados, vasijas de barro quebradas y metates elaborados. Con sus erupciones ocasionales, el Volcán Arenal provocó tensiones en la flora, fauna y sociedades que habitaban a campo abierto. Esas tensiones declinaron a medida que la distancia geográfica con respecto al volcán se hacía mayor, siendo la más corta de 20 a 30 Km. El Arenal hizo una erupción por lo menos nueve veces durante los últimos 4000 años, proporcionando un horizonte de señales estratigráficas en casi toda el área.

Pese a la inestabilidad repentina del medio, las sociedades igualitarias del área de Arenal fueron capaces de mantener la continuidad cultural durante períodos prolongados. Este logro

estuvo acompañado por el mantenimiento de sociedades relativamente simples, y a la vez dotadas de una base estable de estrategias adaptativas.

La no dependencia del monocultivo y en un ambiente constituido, y el hecho que los poblados gozaran de independencia económica, probablemente fueron factores claves para la estabilidad social y la recuperación después de desastres volcánicos.

LA GEOFISICA Y EL SITIO ARQUEOLOGICO CEREN

El sitio Cerén está ubicado en la parte central de El Salvador, hacia el norte del Valle Zapotian, a 36 Km al noroeste de San Salvador (Sheets, 1992) (Fig. 4). Se halla en un ambiente de tierras bajas tropicales, a 450 msnm y recibe alrededor de 1700 mm de precipitación anual (desviación estandar igual 300 mm). La precipitación es altamente estacional, cayendo casi toda en la estación lluviosa (mayo a octubre). Cerén era un poblado del sur de Mesoamérica hace 1400 años que fue enterrado repentinamente por una erupción del Volcán Loma Caldera (Fig. 5). La población no pudo abandonarlo gradualmente por lo que sólo logró llevarse sus posesiones más valiosas. Toda la gama de utensilios está preservado en cada casa. Los depósitos de cenizas volcánicas amortiguaron los efectos climatológicos sobre la materia orgánica, la cual usualmente se encuentra poco preservada en sitios arqueológicos.

Antes de discutir acerca de los objetos encontrados bajo las cenizas volcánicas, es necesario hacer una descripción del vulcanismo. La salida activa, conocida ahora como Volcán Loma Caldera, no demostró evidencia alguna de una potencial erupción antes que se diera la erupción misma; no era antes un volcán. Por debajo de un río había un líquido caliente (no viscoso) en un depósito de magma balsático, que gradualmente subía.

Es probable que no proporcionara signos que alertaran a la población. La erupción dio inició repentinamente a medida que la parte superior del depósito de magma hacía contacto con la base de agua bajo el río. Esto generó una explosión masiva y una nube ardiente de vapores de 100 °C. Cenizas volcánicas finas cayeron sobre el sitio, viajando a velocidades de entre 50 y 200 Km/h. La gente que se encontraba a la interperie se hubiera muerto inmediatamente con la primera inhalación. Sin embargo, creemos que estaban dentro de sus casas lo pudo haber proporcionado protección de esa primera amenaza, denominada Unidad 1. Después de la explosión de vapores, el magma empezó a subir estallando en el aire; parte cayó sobre el sitio formando la Unidad 2. Los pedazos más grandes de la Unidad 2 perforaron los techos incendiando las vigas y techos de paja. Por eso, la protección que las edificaciones daban a los habitantes durante la Unidad 1 se revertió y pudo ser ser entonces preferible encontrarse a descampado. Es posible que durante la Unidad 2, la gente haya abandonado sus viviendas y tomado hacia el sur, o posiblemente hacia el lado este del río. La Unidad 2 fue seguida inmediatamente por otra explosión de vapor, la Unidad 3. Mientras los techos continuaban incendiándose, éstos se sobrecargaban por la acumulación de cenizas. Es durante las primeras etapas de acumulación de la Unidad 3, que la mayor parte de los techos se derrumbaron y cayeron al suelo. Seguido de esto, las unidades sucesivas se acumularon, enterrando columnas, paredes y otros objetos. Existe un total de 14 unidades, que dieron por resultado un relleno de entre cuatro y cinco metros de profundidad. Las unidades alternan materiales gruesos, caídos en forma perpendicular y, los asociados a las explosiones de vapor, que son densos y de textura fina. Las unidades alternas, finas y gruesas, representan un reto considerable para los instrumentos geofísicos, al intentarse la detección de estructuras relativamente pequeñas bajo ellas.

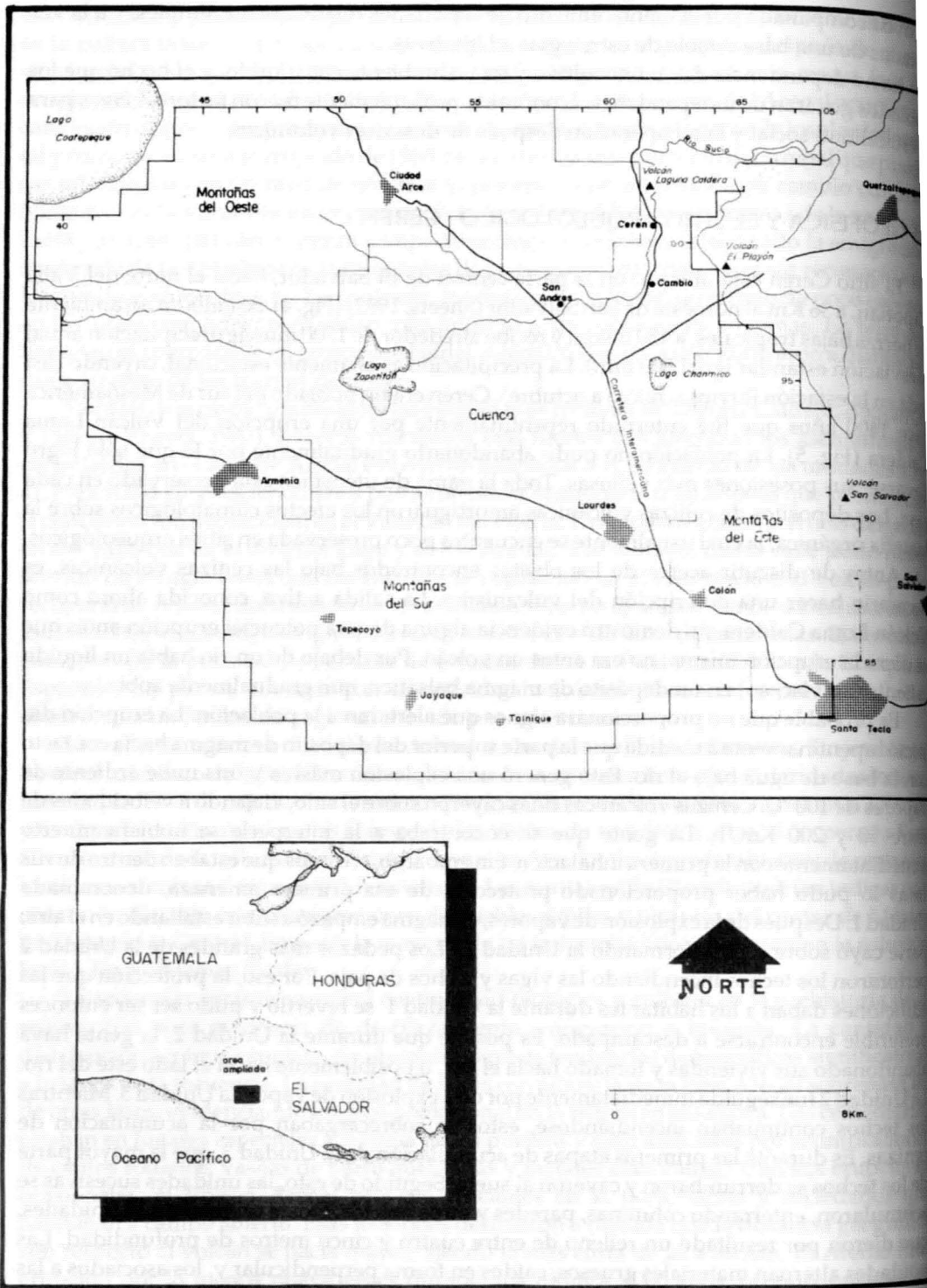


Fig. 4 Mapa del Valle de Zapótitan en El Salvador, con la ubicación del sitio Cerén. El Volcán Laguna Caldera, la fuente de la ceniza volcánica caída en el sitio alrededor de 590 d.C., se localiza al norte del sitio arqueológico.

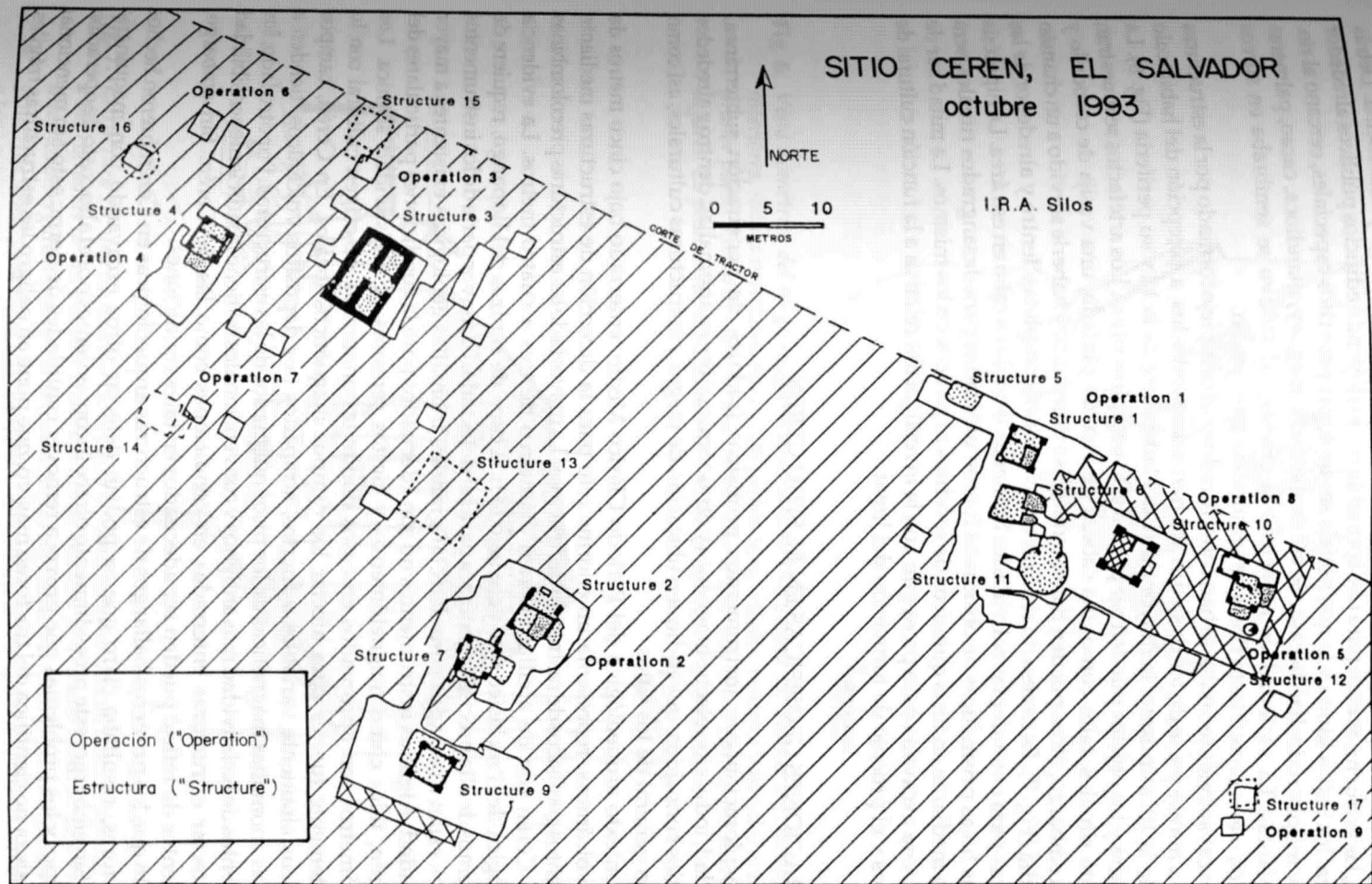


Fig. 5 El sitio Cerén, El Salvador, en octubre de 1993. Las tramas indican áreas aún no excavadas, el área en blanco en la parte superior derecha es la parte tractoreada y destruida en 1976. Cuatro zonas del sitio funcionalmente diferentes han sido definidas hasta ahora (residenciales, cívicas, religiosas y agrícolas).

Una viviente prehistórica excavada presentó áreas especializadas de actividad, incluyendo un lugar para dormir y otro para las actividades diurnas, una bodega y una cocina. Detrás de la casa, las estructuras eran para uso comunitario, incluyendo edificios públicos alrededor de la plaza, los baños sauna y lo que podría ser un lugar para ritos especiales, cercano al río. Jardines y milpas rodeaban la casa. Se cultivaba maíz, maguey, mandioca, cacao, palmeras y otras plantas. La variedad de especies era grande, el cultivo se sembraba en surcos segregados o en zonas. Hasta flores se sembraban en el jardín.

Las excavaciones recientes se han concentrado en el complejo formado por la estructura 10 a 12. La mayor parte de los dos edificios han sido excavados, a excepción del habitáculo interno de la 10; asimismo, la mayor parte del lado norte de la 12 y su periferia (Fig. 6). La arquitectura y los objetos pueden ser parte de un complejo ritual. Los artefactos se muestran claramente rituales, tales como una cabeza de venado pintada, una vasija de cocodrilo y otras. Sin embargo, otros pueden haber tenido uso doméstico y haberle servido a un chamán y su familia (Fig. 7). Es necesario realizar excavaciones completas dentro y alrededor de las estructuras para entender las actividades humanas llevadas a cabo en esa área. La hipótesis de que las hojas prismáticas de obsidiana fueron utilizadas para desangrados rituales, será evaluada mediante análisis químicos de residuos orgánicos en los mismos. La mitad sur de la casa 2, será excavada para proseguir con la investigación relativa a la función cultural de los objetos y el proceso de formación del lugar.

EXPLORACIONES GEOFISICAS EN EL SITIO CEREN

La exploración con instrumentos geofísicos (radares de penetración subterránea, resistividad, inducción electromagnética y otras técnicas) busca anomalías, dentro y alrededor de los sitios conocidos, que indiquen ubicación de rasgos y estructuras culturales; así como extensión general de los sitios.

El contexto arqueológico del Período Clásico Medio, enterrado bajo cinco metros de cenizas volcánicas, representa un enorme reto para la detección de estructuras mediante instrumentos geofísicos de rastreo no destructivo. La mayoría de las estructuras precolombinas del sitio Cerén son de arcilla y tienen diámetros de tres a cuatro metros. La evidencia arqueológica del Preclásico que yace bajo la fina capa de cenizas del Ilopango, requiere de instrumentos de alta precisión geofísica para ser detectada. La mayor parte de los instrumentos geofísicos están diseñados para detectar grandes anomalías geológicas existentes a mayor profundidad. Algunos instrumentos no son adecuados para las condiciones particulares del sitio Cerén, tales como magnetómetros y ciertos sensores de resistividad sísmica. Los magnetómetros son apropiados en casos donde las anomalías de origen cultural son lo suficientemente fuertes para afectar los campos magnéticos locales. En Cerén, campos magnéticos altamente variables y fuertes, atrapados por depósitos volcánicos, tienden a ocultar las anomalías magnéticas de los pisos quemados de las estructuras. Por otro lado, los instrumentos de resistividad más antiguos y convencionales no tienen la suficiente sensibilidad para detectar estructuras enterradas en condiciones como las de Cerén. Sin embargo, instrumentos de reflejo pueden ser adecuados en tales condiciones.

Dado que los primeros hallazgos de estructuras arqueológicas en Cerén fueron hechos por tractores, resultaba claro que se podían detectar otros excavando con maquinaria pesada. Sin embargo, este procedimiento ofrece inconvenientes por el alto costo de operación del equipo y los problemas que provoca remover cantidades de tierra; esto sin mencionar la naturaleza no científica del tractoreo masivo, que pone en peligro las estructuras frágiles

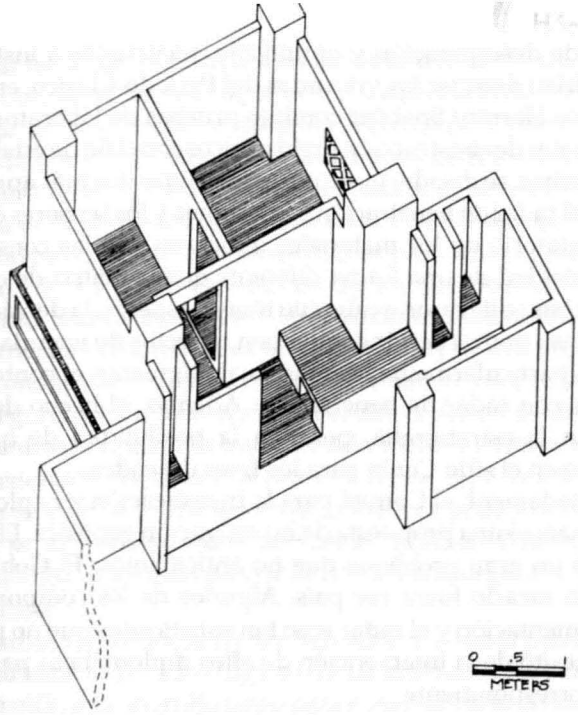


Fig. 6. Vista isométrica del rasgo religioso denominado Estructura 12. Nótese los cuartos, paredes interiores, nichos verticales, banca con nichos horizontales, ventana y paredes exteriores en primer plano. Los artefactos fueron traídos uno a uno a la estructura y puestos en ciertos lugares. Es posible que un chamán hiciera sus prácticas en esta estructura.

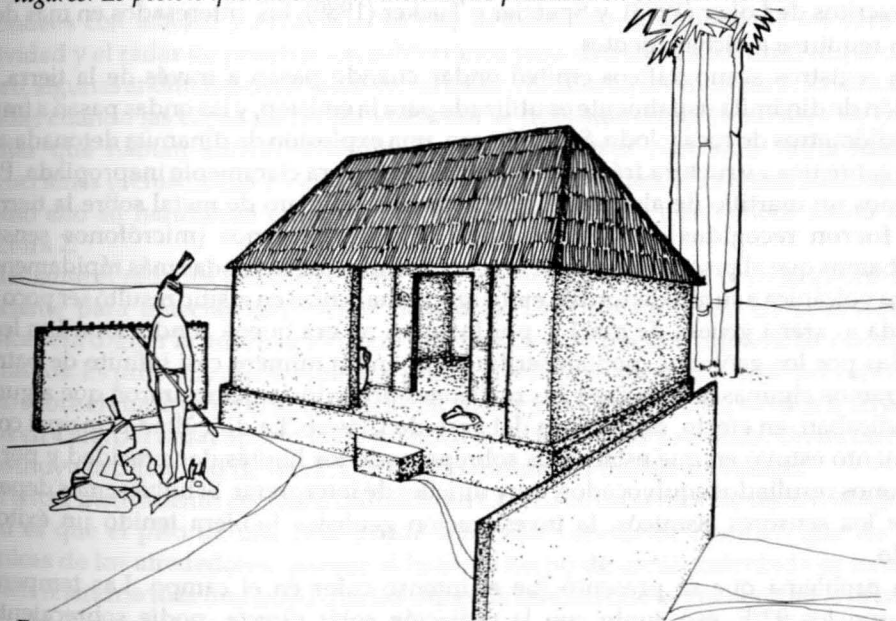


Fig. 7. Estructura 10, una edificación construida y mantenida por asociaciones religiosas similares a las cofradías de los pueblos tradicionales de México y América Central. Los dos cuartos internos albergaban la mayoría de los artefactos sagrados, y el recinto externo (donde se ilustra gente) fue usado para almacenar y preparar alimentos, además para dispensar comida y bebida a los participantes en las ceremonias religiosas.

En una mezcla de desesperación y optimismo, recurrimos a instrumentos geofísicos para ver si ellos podrían detectar las viviendas del Período Clásico, enterradas bajo cenizas volcánicas. El geofísico Harmut Spetzler condujo pruebas de laboratorio de muestras de ceniza y de los materiales de construcción prehistóricos con el fin de establecer las diferencias. Con base en esas pruebas, se decidió que los tres instrumentos más apropiados eran los que miden resistividad, el radar de penetración subterránea y los sensores de refracción sísmica. Las pruebas de laboratorio de los materiales indicaron que las construcciones de adobe conducirían la electricidad de una forma diferente que la matriz de cenizas volcánicas. A pesar de que las pruebas se llevaron a cabo con muestras secas, la densidad de estas indicaba que el piso de una casa podría servir como buen reflector de energía. El hecho de que las unidades de ceniza, particularmente las más bajas, siguieran el contorno de la estructura permitía registrarlas con radar de penetración. Además, el hecho de que las estructuras enterradas afectaban la estratigrafía, permitía la posibilidad de que los instrumentos sísmicos funcionaran en el sitio Cerén para los fines deseados.

En 1979, afortunadamente, el Comité para la Investigación y Exploración de la *National Geographic Society* financió una propuesta de investigación geofísica. El envío de una unidad de radar representó un gran problema que no anticipamos. El Gobierno de los Estados Unidos nos prohibía sacarlo fuera ese país. Algunos de los componentes, tales como la grabadora de instrumentación y el radar eran tan sofisticados que no podría caer en manos equivocadas. Se necesitó de la intervención de altos diplomáticos para que lográramos el permiso de salida correspondiente.

Las siete cajas que contenía el equipo llegaron al mismo tiempo y sin sufrir daño. Los inspectores aduanales salvadoreños autorizaron la entrada de los instrumentos.

Iniciamos el trabajo con el sismógrafo portátil en 1979, al sur del área tractoreada. La mayor parte de lo que indicamos aquí sobre la investigación geofísica en Cerén lo tomamos de los escritos de Loker (1983), y Spetzler y Tucker (1989); los interesados en más detalles pueden remitirse a dichas fuentes.

Los registros sismográficos emiten ondas cuando pasan a través de la tierra. Una explosión de dinamita usualmente es utilizada para la emisión, y las ondas pasan a través de varios kilómetros de roca y lodo. Sin embargo, una explosión de dinamita detonada a cinco metros sobre una estructura frágil del Período Clásico era claramente inapropiada. Por eso utilizamos un martillo de almadana, que golpeaba un plato de metal sobre la tierra. Las ondas fueron recogidas con un conjunto de doce geófonos (micrófonos sensibles). Esperábamos que el piso enterrado de una casa conduciría las ondas más rápidamente que la ceniza volcánica a su alrededor. Sin embargo, dicha ceniza en el sitio resultó ser poco densa (parecida a arena gruesa de mar) y, por lo tanto, no era buena conductora. Las lecturas recogidas por los geófonos, podían ser trazadas en un número casi infinito de patrones. Encontramos algunas anomalías y las revisiones posteriores demostraron que algunas de ellas indicaban, en efecto, estructuras del Período Clásico. La dificultad principal con este instrumento estuvo en que estábamos sobrepasando los límites de veracidad, y por ende, obteníamos resultados equivocados, muy difíciles de interpretar. Si hubiésemos dependido sólo de los sensores sísmicos, la investigación geofísica hubiera tenido un éxito muy limitado.

Un problema que se presentó fue el intenso calor en el campo. Las temperaturas alcanzaron los 92°F, eso, junto con la radiación solar directa, podía sobrecalentar los instrumentos y dañar la información; cosa que afortunadamente no se produjo. Instalamos una cubierta blanca de tela de algodón, la cual sirvió para bajar la temperatura de los aparatos.

El sistema de radar fue desarrollado para ser empleado en el oleoducto de Alaska, donde se utilizó atado a la compuerta de una camioneta o suspendido de un helicóptero. Toda la información obtenida de esa forma, tenía tanta interferencia eléctrica que requirió ser digitada y manipulada por computadora durante meses de trabajo. Evitamos ese tedioso procedimiento montando el equipo en una carreta tirada por bueyes. Un transporte como ese se puede mover a una velocidad estable en línea recta sobre el terreno a intervalos de cinco metros. La información pura que obtuvimos sin digitar provocó la admiración de la División Petrofísica del Centro de Estudios Geológicos de los Estados Unidos, quienes habían facilitado el instrumento. Nunca habían visto información no elaborada que fuera tan limpia.

El radar de penetración subterránea es un aparato muy poderoso, que envía energía al suelo a través de microrondas y las recibe de rebote. Su antena envía y recibe energía a un ritmo de 50 000 veces por segundo. La información es percibida por un osciloscopio y grabada en un papel especial mientras la unidad es transportada sobre el terreno. Las capas negras son reflectores fuertes, generalmente cubiertos por una densa capa volcánica de material más suelto. Una anomalía empezó a ser visible en la grabadora gráfica, a medida que las capas de ceniza volcánica se arqueaban sobre un fuerte reflector. Este resultado fue lo que esperábamos. Sin embargo, es un gran paso ir de una anomalía geofísica al conocimiento de lo que ocasionó la misma.

El Centro de Estudios Geotécnicos en San Salvador nos había prestado un taladro para poder perforar y sacar muestras en los lugares de las anomalías, esperando determinar su naturaleza. El taladro utiliza un martillo largo para enterrar tubería hueca en el suelo, luego se usa una polea eléctrica para sacarla. La tubería está partida, de manera tal que puede abrirse con facilidad para registrar la estratigrafía y estudiar cada capa. A la postre se determinó que la anomalía en cuestión era el piso de arcilla consolidada de una vivienda precolombina.

Sondeos con taladro y excavaciones han demostrado la utilidad de los sensores de resistividad y el radar de penetración subterránea para detectar estructuras arqueológicas. Empero, algunas anomalías detectadas con el radar, resultaron ser configuraciones naturales, formadas cuando las capas de ceniza volcánica se depositaron sobre un área de contorno irregular que habían sufrido erosión. Por fortuna otras han sido ratificadas como construcciones prehistóricas. La anomalía mostrada en la Figura 3 fue taladrada, confirmando como ello su naturaleza cultural. Fue excavada en 1989 y se conoce ahora como la Estructura 2.

Mediante el radar es posible percibir bien estructuras grandes, pero la información es insuficiente para detectar estructuras pequeñas. Un próximo paso en la investigación geofísica será digitar la información para determinar si se pueden diferenciar estructuras u otros rasgos. Es probable que también se pueda efectuar un levantamiento del contorno del terreno sobre el cual cayó la erupción del Volcán Laguna Caldera. De todos los instrumentos usados en Cerén, el radar aportó los resultados más detallados y rápidos. Un inconveniente lo constituye la dificultad de llevarlo y traerlo durante el trabajo de campo.

El tercer instrumento geofísico utilizado en Cerén fue un sensor de resistividad. La idea central es que el piso de una casa puede ser mejor conductor eléctrico que las cenizas volcánicas de los alrededores, porque al haberse hecho de arcilla calentada es más denso. También retendría más humedad que las capas de cenizas que se encuentran afuera de una estructura. Por eso, esperábamos que el nivel de resistencia al paso de electricidad fuese mayor cerca de una estructura. Nuestras expectativas nacieron de los resultados obtenidos con señales individuales cruzadas. Encontramos interesantes anomalías en forma de "M", y cuando ingresamos esta información en la computadora y procesamos con programas gráficos tridimensionales, observamos interesantes picos dobles y triples que emergían en

varias áreas. Los sondeos realizados, posteriormente, con el taladro del Centro de Estudios Geotécnicos, indicaban que todas las anomalías de picos dobles eran estructuras prehistóricas de buen tamaño (estructuras 2, 3 y 4). Se demostró, no obstante, que el método de resistividad no tiene la sensibilidad o resolución para detectar pequeñas estructuras enterradas.

En resumen, el estudio geofísico dirigido por Harmut Spetzler tuvo éxito en dar indicio sobre las estructuras más grandes. Luego, excavamos alrededor de las estructuras más grandes y encontramos aquellas subordinadas (más pequeñas) que conformaban la vivienda. Hemos logrado así evitar el desperdicio de fondos y tiempo vinculado al uso de equipo pesado; o, el inminente rechazo de una propuesta de investigación que pedía grandes sumas de dinero para sufragar el uso de tal equipo.

Existe una razón mayor del porqué puede ser más ventajoso para utilizar instrumentos geofísicos para detectar sitios arqueológicos enterrados en niveles profundos. Es desalentadora la cantidad de saqueos de los sitios arqueológicos en la mayoría de los países del mundo. La gente excava ilegalmente en búsqueda de vasijas policromadas, objetos de jade y otras cosas que puedan sumar a sus colecciones personales o venderlos. El resultado es la destrucción de los sitios arqueológicos. Hoy día, en más de la mitad de los sitios de El Salvador no vale la pena excavar de manera controlada porque han sido cruelmente saqueados. A menos que el saqueo se termine pronto, y eso parece improbable, enfrentamos una situación donde sólo unos sitios cuidadosamente protegidos, o los que están bien enterrados, valdría la pena de excavar. La exploración de sitios enterrados profundamente necesita de instrumentos especiales y estamos tratando de desarrollar algo de eso para el futuro.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Durante las dos últimas décadas, una gran variedad de instrumentos han sido empleados para detectar sitios y rasgos arqueológicos a cierta distancia en el área de Arenal en Costa Rica y Cerén en El Salvador. Las aplicaciones más exitosas procedieron de instrumentos adecuados para esas condiciones particulares. Esas condiciones incluyen: profundidad a que se halla la evidencia cultural, tamaño de lo enterrado, humedad del suelo, contenido de arcilla en los rasgos culturales, características de los estratos de cobertura (carga) y condición activa o pasiva del instrumental. Además, ha sido esencial para el éxito integrar íntimamente el sondeo remoto con el diseño de investigación arqueológica.

La mayor parte de las áreas de Gran Nicoya son apropiadas para el sondeo remoto. Por supuesto que la primera clase de imágenes vía sensor remoto que el arqueólogo regional deberá obtener, es la fotografía aérea en blanco y negro, disponible en algunas Instituciones Estatales u Oficinas de Gobierno. La mayoría de los hojas topográficas 1:50 000 fueron hechas con negativos superpuestos de 9x9 pulgadas. Los contactos de negativos sobre cualquier zona geográfica de interés para el estudio, son de utilidad para el arqueólogo, ya que la vegetación y el contorno terrestre se ven a menudo diferente desde el aire que desde tierra. Con frecuencia, se pueden identificar los sitios arqueológicos a través de las fotos aéreas convencionales. Un par puede proporcionar una imagen estereoscópica, puesto que la dimensión vertical es algo exagerada. Si los negativos han sido cuidadosamente conservados, una sección de 23 cm puede ser ampliada e impresa a un metro cuadrado, proporcionando un detalle considerable al arqueólogo. Es importante registrar el mes y el año de la fotografía porque la estacionalidad y la actividad humana pueden afectar la manifestación de los restos arqueológicos en la imagen fotográfica.

Para los arqueólogos interesados en la fotografía a color infrarroja, sería importante ponerse en contacto con las agencias nacionales de geografía y cartografía. Por ejemplo

imágenes infrarrojas de algunas áreas de Costa Rica se encuentran disponibles para uso científico en el Instituto Geográfico del país. La información de los satélites LANDSAT y SPOT están también disponibles, solo que necesitan equipo y programas computadorizados sofisticados para que se puedan utilizar, explorar y especificar su aplicación para problemas arqueológicos. No hay que desesperarse, pues en pocos años habrán programas que permitan hacer eso desde computadoras personales. La información geofísica generalmente disponible contempla zonas geográficas muy limitadas y casi toda fue recogida con fines geológicos. Esto hace que dicha información sea poco útil en investigaciones arqueológicas. En casi todos los casos, la información geofísica puede ser obtenida mediante arreglos con instituciones y profesionales en geofísica. Existen diferentes instrumentos geofísicos que pueden ser adaptados para la exploración arqueológica. Una ventaja de la exploración geofísica es que no es destructiva. Los instrumentos básicos de resistividad están disponibles en la mayoría de los países, puesto que son usados frecuentemente por geólogos y especialistas en suelos. Es más difícil, pero no imposible, obtenerlos rentados. Pagar los precios comerciales a que se cotiza el sondeo remoto y la exploración geofísica es prohibitivo. Por eso, es importante que el diseño investigativo esté totalmente desarrollado y revisado antes de que se solicite colaboración, sin costo para el proyecto, de equipo y operadores a instituciones y profesionales.

Muchas áreas de Gran Nicoya tienen volcanes en actividad o estuvieron activos en el pasado. Así pues, es un hecho que pueblos y campos agrícolas han sido enterrados por erupciones volcánicas y lahares (avalanchas de cenizas y lodo) en Nicaragua y Costa Rica. Los cortes de tierra que exponen la estratigrafía, ya sean escarpas de caminos o barrancos erosionados, deberán ser revisados frecuentemente con miras a obtener la exposición de restos de origen cultural. Muchas cosas que deben buscarse es el contacto entre la carga volcánica y el suelo debajo de ella. A menudo, artefactos, arquitectura o características de los campos agrícolas prehistóricos pueden ser encontrados a lo largo de esos contactos.

Mientras continúe el saqueo de sitios arqueológicos no valdrá la pena realizar excavaciones en la mayoría de ellos en la región centroamericana. Los sitios arqueológicos sepultados a profundidades, muchas veces preservan excepcionalmente bien su contenido, por lo que proveen una alternativa de estudio importante. Las técnicas de exploración geofísica, así como el sondeo remoto y el procesamiento computadorizado de imágenes, probablemente serán parte de la arqueología a medida que se avanza hacia el siglo XXI.