

## Cuándo y Cómo Fue la Erupción del Volcán Ilopango, El Salvador: Síntesis desde la Óptica Arqueológica

Akira ICHIKAWA

This paper presents a comprehensive review of discussions on the last Plinian eruption of the Ilopango caldera in central El Salvador, one of the largest Holocene volcanic events in Central America. After the eruption, a large volume of tephra, known as the *Tierra Blanca Joven* (TBJ), covered most of El Salvador. Therefore, archeological reports dating from the early twentieth century to today consider the TBJ tephra an important time marker and recognize the event as a trigger of large-scale demographic change and collapse in the region. Nevertheless, due to recent discoveries, the date of the eruption and its impact are under debate. In this paper, I carefully review the suggested archeological dates and indicate several problems in determining the correct one, and I propose some directions for future study of the Ilopango caldera's gigantic eruption. Furthermore, I argue that we must carefully verify the radiocarbon dates and its archeological contexts. Additionally, in discussing the impact of the eruption, we should consider its differential effects depending on settlement pattern, distance from the caldera, social complexity, and other factors.

Keywords: Ilopango volcano, Tierra Blanca Joven, Archaeology, El Salvador, Chalchuapa

### I. Introducción

La erupción del Volcán Ilopango es uno de los eventos volcánicos desastrosos del Holoceno en Centroamérica, afectando directamente e indirectamente a los pobladores pretéritos que habitaban lo que hoy en día se conoce como El Salvador, Guatemala y Honduras (Dull et al. 2001). Actualmente se considera que dicha erupción provocaría un enfriamiento global que generó drásticos cambios medioambientales en China, el Mediterráneo y por supuesto Mesoamérica (Dull et al. 2010; Gunn ed. 2000). De esta manera, la erupción del Volcán Ilopango es un tema de importancia en la arqueología salvadoreña tanto como mesoamericana. No obstante, en la realidad arqueológica todavía tenemos problemas, contradicciones y dilemas al respecto.

Este aporte presentará una síntesis de los estudios y discusiones en cuanto a la erupción del Volcán Ilopango, fundamentalmente, desde la óptica arqueológica para tener una referencia a futuros estudios.

## II. Erupción del Volcán Ilopango<sup>1</sup>

### II-1. Información general

El Volcán Ilopango se encuentra ubicado casi al centro de El Salvador y está situado a aproximadamente 13 km al este de la capital de San Salvador (Figura 1). Las actividades del Volcán Ilopango han sido parte de los sucesos volcánicos más grandes a nivel centroamericano durante el Holoceno. Actualmente la Caldera de Ilopango que mide unos 11 x 8 km, se ha convertido en un lago y es el más extenso depósito de agua en El Salvador.

Los productos de las actividades volcánicas del Volcán Ilopango, hasta la fecha, han sido denominados como TB4, TB3, TB2 y TBJ. El nombre de “TB” significa “Tierra Blanca” por su característica más representante. El presente artículo se enfocará en el producto de la última erupción pliniana de la Caldera de Ilopango y más explosivo de todos, es decir, “Tierra Blanca Joven”. El adjetivo de “Joven” representa la más reciente capa, que las demás capas de color claro que se encuentran en casi todo el territorio actual salvadoreño.

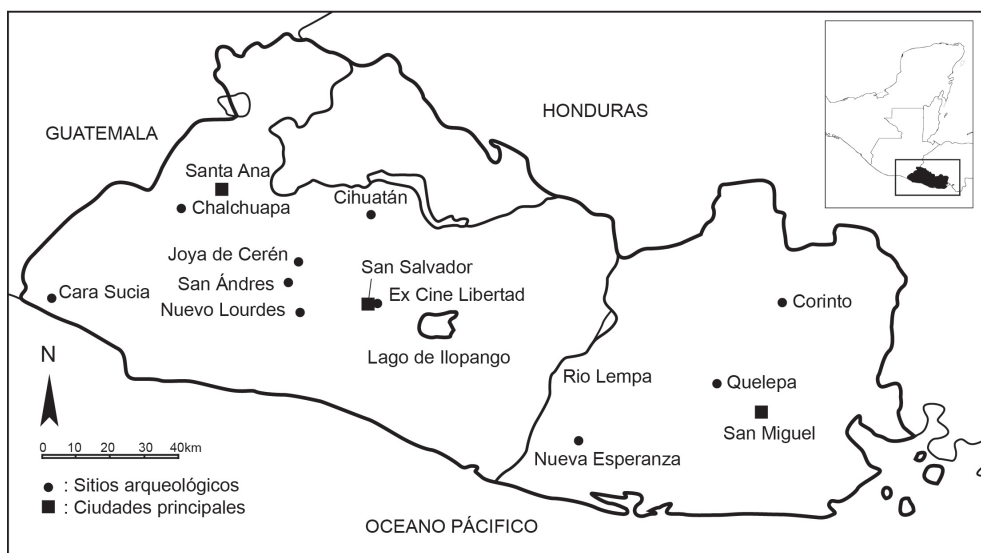


Figura 1. Ubicación de los sitios arqueológicos en El Salvador

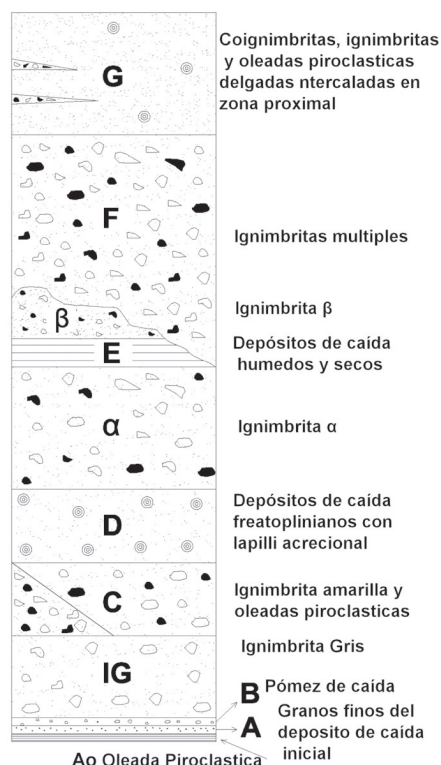
### II-2. Estratigrafía de la TBJ

La erupción que generó los depósitos de TBJ fue extraordinariamente explosiva ocasionando flujos piroclásticos que alcanzaron unos 40 km desde el cráter y un gran volumen de cenizas que abarca casi todo el actual territorio salvadoreño. Por avance de los estudios de geólogos y vulcanólogos (e.g. Chavez et al. 2012; Hart y Steen-McIntyre 1983; Hernández 2004), en los últimos años los productos de la TBJ se dividen en siete unidades de acuerdo a

1 En cuanto a descripción geológica y vulcanológica más detallada véase Hernández 2004.

criterios (Hernández 2004: 39–43). A continuación, se presentan las descripciones resumidas acerca de las unidades respectivas (**Figura 2**), de acuerdo con las descripciones de Hernández (2004) y Chávez et al. (2012):

- A) depósito de caída inicial y oleada piroclástica respectivamente ( $\leq 10$  cm).
- B) depósito de caída de pómez de tipo pliniano ( $\leq 10$  cm). Al estar presente en los depósitos sirve de guía importante para identificar la base de la TBJ.
- IG) depósito de ignimbrita gris con espesor de hasta 9 m, en parte cementado por sulfatos y silicatos de cloruro.
- C) depósito compuesto por dos flujo piroclásticos color amarillo y oleadas piroclásticas con un espesor de hasta 9 m, en parte cementado por sulfatos y silicatos de cloruro de sodio.
- D) depósito de ceniza fina, con presencia de pómez, lapilli acrecional, no consolidado en las zonas distales y media, pero cementado en la zona proximal ( $\leq 8$  m). Unidad ignimbrita Alfa  $\alpha$ : flujo piroclástico con una matriz rica de cenizas, pómez y líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos, el resto de la unidades no consolidada ( $\leq 15$  m). En la secuencia de la TBJ se localiza entre la Unidad D y Unidad E.
- E) depósitos de surges u oleadas piroclásticas secos y húmedos ( $\leq 3$  m). Subunidad Beta  $\beta$ : flujo piroclástico compactado con abundante matriz fina, pómez y presencia moderada de líticos ( $\leq 4$  m). En la secuencia de la TBJ se localiza entre la Unidad E y la Unidad F.
- F) depósitos caóticos de flujo de pómez de espesor variable, desde menos de 1 m en las elevaciones (a 8–12 km de distancia de la caldera), hasta 20–60 m cerca de la Caldera de Ilopango, los bloques de pómez se concentran en la parte superior y los líticos se concentran en la parte inferior.
- G) depósitos de tobas finas con lapilli acrecional – depósitos de coignimbritas y flujos piroclásticos ( $\leq 15$  m cerca de la Caldera de Ilopango, hasta menos de 1 m a 20 km de distancia).



**Figura 2.** Esquema de las unidades de TBJ.

(Citado por Chávez et al. 2012: Fig. 2)

### III. Historia y problemas de los estudios relacionados con la erupción del Volcán Ilopango

#### III-1. Historia

Las capas de ceniza volcánica color blanco, actualmente reconocidas como TBJ ya habían sido mencionadas a partir de principio y mediado del siglo XX y desde el inicio del estudio se ha utilizado como marcador de tiempo para establecer la cronología relativa (e.g. Boggs 1966; Lardé 1926; Lothrop 1927). Jorge Lardé notó la presencia de materiales culturales debajo de las capas de color blanco y argumentó que se trataban de restos de una cultura arcaica, mucho más antigua que la Civilización Maya (Lardé 1926: 154). Asimismo, por los recorridos en el área de San Salvador, Lardé concluyó que dichas capas blancas son provenientes de la caldera del Lago de Ilopango. En base a la estratigrafía y características de los materiales arqueológicos que mencionó Lardé, concluye que la erupción fecharía desde antes del siglo V d.C. (Lardé 1926: 162). Stanley H. Boggs observó los materiales arqueológicos del sitio Loma de Tacuazín ubicado a unos 3 km al lado suroeste de San Salvador e indicó que los materiales arqueológicos, en especial tres cántaros completos, se encontraron debajo de las capas de color blanco y que corresponderían al período Preclásico (Boggs 1966: 184).

A partir de la mitad de los años 60 y 70, se desarrollaron las investigaciones relacionadas a la TBJ (Fowler and Earnest 1983; Sharer 1974; Sheets 1971, 1979, 1981 y 1983). A consecuencia del análisis de radiocarbono, se obtuvo el primer dato de radiocarbono de  $1708 \pm 114$  años a.P. como compuesto de nueve muestras y se concluyó que el tiempo de la erupción es  $260 \pm 114$  d.C. (Sheets 1979, 1983). Desde entonces, dicho fechamiento, aunque tiene un rango de error  $\pm 114$  años, ha sido utilizado como un marcador de tiempo entre los períodos Preclásico y Clásico en la región.

Las discusiones sobre la TBJ han sido desarrolladas no solo en torno a su fechamiento sino también a los impactos directos e indirectos a las sociedades prehispánicas. Como los argumentos de Robert J. Sharer y James Gifford, se considera que la erupción del Volcán Ilopango fue una de las causas claves del surgimiento de la gran civilización Maya Clásica (Gifford 1976; Sharer 1978; Sharer and Gifford 1970).

Sin embargo, debido a la revisión del desarrollo de la producción cerámica en las Tierras Bajas Mayas, el surgimiento de la gran civilización Maya Clásica y el evento de la TBJ no podría ser soportada como una teoría válida. Los grupos cerámicos que habían sido considerados en su origen del sur Maya, habían sido desarrollados en el interior de las Tierras Bajas Mayas (e.g. Brady et al. 1998; Demarest 1986, 1988). Además, por la re-examinación de las pruebas de radiocarbono que se habían presentado, así como los nuevos datos fechados mediante AMS, Robert Dull y su colegas (2001) presentaron una nueva datación de la erupción del Volcán Ilopango, la cual es  $408 (429) 536$  cal d.C. ( $2\sigma$ ). Por lo anterior, el primer fechamiento de radiocarbono casi que ha sido descartado ante las nuevas propuestas.

De acuerdo con el nuevo fechamiento, surge la siguiente interpretación (Dull et al. 2001: 39–40): La erupción del Volcán Ilopango, en el área central y occidente de El Salvador, así como el sureste de Guatemala fueron devastados, colapsando las redes de intercambios que

se vinculaban a varios sitios Preclásicos. Por otro lado, la erupción dio un impacto fatal a las actividades agrícolas y económicas de la región, por lo cual los pobladores de aquel tiempo se refugiaron o emigraron en dirección norte. Dull y sus colegas manifestaron que este movimiento demográfico se relaciona en Kaminaljuyu con el crecimiento de la influencia teotihuacana después del siglo V, y en el caso de Copán también se observa un fuerte desarrollo social y político después de la fundación de la dinastía (Dull et al. 2001: 36). En base a dicho argumento, desde el siglo V al VII se considera como un tiempo de *hiatus* en área central y occidente de El Salvador.

Por otros datos arqueológicos registrados en los contextos antes de la erupción y la revisión cerámica, también se proponen fechas de erupción entre 400–450 d.C (Earnest 1999). Considerando el caso especial de vasos cilíndricos del estilo teotihuacano encontrados debajo de la TBJ respalda dicha fecha (Ichikawa 2008; Ohi ed. 2000; Shibata et al. 2010).

En el año 2010, los estudios relacionados a la TBJ fueron diversos y el foco de atención del mundo académico. Dull y sus colegas presentaron una nueva fecha de la erupción, la cual estaría relacionada con la erupción del Volcán Ilopango y el evento del año 536 que generó la época fría a nivel mundial (Dull et al. 2010). A pesar de que dicho fechamiento se presentó a manera de presentación de cartel en la reunión de *American Geophysical Union*, se difundió rápidamente y varios investigadores aceptan este nuevo planteamiento. Dicho fechamiento se constituye de múltiples evidencias: anillos de crecimiento anuales de árboles en Eurasia, datos históricos y arqueológicos, así como los nuevos datos de radiocarbono de árbol sepultado directamente por la TBJ. A través de dicho fechamiento, Dull y sus colegas argumentan que la erupción causó un *hiatus* en las Tierras Bajas Mayas en el período Clásico e indicaron que la zona arqueológica de Chalchuapa fue abandonada completamente.

### III–2. Problemas del estudio

Lo más problemático del estudio relacionado a la erupción del Volcán Ilopango es que la mayoría de los estudios previos, especialmente en la última década, se enfocan en el fechamiento de la erupción por medio de análisis de radiocarbono. Sin embargo, los investigadores –sobre todo arqueólogos– deben ser muy cuidadosos al querer usar dicho fechamiento. A partir de los años 70 hasta el presente, se han acumulado algunos datos arqueológicos, pero todavía es necesaria la discusión. En particular, el caso del año 535, que se pretende relacionar con el evento catastrófico del año 535–536, es en otras palabras, “Año sin verano” (Gunn ed. 2000; Keys 2000). Este planteamiento parece ser razonable, ya que se basa en múltiples clases de evidencias, tales como análisis de radiocarbono, núcleo de hielo, dendrocronología, relatos históricos.

No obstante, en base a los datos arqueológicos disponibles hasta la fecha, en efecto, hay contradicciones y discrepancias con los fechamientos y las interpretaciones como se discutirá más adelante.

Para abordar dichos problemas, es indispensable reconsiderar las hipótesis existentes con los datos disponibles y las nuevas investigaciones, prestando especial atención a la relación estratigráfica con las capas de TBJ y los diferentes asentamientos humanos relacionados a dicho evento. Es necesario tomar en cuenta no solo las circunstancias ANTES de la erupción sino

también DESPUÉS de la erupción a fin de examinar los cambios diacrónicos de las culturas materiales y apreciar los efectos de la erupción a la historia humana.

Cabe señalar que se debe eliminar el prejuicio ante desastres provocados por las erupciones. Las escalas de las erupciones no reflejan directamente las escalas de efectos y daños a los pobladores. Los estragos de desastres a las sociedades humanas dependen de factores tales como el tiempo en el que ocurre el evento, dirección del viento, productos eruptivos, partes sociales y culturales de cada sociedad, entre otros. Es importante mencionar que en la tendencia de la ciencia social en cuanto a los estudios de desastre, se presta atención e importancia no solo a la escala de *Hazard*, sino también el conocimiento, experiencia, acontecimiento y percepción de los seres humanos ante *Hazard* (e.g. Cooper and Sheets eds. 2012; Grattan and Torrence eds. 2007; Oliver-Smith and Hoffman eds. 1999). En otras palabras, es necesario intentar percibir cómo los pobladores se enfrentaban conscientemente ante los incidentes naturales, en el caso de la arqueología, confrontando los registros arqueológicos.

En base a los problemas y debates del estudio, a continuación, se reconsiderarán los fechamientos propuestos hasta la fecha y las interpretaciones sobre la erupción del Volcán Ilopango.

#### IV. Fechamiento

Como se apuntó anteriormente, esencialmente se tienen tres fechamientos en discusión: 1) 260±114 d.C. (Sheets 1979, 1983), 2) 408 (429) 536 d.C. (Dull et al. 2001), 3) 535 d.C. (Dull et al. 2010). En este capítulo, se reexaminará cada fechamiento, prestando atención a los tipos de muestras y sus contextos arqueológicos.

##### IV-1. 260±114 d.C.

Este es el primer fechamiento obtenido por el análisis de carbono 14. En el año 1978 se publicó como 260±85 d.C. (Sharer 1978 vol. III: 210). Sin embargo, un año después se modificó y presentó 260±114 d.C. (Sheets 1979, 1983). Las muestras para este fechamiento fueron carbón y tronco de árbol carbonizado encontrados debajo de la TBJ.

Este fechamiento se presentó antes de establecer la curva calibrada internacional y tiene un gran rango de error. Por lo tanto, se puede recalcar la diferencia de técnica y precisión con los otros dos fechamientos analizados por técnicas desarrolladas como *Accelerator Mass Spectrometry* (= AMS). Además, la mayoría de discusiones e interpretaciones relacionadas con este fechamiento solo enfatizan el año 260, ya que coincide la transición del Preclásico al Clásico y se considera que la erupción del Volcán Ilopango fue la causa principal del movimiento demográfico y florecimiento de la cultura Maya Clásica (e.g. Gifford 1976).

Asimismo, al discutir este fechamiento, es importante mencionar que dos fragmentos de vasos cilíndricos del estilo teotihuacano se han encontrado en el contexto debajo de la TBJ como el caso de las investigaciones realizadas en el área de Casa Blanca, Chalchuapa (Ichikawa 2008; Ohi ed. 2000). En general, se considera que la llegada de la influencia teotihuacana hasta el sureste de Mesoamérica es entre 300–400 años d.C. (Braswell 2003: 102). Si la erupción fuese alrededor de 260 años d.C., implicaría que la influencia teotihuacana llegaría

antes de 260 años d.C. Este fechamiento no coincide con la teoría actual aprobada por los investigadores.

#### IV-2. 408 (429) 536 cal d.C.

Este fechamiento se publicó en el año 2001 por Dull y sus colegas (Dull et al. 2001). Se utilizaron cinco muestras analizadas anteriormente por Sheets y tres muestras nuevas cubiertas por la TBJ para obtener el nuevo fechamiento por medio de la técnica de AMS. Por lo anterior, se logró el dato de  $1605 \pm 20$  a.P. ( $1\sigma$ ) y se concluyó el fechamiento como 408 (429) 536 cal d.C. ( $2\sigma$ ).

Por otra parte, el vulcanólogo Shigeru Kitamura obtuvo casi los mismos fechamientos por muestras recuperadas debajo de TBJ en Metapán y en el lado norte de El Salvador (Kitamura 2010a). A través de ellos, se logró respectivamente el dato de  $1590 \pm 40$  a.P. y  $1630 \pm 40$  a.P. y se concluyó 393–561 cal d.C. ( $2\sigma$ ) y 335–540 cal d.C. ( $2\sigma$ ).

Además, a través de la reevaluación de los datos de radiocarbono presentados por Sheets (1983) mediante un nuevo programa de calibración OxCal v4.1.5, algunos muestras presentan casi el mismo patrón de Dull et al. 2001, es decir, que se tiene una alta probabilidad entre 400–550 cal d.C. (Figura 3). Howard Earnest también menciona una propuesta similar (Earnest 1999: 285–287).

Este fechamiento tiene casi el mismo problema que tiene el fechamiento de  $260 \pm 114$  d.C., es decir, la mayoría de discusiones solamente se enfatizan en “429” o se redondea como “420”. Sin embargo, no es pertinente subrayar una fecha. Según la curva calibrada, el trazo de la curva en el tramo entre 1550–1600 a.P. está plana, por lo cual al convertirse en la fecha calibrada, resulta siempre un rango de alrededor de 400–550 cal d.C. (Figura 4). Por lo anterior, en el caso del año 429 d.C. se reconoce la parte más temprana, mientras como se mencionará más adelante, en el caso del año 535 d.C. se reconoce la parte más reciente. Dicho de otro modo, al obtener el fechamiento de radiocarbono entre 1550–1600 a.P., hay que considerar para elegir cuál es la cifra más razonable. Se debe recalcar que el contexto arqueológico es más sustancial, debido a que no se puede ignorar que los vasos cilíndricos del estilo teotihuacano fueron encontrados debajo de la TBJ. Como se mencionó anteriormente, en el sureste de Mesoamérica la influencia teotihuacana está presente desde alrededor del 300–400 d.C., especialmente en Kaminaljuyu.

Según los últimos estudios sobre la relación entre Kaminaljuyu y Teotihuacan, en las Tumbas III y IV se ofrendaron varios vasos cilíndricos del estilo teotihuacano y los individuos tienen las posiciones sentadas con piernas cruzadas, y se fechan alrededor del año 450, y luego, alrededor del año 600 d.C. desaparecen los elementos culturales provenientes de Teotihuacan (Brawsell 2003: 99–103).

De lo anterior, es coherente que los vasos cilíndricos del estilo teotihuacano encontrados en Chalchuapa también podrían pertenecer alrededor del año 450 d.C. Además, en el caso de Chalchuapa la cantidad de materiales relacionados con Teotihuacan incrementan en los contextos después de la erupción. Esto sugiere descartar el fechamiento de 535 d.C., puesto que en ese tiempo comienza el decaimiento del poderoso Estado teotihuacano (Manzanilla 2001: 226), y no se observa mayor influencia teotihuacana a nivel mesoamericano.



OxCal v4.1.5 Bronk Ramsey (2010); r:5 Atmospheric data from Reimer et al (2009);

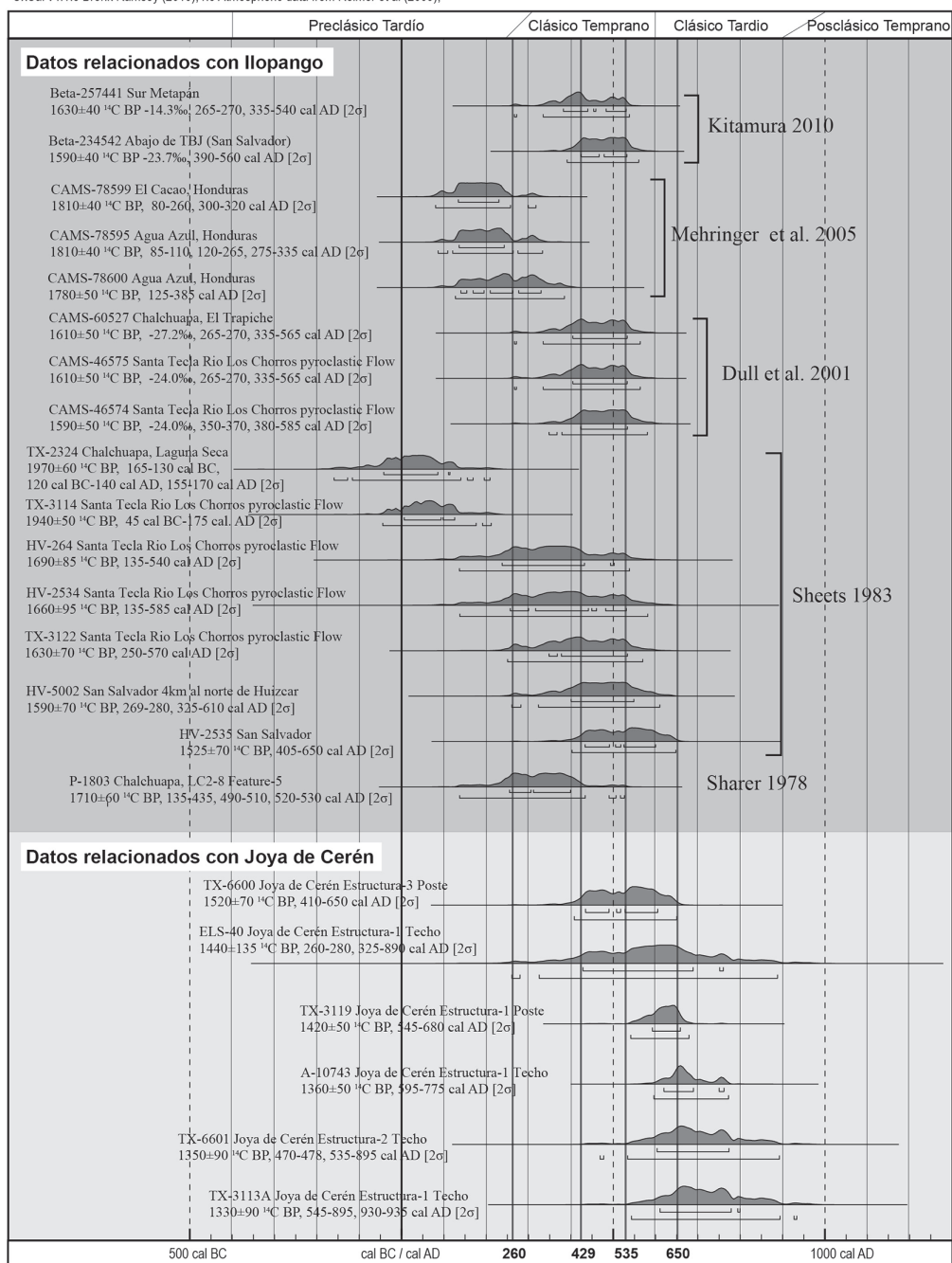


Figura 3. Datos de radiocarbono calibrado por Oxcal v4.1.5

(Los datos citados por Dull et al. 2001; Kitamura 2010; Mehninger et al. 2005; Sharer 1978; Sheets 1983)



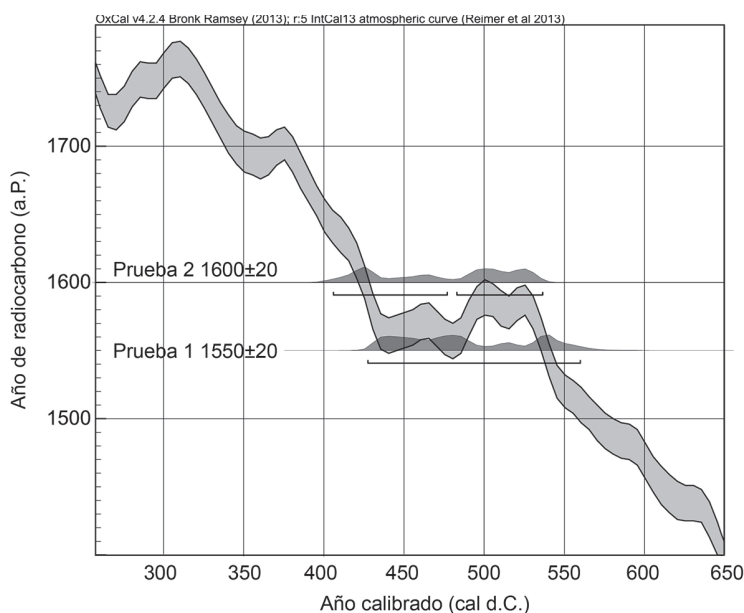


Figura 4. Curva calibrada entre 1550–1600 a.P.

A continuación, se presentan otros datos arqueológicos en los contextos debajo de la TBJ. H. Earnest (1999) realizó el análisis cerámico de los sitios ubicados en el valle del Paraíso y la comparación con los materiales cerámicos encontrados en los *Caches* 26 y 27 de Casa Blanca, Chalchuapa, los cuales fueron encontrados debajo de la TBJ<sup>2</sup>. En consecuencia, dichas cerámicas se identificaron con similitud a la cerámicas correspondientes a la fase Acbi de Copan, es decir 400–600 d.C., y por este se deduce que la erupción del Volcán Ilopango pudo haber ocurrido alrededor del siglo V (Earnest 1999: 287–292).

Además, como se menciona posteriormente en la próxima sección, considerando los contextos arqueológicos que se pueden observar en Joya de Cerén y Tazumal en Chalchuapa, con la óptica arqueológica se podría proponer que el fechamiento de la erupción fue alrededor del año 400–450 d.C.

#### IV–III. 535 d.C.

Este fechamiento está basado en los análisis de maderas carbonizadas que se encontraron debajo de la TBJ y los datos del núcleo de hielo y la reducción de SO<sub>2</sub> (óxido sulfúrico) que se puede observar en el núcleo de hielo de Groenlandia (Dull et al. 2010). Aunque este fechamiento fue publicado a manera de presentación de cartel en la *American Geophysical Union*, inmediatamente varios investigadores utilizan este fechamiento.

Según la presentación, se manifestó que sin lugar a duda la erupción ocurrió en el año 535 d.C. Sin embargo, antes de aceptarla, se deberían considerar algunos aspectos. Es necesario

2 *Cache* 26 consiste en dos cerámicas, las cuales son Tecomatán Red-on-crema: Tecomatán Variety, Chinchontepec Unslipped: Chinchontepec Variety. *Cache* 27 consiste en una cerámica, la cual es Chinchontepec Unslipped: Chinchontepec Variety (Sharer 1978 vol. III: 200–201).

observar los detalles de los datos de radiocarbono (e.g. Datos de carbono 14 antes de calibrar,  $\delta^{13}\text{C}$ , etc), los cuales lastimosamente no fueron incluidos en la presentación de los resultados. Aunque los datos se concentraron en los años calibrados entre 500–550 años cal d.C., si se datan 1550–1600 a.P., por todos los medios se convierte en un rango entre 400–550 cal d.C. (Figura 4). Para solventar este problema, se plantea combinar la observación del anillo anual de árbol. Sin embargo, esto todavía es bastante discutido, debido a que en el área tropical los árboles no presentan regularmente el anillo de crecimiento anual por lo cual es discutido su uso para establecer posibles fechas. Siempre se debe reflexionar los contextos y los materiales arqueológicos antes y después de la erupción.

El antiguo pueblo prehispánico de Joya de Cerén, ubicado en el valle de Zapotitán, El Salvador, está asentado sobre la TBJ que mide aproximadamente 0.3 m de grosor. Dicho pueblo fue cubierto por la erupción de Loma Caldera, la cual se data actualmente alrededor de 600–650 d.C., según la nueva calibración de datos originales (Sheets 1983: 5, 2002: 8). Por lo tanto, si la erupción hubiese ocurrido en el año 535 d.C. y se iniciara inmediatamente la reocupación, dicho pueblo tendría un lapso de tiempo de ocupación de alrededor de 100 años. Anteriormente se ha considerado que la erupción tuvo un gran impacto en los pueblos prehispánicos, generando un proceso de reasentarse de aproximadamente un siglo en las tierras devastadas (Dull et al. 2001: 32; Dull et al. 2010)<sup>3</sup>. Por lo tanto, todavía hay contradicciones y discrepancias con los datos disponibles y las interpretaciones arqueológicas. En este sentido, se debería de reanalizar no solo el fechamiento de la TBJ sino también la erupción de Loma Caldera.

Al observar la secuencia arquitectónica del área de Tazumal, Chalchuapa, esto nos permite tener otra idea para deliberar sobre la fecha de la erupción. En el lado sur de la Estructura B1–1 se ha encontrado una ofrenda que consiste en dos vasijas, las cuales son un vaso cilíndrico con imagen de un personaje y un cuenco policromo. Dicha ofrenda fue colocada antes de construirse la estructura hecha de piedra. Según el análisis de radiocarbono la muestra de carbón asociado a dicha ofrenda data  $1480 \pm 20$  a.P. y se concluyó 545–635 cal d.C. ( $2\sigma$ ). Después de la erupción del Ilopango, ante dicha colocación de la ofrenda pueden observarse varios agrandamientos y renovaciones de las estructuras, y cambio de características, por ejemplo, los materiales constructivos (tierra  $\rightarrow$  adobe  $\rightarrow$  piedra), y el eje central. Si la erupción hubiese ocurrido en 535 d.C. y hubiese ocurrido un abandono del sitio como lo que señala Dull y sus colegas (2010), hubiesen ocurrido varias actividades de construcción, incluyendo cambio de material constructivo y eje central en un período de tiempo muy corto, siendo 50–100 años. Sin embargo, aunque todavía no se puede descartar completamente, si se considera el tiempo de ciclo -construcción, uso y renovación-, la fecha de 535 d.C. no podría ser muy coherente.

---

3 Según la comunicación personal con Robert Dull en el 55 Congreso Internacional de Americanistas realizado en El Salvador, actualmente considera que el impacto de la erupción fue menos que lo que ellos consideraban anteriormente. Sin embargo, sería ideal presentar más indicios o datos arqueológicos robustos para sostener su idea a través de algunas maneras de artículo.

## V. Impacto

Hasta la fecha, se ha considerado que el impacto de la erupción de Ilopango fue fatal y que varios sitios fueron abandonados por ella. Sin embargo, dependiendo de la distancia, dirección desde el volcán, el grosor de la tefra y el tipo de sitio, se supone que los efectos y las acciones antes del desastre eruptivo fueron diferentes. Por lo tanto, nuevamente se debería de revisar los datos disponibles a fin de obtener una interpretación más razonable sobre el impacto de la erupción del Ilopango.

### V-1. Distribución espacial de TBJ

Para discutir el impacto de la erupción, en primer lugar se necesita comprender la distribución espacial de las tefras de TBJ. Los estudios han sido realizados por varios investigadores (Hart and Steen-McIntyre 1983; Kitamura 2010b, 2012, 2013; Kutterolf et al. 2008). Según los estudios más conocidos de Hart y Steen-McIntyre (1983), las tefras de TBJ abarcan un área de alrededor de 10,000 km<sup>2</sup> y se considera que nadie pudo sobrevivir ante este horrible desastre natural en un área aproximada de 1,000 km<sup>2</sup>, donde alcanzó a llegar el flujo piroclástico (Figura 5). Las tefras volcánicas de la TBJ se depositaron de 1–10 m+ de grosor en el valle de San Salvador (actualmente donde se ubica la capital), hasta el valle de Zapotitán, de 0.5–1.0 m de grosor en Chalchuapa donde se ubica a unos 80 km al oeste del volcán y de 0.2–0.5 m de grosor en Cara Sucia donde se ubica a unos 110 km al suroeste del volcán.

En base a la nueva revisión realizada por el vulcanólogo Shigeru Kitamura y sus colegas, nos permite tener nuevas perspectivas sobre la distribución espacial de TBJ (Kitamura 2010a, 2010b, 2012, 2013; Kitamura et al. 2015). Según dichos estudios, en algunos lugares los grosores de las tefras de TBJ son menores que lo que se mencionaba en Hart and Steen-McIntyre (1983). Por ejemplo, en varios sitios de Chalchupa solo se observan entre 0.2–0.3

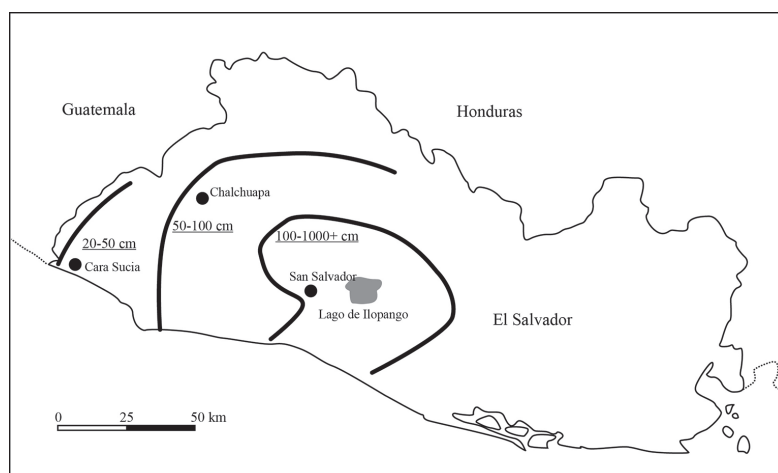


Figura 5. Esquema de distribución espacial de TBJ

(Hart and Steen-McIntyre 1983: Fig. 2–10; Dull et al. 2001: Fig. 1 redibujado por autor)

m de grosor. Dicho dato se base en las excavaciones de El Trapiche, Casa Blanca y Tazumal realizadas en los últimos años (Ichikawa 2008; Ito ed. 2009; Ito ed. 2010 [2003]).

Además, es importante notar que se identificaron las tefras de TBJ en varios lugares del lado este desde el Volcán Ilopango (e.g. Dull et al. 2010; Kutterolf et al. 2008). En el caso del sitio arqueológico Nueva Esperanza, en el Bajo Lempa, Usulután ubicado aproximadamente a 55 km al este del volcán, se registraron entre 0.2–0.3 m de grosor de las capas primarias de TBJ y 1.5–2.0 m de las capas secundarias provocadas por posibles inundaciones del Río Lempa (Ichikawa 2011).

Retomando los nuevos registros de distribución espacial de la TBJ arriba presentados, sin lugar a dudas, nos exige revisar los impactos directos e indirectos de la erupción del Volcán Ilopango.

## VI–2. Impacto de la erupción

Por lo general hay principalmente dos discusiones sobre el impacto de la erupción del Volcán Ilopango. El primero, es lo que se especula sobre los grandes impactos y efectos que provocaron migraciones y el cambio de grupos étnicos (e.g. Dull et al. 2001; Dull et al. 2010; Sharer and Gifford 1970; Sheets 1986, 2009). Por otro lado, se considera que hay ciertos impactos y los pueblos se refugiaron temporalmente en otros lugares, si bien no se presenta un gran cambio cultural y social como la hipótesis arriba mencionada, los grupos locales continuaban asentados en su lugar (e.g. Demarest 1988; Kitamura 2013; Shibata et al. 2010). Dicha hipótesis no es aceptada en el mundo académico, ya que según algunos investigadores faltan datos arqueológicos (cf. Dull et al. 2001: 33). Casi todas las discusiones mencionadas evidencian los datos obtenidos hasta los años 80. Es necesario reconsiderar esos datos previos con los datos acumulados y disponibles de la última década.

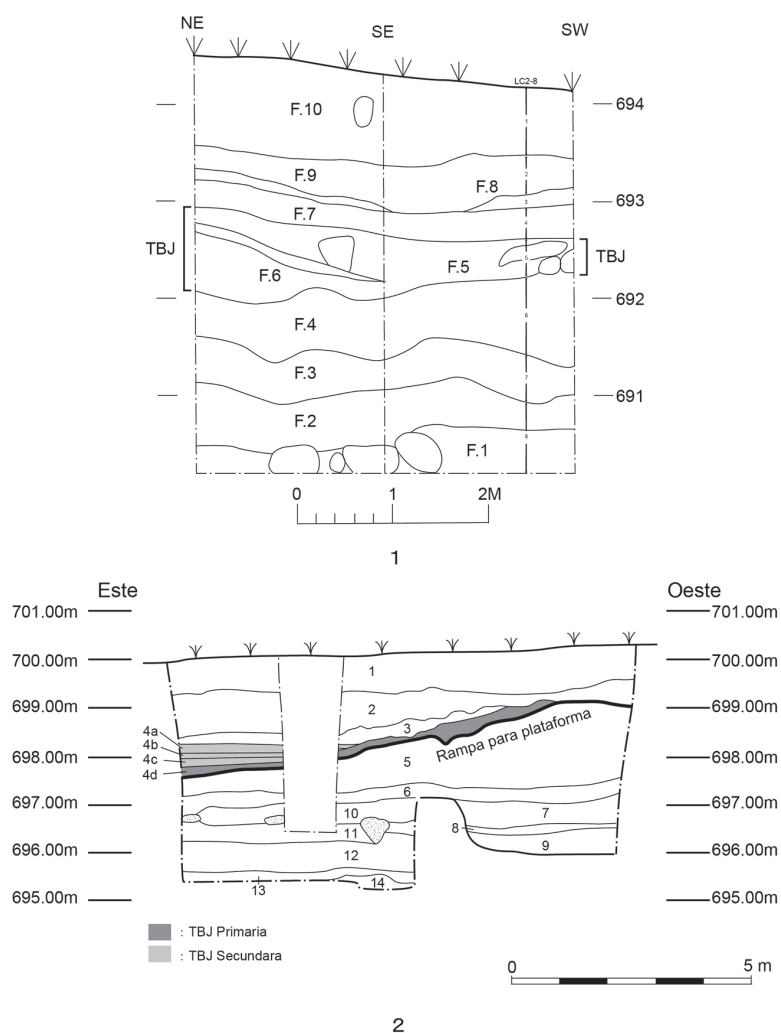
A continuación, se presentarán los nuevos datos arqueológicos de cuatro sitios y se reconsiderará el impacto de la erupción del Volcán Ilopango.

### 1) *Chalchuapa*

En Chalchuapa, localizado aproximadamente a 80 km al oeste del volcán, se observan las capas de TBJ en varios lugares, tales como El Trapiche, Casa Blanca, Laguna Cuzcachapa y Laguna Seca (Ohi ed. 2000; Ichikawa 2008; Ito ed. 2010 [2003]; Murano 2008; Sharer 1978 vol. I).

Por lo general, se considera que Chalchuapa fue completamente abandonado por la erupción (Dull et al. 2001; Dull et al. 2010; Sheets 2009), ya que se puede observar que las capas de TBJ tienen un grosor de casi un metro (Sheets 2009: 64). Sin embargo, no se puede ignorar que dicha capa de cenizas volcánicas contienen materiales arqueológicos (Sharer 1978 vol. I: 48–51), es decir el grosor de un metro presumiblemente consistiría en las capas primarias y secundarias (Figura 6–1). H. Earnest en su tesis doctoral apuntan atinadamente que en el caso de Laguna Cuzcachapa es sedimento lacustre y si no tiene gran profundidad, es posible que los sedimentos fueran mezclados por algunas razones naturales o artificiales (Earnest 1999: 289–290).

Sedimento similar se puede detectar en la Trinchera 4N del Parque Arqueológico Casa



**Figura 6. Cortes estratigráficos registrados en Laguna Cuzcachapa y Casa Blanca.**

1. Sub-operación LC2-8 (Sharer 1978: Fig. 3 redibujado y modificado por autor),
2. Trinchera 4N (Ito ed. 2010 [2003]: 33 redibujado y modificado por autor)

Blanca (Figura 6-2). El estrato 4 corresponde a las capas de TBJ y tiene más o menos 0.8 m de grosor. Sin embargo, se dividen cuatro sub capas por textura y la estructura que tienen, de las cuales el 4a-c es secundaria y solamente el 4d es primaria y tiene 0.2 m de grosor (Ito ed. 2010 [2003]: 33). Este grosor también se observan en otros lugares de Chalchuapa, tales como en los Pozos 19 y 25 ubicado en la parte norte de Tazumal (Ito ed. 2009: 15), las trincheras al frente de la Estructura E3-1 (Ito ed. 2014; Sharer 1978), y alrededores de la Estructura C3-6 de Casa Blanca (Ichikawa 2008; Sharer 1978). Por ello se sugiere que no se puede observar ninguna capa primaria que tiene 1.0 m de grosor en Chalchuapa.

Al reconsiderar el impacto de la erupción en Chalchuapa, es importante notar las

secuencias arquitectónicas y cerámicas registradas en el área de Tazumal (cf. Shibata et al. 2010). Aunque actualmente se está en proceso, el análisis de cerámicas encontradas en Tazumal no presenta cambio drástico del estilo cerámico antes y después de la capa de TBJ. Por lo tanto, se sugiere que a pesar de que es probable que se hubieran reducido y restringido las actividades cotidianas y sociales, NO ocurrió abandono completamente como lo que se pensaba anteriormente. Más bien, después de la erupción, el desarrollo social continuó con algunas tradiciones que se tenían antes de la erupción. Esta hipótesis se apoya por los resultados de análisis de isótopos estables de estroncio y el análisis de morfología dental, aplicados a algunas muestras de restos óseos encontrados en Chalchuapa, no presentando mayor cambio genético en el período Preclásico y el período Clásico (Ichikawa y Mortita 2010). No obstante, todavía no se puede descartar la posibilidad de procesos de inmigración a escala menor.

La interpretación arriba expuesta sugiere la siguiente pregunta; ¿Cómo sobrevivieron? Aunque se puede observar la continuidad cultural y social, lo que si es un hecho seguro es que las actividades agrícolas debieron verse afectadas, provocando una dificultad para conseguir la subsistencia básica. En efecto, estudios de polen realizados por Dull (2004) sugieren efectos medioambientales después de la erupción, como un decaimiento de la presencia de maíz en la Sierra de Apaneca (Dull 2004: 166). Tres años después de lo cual, Dull mismo presentó el interesante dato de los estudios de polen realizados en la laguna Cuzcachapa, en Chalchuapa, que también estima el decaimiento de la producción de maíz comenzando antes de la erupción, recuperándose nuevamente hasta el período Clásico Tardío (Dull 2007: 135–136).

De lo anterior, hay discrepancia con los datos arqueológicos disponibles hasta la fecha. Sin embargo, dependiendo del tiempo de la erupción (e.g. después de época de la cosecha), la cantidad de alimentos almacenados y redes sociales que tenían con otros grupos sociales, los chalchuapanecos pudieron subsistir. Parece ser que las redes sociales y de comunicaciones que tenían fueron cruciales, ya que antes de la erupción las sociedades del sureste de Mesoamérica compartían varios elementos culturales, religiosos e interactuaban tanto económica, como políticamente (e.g. Demarest 1986; Inomata et al. 2014; Love and Kaplan ed. 2011). Actualmente la importancia de las redes sociales y de comunicaciones se reconoce en la arqueología de desastre (Cooper and Sheets 2012). Por ejemplo, si tuviese relaciones recíprocas con varios sitios y ciudades que tienen accesos a diferentes recursos naturales y sociales, un proceso de reconstrucción marchará de manera adecuada.

En resumen, aún es difícil comprobar arqueológicamente el fechamiento más viable para la TBJ; sin embargo, al menos los datos arqueológicos de Chalchuapa indican que la zona no fue abandonada completamente por la erupción e innegablemente se observa una continuidad en el desarrollo cultural.

## *2) Valle de Zapotitán*

El valle de Zapotitán se encuentra casi en la parte central de El Salvador. Su área es de aproximadamente 546 km<sup>2</sup>, y está rodeado por el complejo volcánico de San Salvador al este y el Volcán de Santa Ana al oeste. En este valle se han realizado varias investigaciones arqueológicas, geológicas y vulcanológicas a partir de los años 70 (e.g. Dixon 2013; McKee 2002, 2007; Sheets ed. 1983, 2002). En este valle se encuentra el sitio arqueológico Joya de

Cerén, relevante sitio a nivel mundial debido a su extraordinario estado de conservación de un pueblo prehispánico.

### Joya de Cerén

Joya de Cerén fue sepultado por la erupción del Volcán Loma Caldera, ubicado a 2 km al noroeste del sitio y asimismo está conformado sobre la capa de la TBJ. El sitio está localizado aproximadamente a 38 km al oeste del Volcán Ilopango y se puede observar menos de 0.5 m de grosor de las capas de TBJ (Hart and Steen-McIntyre 1983). Según los reportes y dibujos disponibles, se deduce que Joya de Cerén se estableció un cierto tiempo después de la erupción (cf. Miller 2002: 15–17; Sheets 2009).

Luego de la erupción, ¿Cuándo los pobladores reocuparon lo que hoy es Joya de Cerén? Según los datos arqueológicos disponibles, probablemente fue alrededor del año 600 d.C. Anteriormente, se consideraba que Joya de Cerén fue sepultada en el 590±60 d.C. (Sheets 1983: 5) o 650 d.C. (McKee 2002: 7). A través de un nuevo sistema de calibración OxCal v4.1.5, se presenta la alta posibilidad que esto ocurriese alrededor del 650 cal d.C. (Figura 3). La mayoría de la cerámica registrada en Joya de Cerén corresponde a los grupos cerámicos Guazapa, Gualpopa y Copador, los cuales principalmente pertenecen al Período Clásico Tardío, es decir entre el 600–900 d.C. (Beaudry 1983; Beaudry and Bishop 2002; Sharer 1978).

Los nuevos datos de radiocarbono aplicados a los restos óseos encontrados en el sitio Nuevo Lourdes Ponientes, en el valle de Zapotitán apoyan la hipótesis arriba mencionada. Tres individuos prehispánicos fueron encontrados en las fosas excavadas en las capas de TBJ. Es decir, dichos entierros se coloraron después de la erupción del Volcán Ilopango. En consecuencia el análisis concluyó hacia el 650 cal d.C. (Ichikawa et al. 2015: 170–171). Por lo anterior, el año 600 d.C. es razonable como el tiempo de reocupación en el valle de Zapotitán.

Sin embargo, en el caso del grupo cerámico Guazapa que tiene técnica de decoración conocida “Engobe raspado”, se puede remontar en el período más temprano, o sea Clásico Temprano y Preclásico Tardío en Chachuapa. Por ello, hay posibilidad de remontarse un poco más temprano en el tiempo de reocupación. No obstante, el tiempo calculado anteriormente, es decir, el año 600 d.C., no sería desacertado.

### El Cambio

El sitio arqueológico El Cambio está ubicado solamente 2 km al este de Joya de Cerén y se ha reportado 1.2 m de grosor de la TBJ (Hart and Steen-McIntyre 1983: 23). Sin embargo, en las últimas investigaciones se registró entre 0.25–0.6 m (Chávez 2009; Ferres et al. 2011: 841; Yagi et al. 2015). Además, en El Cambio se registraron otras tefras volcánicas sucesivas; Loma Caldera, El Boquerón (964–1017 cal d.C.), El Playon (1658 d.C.). Por lo tanto, El sitio arqueológico El Cambio es un buen ejemplo para entender las reacciones humanas ante los desastres naturales, especialmente las erupciones.

En el año 2015 Hiroaki Yagi presentó un resultado preliminar del análisis cerámico de El Cambio (Yagi et al. 2015). Él reveló que no se observa un cambio drástico en las decoraciones y formas de las cerámicas antes y después de la erupción del Volcán Ilopango, por



lo cual argumentó que el impacto de la erupción fue a menor escala que lo que se consideró en estudios previos (Yagi et al. 2015: 858–859). Dicho argumento coincide con el análisis cerámico de Tazumal, Chalchuapa arriba mencionado.

### San Andrés

El sitio arqueológico San Andrés es conocido como un centro político, económico y religioso del valle de Zapotitán durante el período prehispánico. Mediante la última investigación del sitio en mención, se registraron interesantes rasgos arqueológicos para considerar el impacto de la erupción del Volcán Ilopango. En la Trinchera-1 ubicada al oeste, frente de la Estructura 5 se registró 0.4 m de grosor de las capas de TBJ y sobre la cual directamente fue establecido el piso de argamasa. Lo anterior indica probablemente que luego de la erupción las actividades de construcción se retomaron relativamente rápido.

En este apartado, cabe notar que a pesar de que los sitios se ubican cercanos en el mismo valle los impactos de la erupción debieron ser diferentes. Desde el punto de vista de la cerámica, Joya de Cerén no presenta la continuidad cultural después de la erupción, mientras El Cambio presenta la continuidad cultural. En el caso de San Andrés, aunque todavía no se conoce bien sobre el período antes la erupción, por lo menos después de la erupción, las construcciones se realizaron de manera inmediata.

### 3) *San Salvador*

La actual capital de San Salvador está ubicada a unos 10 km al oeste del Volcán Ilopango asentada sobre grandes capas de TBJ cuyo grosor oscila entre los 3–10 m o más.

En el sitio arqueológico Ex Cine Libertad que se localiza en la parte del centro histórico de San Salvador, se encontraron huellas de nivelación de terreno con las capas de relleno de la TBJ que correspondería el período Clásico Tardío (Gallardo y Díaz 2014). Dentro de ellas se obtuvo un carbón y se realizó el análisis de carbono 14. El resultado establece el  $1350 \pm 20$  a.P. y se concluyó 645–683 cal d.C. ( $2\sigma$ ), por lo cual se puede argumentar que el valle de San Salvador ya había sido repoblado antes o alrededor de 650 d.C. (Ichikawa et al. 2015: 171).

En varios lugares de San Salvador, se han registrado campos extensos de surcos de cultivos debajo de las capas de TBJ, tal como en el Boulevard Monseñor Romero (Shibata et al. 2010). Por ende, se deduce que antes de la erupción había grandes asentamientos prehispánicos desconocidos hasta la fecha en San Salvador y luego de la erupción fue completamente abandonado, y se repoblaría antes o alrededor de 650 d.C.

### 4) *Bajo Lempa*

La región de Bajo Lempa se ubica en el Departamento de Usulután, aproximadamente 50–60 km al este del Volcán Ilopango. Según el último trabajo de Kitamura, en el Bajo Lempa se puede observar extensamente las capas de TBJ primarias y secundarias (Kitamura et al. 2015).

El sitio arqueológico Nueva Esperanza está ubicado a unos 2 km al este del Río Lempa y 55 km al este del Volcán Ilopango. En dicho sitio, hasta la fecha, se registraron 0.2–0.3 m

de las capas primarias de TBJ y 1.5–2.0 m de las capas secundarias de TBJ (Ichikawa 2011). Dentro de dichas capas no se presenta ningún material arqueológico ni en las capas posteriores, es decir, no hubo reocupación después de la erupción.

En base en el último trabajo de Kitamura y sus colegas, el impacto indirecto fue crucial a su abandono. En la zona se puede observar unos 1.5–2.0 m de capas secundarias de TBJ. Esto ocurriría tras varias

inundaciones del Río Lempa. Además, mediante las investigaciones de barreno en la región de Bajo Lempa, se reveló que la península de San Juan del Gozo que tiene aproximadamente 34 km de largo desde la desembocadura del Río Lempa hacia el este, se formó después de la erupción (Kitamura 2010b, 2012, 2013; Kitamura et al. 2015). Por lo tanto, en la región de Bajo Lempa ocurrió un gran cambio en el medio ambiente tras la erupción.

En base a la estratigrafía del sitio Nueva Esperanza, se deduce que los pobladores costeños tenían tiempo de evacuación. Durante la excavación del año 2007 se encontraron vasijas completas y semi-completas asociadas con un entierro múltiple debajo de la TBJ y fueron colocadas boca abajo. Al levantar dichas cerámicas, dentro de las cerámicas se pudieron observar unos 1–2 cm de capa primaria de TBJ (Figura 7). Por lo anterior, se presume que dichas cerámicas fueron colocadas durante la caída de cenizas volcánicas del Ilopango. Es importante mencionar que los pobladores costeros contaron con tiempo para realizar actividades funerarias o rituales durante el tiempo de la caída de cenizas, por consiguiente, también contaron con el tiempo de evacuación. Podría ser que los sitios que se encuentran más distantes del volcán, contarán con suficiente tiempo para evacuar y refugiarse en algunos lugares seguros, aunque es difícil comprobarlo arqueológicamente.



Figura 7. Cerámica encontrada en Nueva Esperanza

## VII. Conclusión

A pesar de que este artículo no intenta presentar una conclusión definitiva, este apartado tratará las discusiones más relevantes en torno al tema de la TBJ y perspectivas para futuros trabajos.

Por el momento, retomando los datos de radiocarbono y arqueológicos disponibles, es posible proponer que el fechamiento más razonable es 400–450 d.C. Sin embargo, esto no significa descartar completamente las otras propuestas existentes ni agotar otras aproximaciones nuevas. Se debe considerar que cada hipótesis podría ser válida y luego ser comprobada con otros datos arqueológicos, fechamientos absolutos y relativos en contexto arqueológico u otro tipo de datos.

Actualmente existen dos trabajos pendientes. En primer lugar, es realizar la datación absoluta con diferentes materiales, tales como carbón, árbol, núcleo de sedimento anual (*Varved sediment core*), isótopos estables, etc. Se espera en especial que si es posible, desarrolle *Wiggle Matching* de los árboles sepultados debajo de TBJ (cf. Dull et al. 2010; Kitamura et al. 2007).

En segundo lugar, se debe señalar que es necesario analizar detalladamente los materiales y contextos arqueológicos antes y después de la erupción. Se deberá prestar especial atención a los contextos arqueológicos después de la erupción, ya que después de 1550 a.P. el rango de error de calibración es menor y se podría centrar más la fecha de reocupación y comparar las diferencias tipológicas y características de los materiales arqueológicos.

Por otra parte, en cuanto al impacto de la erupción, este artículo pretende resaltar que los impactos de la erupción fueron variados dependiendo de la distancia y la dirección desde el volcán. No cabe duda de que dentro de un radio 40 km desde el cráter del volcán fue devastado fuertemente debido a los flujos piroclásticos (cf. Dull et al. 2001; Kitamura et al. 2015). Sin embargo, fuera de dicha área los impactos serían a menor escala que lo señalado en los estudios previos. Los casos de El Cambio, San Andrés y Chalchuapa sustentan dicho argumento.

En efecto, todavía no se tiene un acuerdo común entre los investigadores. Hasta la fecha, la mayoría de estudios sobre la erupción del Volcán Ilopango, desarrollan y enfatizan el punto de vista desde las ciencias naturales. Por otro lado, la reacción humana ante desastres naturales desde el punto de vista de las ciencias sociales ha sido subestimada. Parece ser que por subrayar la escala de magnitud de la erupción como una tragedia, inconscientemente se tiende a ignorar la evidencia arqueológica de los pobladores antiguos.

Para finalizar, con la óptica arqueológica lo más importante es desentrañar el evento volcánico más catastrófico tanto como cambio medioambiental en el marco de la larga trayectoria y dinamismo histórico (e.g. Iannone 2014).

### Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a la Secretaría de Cultura de la Presidencia de la República de El Salvador, principalmente al Departamento de Arqueología de la Dirección Nacional de Patrimonio Cultural y Natural por permitirme la realización de investigación y estudios. El motivo de escribir este artículo fue el 55 Congreso Internacional de Americanistas realizado en San Salvador en el año 2015. También agradezco mucho a Hugo Díaz, Julio Alvarado, Michelle Toledo y Hiroaki Yagi, ponentes en dicho evento, por compartir varios datos nuevos, y Robert Dull y Payson Sheets, quienes nos dieron valiosos comentarios en el Congreso en mención. Al final agradezco a Nobuyuki Ito, Shione Shibata y Kitamura Shigeru, quienes me brindan varias informaciones arqueológicas y vulcanológicas de El Salvador, Oscar Camacho y Juan Manuel Guerra por revisión del español. Este estudio fue financiado parcialmente por la Sociedad Japonesa para la Promoción de Ciencia (#26101003).

### Referencias

- Beaudry-Corbett, M.P. 1983 The Ceramic of the Zapotitan Valley. In *Archaeology and Volcanism in Central America*, edited by Sheets, P, pp. 161–190. University of Texas Press, Austin.
- Beaudry-Corbett, M.P. and R.L. Bishop 2002 Ceramics and Their Use at Cerén. In *Before the Volcano Erupted: The Ancient Cerén Village in Central America*, edited by P. Sheets, pp. 117–138. University of Texas Press, Austin.
- Boggs, S. 1966 Pottery Jars from the Loma de Tacuazín, El Salvador. *Middle American Research Records* 3(5): 175–185.
- Brady, J.E., J.W. Ball, R.K. Bishop, D.C. Pring, R.A. Housley and N.D. Hammond 1998 The Lowland Maya “Protoclassic”: a Reconsideration of its Nature and Significance. *Ancient Mesoamerica* 9(1): 17–38.

- Braswell, G.E. 2003 Understanding Early Classic Interaction between Kaminaljuyu and Central Mexico. In *The Maya and Teotihuacan: Reinterpreting Early Classic Interaction*, edited by Braswell, G.E, pp. 105–142. University of Texas Press, Austin.
- Chávez, H. 2009 *El Entierro Preclásico EC I “8 A Extensión -a” Temporada 2006/07 del Sitio Arqueológico el Cambio, Valle de Zapotitán, San Juan Opico, La Libertad*. Tesis de Licenciatura entregado a la Escuela de Antropología de la Universidad Tecnológica de El Salvador, San Salvador.
- Chávez, J.A., W. Hernández y L. Kopecky 2012 Problemático y Conocimiento Actual de las Tefras Tierra Blanca Joven en el Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador. *Revista Geológica de América Central* 47: 117–132.
- Cooper, J. and P. Sheets (eds.) 2012 *Surviving Sudden Environmental Change: Understanding Hazards, Mitigation, Impacts, Avoiding Disasters*. University Press of Colorado, Boulder.
- Dixon, C.C. 2013 *Farming and Power: Classic Period Maya Manioc and Maize Cultivation at Ceren, El Salvador*. Ph.D. Dissertation submitted to the University of Colorado, Denver.
- Demarest, A.A. 1986 *The Archaeology of Santa Leticia and the Rise of Maya Civilization*. Middle American Research Institute No. 52, Tulane University, New Orleans.
- 1988 Political Evolution in the Maya Borderlands: The Salvadoran Frontier. In *The Southeast Classic Maya Zone*, edited by Boone, E.H. and G.R. Willey, pp. 335–394. Dumbarton Oaks, Washington D.C.
- Dull, R. 2004 An 8000-year Record of Vegetation, Climate, and Human Disturbance from the Sierra de Apaneca, El Salvador. *Quaternary Research* 61: 159–167.
- 2007 Evidence for Forest Clearance, Agriculture, and Human-induced Erosion in Precolumbian El Salvador. *Annals of the Association of American Geographers* 97(1): 127–141.
- Dull, R., J. Southon and P. Sheet 2001 Volcanism, Ecology and Culture: A Reassessment of the Volcan Ilopango TBJ Eruption in the Southern Maya Realm. *Latin American Antiquity* 12: 25–44.
- Dull, R., J. Southon, S. Kutterolf, A. Freundt, D. Wahland and P. Sheets 2010 Did the TBJ Ilopango Eruption Cause the AD536 event? *American Geophysical Union Fall Meeting abstract* 2010.
- Earnest, H.H. 1999 *A Reappraisal of the Ilopango Volcanic Eruption in Central El Salvador*. Ph.D Dissertation, Harvard University, Cambridge.
- Ferres, D., H. Delgado Granados, W. Hernández, C. Pullinger, H. Chávez, R. Castillo Taracena and C. Cañas-Dinarte 2011 Three Thousand Years of Flank and Central Vent Eruptions of the San Salvador Volcanic Complex (El Salvador) and Their Effects on El Cambio Archeological Site: A Review based on Tephrostratigraphy. *Bulletin of Volcanology* 73(7): 833–850.
- Fowler, W. And H. Earnest 1985 Settlement Patterns and Prehistory of the Paraiso Basin of El Salvador. *Journal of Field Archaeology* 12(1): 19–32.
- Gallardo, R. y H. Díaz 2014 *Informe sobre Excavaciones Arqueológicas Realizadas en el Predio del Ex Cine Libertad, Centro Histórico de San Salvador, El Salvador*. Dirección de Arqueología, Dirección Nacional de Patrimonio Cultura y Natural, Secretaría de Cultura de la Presidencia, El Salvador.
- Gifford, J.C. 1976 *Prehistoric Pottery Analysis and the Ceramics of Barton Ramie in the Belize Valley*. Peabody Museum Memoirs Vol. 18. Harvard University, Cambridge.
- Grattan, J. and R. Torrence (eds.) 2007 *Living under the Shadow: The Cultural Impacts of Volcanic Eruptions*. Left Coast Press, California.
- Gunn, J. (ed.) 2000 *The Years without summer: Tracing AD536 and its aftermath*. BAR International Series 872. Archaeopress, Oxford.
- Hart, W.J. and V. Steen-McIntyre 1983 Tierra Blanca Joven Tephra from the AD 260 Eruption of Ilopango Caldera. In *Archaeology and Volcanism in Central America*, pp. 14–34. University of Texas Press, Austin.
- Hernández, W. 2004 Características Geomecánicas y Vulcanológicas de las Tefras Tierra Blanca Joven, Caldera de Ilopango, El Salvador. Tesis de Maestría presentado a la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Iannone, G. 2014 Introduction: Resilience, vulnerability, and the study of socioecological dynamics. In *The Great Maya Droughts in Cultural Context: Case Studies in Resilience and Vulnerability*, pp. 1–20. University Press of Colorado: Boulder.
- Ichikawa, A. 2008 *Informe Final –Proyecto de Reparación de Drenaje alrededor de la Estructura-5”*. Departamento de Arqueología de CONCULTURA y JICA/JOCV, El Salvador.
- 2011 *Estudio Arqueológico de Nueva Esperanza, Bajo Lempa, Usulután*. Dirección de Publicaciones e Impresos, Secretaría de Cultura de la Presidencia, El Salvador.
- Ichikawa, A. y W. Morita 2011 Estudio del Patrón Funerario en el Sureste Maya a través de la Arqueología y Antropología Física. En *XXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, editado por B. Arroyo, L. Paiz, A. Linares y A. Arroyave, pp. 681–696. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Ichikawa, A., R. Gallardo, H. Díaz y J. Alvarado 2015 Nuevos Datos de Radiocarbono Relacionados con la Erupción del Volcán Ilopango. *Anales del Museo Nacional de Antropología Dr. David J. Guzmán* 53(4): 160–175.
- Inomata, T., R. Ortiz, B. Arroyo, and E.J. Robinson 2014 Chronological Revision of Preclassic Kaminaljuyú, Guatemala: Implications for Social Processes in the Southern Maya Area. *Latin American Antiquity* 25(4):

- 377–408.
- Ito, N. (ed.) 2009 *Informe Final de las Investigaciones Arqueológicas en Tazumal 2004–2008*. Universidad de Nagoya, Japón.
- 2010 [2003] *Excavación en la Trinchera 4N, Casa Blanca, Chalchuapa, El Salvador*. Universidad Tecnológica de El Salvador, El Salvador.
- 2014 *Informe Final del Proyecto Investigación Arqueológica a través de Sondeo Geofísico en el área de El Trapiche, Chalchuapa (2012–2014)*. Dirección de Arqueología de la Secretaría de Cultura de la Presidencia y Proyecto Arqueológico de El Salvador, El Salvador.
- Cooper, J. and P.D. Sheets 2012 *Surviving Sudden Environmental Change: Understanding Hazards, Mitigating Impacts, Avoiding Disasters*. University of Colorado Press, Colorado. [Kindle version]
- Lardé, J. 1926 Cronología Arqueológica de El Salvador. *Revista de Etnología, Arqueología y Lingüística* 1(3–4): 153–162.
- Lothrop, S. 1927 Pottery Types and Their Sequence in El Salvador. *Indian Notes and Monographs* 1(4): 165–220. Museum of the American Indian, Heye Foundation, New York.
- Love, M. and J. Kaplan (eds.) 2011 *Southern Maya in the Late Preclassic: The Rise and Fall of an Early Mesoamerican Civilization*. University Press of Colorado, Colorado.
- Keys, D. 2000 *Catastrophe: An Investigation into the Origins of Modern Civilization*. Ballantine Books, New York.
- Kitamura, S. 2010a Two AMS Radiocarbon Dates for the TBJ Tephra from Ilopango Caldera, El Salvador, Central America. *Bulletin of Social Work, Hirosaki Gakuin University* 10: 24–28.
- 2010b *Revaluation of Impacts of the Gigantic Eruption of Ilopango Caldera on Ancient Mesoamerican Societies in the 4th to the 6th Century*. Poster presented at International Focus Group on Tephrochronology and Volcanism (INTAV).
- 2012 *Formation Age of San Juan del Gozo Peninsula, El Salvador, C.A.* Paper presented at the Annual Meeting and Symposium 2012 of Japan Association for Quaternary Research, Risho University, Kumagaya.
- 2013 *Re-evaluation for the Impact of a Gigantic Eruption from Ilopango Caldera, El Salvador, Central America, in the 3rd to 6th Centuries*. Paper presented at International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (INTAV) 2013, Scientific Assembly.
- Kitamura S., A. Ichikawa, S. Shibata, N. Ito 2015 *Indirect Impact of Gigantic Eruption from Ilopango Caldera to Ecology and Human Activities in the Downstream of Lempa River, Southern Coastal Lowland of El Salvador, Central America*. Poster Presentation in XIX Congress of International Union for Quaternary Research at Nagoya Congress Center.
- Kutterolf, S., Freundt, A. and Peréz, W. 2008 Pacific Offshore record of Plinian arc Volcanism in Central America, Part 2: Tephra Volumes and Erupted Masses. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 9.
- Manzanilla, L. 2001 La Zona del Altiplano Central en el Clásico. En *Historia Antigua de México vol. II: El horizonte Clásico*, editado por Manzanilla, L. y L. López Luján, pp. 203–239. INAH y UNAM, México.
- McKee, B.R. 2002 Appendix 1A. Radiocarbon Dating and Chronology. In *Before the Volcano Erupted: The Ancient Cerén Village in Central America*, edited by Sheets, P., pp. 7–8. University of Texas Press, Austin.
- 2007 *Volcanism, Household Archaeology, and Formation Processes in the Zapotitán Valley, El Salvador*. Ph.D. Dissertation presented Department of Anthropology of University of Arizona.
- Miller, C.D. 2002 Volcanology, Stratigraphy, and Effects on Structures. In *Before the Volcano Erupted: The Ancient Cerén Village in Central America*, edited by Sheets, P., pp. 11–23. University of Texas Press, Austin.
- Murano, M. 2008 *Informe Final: Proyecto de Restauración e Investigación en la Estructura-5 y el Montículo-6 del Parque Arqueológico Casa Blanca, Chalchuapa, El Salvador*. El Salvador: Comité de Restauración del Templo Santiago Apóstol, Departamento de Arqueología de CONICULTURA y JICA, El Salvador.
- Ohi, K. (ed.) 2000 *Chalchuapa*. Universidad de Estudios Extranjeros de Kioto, Japón.
- Oliver-Smith, A. and S.M. Hoffman (eds.) 1999 *The Angry Earth: Disaster in Anthropological Perspective*. Routledge, New York and London.
- Sharer, R.J. 1974 Prehistory of the Southeastern Maya Periphery. *Current Anthropology* 15(2): 165–176.
- Sharer, R.J. (ed) 1978 *The Prehistory of Chalchuapa, El Salvador* (vol. I-III). University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
- Sharer, R. J. and J. C. Gifford 1970 Preclassic Ceramics from Chalchuapa, El Salvador, and Their Relationships with the Maya Lowlands. *American Antiquity* 35(4): 441–462.
- Sheets, P.D. 1971 An Ancient Natural Disaster. *Expedition* 13(1): 24–31.
- 1979 Environmental and Cultural Effects of the Ilopango Eruption in Central America. In *Volcanic Activity and Human Ecology*, edited by Sheets, P. and D. Grayson, pp. 525–564. Academic Press, New York.
- 1981 Volcanoes and the Maya. *Natural History* 90(8): 32–41.
- 1983 Introduction. In *Archaeology and Volcanism in Central America: the Zapotitán Valley of El Salvador*, edited by Sheet, P. pp. 1–13. University of Texas Press, Austin.
- 1986 Natural Hazards, Natural Disasters, and Research in the Zapotitán Valley of El Salvador. In *The Southeast Maya Periphery*, edited by Urban, P.A. and E.M. Schortman, pp. 224–238. University of Texas Press, Austin.

- 1987 Possible Repercussions in Western Honduras of the Third-Century Eruption of Ilopango Volcano. In *The Periphery of the Southeastern Classic Maya Realm*, edited by G. Pahl, pp. 41–52. University of California at Los Angeles Latin American Center, Los Angeles.
- 2002 *Before the volcano erupted: The Ancient Ceren Village in Central America*. University of Texas Press, Austin.
- 2009 Who Were Those Classic Period Immigrants into the Zapotitan Valley, El Salvador. In *The Ch'orti' Maya Area*, edited by Metz, B.E., L.M. C.L. McNeil, and K.M. Hull, pp. 61–77. University Press of Florida, Florida.
- Shibata, S., S. Kitamura y A. Ichikawa 2010 Reconsideración del fechamiento de TBJ desde el punto de vista estratigráfico. En *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009*, editado por Laporte, J.P., B. Arroyo y H. Mejía, pp. 826–838. Museo Nacional de Arqueología y Etonología, Guatemala.
- Yagi, H., S. Shibata y L. Morán 2015 La Cerámica de El Cambio, Valle de Zapotitán, El Salvador. En *XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala Tómo II*, pp. 855–863. Museo Nacional de Arqueología y Etonología, Guatemala.