

## Nuevas perspectivas sobre el volcanismo holocénico ecuatoriano y sus repetidos impactos en el valle de Jama: hacia un “geoarchivo” de tefra distal

James A. Zeidler

Universidad Estatal de Colorado, Fort Collins, EE.UU.

[james.zeidler@colostate.edu](mailto:james.zeidler@colostate.edu)

STRATA, 07-12/ 2023, vol. 1, nro.2, e9

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8383567>

Periodicidad: semestral - continua



### Resumen

La investigación arqueológica de campo sostenida en el valle de Jama de la costa manabita, en las décadas de 1980 y 1990, documentó la presencia de tres capas de tefra que representan erupciones volcánicas a gran escala (IEV = 4-5) emitidas desde la cuenca de Quito y áreas circundantes, todas las cuales tuvieron impactos cataclísmicos en varias culturas prehispánicas que resultaron en el abandono o la despoblación del valle durante varias décadas en dos casos y varios siglos en un caso. Estas fueron ocupaciones de las culturas Valdivia Terminal (fase 8a), Chorrera y Jama-Coaque I (fase Muchique 1), que se extendieron desde ca. 2030 a. C. a 90 d. C. y que fueron afectadas por erupciones de los volcanes Guagua Pichincha, Pululahua y otra vez del primero, respectivamente. Una investigación tefrocronológica más reciente en la Costa ecuatoriana, realizada por Vallejo Vargas (2011), ha documentado la presencia de al menos cinco eventos volcánicos adicionales del Holoceno en este paisaje distal (IEV = 4-6), pero sin asociaciones arqueológicas en este caso. Este artículo presenta nueva información arqueológica sobre esta compleja secuencia de tefras de ocho erupciones con una duración total de 5700 años (5940 a 240 AP), emitidas por cinco volcanes diferentes de la Sierra ecuatoriana. Estas rupturas/empujes repetidos debido a desastres naturales y sus variados impactos en la secuencia cultural contribuyen al entendimiento de las distintas ocupaciones prehispánicas y a las inferencias referentes al tempo y ritmo de cambio cultural y sociopolítico en cada fase arqueológica a través del tiempo.

**Palabras clave:** volcanismo holocénico, tefrocronología, vulnerabilidad social, valle de Jama, culturas prehispánicas

### Abstract

#### *New Perspectives on Holocene Volcanism in Ecuador and its Repeated Impacts in the Jama Valley: Towards a Distal Tephra Geo-archive*

*Sustained field archaeological investigation in the Jama Valley of the Manabí coast from the 1980s and 1990s has documented the presence of three tephra layers representing large-scale volcanic eruptions (VEI = 4-5) emanating from the Quito basin and surrounding areas, all of which had cataclysmic impacts on various pre-Hispanic cultures that resulted in the abandonment or depopulation of the valley over several decades in two cases and several centuries in one case. These were cultural occupations of the Valdivia Terminal (Phase 8a), Chorrera, and Jama-Coaque I (Muchique Phase 1) cultures that extended from ca. 2030 BCE to 90 CE and that they were affected, respectively, by eruptions of the Guagua Pichincha, Pululahua, and again by Guagua Pichincha*

volcanoes, respectively. A more recent tephrochronological investigation in coastal Ecuador, carried out by Vallejo Vargas (2011), has documented the presence of at least five additional Holocene volcanic events in this distal landscape (VEI = 4-6), but, in this case, without archaeological associations. This article presents new archaeological information about this complex tephrochronological sequence of eight eruptions with a total duration of 5700 years (5940 to 240 BP) and emanating from five different highland volcanoes. These repeated ruptures by natural disasters and their varied impacts on the cultural sequence contribute to our understanding of the different pre-Hispanic cultural occupations and inferences regarding the tempo and rhythm of cultural and sociopolitical change in each archaeological phase through time.

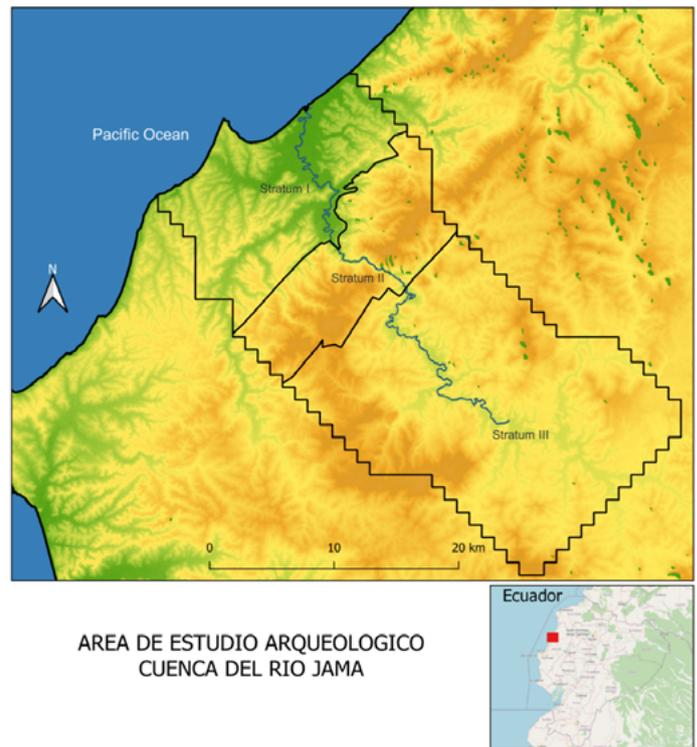
**Keywords:** Holocene volcanism, tephrochronology, social vulnerability, Jama Valley, Pre-Hispanic cultures

*A pesar de la naturaleza aparentemente devastadora de muchos eventos, los peligros volcánicos como clase no deben verse bajo una luz puramente negativa ... La destrucción de la vida y el medio ambiente también puede brindar nuevas oportunidades para modas de vida alternativas y/o formar la plataforma para nuevas formas de vida e innovaciones culturales (Grattan y Torrence, 2007, p. 9, traducción propia).*

## Introducción

La investigación arqueológica y paleobotánica a largo plazo realizada en el valle de Jama (Figura 1) de la provincia costera de Manabí, Ecuador, desde principios de la década de 1980 hasta el presente, ha revelado una larga secuencia estratigráfica de culturas prehispánicas cuyos asentamientos y medios de vida se interrumpieron periódicamente y, en algunos casos, resultaron totalmente destruidos por erupciones volcánicas catastróficas provenientes de las tierras altas de los Andes (Figura 2), unos 200 km al este (Zeidler y Pearsall, 1994; Zeidler, 1994a, 1994b, 2016; Zeidler e Isaacson, 2003; Zeidler et al., 1998; ver Pearsall, 2004 y Stahl, 2011 para implicaciones arqueobotánicas y arqueofaunísticas, respectivamente, y Stahl y Pearsall, 2012 para los efectos

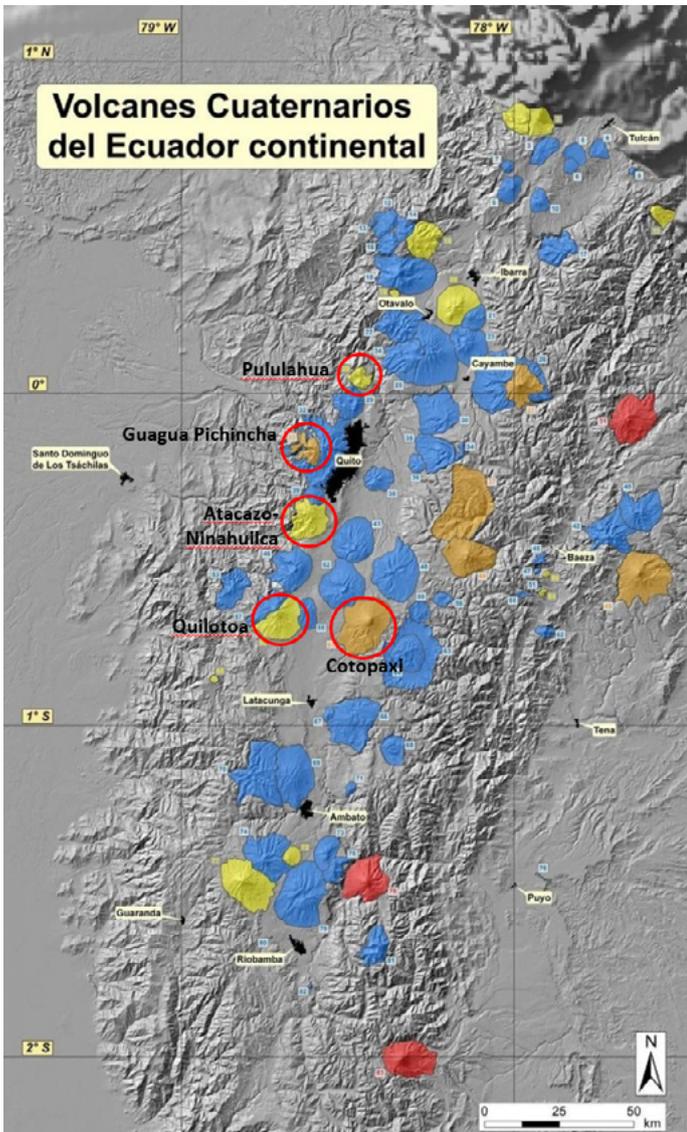
**Figura 1**  
Mapa topográfico de la ubicación del valle del río Jama



AREA DE ESTUDIO ARQUEOLOGICO  
CUENCA DEL RIO JAMA

*Nota.* En el recuadro, área de estudio arqueológico en el norte de la provincia de Manabí.

**Figura 2**  
Mapa del Ecuador con los principales volcanes en el altiplano andino



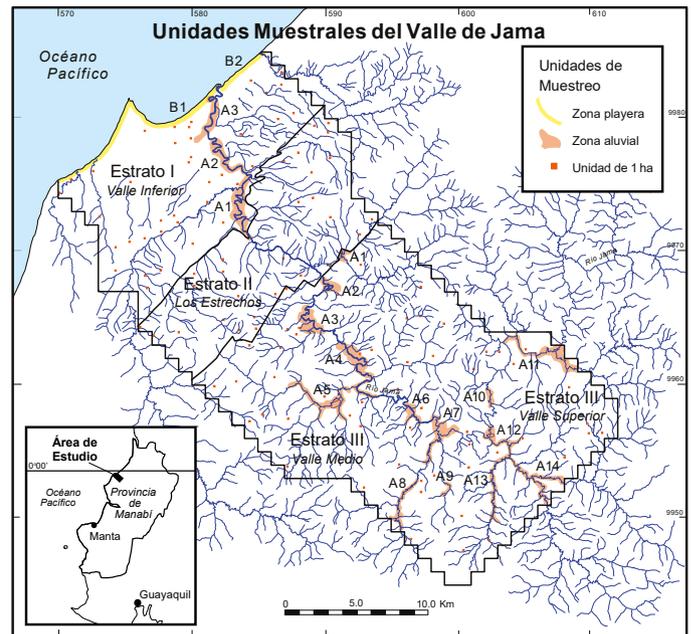
*Nota.* Los volcanes para la secuencia de tefras del valle de Jama se indican con círculos rojos. De norte a sur, son Pululahua, Guagua Pichincha, Atacazo-Ninahuilca, Quilotoa y Cotopaxi. Versión modificada del mapa creado por el *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD) y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN), Quito.

en las prácticas agroforestales antiguas). Este prolongado esfuerzo de investigación ha resultado en una secuencia cronológica definida por siete fases cerámicas y más de 40 fechas de radiocarbono que abarcan más de 3700 años (Zeidler, 2002, 2016, 2022; Zeidler y Beltrán, 2022; Zeidler y Pearsall, 1994; Zeidler et al., 1998; Buck y Zeidler, 2021, s.f.). Documenta el surgimiento de sociedades de cacicazgos, desde sus modestos comienzos en los tiempos de Valdivia 8a, hasta complejas entidades

políticas con centros de montículos ceremoniales con lazos interregionales e influencia durante la subsiguiente tradición Jama-Coaque. En las primeras fases de esta investigación de campo, fue evidente de inmediato la presencia de capas de ceniza volcánica, tanto en los taludes de los ríos como en nuestros perfiles estratigráficos y excavaciones contextuales en sitios arqueológicos en todo el valle. Esta proporcionó marcadores de tiempo estratigráficos muy útiles para las correlaciones cronológicas dentro del valle, especialmente en combinación con las correlaciones cerámicas entre componentes culturales muy separados.

Entre 1989 y 1991, con el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias (EE.UU.), un área de estudio de 785 km<sup>2</sup> dentro del drenaje del valle de Jama (Figuras 1 y 3) fue objeto de un estudio arqueológico sistemático y de pruebas estratigráficas de sitios durante tres temporadas de campo (Zeidler, 1995). El resultado fue la identificación y documentación de 232 sitios arqueológicos

**Figura 3**  
Mapa hidrográfico del área de estudio del valle de Jama (785 km<sup>2</sup>)



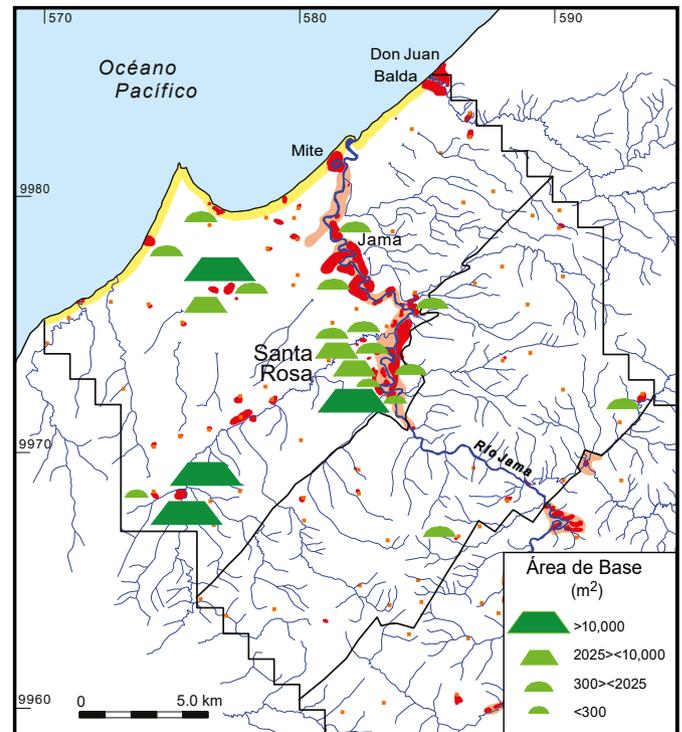
*Nota.* Se aprecian tres “estratos de muestreo” (Estratos I-III) a lo largo del eje central del drenaje del río, además de las distintas unidades muestrales: zonas playeras, zonas aluviales y cuadrados aleatorios de una hectárea.

y 110 montículos de tierra o tolas de diferentes tamaños y funciones (Figuras 4a y 4b), todos los cuales forman una jerarquía social compleja de tres niveles de cacicazgos

cazgos autónomos que se desarrollaron con el tiempo en tres sectores diferentes del valle (Zeidler, 2002, 2005, 2022; Zeidler y Beltrán, 2022). Tradicionalmente, se había pensado que estas culturas prehispánicas costeras formaban una ocupación continua desde su primera aparición en el registro arqueológico hasta la Conquista española de 1532. Numerosos esquemas de cronología cultural para la Costa de Ecuador, publicados durante los últimos 50-60 años, muestran una secuencia fluida de ocupación con sucesivas “culturas arqueológicas” en transición gradual a través de una serie uniforme de etapas de desarrollo funcional denominadas períodos Precerámico, Formativo, Desarrollo Regional e Integración (ver, por ejemplo, Meggers, 1966, pp. 24-28, Fig. 3), con un episodio disruptivo importante reconocido solo para la Conquista. Sin embargo, ahora sabemos que para gran parte de las tierras altas del norte y centro de Ecuador, así como algunos sectores de la Costa y sus tierras bajas, este no fue el caso (Hall, 1977; Hall y Mothes, 1999, 2008a; Isaacson, 1987, 1994; Zeidler et al., 1998). Grandes áreas de las tierras altas ecuatorianas fueron completamente devastadas por impactos piroclásticos dramáticos en la vida humana prehispánica y sus asentamientos, lo que planteó severos impedimentos para el desarrollo cultural sostenido a lo largo de la prehistoria. Para las tierras bajas costeras, grandes franjas de territorio fueron cubiertas repetidamente con depósitos de ceniza volcánica o “tefra”, en varios momentos del pasado prehispánico, los que tuvieron impactos variables, pero a menudo devastadores, en estas sociedades, desde la provincia de Esmeraldas y la occidental de Pichincha en el norte hasta el sur de la provincia Manabí en el sur (Isaacson, 1987, 1994; Isaacson y Zeidler, 1999; Lippi, 1998, 2004; Vallejo Vargas, 2011; Zeidler y Isaacson, 2003). En estos casos se han identificado distintos hiatos de abandono y transiciones culturales mucho más

Figura 4a

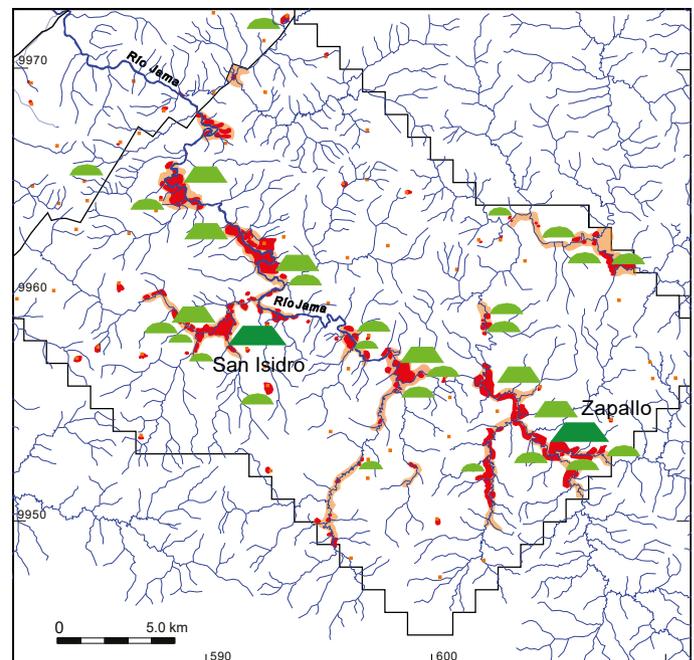
Mapa hidrográfico parcial del área de estudio del valle de Jama



Nota. Se muestran las ubicaciones aproximadas de los sitios arqueológicos (rojo) y de los montículos (verde, en escala aumentada) identificados en la prospección arqueológica sistemática (Estratos I y II).

Figura 4b

Mapa hidrográfico parcial del área de estudio del valle de Jama



Nota. Se muestran las ubicaciones aproximadas de los sitios arqueológicos (rojo) y de los montículos (verde, en escala aumentada) identificados en la prospección arqueológica sistemática (Estrato III).

abruptas de lo que se pensaba. El valle de Jama del norte de la provincia de Manabí es una de esas áreas que fue particularmente afectada en forma serial ya que se encuentra al oeste-suroeste de la región de la cuenca de Quito, de donde emanaron la mayoría de las erupciones volcánicas (Zeidler et al., 1998; Zeidler e Isaacson, 2003). Como tal, proporciona un archivo geológico o mejor dicho un “geoarchivo” dominado por tefras distales junto con sus respectivas asociaciones arqueológicas y, por lo tanto, sirve como un estudio de caso comparativo para el creciente interés en los impactos de las caídas de ceniza a distancia en las sociedades antiguas (ver, por ejemplo, Sevink et al., 2019).<sup>1</sup> También aporta un estudio de caso arqueológico concreto para ilustrar la “secuencia eruptiva idónea” de tefras distales de Vallejo Vargas (2011, Figura 5.1) en la Costa ecuatoriana.

Sin embargo, como veremos, no se debe suponer que todos los desastres volcánicos de caída de ceniza distal produjeron escenarios de muerte instantánea y destrucción masiva similares a los de Pompeya en Italia y, como enfatizan Grattan y Torrence (2007, p. 9) en el epígrafe del inicio, las secuelas de las erupciones pueden causar efectos demoledores en el paisaje natural, así como en la salud y el bienestar humanos, pero al mismo tiempo, pueden abrir nuevas oportunidades para que florezcan nuevas formas de creatividad cultural e innovación social. Tal es el caso del valle de Jama. Esto no minimiza los efectos negativos reales para la salud que las lluvias de ceniza distales pueden tener incluso en las poblaciones locales<sup>2</sup>, los que se analizan con más detalle a continuación.

## Reevaluación de la secuencia de tefra del valle de Jama

Si bien solo las cenizas volcánicas de partículas finas se extendieron a los paisajes distales de la Costa ecuatoriana, donde aparecieron en depósitos gruesos y continuos, especialmente en áreas aluviales bajas, su efecto podría haber sido bastante devastador y provocar una catástrofe ecosistémica, hambruna, muerte, abandonos del valle y emigración (Blong, 1984). Como veremos, las tasas de recuperación, tanto para los ecosistemas como para la reocupación humana, varían ampliamente debido a una pluralidad de factores que desafían una explicación fácil. En casos arqueológicos, los impactos volcánicos y las tasas de recuperación humana a menudo son difíciles de interpretar con absoluta certeza e incluso entonces justifican una investigación y un análisis considerable. Dicho esto, no se puede subestimar su importancia para comprender el desarrollo y el cambio social a lo largo del tiempo, ya que pueden proporcionar un indicador muy claro de los tempos y ritmos mediante los cuales las culturas arqueológicas surgen, florecen durante un tiempo y luego transitan a otra manifestación después del desastre. Como señalan Me-Bar y Valdez (2004, p. 1311, traducción propia), “los desastres, especialmente aquellos que provocan grandes pérdidas poblacionales, en los que el proceso de recuperación poblacional incluye una ola migratoria, probablemente pueden observarse en el registro arqueológico como ‘transiciones culturales’”.

La evidencia arqueológica del valle del río Jama demuestra una secuencia cultural de 3700 años que se extiende desde el final del Formativo Temprano hasta el período colonial y que fue afectada de manera variable por al menos seis erupciones volcánicas que emanaron de la Sierra ecuatoriana, denominadas Tefras I, IIa, IIb, III, IV y V (Tabla 1).<sup>3</sup> Aquí aclaramos la naturaleza de estos seis eventos eruptivos que afectaron las poblaciones indígenas, pero con el propósito final de comprender:

1. De igual manera, se puede aplicar el mismo término de “geoarchivo” a la secuencia arqueológica revelada por Nicolas Guillaume-Gentil (2008) en sus extensas excavaciones en el sector de La Maná, provincia de Los Ríos. Ahí se identificaron ocho capas de tefra a lo largo de una secuencia arqueológica de 5000 años, algunas de las cuales corresponden a cenizas también encontradas en el valle de Jama y otras que son particulares de Los Ríos. También, las excavaciones arqueológicas a largo plazo de Ronald Lippi (1998, 2004) en Pichincha occidental constan como un “geoarchivo” en este mismo sentido.  
2. Por ejemplo, consulte el sitio web de la Red Internacional de Peligros Volcánicos para la Salud (USGS, 2018) en <https://www.ivhcn.org/information/health-impacts-volcanic-ash/>, pero solo para hacer una distinción clara entre los impactos sanitarios de los eventos eruptivos proximales y distales.

3. Es menester mencionar también que hubo dos erupciones holocénicas del volcán Cotopaxi (IIa-F4 y IIa-F5) que ocurrieron previa a la colonización inicial del valle por la cultura Valdivia Terminal en la Fase 8a de esa secuencia, las cuales hemos denominado Tefras Tempranas (Tabla 1).

a) cómo estos desastres pueden haber afectado de manera variable las sucesivas ocupaciones culturales del valle de Jama, en términos de abandonos forzados y la posterior recolonización del paisaje regenerado, versus muchas transiciones más suaves del cambio cultural, y b) cómo estos movimientos de población y períodos de pausa pueden haber moldeado el tempo y el ritmo del desarrollo sociopolítico a lo largo del tiempo. En este sentido, estamos abogando por una “vulcanología paleo social”, propuesta por Felix Riede (2015, 2019), que requiere un análisis profundo de la evidencia arqueológica existente antes y después de cada evento eruptivo con el fin de inferir el grado de vulnerabilidad al desastre de una población dada, tanto como la naturaleza de la respuesta social a dichos impactos.

El programa de investigación arqueológica en el valle de Jama comenzó a principios de los 80 con exca-

vaciones de prueba iniciales en un conocido centro de montículos ceremoniales (San Isidro/M3D2-001), con el patrocinio del Centro de Estudios Arqueológicos y Antropológicos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol) en Guayaquil y el Programa de Antropología para el Ecuador en Quito. A esto le siguió el registro de sitios arqueológicos en todo el valle y pruebas estratigráficas selectivas a fines de esa década como un medio para establecer una secuencia cerámica básica para las diversas ocupaciones culturales y, al mismo tiempo, desarrollar una cronología absoluta para esta secuencia a través de análisis de radiocarbono de especímenes de carbón vegetal de contextos seguros. Este trabajo posterior, financiado por una subvención exploratoria de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) de EE.UU., resultó en una secuencia cronológica definida por siete fases culturales y unas 37 fechas de radiocarbono que

**Tabla 1**  
Secuencia de tefras del Holoceno tardío para el valle del río Jama

(A) Evento Volcánico Valle de Jama	(B) Fuente Volcánica	(C) Fecha de Consenso(AP)	(D) Cultura/Fase Arqueológica Afectada	(E) Duración Modal (años)*	(F) Grupo Volcánico	(G) No.de Muestra Vallejo (2011)	(H) Tipode Erupción	(I) VEI	(J)Altdel Col(km)	(K) Volumen (km <sup>3</sup> )	(L) Referencias
Tefra V	Guagua Pichincha	~290	Periodo Colonial Muchique5	~150	B	JAM-1	pliniana	4	?	0,20	Robin et al.(2008) Estupiñan Viteri(1998)
Tefra IV	Quilotoa:Q-I	~800	Jama-CoaqueII / Muchique3	~30	B	JAM-2SIC-1	pliniana	6	35	20,91	Mothesand Hall (1999,2008)
Tefra III	Guagua Pichincha	~1935	Jama-CoaqueI/ Muchique1	~60	B	SIC-2?	pliniana	4	25-30	0,50	Robin et al. (2008) Estupiñan Viteri(1998)
Tefra IIb	Ninahuilca:N6	~2270	Jama-CoaqueI / Muchique1?	~30	B	SIC-5	pliniana	5	30	12,04	Hidalgo et al. (2008)
Tefra IIa	Pululahua: III-E2/E3	~2450	Chorrera/ Tabuchila 2	~420	A	SIC-3	pliniana	5	35	10,77	Andrade et al. (2021) Volentik et al.(2010)
Tefra I	Guagua Pichincha	~3540	Valdivia 8a / Piquigua	~120	B	n/a	pliniana	6**	?	1,66	Robin et al. (2008) Estupiñan Viteri (1998)
Tefras Tempranas	Cotopaxi IIa-F5	5830-4500	unknown	?	C	SIC-4?	pliniana	?	?	1,20	Hall and Mothes (2008b)
	Cotopaxi IIa-F4	5940-5830	unknown	?	C	n/a	pliniana	5a6	?	17,54	Hall and Mothes (2008b)

Nota. Las Tefras I a V se evidencian en contextos arqueológicos. \*Buck y Zeidler, s. f. \*\*Toulkerides, comunicación personal, agosto 2023.

cubren más de 3500 años (Zeidler y Pearsall, 1994; Zeidler et al., 1998). Lo que fue evidente de inmediato en estas primeras etapas de la investigación fue la presencia de múltiples capas de ceniza volcánica, tanto en los taludes de los ríos como en los cortes de carreteras, y en nuestros perfiles estratigráficos de los sitios arqueológicos de todo el valle, tanto en áreas aluviales como en bosques de tierras altas. Proporcionaron marcadores de tiempo estratigráficos muy útiles para las correlaciones cronológicas, especialmente en combinación con correlaciones cerámicas entre componentes culturales. Más importante aún, nuestro muestreo de radiocarbono de contextos arqueológicos controlados (ahora aumentado a un total de 42 dataciones) y los análisis posteriores de  $^{14}\text{C}$  proporcionaron múltiples fechas absolutas que agruparon todas las capas de tefra, que ahora están bien datadas a través de determinaciones consensuadas por la comunidad de vulcanólogos (Zeidler et al., 1998; Buck y Zeidler, s. f.). Por lo tanto, incluso sin tener la identificación precisa de la composición geoquímica de cada capa de tefra que se encuentra en todo el valle, generalmente son identificables por: a) su ubicación estratigráfica, b) los complejos cerámicos asociados por encima y por debajo de ellas y c) la cronología de radiocarbono correspondiente para la secuencia cultural y para las propias capas intercaladas.

Luego a principios de los 90, con el apoyo renovado de la NSF, un área de estudio de 785 km<sup>2</sup> dentro del drenaje del valle de Jama (Figura 3) fue objeto de una prospección arqueológica sistemática durante tres temporadas de campo (Zeidler, 1995). Se definieron tres estratos de prospección: el valle inferior a lo largo de la franja costera (Estrato I), una zona más pequeña de colinas interiores (Estrato II) y las porciones media y alta del valle (Estrato III). Los Estratos I y III se segregaron aún más en áreas aluviales y tierras altas no aluviales; las primeras se seleccionaron para una cobertura del 100% a través de una inspección peatonal y las últimas se muestrearon mediante la colocación de numerosos cuadrados aleatorios (*random quadrats*) de una hectárea. El Estrato II, que carecía de deposición aluvial, se muestreó con cuadrados aleatorios adicionales de una hectárea. Se investigaron un total de 130 cuadrados aleatorios a través de la inspección de la superficie,

cuando fue factible, y de pruebas de pala sistemáticas (*systematic shovel-tests*) en áreas de poca visibilidad debido a la cubierta vegetal. El estudio resultó en la identificación y documentación de 232 sitios arqueológicos junto con el registro de unos 110 montículos de tierra de diferentes tamaños y funciones en los tres estratos explorados (Figuras 4a, b), todos los cuales forman una jerarquía compleja de sitios de tres niveles que ya mencionados representan tres centros cacicales espacialmente autónomos que se desarrollaron a lo largo del tiempo en diferentes sectores del valle (Zeidler, 1995, 2016, 2022; Zeidler y Beltrán, 2022).

Si bien al inicio se pensó que solo tres grandes eventos eruptivos afectaron el paisaje prehispánico del valle de Jama, con base en la evidencia más destacada de depósitos de tefra (Donahue y Harbert, 1994; Isaacson, 1994; Isaacson y Zeidler, 1999; Zeidler, 1994a, 1994b, 2016; Zeidler e Isaacson, 2003; Zeidler et al., 1998), investigaciones tefrocronológicas y análisis de composición geoquímica más recientes en el norte de la provincia de Manabí, por la vulcanóloga Silvia Vallejo Vargas (2011), identificaron un total de ocho eventos eruptivos ocurridos en el Holoceno. Dos de estos, ambos del volcán Cotopaxi, son anteriores a la secuencia cultural actual que comienza en la época Tardía/Terminal de la cultura Valdivia. Cinco mantos de tefra afectaron a sucesivas poblaciones indígenas prehispánicas de manera variable, dos más de lo que se pensó originalmente, y una caída de ceniza final afectó a las poblaciones remanentes del período colonial en el valle, denominadas en la literatura etnohistórica como los campace. La Tabla 1 proporciona información básica sobre cada uno de estos eventos volcánicos, incluida la siguiente, de izquierda a derecha:

- (A) nomenclatura de la tefra en la secuencia del valle de Jama;
- (B) fuente probable de la erupción volcánica (o episodio eruptivo) en el altiplano andino;
- (C) fecha de consenso vulcanológico para la erupción (en años antes del presente, AP);
- (D) cultura/fase arqueológica del valle de Jama que fue afectada por la erupción;
- (E) período de pausa o abertura modal en la ocupación

- humana después de la erupción;
- (F) grupo fuente del volcán;
- (G) número de muestra correspondiente al estudio de Vallejo Vargas (2011);
- (H) tipo de erupción volcánica;
- (I) Índice de Explosividad Volcánica (IEV: 1 a 8);
- (J) altura de la columna (km);
- (K) volumen de la erupción (km<sup>3</sup>);
- (L) referencias vulcanológicas clave para cada erupción.

Esta información actualizada, junto con algunas determinaciones de radiocarbono adicionales del registro arqueológico, han generado un replanteo (Buck y Zeidler, 2021, s. f.) del modelo bayesiano de la secuencia cultural del valle de Jama, tal como se presentó antes en Zeidler et al. (1998), aunque las principales líneas generales de los impactos volcánicos en esta secuencia siguen siendo las mismas.

Las historias eruptivas detalladas de estos volcanes se pueden encontrar en los artículos de referencia enumerados en la Tabla 1, columna L, y los episodios eruptivos específicos que alcanzaron la costa norte de la provincia de Manabí se discuten allí. Es importante señalar aquí que el Índice de Explosividad Volcánica (IEV, Newhall y Self, 1982) se mide en una escala de 1 a 8 (Tabla 1, columna I), considerado un valor de 4 o superior y un volumen total de tefra mayor a 0,1 km<sup>3</sup> como una erupción “cataclísmica” (Sheets, 2012, p. 45). Como muestra la Tabla 1, las ocho erupciones que afectaron al valle de Jama en el Holoceno tardío alcanzaron o excedieron estos umbrales. Varias de estas erupciones cubrieron inmensas áreas de las tierras bajas costeras con profundos depósitos de ceniza volcánica, lo que hizo que la agricultura y otras actividades de subsistencia, así como la vida misma, fueran muy difíciles, sino imposibles (Isaacson, 1987; Vallejo Vargas, 2011; Zeidler e Isaacson, 2003). El valle de Jama en particular fue el receptor de una gran cantidad de cenizas durante el Holoceno tardío debido a los patrones de viento provenientes del oriente que llevaron penachos de tefra en una huella constante sobre el mismo (Brown, 2019; Coutros, 2018; Donahue y Harbert, 1994; Isaacson y Zeidler, 1999; Vallejo Vargas, 2011; Zeidler, 1994a, 1994b, 2016; Zeidler et al., 1998; Zeidler e Isaacson, 2003). De hecho,

investigaciones arqueológicas al norte inmediato (valle de Coaque; Delgado y Vásquez, 2014; Vásquez y Delgado, 2012), al este (área de Río Grande en Chone; Herrmann, comunicación personal, abril de 2023) y al sur (valle de Río Muchacho, Cabo Pasado, Canoa, Bahía de Caráquez; Delgado, 2013; Estrada, 1962) no muestran esta misma secuencia de tefras. Y donde se encuentran, las capas de tefra son generalmente más delgadas y efímeras que las del valle de Jama (Herrmann, comunicación personal, abril de 2023; Vallejo Vargas, 2011; Zeidler, 2016, p. 90), lo que quizás hizo que estas áreas adyacentes fueran atractivas zonas de refugio para la emigración después de los grandes eventos de caída de ceniza. Pero incluso dentro de los confines del drenaje del río Jama, estos grandes depósitos aéreos no están uniformemente presentes en el registro estratigráfico de todos los sitios arqueológicos analizados. Esto se debe en gran parte a los caprichos de los procesos geomórficos, así como al comportamiento tafonómico humano a lo largo del tiempo, y al hecho de que, en muchos casos, nuestras pruebas estratigráficas pueden no haber sido tan extensas como para revelarlos. La Tabla 2 muestra una correlación parcial de estos depósitos de tefra a lo largo del valle desde sitios seleccionados de su tramo inferior (izquierda) a otros en sus tramos medio y superior (derecha), con nuestra secuencia maestra estratigráfica y cerámica ubicada en el recinto de San Isidro, al centro del valle medio. Sin embargo, claramente los peligros naturales periódicos por la caída de tefra se convirtieron en una fuerza a tener en cuenta en la prehistoria del valle de Jama y, con la evidencia muy visible de depósitos anteriores en todo el drenaje, es probable que la memoria social colectiva haya ayudado con ese ajuste de cuentas y respuesta estratégica.

**Tabla 2**  
Correlación estratigráfica de capas de tefra del valle

Sitios del Valle Inferior (EstratoI)						Sitios del Valle Medio y Superior (EstratoIII)						Fecha de Erupción (AP)	Fuente Volcánica
Don Juan M3B2-001	La Mina M3B3-001	El Tape M3B3-002	La Cabuya M3B3-009	Acrópolis M3B3-012	El Mocal M3B4-031	San Isidro M3D2-001	Capaperro M3D2-065	Pechichal M3B4-011	Río Grande M3D2-006	Tamayo M3D2-058	Zapallo M3D2-103		
?	?	?	?	?	?	[secuencia maestra] TefraV?	?	?	?	?	?	~240	Guagua Pichincha
?	?	?	?	Dep3b ¿cryptotefra?	?	TefraIV?	?	?	?	?	?	~800	Quilotoa
?	tefra superior	tefra superior Cateo4/Dep4	tefra superior	?	tefra superior Cateo2/Dep	TefraIII sectores múltiples	?	Deps 7 & 9	tefra superior	?	Dep5	~1935	Guagua Pichincha
?	?	?	?	?	?	Tefra IIb Sector XVIII/Unidad A1	?	?	?	Tam-1?	?	~2270	Ninahuilca
Profile1/Dep7 Cateo3/Dep5	tefra inferior	tefra inferior Cateo4/Dep6	tefra inferior	?	tefra inferior Cateo2/Dep10-1	Tefra IIa sectores múltiples	tefra superior CP-3/Dep3	?	tefra media	Tam-2	?	~2450	Pululahua
?	?	?	?	?	?	TefraI sectores múltiples	tefra inferior CP-1,2,13,15 Deps 7 & 9	?	tefra inferior Cateo1/Dep7	?	?	~3540	Guagua Pichincha

Nota. Capas del valle medio/alto y valle inferior seleccionadas y su fuente probable de cenizas.

Pero a pesar de estas repetidas rupturas en la historia ocupacional de las poblaciones prehispánicas en el valle de Jama, estas culturas fueron capaces de alcanzar un nivel notable de complejidad social y política a lo largo de la secuencia de 3700 años que culminó en complejas formaciones de cacicazgos, poderosos centros ceremoniales de montículos, desigualdad social pronunciada y una fuerte red interregional en el momento de la Conquista española (Zeidler, 2022). Como muestra la Tabla 1, tres de estas erupciones impactaron severamente ocupaciones sucesivas del Formativo de la fase Piquigua de la cultura Valdivia Terminal (Tefra I, Guagua Pichincha) y la fase Tabuchila de la cultura Chorrera (Tefras IIa, Pululahua, y IIb, Ninahuilca). Una cuarta erupción (Tefra III, Guagua Pichincha) impactó entonces una nueva manifestación cultural de los pueblos Jama-Coaque I (Muchique Fase 1) que ocuparon el valle en los primeros tiempos del período de Desarrollo-Regional. Los cuatro eventos volcánicos resultaron en el abandono del valle durante décadas en dos casos y varios siglos en los otros dos casos (ver Tabla 1, columna E). Tres de estas tefras (I, IIa y III) fueron muy visibles en múltiples excavaciones estratigráficas en todo el valle (Isaacson, 1994; Isaacson y Zeidler, 1999; Zeidler, 1994a, 1994b, 2016; Zeidler et al., 1998; Zeidler

e Isaacson, 2003; véase la Tabla 2). Fueron identificadas por primera vez en nuestras excavaciones originales en el Sector XII/Área C en el sitio de San Isidro (Zeidler, 1994a, Figuras 5 y 6), que posteriormente sirvieron como nuestra “secuencia maestra de cerámica” para el valle de Jama, desde los tiempos de Valdivia Terminal (Fase 8) hasta la fase Muchique 3 de la secuencia Jama-Coaque. Sin embargo, la tefra del Ninahuilca (IIb) no fue prominente en contextos arqueológicos y, dado que siguió estratigráficamente a la muy visible tefra del Pululahua (IIa), al inicio se identificó como un posible episodio posterior de esa erupción. Según una fecha de consenso de la erupción del Ninahuilca en 2270 AP (Hidalgo et al., 2008), con probabilidad ocurrió mucho después de la erupción del Pululahua de 2485 AP (Andrade et al., 2021; Volentik et al., 2010) y quizá prolongó por varias décadas el abandono excepcionalmente largo posterior a esta última en el valle (Zeidler et al., 1998; Buck y Zeidler, s. f.). Estos dos volcanes se derivan de diferentes grupos de fuentes en el altiplano andino, con el Pululahua perteneciente al Grupo A y el Ninahuilca, al B (Tabla 1, columna F), por lo que se debe esperar que sus propiedades geoquímicas difieran en mayor grado que si estuvieran en el mismo conjunto volcánico.

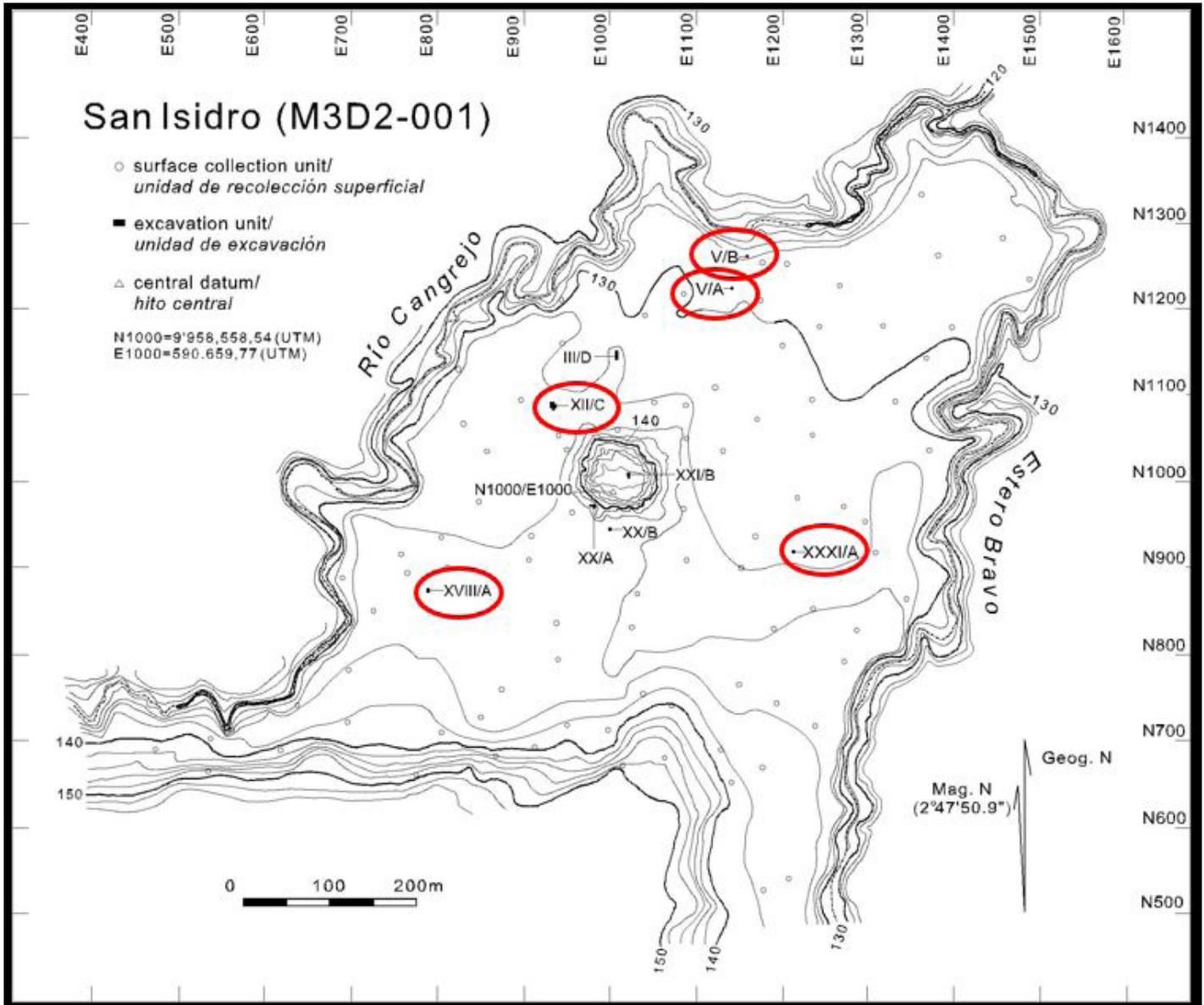
## Metodologías para la identificación geoquímica de tefras

Con respecto a las metodologías utilizadas para la identificación geoquímica de las distintas capas de te-

fra encontradas arqueológicamente en la cuenca del río Jama, básicamente son tres:

1) espectroscopía de rayos X por la dispersión de energía (SEM-EDS, por sus siglas en inglés) para la

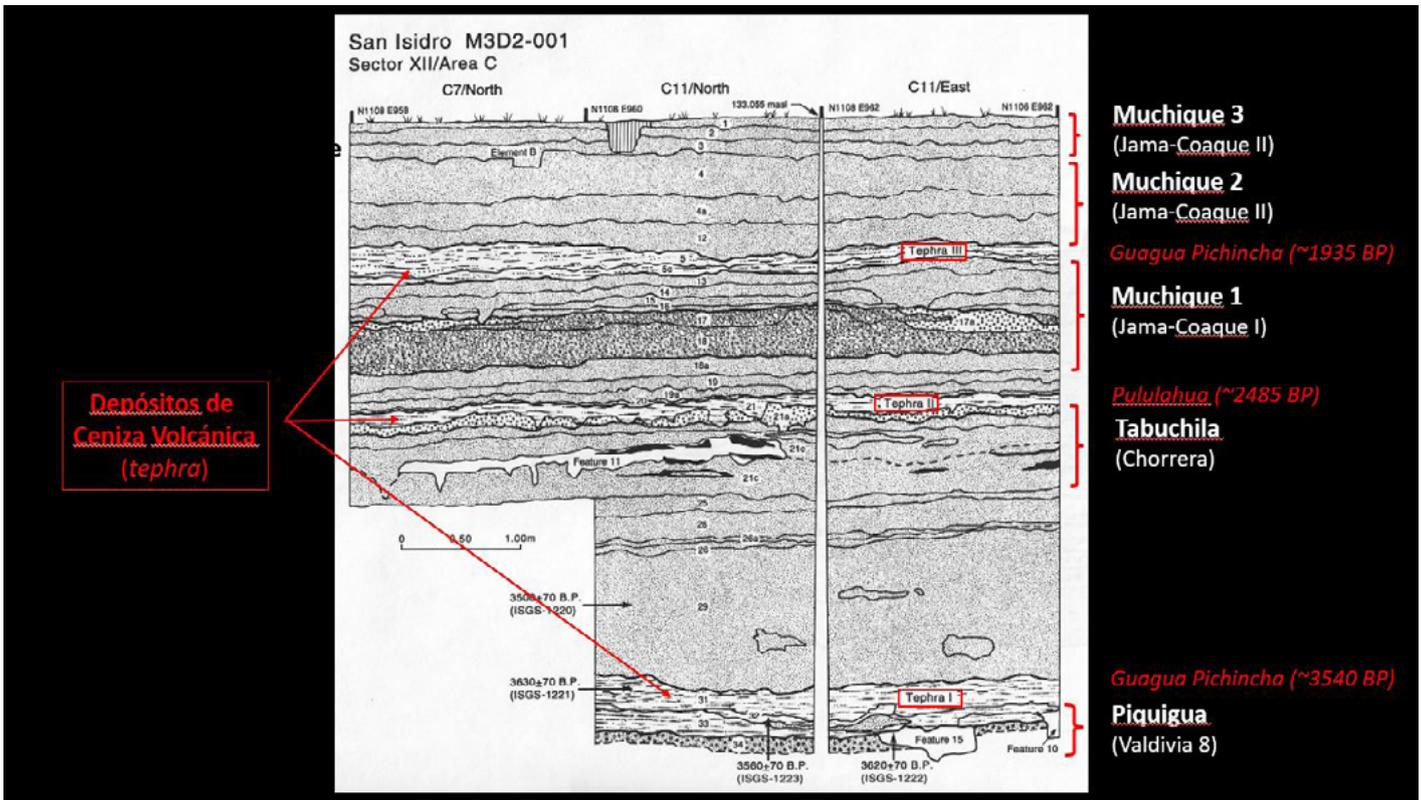
**Figura 5**  
Mapa topográfico del sitio de San Isidro (M3D2-001)



*Nota.* Se muestra la ubicación de las principales áreas de excavación y las unidades de recolección de superficie. Imagen reproducida de Zeidler y Pearsall (1994) con permiso del Center for Comparative Archaeology, University of Pittsburgh.

Figura 6

Perfil estratigráfico del Sector XII/Área C en el sitio San Isidro (M3D2-001)



Nota. Se muestra el posicionamiento sucesivo de las Tefras I (Guagua Pichincha, ~3540 AP), Iia (Pululahua, ~2450 AP) y III (Guagua Pichincha, ~1935 AP) y ocupaciones culturales asociadas. Imagen reproducida con permiso del Center for Comparative Archaeology, University of Pittsburgh.

identificación inicial de las Tefras I (Guagua Pichincha), Iia (Pululahua), y III (Guagua Pichincha);

2) espectrometría portátil de fluorescencia de rayos X (pXRF, por sus siglas en inglés) en el caso de la distinción entre Tefras Iia (Pululahua) y Iib (Ninahuilca); y

3) en el caso de la búsqueda de evidencia para la Tefra IV (Quilotoa), separación por densidad de fragmentos de vidrio de los sedimentos arqueológicos para luego someterlos al análisis pXRF o SEM-EDS. A continuación se discuten los tres métodos en más detalle.

La composición geoquímica de las Tefras I y Iia fue identificada en 1995 mediante análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés) en los laboratorios del *Illinois State Geological Survey* en Champaign, Illinois, EE.UU., utilizando la técnica de microsonda de espectroscopía de rayos X por dispersión

de energía (EDS, por sus siglas en inglés) (Zeidler e Isaacson, 2003, Apéndice: SEM-EDS). Ocho elementos clave fueron examinados en este caso: aluminio (Al), sílice (Si), hierro (Fe), calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg) y titanio (Ti). Los métodos cuantitativos para agregar visualmente las diferentes fuentes volcánicas incluyeron: a) gráficos de relación bivariada (utilizando los compuestos  $K_2O/CaO$  y  $Al_2O_3/SiO_2$ ), b) diagramas ternarios (usando los compuestos  $K_2O$ ,  $CaO$  y  $NaO$ ) y c) análisis de conglomerados jerárquicos (utilizando ambos conjuntos de sustancias anteriores) (Isaacson y Zeidler, 1999, pp. 54-63, Figuras 9-12; Zeidler e Isaacson, 2003, pp. 95-102, Figuras 17-20).<sup>4</sup> Este análisis resultó en la identificación de la Tefra I como del volcán

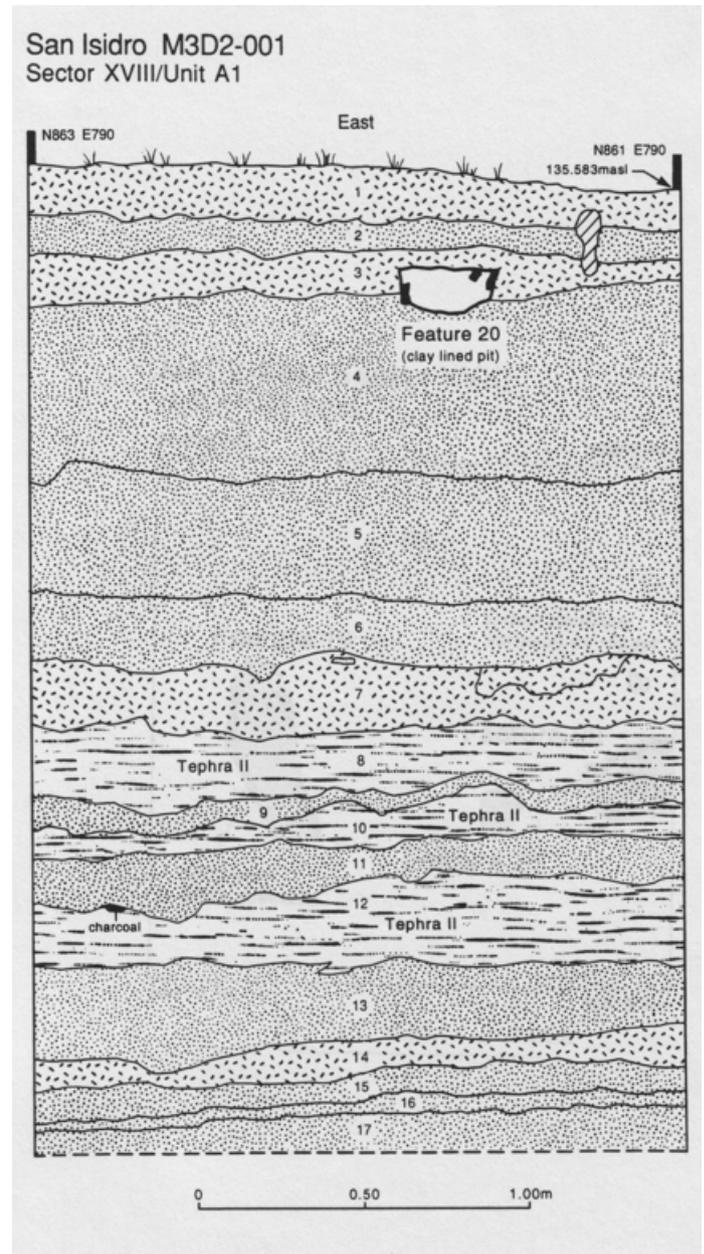
4. La composición geoquímica de las muestras de tefra arqueológicas fue comparada con la de las tefras conocidas de cuatro volcanes "fuente" proporcionadas por el vulcanólogo Minard Hall, a saber: Cuicocha, Guagua Pichincha, Pululahua y Quilotoa.

Guagua Pichincha y de la Tefra IIa, del volcán Pululahua (Isaacson y Zeidler, 1999; Zeidler e Isaacson, 2003). Además, la semejanza de la composición geoquímica de las Tefras I y III confirmó que la fuente de esta última capa también fue el Guagua Pichincha.

En cambio, la tefra del volcán Ninahuilca (IIb) se identificó geoquímicamente hace muy poco en condiciones de laboratorio arqueológico mediante el análisis de un espectrómetro portátil de fluorescencia de rayos X (pXRF) con dos muestras del Sector XVIII/Unidad A en el sitio de San Isidro (Figuras 5 y 7a). Aquí, dos tefras gruesas y poco espaciadas (Depósitos 8 y 12 en la Figura 7a) fueron interpretadas al principio, incorrectamente, como episodios sucesivos de la erupción del Pululahua (Tefra IIa). Este fenómeno ocurrió también en las unidades V/A1 y XXXI/A1 (Figura 7b), sugiriendo la presencia de la Tefra IIb encima de la Tefra IIa. En el caso de la unidad XVIII/A1, la caracterización geoquímica se realizó con un instrumento SciAps, modelo X250 pXRF (fluorescencia de rayos X portátil) que proporcionó un valor y un error porcentuales para 31 elementos, de los

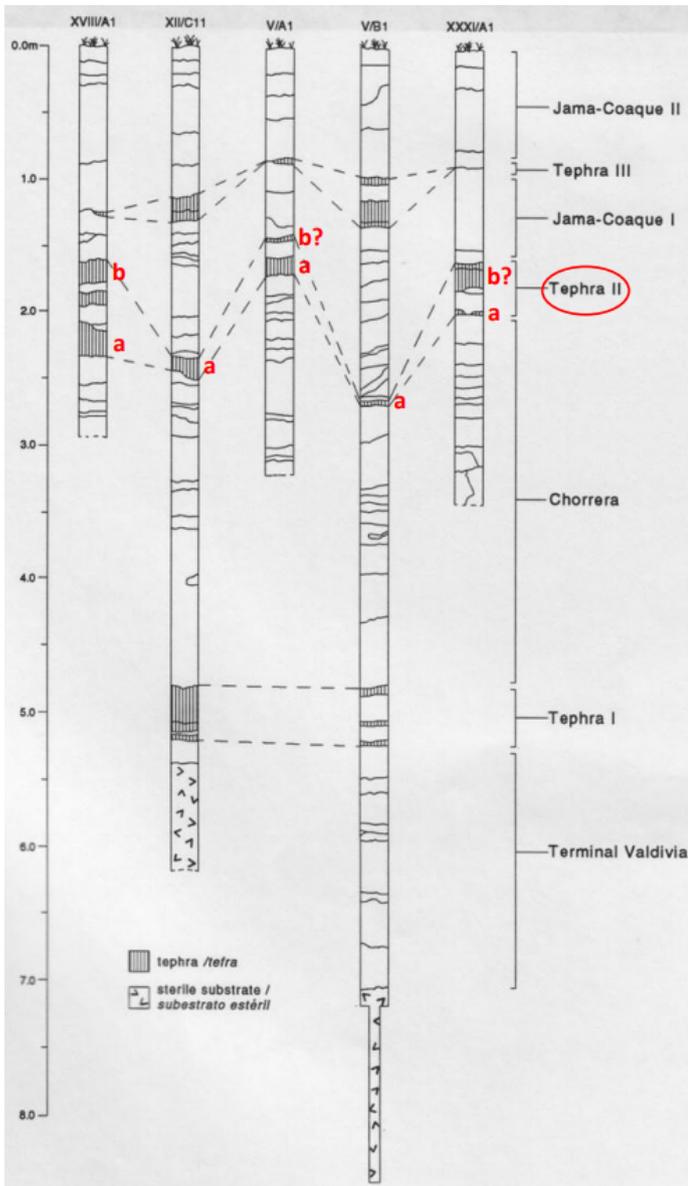
Figura 7a

Perfil estratigráfico del Sector XVIII/Unidad A1 en el sitio de San Isidro



*Nota.* Se muestra el posicionamiento sucesivo de la Tefra IIa (Pululahua, Depósito 12) y la Tefra IIb (Ninahuilca, Depósito 8). Imagen reproducida de Zeidler y Pearsall (1994) con permiso del *Center for Comparative Archaeology, University of Pittsburgh*.

**Figura 7b**  
Perfiles estratigráficos del sitio San Isidro (M3D2-001)



cuales diez se utilizaron en este análisis como se indica en la Tabla 3. Al igual que con el examen de composición geoquímica anterior en las tefras del valle de Jama (Isaacson y Zeidler, 1999; Zeidler e Isaacson, 2003), se emplearon relaciones bivariadas para diferenciar las dos muestras. En este caso, se compararon las proporciones de estroncio/zirconio (Sr/Zr) y rubidio/estroncio (Rb/Sr) para las dos tefras (muestras de sedimento # SI-74, Depósito 8, y # SI-76, Depósito 12) y los resultados se representaron en un diagrama de dispersión bivariado (Figura 8). Los datos geoquímicos de la muestra fuente utilizados para las comparaciones se derivaron de los proporcionados por Vallejo Vargas (2011, p. 243, Anexo 4) para los volcanes Pululahua y Ninahuilca.

Estos resultados confirman que las dos tefras se originaron en diferentes volcanes; el estrato inferior del corte estratigráfico de la Figura 7a representa la erupción del Pululahua de ~2450 AP y el estrato superior del

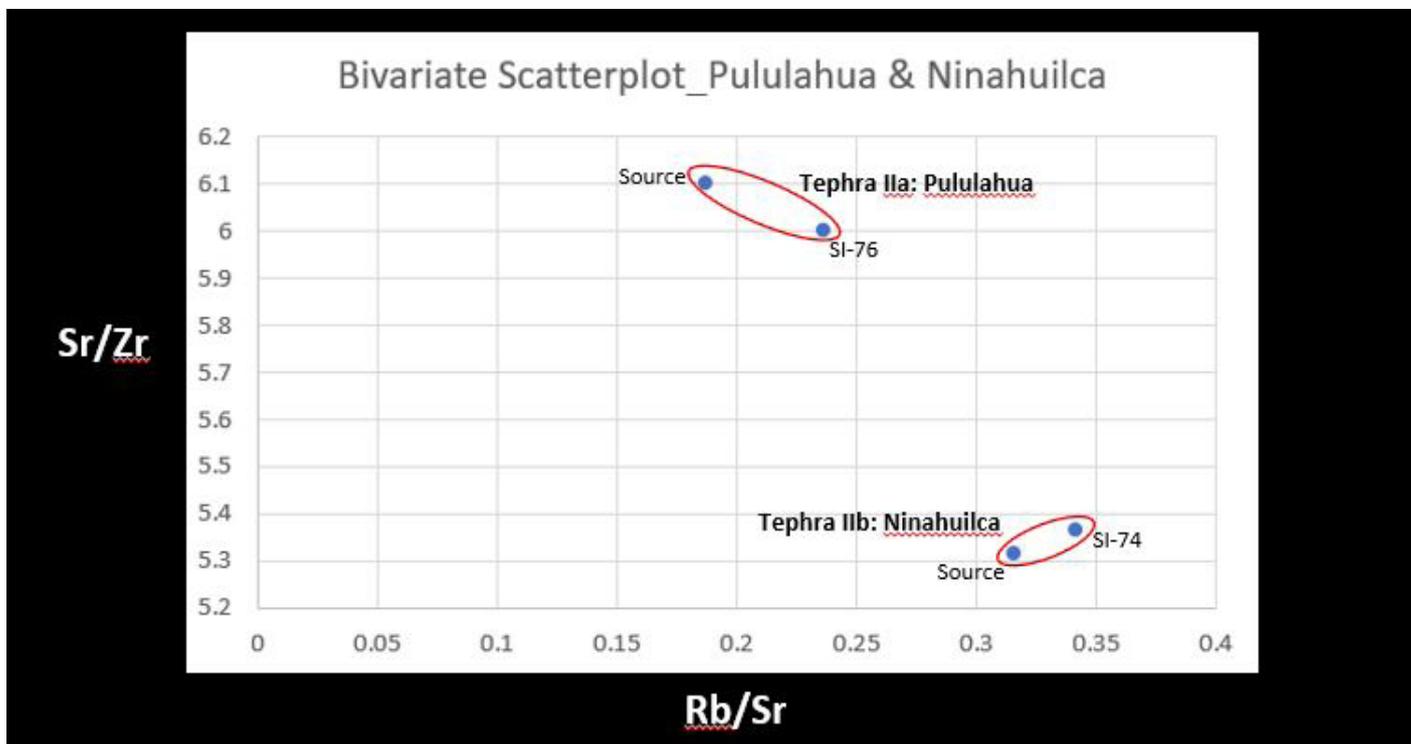
*Nota.* Se muestra la ubicación probable de las Tefras Iia (Pululahua) y Iib (Ninahuilca) en las unidades XVIII/A1 (izquierda), V/A1 (centro) y XXXI/A1 (derecha). Imagen reproducida de Zeidler y Pearsall (1994) con permiso del Center for Comparative Archaeology, University of Pittsburgh.

**Tabla 3**  
Comparación de la composición geoquímica entre tefras

San Isidro/Sector XVII/Muestra de Sedimento #74 Tefra IIb/Ninahuilca			San Isidro/Sector XVII/Muestra de Sedimento #76 Tefra IIa/Pululahua		
Elemento	% Valor	% Error (+/-)	Elemento	% Valor	% Error (+/-)
K	1.06	0.0131	K	0.779	0.0110
Ca	2.32	0.0189	Ca	2.84	0.0221
Ti	0.156	0.0023	Ti	0.171	0.0024
V	0.0056	0.0003	V	0.0058	0.0004
Mn	0.0422	0.0011	Mn	0.0469	0.0012
Fe	2.33	0.125	Fe	2.73	0.132
Zn	0.0063	0.0017	Zn	0.0064	0.0016
Rb	0.0028	0.0005	Rb	0.0021	0.0004
Sr	0.0440	0.0026	Sr	0.0534	0.0028
Zr	0.0082	0.0009	Zr	0.0089	0.0008

Nota. Comparación entre la Tefra IIa (Pululahua) y la Tefra IIb (Ninahuilca), en el Sector XVII/Unidad A1 del sitio San Isidro (M3D2-001), por análisis de pXRF.

**Figura 8**  
Diagrama de dispersión bivariada de la composición geoquímica entre tefras



Nota. Tefra IIa (Pululahua, (Muestra de sedimento 76, Depósito 12) y Tefra IIb (Ninahuilca, Muestra de sedimento 74, Depósito 8), en el Sector XVIII/Unidad A1 en el sitio San Isidro (M3D2-001). Se utilizaron datos fuente de caracterizaciones geoquímicas de Vallejo Vargas (2011, Anexo 4).

corte, la del Ninahuilca de ~2270 AP. Estos hallazgos también son consistentes con el análisis de composición geoquímica de ambos volcanes realizado por Vallejo Vargas (2011, Figura 5.5) utilizando diagramas de Harker para distinguir los valores de estroncio, rubidio y zirconio versus los valores de sílice ( $\text{SiO}_2$ ). Sin embargo, es importante señalar que este descubrimiento del Sector XVII/Unidad A1 del sitio de San Isidro es la única identificación geoquímica concluyente de la tefra del Ninahuilca con asociaciones arqueológicas claras encontradas en el valle de Jama hasta la fecha, aunque parece que existe también en las unidades V/A1 y XXXI/A1 del mismo sitio (Figura 7b). Por lo tanto, el evento eruptivo muy probablemente tuvo una dispersión y depósito desiguales sobre el paisaje del valle. Como ya se mencionó, sin duda la ceniza del Ninahuilca exacerbó los impactos de la erupción anterior del Puluahua y prolongó el período de abandono posterior al período Formativo, que ahora se cree duró unos 450 años (Tabla 1, columna E). Según nuestro análisis bayesiano de los datos de radiocarbono actuales, este es, con mucho, el período de pausa más largo en la ocupación humana del valle de Jama a lo largo de toda la secuencia cultural de 3700 años (Buck y Zeidler, s. f.).

Aún menos conocido que la tefra del Ninahuilca es el impacto potencial de una quinta erupción (Tefra IV, del Quilotoa) que ocurrió hace 800 AP, un volcán dacítico ubicado en la Sierra central ecuatoriana (Constantine, 2017; Mothes y Hall, 1999, 2008; Vallejo Vargas, 2011). Es probable que sea responsable de una transición de fase tardía en la secuencia cultural Jama-Coaque (ver más abajo), pero hasta ahora no se ha documentado de manera concluyente en contextos arqueológicos en el valle de Jama. Con un IEV de 6 (Mothes y Hall, 2008), fue una de las erupciones más grandes en Ecuador durante el Holoceno tardío con una amplia huella de dispersión de tefra que se extiende en la Costa, desde el centro de la provincia de Esmeraldas hacia el sur, hasta el centro de la provincia de Manabí (Vallejo Vargas, 2011, Figura 5.11a). Sin embargo, sus depósitos aéreos de grano fino parecen haber tenido una distribución muy desigual en el norte de Manabí. La vulcanóloga Silvia Vallejo Vargas (2011) reporta un depósito de 20 cm de espesor de ceniza de grano fino del volcán Qui-

lotoa en depósitos aluviales de un perfil de corte del río Cangrejo en San Isidro, a una profundidad aproximada de un metro debajo de la superficie (originalmente muestreado en el campo por Patricia Mothes y Minard Hall). Se identifica por su composición geoquímica única o “huella digital” en comparación con otros depósitos de tefra conocidos en la Costa (Vallejo Vargas, 2011, Figura 4.7, Tabla 5.4). Sin embargo, sorprendentemente ha sido difícil de identificar en contextos arqueológicos en todo el valle de Jama, como se muestra en la Tabla 2.<sup>5</sup>

Una localidad prometedora es el sitio Acrópolis (M3B3-012), en el sector de Santa Rosa del valle inferior (Estrato I). Este sitio, con el montículo o tola de plataforma más grande en toda la cuenca (~250 488 m<sup>3</sup>), parece haber sido un importante centro cacical durante la fase Muchique 4 de la tradición Jama-Coaque, que se extiende desde el 800 AP hasta la Conquista española (Zeidler et al., 1998; Zeidler, 2022). Las excavaciones estratigráficas realizadas en la parte superior de este montículo, donde se revelaron dos grandes terraplenes alargados en forma de U (localmente denominados “cordones”) de carácter ritual y mortuario, mostraron una secuencia de ocupación fechada por radiocarbono que abarca las fases Muchique 3, 4 y 5, conteniendo así tanto la erupción del Quilotoa en 800 AP como la Conquista española de 1531 d. C. de esta región (Buck y Zeidler 2021, s. f.). Posteriormente, en la fase Muchique 5, existe evidencia de un sexto evento eruptivo (Tefra V, Guagua Pichincha) en el período colonial, en 1660 d. C. (aprox. 290 AP), que habría afectado a al remanente del pueblo campace del valle de Jama y sus alrededores. Este evento está bien documentado en la literatura etnohistórica y vulcanológica (ver Estupiñán Viteri, 1998; Robin et al., 2008, pp. 12-13; y Wolf, 1904, para resúmenes). Las tres fechas de radiocarbono (sin calibrar) del sitio Acrópolis se derivan de una excavación arqueológica en uno de los cordones de forma U en la superficie del montículo. Del más antiguo al más reciente, son los siguientes:

5. Dos posibilidades son las lentes delgadas de tefra (<5 cm) en las unidades V/A1 (lente discontinua) y V/B1 en el sitio San Isidro donde aparecen a un metro o menos bajo la superficie (ver Zeidler, 1994a, Figuras 5.15 y 5.16). Ambas lentes fueron identificadas originalmente como Tefra III del Guagua Pichincha, tanto por su posición estratigráfica como por las asociaciones de cerámica, pero sin un análisis geoquímico de la misma.

**Pitt-1129, 800 ± 40 AP:** datada la matriz del Depósito 3, del Cateo 1, 40-60 cm bajo superficie (Contexto # 027) al final de la fase Muchique 3;

**Beta-515387, 620 ± 30 AP:** fechado el Rasgo 1 (pozo poco profundo) dentro del Depósito 2, del Cateo 1 (Contexto #015), en la fase Muchique 4; y

**Beta-515388, 410 ± 30 AP:** fechado el Elemento 6 (pozo profundo) dentro del Depósito 1, del Cateo 1 (Contexto #022), en la fase Muchique 5, justo después de la Conquista.

Hay que tener en cuenta que la primera de estas determinaciones de radiocarbono es de 800 AP, precisamente la fecha de consenso para la erupción del Quilotoa y, en ese sentido, es lógico concluir que podría haber sido responsable de una “transición de fase” entre Muchique 3 y 4 en la secuencia cultural Jama-Coaque. Sin embargo, es curioso que la capa de tefra asociada no sea estratigráficamente visible en este contexto, un punto al que volveremos más adelante.

Aquí es de especial interés la profundidad bajo superficie y el espesor del depósito de tefra del Quilotoa que fue muestreado en un banco del río Cangrejo del sitio San Isidro (M3D2-001) durante la investigación de campo vulcanológica (Vallejo Vargas, 2011). En muchos casos, las tefras acumuladas fluvialmente pueden presentar depósitos más gruesos que los de las caídas por aire originales, ya que se vuelven a trabajar y a concentrar a través de la acción del agua. Este por cierto es el caso de las bolsas aluviales a lo largo del curso principal del río Jama (Figura 3), así como de sus afluentes, donde algunos depósitos de tefra son mucho más gruesos que los que se encuentran en contextos de cenizas primarias a cierta distancia de las orillas. Por ejemplo, en al menos dos casos de depósitos aluviales en o adyacentes al curso principal del río Jama, los sitios arqueológicos Río Grande (M3D2-006) y Pechichal (M3B3-011) del valle medio exhibieron bancos de tefra correspondientes a la erupción del Guagua Pichincha (Tefra III, ~1935 AP) de más de un metro de espesor, mucho más gruesos de lo que cabría esperar para un depósito distal disperso a más de 200 km de su fuente (ver Zeidler, 2016, Figuras 8 y 12, respectivamente). En cúmulos de tefra encontrados en contextos arqueológicos alejados de las áreas

aluviales activas, estos exhiben espesores más modestos del orden de 10-40 cm (Zeidler, 2016, Tabla 2). Y en algunos sitios de corte ribereño, como el de La Mina (M3B3-001), frente al pueblo moderno y yacimiento de Jama en el valle inferior, no existe evidencia de las posteriores Tefras IV (Quilotoa) y V (Guagua Pichincha) en la secuencia estratigráfica muestreada de ocupaciones culturales Jama-Coaque, muy probablemente debido a la acción fluvial pasada en estas localidades (ver Zeidler, 1994a, Figuras 6.1 y 6.3).

Este problema se plantea porque aún no se ha identificado evidencia concreta de la capa de ceniza del Quilotoa, como un depósito estratigráfico discreto e integral, en ninguna parte de las excavaciones en numerosos sitios arqueológicos en todo el valle de Jama (Zeidler 1994a, 1994b, 2016, ver Tabla 2). Su fecha de “consenso” entre los vulcanólogos en aprox. 800 AP (Mothes y Hall, 2008) la ubicaría precisamente en el límite entre las fases Muchique 3 y 4, pero a diferencia de las tefras antes identificadas, en apariencia no hubo efectos devastadores que hubieran llevado al abandono completo del valle por parte de los pueblos de la fase Muchique 3 (Zeidler, 2016). Una estimación actual de su duración potencial como un posible período de pausa, basada en un nuevo análisis estadístico bayesiano de las fechas de radiocarbono disponibles, es de solo 30 años como máximo (Buck y Zeidler, s. f.). Sin embargo, su aparición en un límite de fase es importante y digno de una investigación cuidadosa porque es, en este punto de la larga secuencia arqueológica, que el sitio principal y centro cacical de San Isidro, en el valle medio, aparentemente perdió su influencia como sede del poder social y político y esta parece haber pasado al complejo de montículos de Santa Rosa del valle inferior, centrado en el sitio Acrópolis (M3B3-012) y en el sitio adyacente Mula Muerta (M3B3-011) (Zeidler, 2022).

La pregunta central aquí es la siguiente: si se identificó una tefra del Quilotoa de 20 cm de espesor en un perfil de talud adyacente a San Isidro a un metro por debajo de la superficie, ¿por qué no está presente a una profundidad y grosor comparables en al menos algunos de los numerosos perfiles estratigráficos excavados en el propio sitio y en otros del valle? Una respuesta puede ser que la Tefra IV sí consta en un par de

excavaciones arqueológicas en el Sector V en San Isidro y cerca de la margen derecha del río Cangrejo, pero que fue identificada erróneamente como relacionada con la erupción de Tefra III del Guagua Pichincha (Zeidler, 1994a, Figuras 5.15 y 5.16). Allí, dos capas aparecen en los perfiles a como un metro por debajo de la superficie que podrían relacionarse con la erupción del Quilotoa (Figura 7b). En el Sector V/Unidad A1 (Zeidler, 1994a, Figura 5.15), es una delgada capa discontinua (Estrato 5) en extremos opuestos del corte del perfil y, si se pudiera identificarla geoquímicamente como del Quilotoa, entonces indicaría que la Tefra III (Guagua Pichincha) está ausente en esta localidad. Asimismo, en el Sector V/Unidad B1 (Zeidler, 1994a, Figura 5.16), un perfil de corte profundo en la margen derecha del río Cangrejo aparece una lente de tefra delgada pero continua (Estrato 4) cerca de un metro por debajo de la superficie, pero sobre ella yace una capa de limo arenoso (Estrato 5) y otra lente más gruesa de tefra (Estrato 6), las cuales se interpretaron al inicio como relacionadas con la Tefra III del Guagua Pichincha. Si una o ambas de estas capas del Sector V en San Isidro pudieran identificarse geoquímicamente como una caída de aire de la erupción del Quilotoa, entonces significaría: a) que representan la transición entre las fases 3 y 4 de Muchique, b) que no existe evidencia de la Tefra III anterior de la erupción del Guagua Pichincha y c) que los materiales cerámicos encontrados arriba y debajo de estas tefras deberían representar los de las fases 4 y 3 de Muchique, respectivamente. Pero en ausencia de evidencia geoquímica, los materiales cerámicos asociados de estos dos perfiles estratigráficos sugieren que, en ambos casos, las capas de tefra en cuestión se superponen a los depósitos de afiliación Muchique 1 y subyacen a las ocupaciones de las fases Muchique 2 y 3. No se han identificado materiales de afiliación Muchique 4 en San Isidro, lo que sugiere que pudo haber sido abandonado de manera permanente al final de la fase Muchique 3, lo que coincide con la caída de la tefra del Quilotoa, la cual no aparece de forma física en los perfiles arqueológicos.

Otra respuesta a la pregunta sobre la escasez de la tefra del Quilotoa en el registro arqueológico del valle de Jama es que, como depósito primario de caída de aire, puede haber tenido una distribución variable sobre el

paisaje, lo que resultó en una capa muy ligera en algunas áreas, formando lo que se conoce como “criptotefra” (*cryptotephra*, en inglés), en gran parte invisible al ojo (Davies, 2015; Lane et al., 2014; Lowe, 2017). Son esencialmente depósitos microscópicos de partículas finas de vidrio que requieren una extracción cuidadosa de contextos sedimentarios para el análisis geoquímico. Esta invisibilidad también podría haberse favorecido por procesos tafonómicos, como el tránsito intensivo de personas y/o el barrido y limpieza sistemáticos de las superficies ocupacionales en la fase Muchique 4, inmediatamente después del período de pausa de corta duración. De hecho, la cuestión tafonómica resultante del comportamiento humano no debe ser menospreciada ya que es un factor común en sitios arqueológicos. Citando a Lane et al. (2014, p. 49, énfasis original) sobre este fenómeno:

En muchos casos [arqueológicos] ... las capas de tefra son *cripticas* no por su distancia de la fuente, sino por la tafonomía del sitio. El conocimiento de la dispersión y el depósito de las capas de tefra más extendidas en cualquier región es, por lo tanto, de importancia clave al considerar las investigaciones de criptotefra dentro de los archivos arqueológicos ... La adopción de la criptotefrocronología como herramienta integral en la excavación arqueológica solo puede promover la red de archivos dentro del cual se pueden hacer correlaciones de alta precisión.

En estos casos, la atención se dirige a la composición geoquímica de los fragmentos de vidrio individuales usando instrumentos de microanálisis de sonda de electrones (EPMA, por sus siglas en inglés) de haz estrecho y/o espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente por ablación láser (LA-ICP-MS, por sus siglas en inglés) (Lowe et al., 2017). Al igual que las muestras de tefra estándar, las correlaciones de tefra entre las de fragmentos de vidrio se realizan sobre la base de diagramas de dispersión visualmente ricos, como gráficos bivariados o de relación bivariada y diagramas ternarios, seguidos de medidas estadísticas de distancia, coeficientes de similitud, análisis de conglomerados jerárquicos

o no jerárquicos y análisis de componentes principales (PCA) (Lowe et al., 2017). El acuerdo sobre múltiples resultados visuales y estadísticos generalmente sustenta los argumentos a favor de la correlación geoquímica.

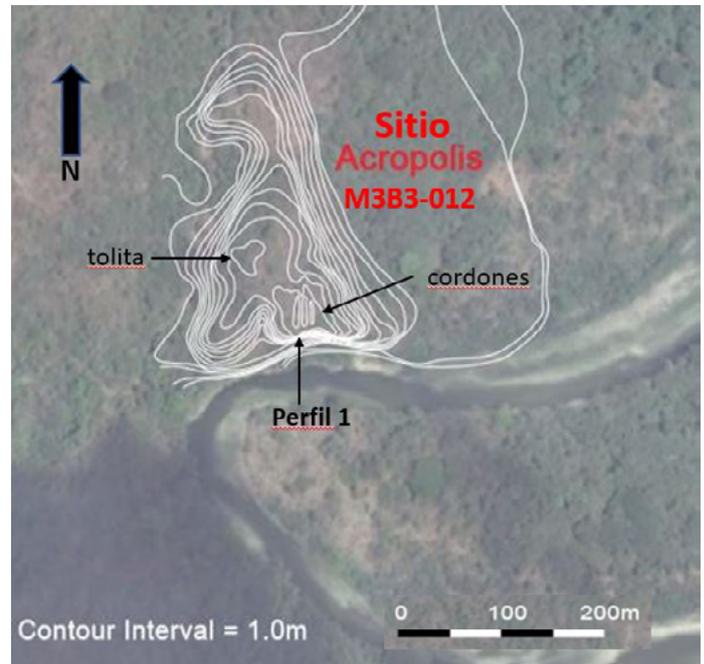
La identificación precisa de estas criptotefras potenciales y el evento de erupción del Quilotoa en el valle de Jama es importante por las siguientes tres razones. Primero, su ocurrencia en una transición de fase entre Muchique 3 y 4 es de interés porque antes se pensaba que esta era un cambio suave de un conjunto cerámico a otro donde las fases se “superponían” (Zeidler et al., 1998) y la cerámica de la Fase 4 representaba una ligera degradación en la calidad de la producción, la diversidad de vasijas y la complejidad decorativa (Zeidler y Sutliff, 1994). Pero si ocurrió un evento volcánico entre estas dos fases, incluso como un polvo ligero y desigual de depósitos de caída de aire, entonces la suavidad de esa transición está en duda y podríamos preguntarnos si el suceso en sí fue al menos parcialmente responsable para el cambio de fase. También es alrededor de esta época que aparece una creciente influencia de las entidades políticas manteño-huancavilca del sur de la provincia de Manabí y de Guayas. Es evidente en la forma de un posible “enclave” manteño (con su cerámica distintiva negra pulida que incluye vasijas culinarias) asentándose en un sector remoto del valle de Jama (Tobar, 1988), así como la presencia ocasional de fragmentos cerámicos icónicos de esa cultura, tipo “mascarón”, en los sitios de la fase Muchique 4 en el valle bajo y medio.

En segundo lugar, y quizás más importante, la secuencia arqueológica en el centro principal de San Isidro/M3D2-001, en el valle medio de Jama (Estrato III), parece terminar con la Fase 3, como ya se mencionó, y otro complejo de montículos empezaría a dominar en la parte baja del valle (sector aluvial de I/A/1 designado Santa Rosa; ver Figuras 3 y 4a) centrado en los sitios apareados de Acrópolis (M3B3-012) y Mula Muerta (M3B3-013). Las excavaciones de prueba iniciales en el Cateo 1 en Acrópolis (Figura 9), en la superficie de su gran montículo de plataforma, identificaron tres depósitos estratigráficos, y como se dijo arriba, tienen filiaciones culturales con las fases Muchique 3, 4 y 5, respectivamente, en la Colonia Temprana. Si bien en esta secuencia estratigráfica debería haber evidencia clara de la ce-

niza distal del Quilotoa en forma de un depósito de tefra visible y algo gruesa, no la hay. Si, por el contrario, este indicio está presente en forma de criptotefra, entonces se requerirán métodos de recuperación de campo específicos para la extracción de estos fragmentos microscópicos de vidrio de los depósitos arqueológicos sospechosos de contenerlos. Por ejemplo, Lane et al. (2014) proponen una técnica de “separación por densidad” sencilla pero laboriosa para la extracción de fragmentos de vidrio de estos sedimentos. En el sitio Acrópolis, un probable depósito arqueológico de esta naturaleza ha sido identificado en un corte (Perfil 1, Figura 9) en el extremo sur de dos cordones en forma de U que tienen un significado ritual, incluidos ritos funerarios y enterramientos humanos. Aquí se encontró que el Perfil 1, con vista al río Jama, contenía la misma secuencia estratigráfica que la del Cateo 1 en la parte superior de estos cordones en U, pero también albergaba una serie de entierros (ver Figura 10 para una representación parcial de este perfil estratigráfico y las ubicaciones del Rasgo 3, con Enterramiento 1, y Rasgo 5, con Enterramiento 4). Nótese que el Depósito 3b se identifica como un sedimento limoso relativamente oscuro (Munsell 10 YR 5/2/marrón grisáceo), pero también se describió como “tefroso/tephrous” en el sentido de que parece tener rastros ligeros de ceniza volcánica que no son fácilmente visibles en una observación casual.<sup>6</sup> Además, su ubicación en el Depósito 3, que data del 800 AP en la excavación cercana del Cateo 1, en la superficie de los cordones, lo convierte en el candidato perfecto para las inclusiones microscópicas de tefra resultantes de la erupción del Quilotoa en el mismo año. Juntos, estos sitios de Santa Rosa en el área aluvial I/A/1 representan un importante centro de montículos

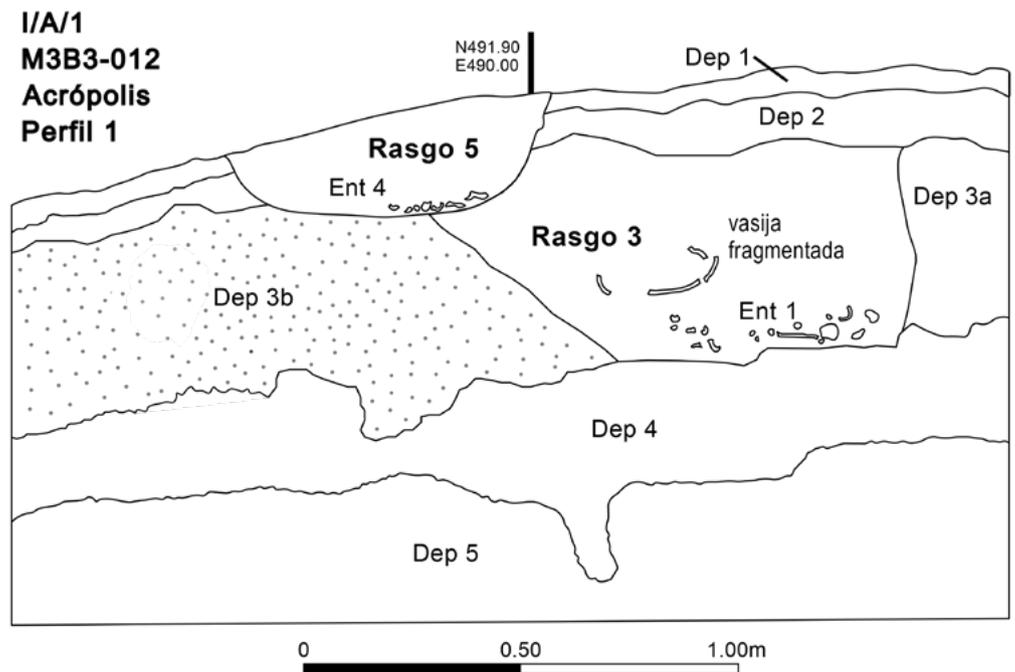
6. Según un revisor anónimo de este estudio, “con referencia al terremoto del 16 de abril de 2016, de magnitud 7.8 Mw ..., se sabe que todo el valle de Río Jama fue severamente afectado por licuefacción. Este proceso separe [sic] los granos finos de gruesos (limos y arenosos) y genere relaciones confusas por invaginación, especialmente donde el agua es presente. Otros grandes terremotos han ocurrido a lo largo de la historia, como en 1942, y ellos y muchos eventos prehistóricos seguramente tuvo mucho que ver con deslizamientos de los aludes del valle del Río Jama, represamiento temporal de los cauces de los ríos y posibles inversiones de estratigrafía. En ninguna manera deba subestimar la transformación topográfica y estratigráfica de los grandes terremotos que ocurren con frecuencia costa afuera de Jama, como causa de la subducción (Nocquet et al., 2017).”

**Figura 9**  
Mapa topográfico del sitio Acrópolis (M3B3-012)



*Nota.* Se muestra un plan triangular inusual que se orienta hacia el norte y terraplenes en líneas paralelas (cordones) en el extremo sur del montículo. El Perfil 1 está ubicado justo al sur de estos cordones, en el acantilado que domina el río Jama.

**Figura 10**  
Dibujo estratigráfico del Perfil 1 en el sitio Acrópolis



*Nota.* Se muestran dos pozos con entierros humanos que datan de la Fase 4 de Muchique (Rasgo 3) y de la Fase 5 de Muchique (Rasgo 5). El Depósito 3b, que mide ca. 40 cm de espesor, se describió en el campo como “tephrous” o tefroso, lo que implica que el sedimento limoso bastante oscuro (10 YR 5/2/ marrón grisáceo) contiene trazas muy ligeras de ceniza volcánica o criptotefra. Los entierros están ubicados en la base de dos largos cordones en forma de U en la parte superior del montículo y pueden pertenecer a un cementerio formal.

de autoridad política y significado religioso en el valle inferior durante la fase Muchique 4, que puede haber eclipsado una función similar otorgada a San Isidro en el valle medio (área aluvial III/A/5) en períodos anteriores, es decir, durante las fases Muchique 1 a 3. Por lo tanto, es importante saber cómo, o si acaso, estos sitios y el valle inferior en general fueron impactados por la erupción del Quilotoa.

Y tercero, si bien sabemos que estas sucesivas erupciones volcánicas suelen tener consecuencias nefastas en las zonas bajas de llanuras aluviales donde se encuentran la mayoría de los grandes sitios y montículos de plataforma y donde se practicaba la agricultura más intensiva, aún no comprendemos los efectos y las respuestas culturales de los pueblos que habitan las zonas altas boscosas del valle y practican la agricultura de tala y quema. De interés aquí son sitios como Cuadros (M3D2-082), en la zona de tierras altas de Agua Blanca inmediatamente al sur de San Isidro (Figura 4b), que es relativamente grande (15 ha) para un yacimiento de altura y que contiene dos pequeños montículos de plataforma. Encontrar evidencia de la caída de ceniza del Quilotoa en sitios como este (así como los depósitos de tefra anteriores) ayudaría a responder a la pregunta de los posibles efectos y respuestas sociales en estos ambientes de tierras altas boscosas y hasta qué punto estos pueden haber sido similares a los de los habitantes del fondo aluvial.

Se espera que futuras investigaciones de campo puedan arrojar luz sobre estos importantes temas en sitios arqueológicos clave, tanto en las zonas aluviales como en las localidades de las tierras altas. Pero incluso en esta coyuntura en la investigación actual del valle de Jama, está claro que estos eventos volcánicos sucesivos dejaron una huella duradera, tanto en su paisaje físico como en el curso del cambio cultural y sociopolítico a lo largo de la secuencia arqueológica de 3700 años. Cada caída de ceniza, aunque variable en su severidad e impacto, representó “un evento históricamente significativo: un evento que inicia o constituye una ruptura u otra transformación de una forma social en la medida en que deja de ser de ese tipo” (Gibbon, 1989, p. 166, traducción propia). Pasamos ahora a un breve resumen de estas secuelas.

## **Evaluación de vulnerabilidad, abandono de valles, tiempos de recuperación y reasentamiento de poblaciones afectadas**

Para investigar y comprender del todo la naturaleza de los impactos volcánicos en el registro arqueológico de las poblaciones locales, hay al menos cinco variables que deben identificarse. La primera y más importante, por supuesto, es la naturaleza y magnitud del evento en cuestión, el tipo de erupción (por ejemplo, pliniana, stromboliana, vulcaniana, etc.), su Índice de Explosividad Volcánica (IEV: 1-8), la altura de la columna (en km) y el volumen de su eyección piroclástica (en km<sup>3</sup>), junto con su eventual huella en los paisajes proximales, mediales y distales. Como se señaló antes, la Tabla 1 proporciona la información requerida para estos elementos con base en la investigación y los datos vulcanológicos y, como ya se mencionó, todos estos eventos eruptivos pueden considerarse de naturaleza cataclísmica con un IEV de magnitud 4 o más. Más difíciles son las otras cuatro variables relacionadas con las respuestas humanas a estos impactos. Estas incluyen: a) vulnerabilidad de las poblaciones en cuestión, b) evidencia de migración o abandono a lugares más seguros para evitar los efectos negativos, c) tiempos de recuperación del paisaje afectado, posteriores a la erupción, para que se restaure la ecología local y se puedan reanudar formas de vida anteriores y d) evidencia de reasentamiento del paisaje por parte de sus habitantes originales o nuevos grupos/culturas recién llegadas.

### **Vulnerabilidad social**

Se ha prestado mucha atención al tema de la vulnerabilidad en la literatura sobre desastres naturales porque habla directamente de la respuesta social, los mecanismos de afrontamiento y la resiliencia frente a los eventos catastróficos (Barrow, 1999; Burton et al., 1978; Oliver-Smith 2004; Wisner y Luce, 1993). Se pueden encontrar discusiones arqueológicas relevantes sobre este tema en Me-Bar y Valdez (2005), Riede (2015, 2019), Riede y Sheets (2020), Sheets (2012) y Torrence (2002, 2019), entre otros. En el sentido más básico, la vulnerabilidad social puede definirse como “susceptibi-

lidad al daño” (Gallopín, 2006), sobre la base de un conjunto complejo e interrelacionado de parámetros naturales y sociales (Sheets, 2012; Torrence, 2019). Como tal, está estrechamente relacionada con el concepto de resiliencia, que implica el grado de preparación, ingenio y capacidad de una sociedad para hacer frente con éxito y, en última instancia, sobrevivir a un gran desastre natural (Gallopín, 2006; Torrence, 2019). Riede y Sheets (2020, p. 3) destacan que “el concepto tradicional de resiliencia ... se centra en el retorno a las condiciones pre-existentes...”, pero que “con respecto a las comunidades humanas, las trayectorias sociales posteriores a los desastres son rara vez idénticas a sus contrapartes anteriores al desastre.” Algunos arqueólogos han intentado cuantificar el grado de vulnerabilidad de las sociedades antiguas para mejorar la comparabilidad de los estudios de caso y arrojar luz sobre ejemplos de resiliencia social y supervivencia o sobre fallas catastróficas (ver, por ejemplo, Me-Bar y Valdez, 2005; Sheets, 2012).

Me-Bar y Valdez (2005) estudiaron los efectos de los desastres naturales en diferentes períodos de la sociedad maya (Preclásico Tardío a Posclásico) centrándose en los siguientes seis parámetros ponderados: 1) escasez de agua, 2) escasez de alimentos, 3) explotación ambiental, 4) dependencia del comercio, 5) nivel de estrés interno y 6) nivel de estrés externo. Luego se aplicó una escala ordinal un tanto subjetiva de clasificación de 1 a 5 (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, respectivamente) a cada uno de los cinco parámetros ponderados y para cada uno de los períodos de tiempo considerados, lo que resultó en un total numérico relativo para cada parámetro y un total numérico final para cada período de tiempo y/o la sociedad en su conjunto. De manera algo similar, Sheets (2012) explora las “vulnerabilidades escaladas” al considerar los impactos volcánicos y las respuestas sociales en varias sociedades antiguas de México y América Central. Este es también un esquema para calificar las vulnerabilidades sociales de una cultura o fase arqueológica en una serie de cinco “factores sociales”: 1) complejidad social/organización política, 2) conflicto/guerra social, 3) demografía y movilidad, 4) economía y adaptación y 5) impactos diferenciales de los desastres. Y al igual que Me-Bar y Valdez (2005), Sheets luego aplica una escala ordinal del 1 a 5 (muy

bajo a muy alto) para cada parámetro, pero no suma las puntuaciones numéricas y no pondera los parámetros o factores sociales.

Un análisis exhaustivo de los esquemas de vulnerabilidad social para las diversas fases arqueológicas del valle de Jama, usando los enfoques de Me-Bar (2005) y Sheets (2012), está más allá del alcance del presente estudio, aunque es un tema digno de indagar. Sin embargo, en general parece que las ocupaciones de Piquigua y Tabuchila del período Formativo fueron más vulnerables a los efectos negativos de los peligros volcánicos que las posteriores de Jama-Coaque, quizás debido a las densidades de población más bajas y a una dependencia total de la agricultura de llanura aluvial en este período temprano, que habría sido muy susceptible a inundaciones catastróficas y pérdida de cultivos en condiciones severas de caída de ceniza. Parecen haber sido mucho más impactadas por estos eventos eruptivos que las sucesivas fases Muchique de la larga tradición Jama-Coaque, durante las cuales había mayores densidades poblacionales, más jerarquización sociopolítica y un sistema de producción agrícola más diversificado con la labranza intensiva de las llanuras aluviales y el cultivo de tipo roza y quema en las tierras altas.

## Impactos volcánicos y abandonos del valle

Aquí discutimos en términos relativos la magnitud de los eventos eruptivos y sus impactos en términos de abandonos del valle inferidos de las aproximaciones bayesianas de posibles períodos de pausa o hiatos de ocupación. Esto se basa en la cronología de radiocarbono del valle de Jama junto con sus tiempos deducidos de recuperación posteriores a la erupción y su reasentamiento. Ya se ha presentado una discusión exhaustiva de estos temas para el impacto y las secuelas de la erupción de Tefra III del Guagua Pichincha en ~1935 AP (Zeidler, 2016), pero aquí se exponen nuevos datos sobre este evento.

Uno de los aspectos más llamativos de los períodos de hiato posteriores a los eventos de caída de ceniza volcánica prehispánicos que ocurrieron en el valle es la variabilidad en su duración, en especial cuando se comparan las tres erupciones del Formativo (Tefras I, IIa y

I Ib) con las dos posteriores (Tefras III y IV, Tabla 1, columna E). Estas estimaciones actuales se basan en un nuevo análisis bayesiano de fechas de radiocarbono pertenecientes no solo a las ocupaciones arqueológicas, sino también a las fechas tefrocronológicas de “consenso” de las propias erupciones (Buck y Zeidler, s. f.). En términos generales, los dos asentamientos Formativos de la fase Valdivia 8a (Piquigua) y la fase Chorrera (Tabuchila) parecen haber sido muy impactados por la primera erupción del Guagua Pichincha (Tefra I) y las del Puluahua/Ninahuilca (Tefras IIa/I Ib), respectivamente. También es importante señalar que las densidades de población durante estas fases del Formativo fueron más bajas que las de la tradición Jama-Coaque posterior. Sin embargo, en ambos casos Formativos se asentaron en las áreas de llanura aluvial del valle bajo y medio, con los pueblos de la cultura Chorrera en reemplazo de los valdivianos al final del período de pausa de 120 años con una tradición cerámica marcadamente diferente (Zeidler y Sutliff, 1994).

Para la Tefra I, una erupción pliniana del Guagua Pichincha que antes fue estimada con un IEV de magnitud 4 (Andrade et al., 2021), ahora se la considera con un IEV de magnitud 6 a base de nuevos estudios arqueológicos y vulcanológicos en el sitio Papayita, en la vecindad de Portoviejo, donde la capa de tefra mide unos 85 cm de grueso (Ortiz-Aguilú et al., s. f.; Toulkerides, comunicación personal, agosto de 2023). En la cuenca del río Jama, los espesores de ceniza oscilaron entre 5 y 60 cm ( $n = 4$ ) con un promedio de 35 cm (Zeidler, 2016, Tabla 2). El análisis de radiocarbono bayesiano sugiere que el valle estuvo abandonado durante unos 120 años después del evento de Tefra I y la población sobreviviente de Piquigua podría haber emigrado distancias cortas hacia el norte, este o sur, donde los impactos de las caídas de tefra en apariencia fueron mucho menos severos (Delgado y Vásquez, 2014, para la cuenca del río Coaque al norte; Herrmann, comunicación personal, para Río Grande de Chone al este; y Delgado, 2013, para el sector del Cabo Pasado al sur). La tecnología de las embarcaciones de balsa también habría permitido una emigración limitada a localidades más distantes a lo largo de la costa. En particular, es muy probable que las primeras ocupaciones de la cultura Valdivia Terminal en la cuenca del

río Coaque representen migrantes desde la cuenca del Jama ya que las fechas de radiocarbono valdivianas más tempranas ( $3070 \pm 30$  AP [Beta-362058] y  $3010 \pm 30$  AP [Beta-362054]) del sitio Matapalo (Rivadeneira, 2015, Apéndice A) se ubican cronológicamente después de la erupción del Guagua Pichincha (Tefra I) fechada en  $3540 \pm 30$  AP (ver Tabla 1; Robin et al., 2008). Más sorprendente aún es que la ocupación valdiviana en el sitio Matapalo del río Coaque parece ser contemporánea con la ocupación Chorrera en la cuenca del Jama, es decir en el periodo Formativo Tardío (Delgado y Vásquez, 2014), aunque las dos poblaciones mantuvieron patrones culturales distintos con poca indicación de intercambio.

Los impactos probables en el valle de Jama habrían incluido la pérdida inmediata de cultivos, el reemplazo de la capa superior del suelo con lentes de ceniza espesas, la obstrucción de las vías fluviales a través de la acumulación de ceniza, así como el envenenamiento del agua misma, y la cobertura de un manto de tefra encima de los productos del bosque tropical seco y montano con su fauna asociada, así como las especies intermareales a lo largo de la costa del Pacífico. Los efectos climáticos localizados habrían incluido lluvia excesiva, inundaciones y tal vez flujos de escombros o lahares secundarios, debido a la movilización de cenizas por precipitaciones (Blong, 1984; Me-Bar y Valdez, 2005, Apéndice A; ver también Mulas et al., 2019 para ejemplos de lahares en otras partes de la Costa ecuatoriana). Todos estos efectos ambientales negativos, en especial la pérdida generalizada de cultivos, habrían llevado a condiciones de hambruna para las poblaciones humanas, así como a problemas de salud. La exposición prolongada y la inhalación de partículas de ceniza volcánica y sus fragmentos de vidrio microscópicos pueden causar síntomas respiratorios agudos e irritación de las vías respiratorias superiores; estas pueden aumentar el riesgo de silicosis u otras enfermedades pulmonares crónicas junto con la irritación de ojos y piel. Además, el alto contenido de flúor de las cenizas puede envenenar el agua potable superficial y causar niveles tóxicos por su consumo en humanos y animales que conducen a la fluorosis dental y esquelética (Silva Linhares et al., 2019). Sin embargo, no hay evidencia de un elevado contenido de flúor en las cenizas de la cordillera occidental del Ecuador.

Para las sucesivas erupciones plinianas de los volcanes Pululahua y Ninahuilca (Tefras IIa y IIb, respectivamente), ambas con un IEV 5, las caídas de ceniza distales resultaron en la desaparición de la ocupación Chorrera (fase Tabuchila) y el abandono completo del valle de Jama, pero en este caso, debido a la combinación de dos eventos el período de pausa duró unos 450 años (Tabla 1, columna E). Para la Tefra IIa, los espesores de ceniza en todo el valle variaron de 5 a 134 cm ( $n = 10$ ), con un promedio de 36 cm (Zeidler, 2016, Tabla 2), y el hiato estimado para esta caída habría sido de 420 años. Unos 200 años después, la erupción del Ninahuilca (Tefra IIb) parece haber tenido un impacto menor, pero muy probablemente prolongó la pausa anterior por 30 años más antes de la reocupación del valle. Pero es muy posible que los pueblos Chorrera anteriores sucumbieran a los mismos efectos ambientales y de salud negativos producidos por la caída de ceniza distal descritos antes para los pueblos Piquigua, lo que con probabilidad resultó en la emigración a zonas menos afectadas al norte, al este o al sur. La población de reemplazo después de esta larga pausa fue la de la fase Muchique 1, que marcó el comienzo de la larga secuencia cultural Jama-Coaque y una nueva tradición cerámica que persistió hasta la Conquista española y los comienzos de la Colonia.

Para la Tefra III, una erupción pliniana del Guagua Pichincha en ~1935 AP, con un IEV de magnitud 4, produjo espesores de ceniza que oscilaron entre 5 y 178 cm ( $n = 11$ ) con un promedio de 43 cm (Zeidler, 2016, Tabla 2). Una vez más, los mismos efectos negativos para el medio ambiente y la salud humana descritos para las secuelas de las erupciones anteriores habrían entrado en juego. Este evento eruptivo provocó la desaparición del pueblo de la fase Muchique 1 en todo el valle; su emigración resultó en un período de pausa que duró unos 60 años (Tabla 1, columna E) y en un eventual reemplazo por pueblos de las fases Muchique 2 y 3. Previamente examiné las secuelas de la Tefra III con cierto detalle (Zeidler, 2016) y proporcioné un modelo detallado para el colapso cultural en la cuenca del río Jama durante el período de pausa seguido de resiliencia social y estrategias compensatorias alternativas tras el reasentamiento del valle como un medio para corre-

gir los desequilibrios de recursos. Siguiendo la obra del arqueólogo Michael Jochim (1981), esto implica la redistribución de bienes y/o personas, resuelta la primera mediante incursiones de guerra o de comercio y la segunda, mediante la emigración o la guerra con fines de conquista territorial. Varias características de los cacicazgos de las fases Muchique 2-3 parecen ser consistentes con este modelo. Este fue un período de relativa estabilidad sociopolítica, libre de desastres naturales, que duró unos 730 años, desde aprox. 420 hasta 1150 d. C. (Buck y Zeidler, s. f.). El modelo también se aplicó a las secuelas de las Tefras I y IIa, lo que generó resultados diferentes a los de las de Tefra III (Zeidler, 2016, Figura 10).

La Tefra IV, la erupción pliniana del Quilotoa en ~800 AP, con un IEV de 6, produjo un espesor de ceniza de 20 cm en las riberas del río Cangrejo (Vallejo Vargas, 2011) adyacente al sitio de San Isidro (M3D2-001), lo que ciertamente es un resultado esperado para una erupción explosiva de tal magnitud. Pero a pesar de esta previsión, como hemos visto arriba, la Tefra IV aún no se ha identificado como una capa de ceniza discreta e integral en contextos arqueológicos en ninguna parte de nuestra investigación de campo en todo el valle de Jama. La fecha de la erupción de 800 AP coincide precisamente con la transición de fase entre Muchique 3 y 4 y el análisis de radiocarbono bayesiano (Buck y Zeidler, s. f.) sugiere un período de pausa de solo 30 años (Tabla 1, columna E). Al igual que las anteriores caídas de tefra en el valle, esta también habría provocado el mismo conjunto de efectos negativos para el medioambiente y la salud, pero no parece haber resultado en abandono generalizado ni emigración. Sin embargo, lo que sí cambió fue el rol del sitio San Isidro como centro ceremonial regional y la ruptura de las redes sociales en el valle medio y alto de Jama, ya que el centro de poder cacical parece trasladarse al complejo de montículos de Santa Rosa en el valle bajo durante la fase Muchique 4 (Zeidler, 2022). Con todo, no está claro si este cambio estuvo relacionado de alguna manera con la erupción del Quilotoa o si simplemente coincidió con ella.

Finalmente, con respecto al evento de caída de Tefra V en el período colonial, causado por otra erupción del Guagua Pichincha, no se sabe mucho más allá de

la documentación etnohistórica (Tabla 1, columna L). Dicho esto, Vallejo Vargas (2011, p. 116) documentó su presencia en la costa norte de Manabí, en el sitio Cabañas Camarones y más al sur, en las cercanías de pueblo de Jama (Muestra JAM-1), y concluyó que el Guagua Pichincha es su fuente con una fecha de ~ 290 AP. Se supone que tenía un IEV de 4, pero al igual que con la erupción del Quilotoa en el 800 AP, no se ha identificado como una capa integral de tefra en nuestras excavaciones arqueológicas. Sin embargo, dada su magnitud como un evento cataclísmico, habría tenido un gran impacto negativo en las poblaciones ya diezmadas de los campaces que sobrevivieron a la Conquista española en la fase Muchique 5. El análisis bayesiano de datos de radiocarbono (Buck y Zeidler, s. f.) sugiere un período de pausa de ~150 años después de la erupción (Tabla 1, columna E). Los dos sitios donde se identificaron contextos Muchique 5 y donde se cuenta con determinaciones de radiocarbono son La Mina (M3B3-001) y Acrópolis, ambos en el valle inferior de Jama, en los sectores I/A/2 y I/A/1, respectivamente (ver Figuras 3 y 4a). El primero fue fechado en  $305 \pm 35$  AP (PITT-414) y el último, en  $410 \pm 30$  AP (Beta-515388), ambos en años de radiocarbono no calibrados antes del presente. No se encontraron artefactos relacionados con la presencia española en ninguno de los sitios. Como se mencionó antes, el sitio Acrópolis probablemente fue la sede del poder sociopolítico en el valle de Jama durante la fase Muchique 4, sin embargo, parece haber pasado desapercibido durante la marcha de Francisco Pizarro y sus soldados por la Costa ecuatoriana en 1531 (Pólit Montes de Oca, 1988).

### Tasas de recuperación biótica

Dada esta larga secuencia de eventos cataclísmicos repetidos causados por erupciones volcánicas distantes, es útil evaluar los períodos de pausa posteriores a las del valle de Jama en términos de los procesos de regeneración de ecosistemas y tasas de recuperación documentados en paisajes tropicales. Como se señaló antes, solo tres hiatos parecen haber excedido los 100 años (Tabla 1, columna E). Estos son posteriores a las Tefras I, IIa/IIb (combinadas) y V. Se cree que los otros dos, Tefras III y IV, han tenido períodos de pausa de sólo

60 y 30 años, respectivamente. Basados en estudios previos de volcanismo y regeneración de ecosistemas en ambientes tropicales en las islas de Krakatoa, Indonesia (Tagawa et al., 1985; Thornton, 1996, 2000; Whitaker et al., 1989; ver también Del Moral y Grishin, 1999), el proceso de recuperación del paisaje se habría completado después de un siglo más o menos, tal vez un poco más, y sospechamos que este marco de tiempo también sería aplicable a las zonas de vida y condiciones bioclimáticas de los bosques muy seco tropical a húmedo premontano (Zonas de Vida 7, 8, 11 y 12) encontradas en el valle de Jama (Cañadas Cruz, 1983; Zeidler y Kennedy, 1994, Figura 2.1; Zeidler, 2016). Entonces, como una estimación aproximada, la marca de 100 años se puede utilizar como guía para evaluar los hiatos caracterizados por la pérdida parcial de la población o el abandono completo seguido de la recuperación a través de la inmigración posterior. Los períodos de pausa que duran más de un siglo podrían necesitar una explicación cuidadosa de por qué el reasentamiento tomó tanto tiempo, mientras que los de menos de un siglo sugerirían la presencia de mejores mecanismos de afrontamiento, estrategias compensatorias y resiliencia social, como sugiere el modelo de Jochim (1981; Zeidler 2016), y haber soportado las considerables dificultades durante el proceso de regeneración del ecosistema.

### Reasentamientos posteriores a la erupción

Si seguimos esta línea de pensamiento, entonces las dos ocupaciones del periodo Formativo de las culturas Valdivia Terminal y Chorrera habrían sucumbido más fácilmente a los efectos catastróficos de las erupciones en el valle de Jama y tal vez solo pudieron sobrevivir emigrando fuera de él y nunca volver. En contraste con este escenario, una vez que los pueblos Jama-Coaque se establecieron en el valle después de las erupciones de Tefra IIa y IIb del Pululahua y el Ninahuilca, las sucesivas fases culturales Muchique 1 a 4, que se extienden desde ca. 240 a. C. hasta la Conquista española, en apariencia pudieron no solo sobrevivir, sino florecer culturalmente durante este lapso de ~1775 años y enfrentar con éxito los episodios volcánicos de las Tefras III y IV con hiatos mínimos y poca o ninguna emigración.

Por lo tanto, las *transiciones culturales* ocurren en estas coyunturas posteriores de los eventos eruptivos, pero no fueron reemplazos de población por nuevos pueblos. Más bien, fueron cambios de fase dentro de la misma tradición cultural Jama-Coaque. En un sentido más amplio, los períodos de pausa variables sugeridos aquí para el valle de Jama son ciertamente consistentes con otros datos arqueológicos en las Américas. Por ejemplo, Sheets (2012) aboga por hiatos relativamente cortos y desplazamientos de población que van desde una generación (~30 años) hasta quizás medio siglo para su estudio de caso en El Salvador, que incluye un IEV de hasta el nivel 4. Me-Bar y Valdez (2004) muestran tasas de recuperación más prolongadas para sitios mayas urbanos que van desde 150 a 300 años en el Preclásico Tardío al Clásico Tardío, con base en datos de Rice y Culbert (1990). Y fuera del continente, para la península de Willaumez en Papúa Nueva Guinea, Torrence (2020) ha documentado pausas modales de abandono que van desde 55 a 235 años ( $n = 7$ ) con un valor atípico de 1710 años en un caso excepcional.

### **Conclusión: evento vs. proceso en el Ecuador antiguo**

La secuencia de tefra distal del valle de Jama en el norte de Manabí y sus contextos arqueológicos asociados son un geoarchivo valioso para la arqueología costera ecuatoriana, no solo por la información sustantiva que está íntimamente ligada a múltiples eventos eruptivos en un único valle fluvial dentro de un área cultural mucho más amplia. También arroja nueva luz sobre la identificación e interpretación de “eventos versus procesos” en el desarrollo de formaciones sociales y económicas concretas a lo largo del tiempo. Debido a la gran magnitud y frecuencia de estos eventos catastróficos, es fácil caer en un “determinismo por eventos” (*eventful determinism*) al forzar un cambio estructural en el registro arqueológico (Grattan, 2010, p. 180) y atribuir la causalidad primaria a sucesos telúricos o eruptivos en el ámbito del comportamiento humano de las poblaciones afectadas. Pero lo que muestran los datos del valle de Jama, al igual que muchos otros estudios arqueológicos de impactos volcánicos, es que “el even-

to es incidental; el contexto es el rey” (Grattan, 2010, p. 181, traducción propia).

Con esto queremos decir que el evento volcánico trae consigo un conjunto de variables que incluyen el tipo de erupción, su magnitud, la altura de la pluma, los patrones de viento predominantes, así como las pausas particulares de desplazamiento de las cenizas sobre un paisaje determinado y la estación del año en la que todo esto sucede. Estos detalles vulcanológicos son impredecibles para el análisis arqueológico. Dentro de este amplio escenario de factores contingentes, entonces, la atención arqueológica debe dirigirse a las respuestas sociales de las poblaciones humanas afectadas, con especial atención a sus vulnerabilidades y sus capacidades culturales para enfrentar tales desafíos ambientales. Y en este caso, no debemos asumir que la respuesta social será uniforme dentro de una región o macrorregión, sino es más probable que los distintos sectores jerárquicos de un cacicazgo persigan respuestas conforme a su estatus y capacidades privilegiadas para responder a condiciones específicas. Aquí debemos ser conscientes de este grado de jerarquización y adoptar una perspectiva teórica de la “ecología política” (Biersack, 2006; Oliver-Smith, 2004; Van Buren, 2008; ver Escobar, 2008, y Lansing et al., 2006, para aplicaciones), la cual propone que “las crisis ambientales afectan de manera diferente a los componentes de la sociedad y a menudo, de hecho, promueven el surgimiento de nuevas relaciones políticas, particularmente entre los estados y los grupos afectados” (Van Buren, 2001, p. 145, traducción propia). Por ejemplo, un grupo social dado (una familia extensa, un linaje, etc.) puede decidir que el espesor de una caída de tefra en su área de captación inmediata no es tan perjudicial para su producción de subsistencia y calidad de vida como para emprender una emigración masiva. Pero en otra parte del valle, tal vez a lo largo de la llanura aluvial del río Jama, donde el transporte de ceniza retrabajada, en forma de lahares secundarios, podría desplazarse sobre los campos agrícolas primarios aledaños, las formas de vida existentes pueden ser insostenibles en estas condiciones y obliguen a buscar una alternativa drástica que implique la emigración, ya sea a un valle adyacente pero menos dañado o más lejos. Opciones adicionales pueden ser asaltar las tierras de

otros pueblos en busca de alimentos u otros recursos, o aumentar las relaciones de trueque e intercambio con los vecinos en procura de comida para equilibrar la redistribución de bienes debido a los efectos destructivos desiguales de la erupción. La guerra sostenida para la conquista territorial sería otra opción viable. Pero estas respuestas variadas pueden ser escogidas y efectuadas de manera distinta, según el grado de poder social y las capacidades de los sectores que contemplan la/s repuesta/s en cuestión, es decir, las “estrategias compensatorias” más aptas e idóneas de acuerdo con su nivel de riesgo (Zeidler, 2016).

Son estas elecciones, decisiones y resultados del comportamiento humano las que dejan huellas en el registro arqueológico y que deberían ser el foco de nuestra atención analítica. Son estos contextos los que “ofrecen nuevas oportunidades para estilos de vida alternativos y/o forman la plataforma para nuevas formas de vida e innovaciones culturales” (Grattan y Torrence, 2007, p. 9, traducción propia). En otras palabras, “es el contexto social del evento, en escalas que van desde el individuo hasta la cultura, lo que es importante, más que el evento en sí mismo” (Grattan, 2010, p. 181). Como han argumentado recientemente Riede y Sheets (2020, p. 4, énfasis original, traducción propia),

el poder del análisis arqueológico de desastres pasados ofrece la posibilidad de explicar las vías causales desde las condiciones preexistentes hasta lo que sigue. Los eventos catastróficos sirven como herramientas analíticas ... en lugar de ser los únicos impulsores de distracciones dramáticas desplegadas para contar o vender nuestras *historias* particulares.

En este sentido, el geoarchivo de tefras distales del valle de Jama, que abarca unos 3700 años de historia prehispánica y colonial en la Costa de Ecuador, sirve como un laboratorio de campo especialmente rico y una herramienta analítica para tales estudios de desaparición y/o la innovación y creatividad culturales a lo largo de una trayectoria social de casi cuatro milenios.

## Agradecimientos

Mis investigaciones arqueológicas en el valle de Jama han sido apoyadas por varias instituciones a través del tiempo. En primer lugar, agradezco al apoyo del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (sede Guayaquil) por conferir siete autorizaciones para investigaciones de campo entre los años 1986 y 1994, bajo la dirección sucesiva de Jorge G. Marcos Pino, Rosa Lalama Cam-poverde, Yela Loffredo de Klein y María Elena Jácome Argüello. Por su generoso apoyo financiero, agradezco a Unesco/PNUD (Lima), el Programa de Antropología para el Ecuador (Quito), el anterior Museo Arqueológico del Banco Central, el Centro de Estudios Arqueológicos y Antropológicos de la Espol, el Programa Fulbright (Quito y Washington, D.C.), la Fundación Wenner-Gren para la Investigación Antropológica (Nueva York), y en especial la Fundación Nacional de Ciencias (Washington, D.C.). Las tres subvenciones de la NSF, con los números BNS-8708949, BNS-8908703 y BNS-9108548, se otorgaron en conjunto a mí y a Deborah M. Pearsall (Universidad de Missouri, Columbia). Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a los colegas Pearsall y Peter Stahl (Universidad de Victoria, Canadá) por su colaboración, estudios y comentarios sobre los efectos de estas erupciones volcánicas en los registros arqueobotánicos y arqueofaunísticos, respectivamente. También a John Isaacson (Laboratorio Nacional de Los Álamos, Nuevo México) por su sabio consejo sobre la secuencia de tefras del valle de Jama en una etapa temprana de nuestra investigación. Reconocemos una subvención suplementaria número BNS-9108548 de la NSF otorgada a mí y a Isaacson para apoyar el análisis geoquímico de las Tefras I, IIa y III del área de estudio. Debo una nota especial de agradecimiento a mi esposa, Marie J. Zeidler, por su apoyo constante y participación en todos los aspectos de la investigación del valle de Jama y por su diligente preparación de las Figuras 3, 4a, 4b, 6, 7a, 7b, 9 y 10 para esta publicación. Stephen Sherman (Universidad Estatal de Colorado, Fort Collins) preparó el mapa SIG en la Figura 1; el topógrafo Aurelio Iturralde y la dibujante Adela Iturralde (Quito) crearon el mapa topográfico del sitio San Isidro en la Figura 5. Aprecio también al apoyo del Centro de Arqueología

Comparada de la Universidad de Pittsburgh por su permiso para reproducir las Figuras 5, 6, 7a y 7b, originalmente publicadas en Zeidler (1994a). Para finalizar, agradezco a los dos revisores anónimos por sus comentarios detallados al manuscrito, los cuales me ayudaron a clarificar aspectos de la presentación y el texto.

Fecha de recepción: 20 de abril de 2023

Fecha de aceptación: 27 de julio de 2023

## Referencias

- Andrade, S. D., Vásconez Müller, A., Vásconez, F., Beate, B., Aquilar, J. y Santamaría, S. (2021). Pululahua dome complex, Ecuador: Eruptive history, total magma output and potential hazards. *Journal of South American Earth Sciences*, 106, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103046>
- Barrow, C. J. (1999). How humans respond to natural and anthropogenic disturbance. En L. R. Walker (Ed.), *Ecosystems of disturbed ground* (pp. 659-671). Elsevier.
- Biersack, A. (2006). Reimagining political ecology: culture/power/history/nature. En A. Biersack y J. B. Greenberg (Eds.), *Reimagining political Ecology* (pp. 3-40). Duke University Press.
- Blong, R. J. (1984). *The time of darkness: Local legends and volcanic reality in Papua New Guinea*. University of Washington Press.
- Brown, M. (2019). A Memory of Home: A Volcanic Eruption Forced the People of Ecuador's Jama Valley to Abandon Their Homeland. What Brought Them Back? *Archaeology*, 72(2), 34-37.
- Buck, C. E. y Zeidler, J. A. (abril de 2021). Tephrostratigraphic Correlation and Ceramic Seriation in Bayesian Calibration: A Case Study from Coastal Ecuador. En C. Buck, T. Dye y K. May (Orgs.), *Stratification and Correlation: Tools and Techniques*. Simposio para la 86<sup>ta</sup> reunión anual de la Sociedad para la Arqueología Americana, San Francisco, CA.
- Buck, C. E. y Zeidler, J. A. (s. f.). *Bayesian Analysis of New Dating Evidence from the Jama River Valley, Ecuador* (Manuscrito en preparación).
- Burton, I., Kates, R. y White, G. (1978). *The environment as hazard*. Oxford University Press.
- Cañadas Cruz, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Pronareg.
- Constantine, A. R. (2017). La tefra como marcador guía en la costa ecuatoriana: Nuevos aportes. En M. F. Ugalde (Ed.), *Volcanes, cenizas y ocupaciones antiguas en perspectiva geoarqueológica en América Latina* (pp. 66-86). PUCE.
- Coutros, P. (31 de mayo de 2018). How volcanoes destroy and nurture societies. *Sapiens*. <https://www.sapiens.org/column/off-the-map/volcanic-archaeology-pichincha-volcano/>.
- Davies, S. M. (2015). Cryptotephros: The revolution in correlation and precision dating. *Journal of Quaternary Science*, 30(2), 114-130.
- Delgado, F. (2013). *Informe de la prospección arqueológica: Proyecto de desarrollo Eco Aldea, Hacienda Cabo Pasado* (Informe entregado al INPC).
- Delgado, F. y Vásquez, J. (2014). *Informe final. Proyecto Arqueológico Matapalo (AY-13-17-53-000-12-000612), parroquia Atahualpa, Cantón Pedernales, norte de Manabí*. INPC.
- Del Moral, R. y Grishin, S.Y. (1999). Volcanic disturbance and ecosystem recovery. In L. R. Walker (Ed.), *Ecosystems of disturbed ground* (pp. 137-160). Elsevier.
- Donahue, J. y Harbert, W. (1994). Fluvial history of the Jama River drainage basin. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabí, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 43-57). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.
- Estrada, E. (1962). *Arqueología de Manabí central*. Publicación del Museo Víctor Emilio Estrada No. 7.
- Escobar, A. (2008). *Territories of difference: Place, movements, life, redes*. Duke University Press.
- Estupiñán Viteri, T. (1998). *Volcán Pichincha: Erupciones, destrucciones e invenciones*. Ediciones del Banco Central del Ecuador.

- Gallopín, C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 292-303
- Gibbon, G. (1989). *Explanation in archaeology*. Basil Blackwell.
- Grattan, J., y Torrence, R. (2007). Beyond doom and gloom: The long-term consequences of volcanic disasters. En J. Grattan y R. Torrence (Eds.), *Living under the shadow: The cultural impacts of volcanic eruptions* (pp. 1-19). Left Coast Press.
- Grattan, J. (2010). Testing eventful archaeologies: Eventful archaeology and volcanic “disasters.” En D. J. Bolender (Ed.), *Eventful Archaeologies* (pp. 179-188). State University of New York Press.
- Guillaume-Gentil, N. (2008). *Cinco mil años de historia al pie de los volcanes en Ecuador: Modos de implantación, población y cronología*. Terra Archaeologica VI. Nestlé Ecuador.
- Hall, M. L. (1977). *El volcanismo en el Ecuador*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), Sección Nacional del Ecuador.
- Hall, M. L. y Mothes, P. A. (1999). La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia austral: Impedimento al desarrollo de las civilizaciones pasadas. En P. Mothes, (Ed.), *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador* (pp.11-40). Abya-Yala.
- Hall, M. L. y Mothes, P. A. (2008a). Volcanic impediments in the progressive development of pre-Columbian civilizations in the Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(3), 344-355.
- Hall, M. L. y Mothes, P. A. (2008b). The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology*, 70(6), 675-702.
- Hidalgo, S., Monzier, M., Almeida, E., Chazot, G., Eisen, J.-P., van der Plicht, J. y Hall, M. L. (2008). Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo-Ninahuilca volcanic complex (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 16-26.
- Isaacson, J. S. (1987). *Volcanic activity and human occupation of the northern Andes: The application of tephrostratigraphic techniques to the problem of human settlement in the western montaña during the Ecuadorian Formative* (Tesis doctoral). Departamento de Antropología, Universidad de Illinois, University Microfilms International.
- Isaacson, J. S. (1994). Volcanic sediments in archaeological contexts from western Ecuador. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabí, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 131-140). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.
- Isaacson, J. S. y J. A. Zeidler (1999). Accidental history: Volcanic activity and the end of the Formative in northwestern Ecuador. En P. Mothes (Ed.), *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador* (pp. 41-72). Abya-Yala.
- Jochim, M. (1981). *Strategies for survival: Cultural behavior in an ecological context*. Academic Press.
- Lane, C. S., Cullen, V. L., White, D., Bramham, C. W. F. y Smith, V. C. (2014). Cryptotephra as a dating and correlation tool in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 42, 42-50.
- Lansing, J. S., Schoenfelder, J. y Scarborough, V. (2006). Rappaport's rose: Structure, agency, and historical contingency in ecological anthropology. En A. Biersack y J. B. Greenberg (Eds.), *Reimagining political ecology* (pp.325-357). Duke University Press.
- Lippi, R. D. (1998). *Una exploración arqueológica del Pichincha occidental, Ecuador*. Museo Jacinto Jijón y Caamaño PUCE, Consejo Provincial de Pichincha, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lippi, R. D. (2004). *Tropical forest archaeology in western Pichincha, Ecuador*. Wadsworth/Thomson Learning.
- Lowe, D. J., Pearce, N. J. G., Jorgensen, M. A., Kuehn, S. C., Tryon, C. A. y Hayward, C. L. (2017). Correlating tephras and cryptotephras using glass compositional analyses and numerical and statistical methods: Review and evaluation. *Quaternary Science Reviews*, 175, 1-44.

- Me-Bar, Y. y Valdez, F. (2004). Recovery time after a disaster and the ancient Maya. *Journal of Archaeological Science*, 31(9), 1311-1324.
- Me-Bar, Y. y Valdez, F. (2005). On the vulnerability of the ancient Maya society to natural threats. *Journal of Archaeological Science*, 32(6), 813-825.
- Mothes, P. A. y Hall, M. L. (1999). Quilotoa's 800 BP ash: A valuable stratigraphic marker unit for the Integration Period. En P. Mothes, (Ed.), *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador* (pp. 111-138). Abya-Yala.
- Mothes, P. A. y Hall, M. L. (2008). The plinian fallout associated with Quilotoa's 800 Yr BP eruption, Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 56-69.
- Mulas, M., Chunga, K., Garcés León, D. O. y Escobar Segovia, K. F., (2019). Sedimentological study of distal rain-triggered lahars: The case of west coast of Ecuador. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 26(1), 1-17.
- Newhall, C. G. y Self, S. (1982). The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 87(C2), 1231-1238.
- Nocquet, J.-M., Jarrín, P., Vallee, M., Mothes, P. A., Grandin, R., Rolandone, F., Delouis, B., Yepes, H., Font, Y., Fuentes, D., Laurendeau, A., Cisneros, D., Hernández, S., Sladen, A., Singaicho, J.-C., Mora, H., Gómez, J., Montes, L. y Charvis, P. (2016). Supercycle and the Ecuadorian subduction zone revealed after the 2016 Pedernales earthquake. *Nature Geoscience*, 10, 145-149. <https://doi.org/10.1038/ngeo2864>.
- Oliver-Smith, A. (2004). Theorizing vulnerability in a globalized world: A political-ecological perspective. En T. Hilhorst, G. Frerks y G. Bankoff (Eds.), *Mapping vulnerability: Disaster, development, and people* (pp.10-24). Earthscan Publications.
- Ortiz-Aguilú, J.J., Toulkeridis, T., Castro, G., Zeidler, J., Páez, T. y Jadán, M. (s. f.). Unveiling Papayita: Initial findings from a Late Valdivia settlement in south-central Manabí, Ecuador (Manuscrito en preparación). *Strata*, 1(2). INPC.
- Pearsall, D. M. (2004). *Plants and people in ancient Ecuador: The ethnobotany of the Jama River Valley*. Wadsworth/Thomson Learning.
- Pólit Montes de Oca, V. (1988). Conquista del Perú, Quito y descubrimiento del Río de la Amazonas. En E. Ayala Mora (Ed.), *Nueva historia del Ecuador* (Vol. 3, pp. 67-90). Corporación Editora Nacional, Grijalbo.
- Rice, D. S. y Culbert, T. P. (1990). Historical contexts for population reconstruction in the Maya Lowlands. En T. P. Culbert y D. S. Rice (Eds.), *Precolumbian population history in the Maya Lowlands* (pp. 1-36). University of New Mexico Press.
- Riede, F. (2015). Volcanic eruptions and human vulnerability in traditional societies past and present: Towards a palaeosocial volcanology. En F. Riede (Ed.), *Past vulnerability: Volcanic eruptions and human vulnerability in traditional societies past and present* (pp. 9-22). Aarhus University Press.
- Riede, F. (2019). Doing paleo-social volcanology: Developing a framework for systematically investigating the impacts of past volcanic eruptions on human societies using archaeological datasets. *Quaternary International*, 499(B), 266-277.
- Riede, F. y Sheets, P. (2020). Introduction: Framing catastrophes archaeologically. En F. Riede y P. Sheets (Eds.), *Going forward by looking back: Archaeological perspectives on socio-ecological crisis, response, and collapse* (pp. 1-14). Berghahn Books.
- Rivadeneira, S. C. (2015). *As Reflected on the Pottery: A Modal Analysis of Terminal Valdivia Ceramics in Northern Manabí, Ecuador* (Tesis de maestría inédita). Departamento de Antropología y Arqueología, Universidad de Calgary, Canadá.
- Robin, C., Samaniego, P., Pennec, J.-L., Mothes, P. y van der Plicht, J. (2008). Late Holocene phases of dome growth and plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 7-15.
- Sheets, P. (2012). Responses to explosive volcanic eruptions by small to complex societies in ancient Mexico and Central America. En J. Cooper y P. Sheets (Eds.), *Surviving sudden environmental*

- change: *Answers from archaeology* (pp. 43-65). University Press of Colorado.
- Sevink, J., di Vito, M., van Leusen, M. y Field, M. (2019). Distal effects of volcanic eruptions on pre-industrial societies. *Quaternary International*, 499(B), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.01.040>.
- Silva Linhares, D. P., Ventura Garcia, P. y dos Santos Rodriguez, A. (2019). Fluoride in volcanic areas: A case study in medical geology. En A. Makan (Ed.), *Environmental health: Management and prevention practices*. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/66846>.
- Stahl, P. W. (2011). Periodic volcanism, persistent landscapes, and the archaeofaunal record in the Jama Valley. En N. Miller, K. Moore y K. Ryan (Eds.), *Sustainable lifeways: Cultural persistence in an ever-changing environment* (pp. 273-309). University of Pennsylvania Press.
- Stahl, P. W. y Pearsall, D. M. (2012). Late pre-Columbian agroforestry in the tropical lowlands of western Ecuador. *Quaternary International*, 249, 43-52.
- Tagawa, H., Suzuki, E., Partomihardjo, T. y Suridarman, A. (1985). Vegetation and succession on the Krakatau Islands, Indonesia. *Vegetatio*, 60(3), 131-145.
- Thornton, I. (1996). *Krakatau: The destruction and reassembly of an island ecosystem*. Harvard University Press.
- Thornton, I. (2000). The ecology of volcanoes: Recovery and reassembly of living communities. En H. Sigurdsson (Ed.), *Encyclopedia of Volcanos* (pp. 1057-1081). Academic Press.
- Tobar, O. (1988). *Prospección arqueológica de la cuenca del Río Cangrejo en San Isidro, Manabí norte: El uso de criterios hidrográficos para el muestreo probabilístico* (Tesis de licenciatura). Centro de Estudios Arqueológicos y Antropológicos Espol.
- Torrence, R. (2002) What makes a disaster: A long-term view of volcanic eruptions and human responses in Papua New Guinea. En R. Torrence y J. Grattan (Eds.), *Natural disasters and cultural change* (pp. 292-312). Routledge.
- Torrence, R. (2019). Social responses to volcanic eruptions: A review of key concepts. *Quaternary International*, 499(B), 258-265.
- Torrence, R. (2020). Collapse, resilience, and adaptation: An archaeological perspective on continuity and change in hazardous environments. En F. Riede y P. Sheets (Eds.), *Going forward by looking back: Archaeological perspectives on socio-ecological crisis, response, and collapse* (pp. 134-161). Berghahn Books.
- United States Geological Survey (16 de mayo, 2018). *Impacts & Mitigation - Health*. USGS Volcanic Ashfall Impacts Working Group. [https://volcanoes.usgs.gov/volcanic\\_ash/health.html](https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/health.html)
- Vallejo Vargas, S. X. (2011). *Distribución de las cenizas Holocénicas-Tardías en la costa del Ecuador* (Tesis de licenciatura). Facultad de Geología y Petróleos EPN.
- van Buren, M. (2001) The archaeology of El Niño events and other “natural” disasters. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 8(2), 129-149.
- Vásquez, J. y Delgado, F. (2012). *Informe final de la prospección y reconocimiento arqueológico de las áreas de Atahualpa, Coaque, y Puerto Cabañal* (Informe al INPC).
- Volentik, A. C. M., Bonadonna, C., Connor, C. B., Connor, L. J. y Rosi, M. (2010). Modeling tephra dispersal in absence of wind: Insights from the climactic phase of the 2450 BP plinian eruption of Pululagua volcano (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 193(1-2), 117-136.
- Whitaker, R., Bush, M. y Richards, K. (1989). Plant recolonization and vegetation succession in the Krakatau Islands. *Ecological Monographs*, 59(2), 59-123.
- Wisner, B. y Luce, H. R. (1993). Disaster vulnerability: Scale, power, and daily life. *GeoJournal, Special Issue on Vulnerability, Hunger, and Famine*, 30(2), 127-140.

- Wolf, T. (1904). *Crónica de los fenómenos volcánicos y terremotos en el Ecuador, con algunas noticias sobre otros países de América central y meridional desde 1533 hasta 1797*. Imprenta de la Universidad Central.
- Zeidler, J. A. (1994a). Archaeological testing in the middle Jama Valley. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabí, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 71-98). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.
- Zeidler, J. A. (1994b). Archaeological testing in the lower Jama Valley. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabí, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 99-109). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.
- Zeidler, J. A. (1995). Archaeological survey and site discovery in the forested neotropics. En P. W. Stahl (Ed.), *Archaeology in the lowland American Tropics: Current analytical methods and recent applications* (pp. 6-39). Cambridge University Press.
- Zeidler, J. A. (2002). Central coast regional chiefdoms [Ecuador]. En P. N. Peregrine y M. Ember (Eds.), *The encyclopedia of prehistory, volume 5: Middle America and northwestern South America* (pp. 1-11). Kluwer Academic Publishing.
- Zeidler, J. A. (2005). *Rank-size relationships and pre-Hispanic settlement systems in the Jama Valley, coastal Ecuador*. Ponencia presentada en la 70<sup>ma</sup> reunión anual de la Sociedad para la Arqueología Americana, Salt Lake City, Utah.
- Zeidler, J. A. (2016) Modeling cultural responses to volcanic disaster in the Jama-Coaque II cultural tradition, coastal Ecuador: A case study in cultural collapse and social resilience. *Quaternary International*, 394, pp. 79-97.
- Zeidler, J. A. (junio, 2022). Assessing social inequality in the pre-Hispanic chiefdoms of the Jama-Coaque culture, northern Manabí province, Ecuador, through earthwork energetics analysis. En R. J. Chacon y Y. Chacon (Orgs.), *Warfare, Environment, Social Inequality and Pro-Sociability (We-sips)*. Ponencia presentada en conferencia bienal en Sevilla, España. Universidad de Sevilla, Center for Cross-Cultural Studies.
- Zeidler, J. A. (s. f.). *Native Lords of Northern Manabí, Ecuador: Settlement Dynamics and Sociopolitical Power in the Jama River Valley, 2000 BCE – 1600 CE* (Manuscrito en preparación). Conflict, Environment, and Social Complexity Series, Springer Publications.
- Zeidler, J. A. y Beltrán Medina, J. C. (2022). Archaeological evidence for long-distance maritime contacts between the Tesoro/Comala/Armería Phases, west Mexico, and the Jama-Coaque tradition, coastal Ecuador. En C. S. Beekman y C. McEwan (Eds.), *Waves of influence: Pacific maritime networks connecting Mexico, central America, and northwestern South America* (pp. 263-300). *Dumbarton Oaks Research Library and Collection*.
- Zeidler, J. A. e Isaacson, J. S. (2003). Settlement process and historical contingency in the western Ecuadorian Formative. En J. Scott Raymond y Richard Burger (Eds.), *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 69-123). *Dumbarton Oaks Research Library and Collection*.
- Zeidler, J. A. y Kennedy, R. (1994). Environmental setting. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabí, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 13-41). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.
- Zeidler, J. A. y Pearsall, D. M. (1994). Introduction. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabí, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 1-12). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.

- Zeidler, J. A. y Sutliff, M. J. (1994). Definition of ceramic complexes and cultural occupation in the Jama Valley. En J. A. Zeidler y D. M. Pearsall (Eds.), *Regional archaeology in northern Manabi, Ecuador, volume 1: Environment, cultural chronology, and prehistoric subsistence in the Jama River Valley* (pp. 111-130). Memorias de la Universidad de Pittsburgh en Arqueología Latinoamericana No. 8. Universidad de Pittsburgh, Libri Mundi.
- Zeidler, J. A., Buck, C. E. y Litton, C. D. (1998). The integration of archaeological phase information and radiocarbon results from the Jama River Valley, Ecuador: A Bayesian approach. *Latin American Antiquity*, 9(2), 160-179.