

## Plant Cultivation and Domestication at the Vegas Sites: New Evidence from Starch Grain Studies of Human Teeth

*Dolores R. Piperno*

Starch grain analysis in the New World is increasingly documenting the presence of cultivated and domesticated plants, and of different parts of them, not often recoverable through macro-fossil analysis or phytolith studies (e.g., Pearsall et al. 2004; Pagán et al. 2005; Chandler-Ezell et al. 2006; Dickau et al. 2007; Piperno 2006a; Piperno et al. 2000a, 2009; Zarillo et al. 2008; Sims et al. 2013; Rosenswig et al. 2014). Along with grinding stones and pottery, the calculus of human teeth has become an important context for archaeological starch grain studies (e.g., Piperno and Dillehay 2008; Wesolowski et al. 2010; Henry et al. 2011; Mickleburgh and Pagán-Jiménez 2012). A variety of plant taxa have been isolated from dental remains and identified, providing direct evidence for their consumption. For example, recent research on human teeth from the preceramic Ñanchoc Valley sites in northern Peru revealed the presence of starch grains from a number of cultivated and domesticated plants and different parts of them, including *Cucurbita moschata* fruit flesh, seeds of *Phaseolus* spp., nuts of peanuts (*Arachis* spp.), and seeds of *Inga feuillei* (pacaí), a tree crop (Piperno and Dillehay 2008).

In this study, human teeth are examined from Vegas site OGSE-80 (hereafter Site 80). As discussed in more detail elsewhere in this volume, Site 80 is the type site for the Las Vegas culture, one of the most important and best-documented preceramic cultures in the New World. Excavations by Stothert have revealed occupations beginning at ca. 14,000 BP and lasting until ca. 7300 BP (Stothert 1985, 2011; Stothert et al. 2003; all ages are in calibrated <sup>14</sup>C years). Multidisciplinary studies of midden contents have produced evidence for a broad-spectrum subsistence strategy involving terrestrial, estuarine, and mangrove environments, and fairly sedentary occupations. Previous archaeobotanical research at Site 80 and other Las Vegas occupations such as M5A4-67 indicated that macrofossil remains and pollen were poorly preserved. However, a se-

ries of phytolith studies revealed that plant food production involving domesticated squash (*Cucurbita ecuadorensis* and possibly *C. moschata*), bottle gourd (*Lagenaria siceraria*), and the root crop *Calathea allouia* (lerén) was practiced beginning about 10,000 BP and that maize was introduced at sometime between ca. 8000 and 6800 BP (e.g., Piperno and Stothert 2003; Piperno 2006a). The analysis of dental remains reported here provides the first indications of another cultivated and probably domesticated plant, *Phaseolus*, in the diet, and adds another independent line of evidence for *Cucurbita* and *lerén*, broadening our understanding of how they were consumed.

### Material and Methods

A total of 22 teeth were analyzed from a number of stratigraphic cuts. The protocol for removing calculus from teeth and studying starch residues used methods non-destructive to the teeth and starch (e.g., Henry and Piperno 2008; Piperno and Dillehay 2008). First, teeth were brushed with a soft toothbrush and water to remove adherent soil and other particles. A dental pick was used to scrape areas of teeth with visible calculus, and the residue was transferred directly to a microscope slide where a few drops of water had been placed. On many teeth this procedure was done from three to five separate times by sampling different areas of the specimen such as the crowns of molars and the gum line and making new microscope mounts each time. The plaque could at times be seen to be yellowish in color when it was transferred to the slide. Sampling was stopped when no additional starch grains were recovered. Before the coverslip was put on, one drop of 50% water/glycerine was added to the residue-water suspension to retard drying and allow grains to be more easily rotated when encountered. This light solution of glycerine does not alter starch morphology. Avoiding treatment with chemicals ensures that starch grains will not suffer damage.

# Cultivo y domesticación de plantas en los sitios Las Vegas: nueva evidencia a partir de estudios de granos de almidón en dientes humanos

*Dolores R. Piperno*

El análisis de granos de almidón en el Nuevo Mundo está documentando cada vez más la presencia de plantas cultivadas y domesticadas, y de diferentes partes de ellas, no siempre recuperables a través de análisis de microfósiles o estudios de fitolitos (por ejemplo, Pearsall et al. 2004; Pagán et al. 2005; Chandler-Ezell et al. 2006; Dickau et al. 2007; Piperno 2006a; Piperno et al. 2000a, 2009; Zarrillo et al. 2008; Sims et al. 2013; Rosenswig et al. 2014). Junto con las piedras de moler y la alfarería, los cálculos presentes en dientes humanos se han convertido en un contexto importante para los estudios de granos de almidón arqueológicos (por ejemplo, Piperno y Dillehay 2008; Wesolowski et al. 2010; Henry et al. 2011; Mickleburgh y Pagán-Jiménez 2012). Una variedad de taxones de plantas han sido aislados de los restos dentales e identificados, proveyendo evidencia directa de su consumo. Por ejemplo, investigación reciente sobre los dientes humanos de los sitios precerámicos del Valle de Ñanchoc en el norte del Perú, reveló la presencia de granos de almidón de un número de plantas cultivadas domesticadas y de diferentes partes de ellas, incluyendo la pulpa del fruto de *Cucurbita moschata*, semillas de *Phaseolus* spp., nueces de maní (*Arachis* spp.), y semillas de *Inga feuillei* (pacai), un cultivo de árbol (Piperno y Dillehay 2008).

En este estudio, se examinaron los dientes humanos del sitio Vegas OGSE-80 (de aquí en adelante Sitio 80). Como se ha discutido en más detalle en otras partes de este volumen, el Sitio 80 es el sitio tipo para Las Vegas, una de las culturas precerámicas más importantes y mejor documentadas en el Nuevo Mundo. Las excavaciones por parte de Stothert han revelado ocupaciones que empezaron alrededor del 14.000 aP y duraron hasta cerca de 7300 aP (Stothert 1985, 2011; Stothert et al. 2003; todas las fechas están en años de <sup>14</sup>C calibrados). Los estudios multidisciplinarios de los contenidos del yacimiento han producido evidencia de una estrategia de subsistencia de amplio espectro que involucraba medioambientes terrestres, estuari-

nos y de manglar, y ocupaciones más o menos sedentarias. Las investigaciones arqueobotánicas previas en el Sitio 80 y otras ocupaciones Las Vegas, tales como M5A4-67, indicaban que los restos de microfósiles y polen estaban pobremente preservados. Sin embargo, una serie de estudios de fitolitos reveló que la producción de alimentos vegetales que incluía calabaza domesticada (*Cucurbita ecuadorensis* y posiblemente *C. moschata*), calabaza de botella (*Lagenaria siceraria*), y la raíz cultivada *Calathea allouia* (lerén) se practicó desde aproximadamente 10.000 aP y el maíz fue introducido en algún momento entre alrededor de 8000 y 6800 aP (por ejemplo, Piperno y Stothert 2003; Piperno 2006a). El análisis de restos dentales que se reporta aquí provee las primeras indicaciones de otra planta cultivada y probablemente domesticada, *Phaseolus*, en la dieta, y añade otra línea de evidencia independiente para *Cucurbita* y lerén, ampliando así nuestro conocimiento de cómo se consumieron.

## Materiales y métodos

Un total de 22 dientes fueron analizados, procedentes de varios cortes estratigráficos. El protocolo para extraer los cálculos de los dientes y estudiar los residuos de almidón, usó métodos que no destruyen los dientes ni el almidón (por ejemplo, Henry y Piperno 2008; Piperno y Dillehay 2008). Primero, los dientes fueron limpiados con un cepillo de dientes suave y agua para remover el suelo adherido y otras partículas. Se usó un explorador dental o sonda para raspar áreas de los dientes con cálculos visibles, y el residuo se transfirió directamente a un portaobjetos de microscopio en donde se habían colocado unas pocas gotas de agua. En varios dientes, este procedimiento se realizó de tres a cinco veces separadas, muestreando diferentes áreas del espécimen, tales como coronas de los molares y la línea de la encía, y haciendo nuevos montajes para el microscopio cada vez. En ocasiones podía verse que la placa era

To identify starch a large modern reference collection was used numbering about 500 economic and other plant species from 50 different families housed in my laboratory, along with published sources (see Reichert 1913; Piperno 2006a, Piperno et al. 2009; Piperno and Dillehay 2008; Duncan et al. 2009). The modern collection includes all major and many now-minor crops and other plants known or thought to have been used in Central and South America during prehistory; wild progenitors of crop plants and other wild species closely related to crop plants such as *Cucurbita* spp, *Phaseolus* beans, and peanuts (*Arachis* spp.), and other wild taxa from these and other plant families. Starch keys and classification systems emphasize shape, surface, and size attributes known to be useful in identification, such as overall grain shape, presence of surface features such as lamellae, and the location of the hilum (centric or eccentric), the botanical center of the grain (see references above). Encountered on many teeth were partially and completely gelatinized grains, most probably a result of cooking. Some were identifiable because they retained their shape and surface characteristics. Recognition of these grains was based on cooking experiments previously carried out (Piperno and Dillehay 2008) and other research (Zarillo et al. 2008).

## Results

Starch grains were recovered from seven teeth, all of them molars. Two from stratigraphic cut D-H 7 were embedded in a partial jaw fragment. Others were isolated teeth found in the midden from other stratigraphic cuts. Table 6.1 contains the kinds and numbers of grains retrieved

from these specimens along with their provenience. Starch content was generally low, but a tooth from stratigraphic cut G6 yielded 137 starch grains. It can be reasonably assumed that all of the teeth are Late Vegas in age, dating from about 8800 to 7800 BP, because the human skeletons were <sup>14</sup>C dated to this time period. Starch grains from two major economic taxa were definitively identified; *Cucurbita*, in the form of starch from its fruit flesh, and *Phaseolus*, represented by its seed starch.

Studies undertaken on starch grains from the flesh of various *Cucurbita* and other Cucurbitaceae species have revealed a diversity of within- and between-species shapes and surface ornamentations that indicate the starches will be highly useful in identifying consumption of various *Cucurbita* species (Piperno and Dillehay 2008; Piperno unpublished data; Duncan et al. 2009). The only species of *Cucurbita* native to Ecuador is *Cucurbita ecuadorensis*. For this study fruit flesh from three *Cucurbita ecuadorensis* specimens that were collected by Thomas Andres and Olaf Holm were examined in detail and added to the starch reference collection.

Starch grains present on two teeth (Table 6.1) can be identified as *Cucurbita moschata*. They are bell-shaped with a single, deeply-impressed pressure facet, eccentric hilum, a cap-like distal end, and are from 6-7.4 microns in length (Figures 6.1 and 6.2). One of these grains from tooth G6 also had the pleat-like lamellae characteristic of *C. moschata* (Figure 6.1). Starch grains in modern *C. ficifolia*, *C. maxima*, and *C. ecuadorensis* fruits have a variety of different and distinguishing features and are much larger. Also retrieved from tooth G6 is an irregular, nearly globular, faceted grain with lamellae and surface decora-

TABLE 6.1. TYPES, NUMBERS, AND SIZES OF STARCH GRAINS RECOVERED FROM THE VEGAS TEETH.  
TABLA 6.1. TIPOS, NÚMEROS Y TAMAÑOS DE GRANOS DE ALMIDÓN RECUPERADOS DE LOS DIENTES VEGAS.

	<i>Phaseolus</i> <i>n</i> ( $\bar{x}$ Size $\mu\text{m}$ ; range)	<i>Zea mays</i> (?) <i>n</i> (Length x width $\mu\text{m}$ )	<i>Cucurbita</i> <i>n</i> ( $\bar{x}$ Size $\mu\text{m}$ ; range)	Globular	U #1, 2	Other	Total
	<i>Phaseolus</i> <i>n</i> ( $\bar{x}$ tamaño $\mu\text{m}$ ; rango)	<i>Zea mays</i> (?) <i>n</i> (Length x width $\mu\text{m}$ )	<i>Cucurbita</i> <i>n</i> ( $\bar{x}$ tamaño $\mu\text{m}$ ; rango)	Globular		Otro	Total
DH-7, T#1	5 (27; 23-34)	1 (22x15)	1 (6.4; -)	8		8	22
DH-7, #3	3 (38; 33-42)					3	6
G-I 3-5, #1*	6 (34; 23-45)			1	1, 1	5	14
G-I 3-5, #5	1 (35; -)					2	5
G6, #1	137 (31; 18-44)		4** (6.6; 6-7.4)	25		30	196
C. 111-113						1	1
C-D 11-12						1	1
Size All	(32; 18-45)		(6.6; 6-7.4)				

Notes: U=Unknown but probably distinctive. T=tooth. \*A phytolith from the tuber of *Calathea allouia* was present on tooth G-I 3-5, #1. The squash grain on D-H 7, #1 is bell-shaped. \*\*On G6, #1, two types of squash grains are present; three bell-shapes and one nearly globular form with facets. The  $\bar{x}$  size given is for the three bell-shaped squash grains; size of the faceted globular grain was 25  $\mu\text{m}$  in maximum dimension. Three other teeth not listed yielded a single starch of *Phaseolus* on one; and single grains of indeterminate origin on each of the other two.

Notas: U=Desconocido pero probablemente distintivo. T=diente. \* Un fitolito del tubérculo de *Calathea allouia* estaba presente en el diente G-I 3-5, #1. El grano de calabaza en D-H 7, #1 tiene forma de campana. \*\* En G6, #1, hay dos tipos de granos de calabaza presentes; tres formas de campana y una forma casi globular con facetas. El tamaño  $\bar{x}$  dado es para los tres granos de calabaza en forma de campana; el tamaño del grano globular facetado era de 25  $\mu\text{m}$  en dimensión máxima. Otros tres dientes no enumerados produjeron un solo almidón de *Phaseolus* en uno; y granos individuales de origen indeterminado en cada uno de los otros dos.

amarillenta en color cuando se transfería al portaobjetos. El muestreo se paraba cuando ya no se recuperaban más granos de almidón adicionales. Antes de que se ponga el cubreobjetos, se añadía una gota de 50% agua/glicerina a la suspensión de residuo-agua para retardar el resecamiento y permitir a los granos ser rotados cuando se encontraban. Esta solución ligera de glicerina no altera la morfología del almidón. El evitar tratamientos con químicos asegura que los granos de almidón no sufrirán daño.

Para identificar el almidón se usó una colección moderna de referencia, con cerca de 500 especies de plantas económicas y de otros tipos, de 50 familias diferentes, guardadas en mi laboratorio, junto con fuentes publicadas (véase Reichert 1913; Piperno 2006a, Piperno et al. 2009; Piperno y Dillehay 2008; Duncan et al. 2009). La colección moderna incluye todas las plantas de cultivo principales y muchas que ahora no tienen tanta importancia, así como otras plantas que se sabe o se cree que fueron usadas en América Central y del Sur durante la prehistoria; los progenitores silvestres de cultivos y otras especies silvestres cercanamente relacionadas con plantas de cultivo tales como *Cucurbita* spp, frejoles (*Phaseolus*) y maní (*Arachis* spp.); también otros taxones silvestres de estas y otras familias de plantas. Las claves para los almidones y sistemas de clasificación enfatizan forma, superficie y atributos de tamaño que se conoce que son útiles para la identificación, tales como forma general del grano, presencia de rasgos de superficie como lamelas, y la ubicación del hilio (céntrico o excéntrico), el centro botánico del grano (véase referencias más arriba). En muchos de los dientes se encontró granos parcial y completamente gelatinizados, muy probablemente como resultado de cocción. Algunos fueron identificables porque retuvieron su forma y características de superficie. El reconocimiento de estos granos se basó en experimentos de cocción llevados a cabo previamente (Piperno y Dillehay 2008) y otra investigación (Zarrillo et al. 2008).

## Resultados

Los granos de almidón fueron recuperados de siete dientes, todos ellos molares. Dos de ellos, del corte estratigráfico D-H 7, estaban incrustados en un fragmento de mandíbula. Otros fueron dientes aislados encontrados en el yacimiento, en otros cortes estratigráficos. La Tabla 6.1 contiene las clases y números de granos recuperados de estos especímenes junto con su procedencia. El contenido de almidón fue generalmente bajo, pero un diente del corte estratigráfico G6 rindió 137 granos de almidón. Se puede asumir, de manera razonable, que todos los dientes son de Las Vegas Tardío, con fechas de alrededor 8800 a 7800 aP, en vista de que los esqueletos humanos datan de ese período, con base en fechamientos radiocarbónicos. Se identificaron, claramente, granos de almidón de dos taxones económicos principales; *Cucurbita*, en la forma de almidón de su pulpa fresca, y *Phaseolus*, representado por el almidón de su semilla.

Los estudios que se llevaron a cabo en granos de almidón de la pulpa de varias *Cucurbita* y otras especies de Cucurbitaceae, han revelado una diversidad de formas dentro de y entre especies, y ornamentaciones de superficie, que indican que los almidones serán altamente útiles en la identificación del consumo de varias especies de *Cucurbita* (Piperno y Dillehay 2008; Piperno datos inéditos; Duncan et al. 2009). La única especie de *Cucurbita* nativa de Ecuador es *Cucurbita ecuadorensis*. Para este estudio, se examinó en detalle la pulpa del fruto de tres especímenes de *Cucurbita ecuadorensis* que fueron recolectados por Thomas Andres y Olaf Holm, y se añadió a la colección de almidón de referencia.

Los granos de almidón presentes en dos dientes (Tabla 6.1) pueden ser identificados como *Cucurbita moschata*. Tienen forma de campana con una sola faceta de presión profundamente impresa, hilio excéntrico, un extremo distal en forma de capucha, y van de 6 a 7,4 micrones de largo (Figuras 6.1 y 6.2). Uno de estos granos del diente G6, también tenía la lamela como plisada, característica de *C. moschata* (Figura 6.1). Los granos de almidón en los frutos de *C. ficifolia*, *C. maxima* y *C. ecuadorensis* modernas tienen una variedad de rasgos diferentes y distinguibles, y son mucho más grandes. Del diente G6 también se recuperó un grano irregular, casi globular, facetado, con lamela y decoraciones de la superficie similares a aquellos aislados de los frutos de *C. ficifolia* y *C. maxima* modernas (Figuras 6.3 y 6.4). Cabe notar que se necesitan análisis de variedades adicionales de frutos de *C. moschata* para confirmar que este tipo de grano de *Cucurbita* está ausente de esa especie. Ninguno de los granos aislados de los dientes son como aquellos encontrados en frutos de *C. ecuadorensis* estudiados hasta ahora, los mismos que como *C. ficifolia* y *C. maxima* poseen una variedad de granos grandes distintiva (por ejemplo, Figuras 6.5 y 6.6). Sin embargo, el pequeño tamaño de la muestra obtenida de los dientes, nos

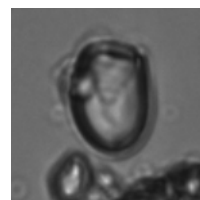


Figure 6.1. A starch grain from the fruit flesh of *Cucurbita moschata* with “pleated” lamellae recovered from a molar from Unit G6. It is 6.4  $\mu\text{m}$  long. Figure 6.1. Un grano de almidón de la pulpa del fruto de *Cucurbita moschata* con lamelas “plisadas” recuperadas de un molar de la Unidad G6. Mide 6.4  $\mu\text{m}$  de largo.

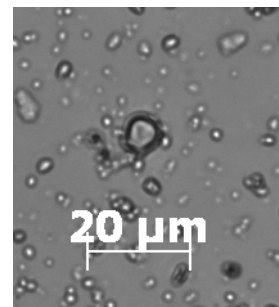


Figure 6.2. A starch grain from the fruit flesh of *Cucurbita moschata* from a molar recovered from Unit D-H7, Cuadrado 1/7. It is bell-shaped with a cap-like distal end. Figure 6.2. Un grano de almidón de la pulpa del fruto de *Cucurbita moschata* de un molar recuperado de la Unidad D-H7, Cuadrado 1/7. Tiene forma de campana con un extremo distal tipo capucha.

tions similar to those isolated from modern *C. ficifolia* and *C. maxima* fruits (Figures 6.3 and 6.4). It should be noted that analyses of additional *C. moschata* fruit varieties are needed to confirm that this *Cucurbita* grain type is absent from that species. None of the grains isolated from the teeth are like those found in fruits of *C. ecuadorensis* studied to date, which like *C. ficifolia* and *C. maxima* possess a variety of large, distinctive grains (e.g., Figures 6.5 and 6.6). However, the small sample size from the teeth prevents us from unequivocally ruling out the presence of *C. ecuadorensis* on the dental remains.

Starch grains from the beans of *Phaseolus* spp. were the most common types isolated from the teeth. As in modern wild and domesticated lima and common beans, they are predominantly oval in shape with lamellae, and range in size from 18 $\mu$ m to 45  $\mu$ m along the long axis, with an overall mean length of 32  $\mu$ m (Table 6.1; Figures 6.7-6.11). Many *Phaseolus* grains appeared to be damaged, often by heat (cooking; Figure 6.9) and as a result did not have the longitudinal fissure characteristic of unaltered *Phaseolus* starch. However, the combination of shape, lamellae presence, extinction cross characteristics, and size allow them to be confidently identified as *Phaseolus* (see Piperno and Dillehay 2008). Extensive studies of

modern *Phaseolus* starch showed that there is significant overlap in morphology between wild and domesticated lima and common beans, and in size between wild and domesticated lima and domesticated common beans (wild common beans have significantly smaller starch grains than the other three groups; Piperno and Dillehay 2008). Therefore, we cannot say with confidence whether the *Phaseolus* grains have a greater affinity to *P. lunatus* or *P. vulgaris*. However, because the Vegas sites in southwestern Ecuador lay far outside the distribution of wild *Phaseolus* species, which occur in the Andes of Ecuador and Peru at elevations between 1800 and 3000 masl, presence of a *Phaseolus* cultivar is indicated. On the basis of geography and other reasons, discussed below, the starch is more likely to be from the lima rather than from the common bean.

Previous phytolith evidence indicates maize was present beginning sometime during the Late Vegas occupation of Site 80 (Piperno 2006a:145-148 for a complete discussion). One grass starch grain consistent with those from maize kernels was recovered from tooth #1 from DH-7. In morphology (irregular in shape and surface contour with compression facets, a y-shaped fissure, and centric hilum) it is characteristic of starch from hard endosperm varieties (popcorns) and is of a size typical of maize (22  $\mu$ m long x 15  $\mu$ m wide; Figure 6.12). However, this single grass grain cannot definitively be identified as maize; a few grasses produce starch grains that may reach this size, and sample numbers with which to compute an average size and size range are needed to rule these few wild grasses out. None-

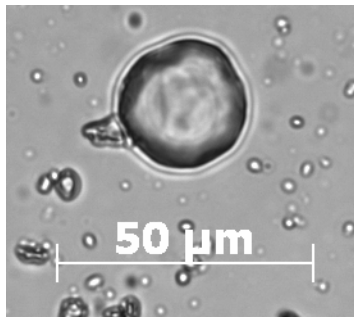


Figure 6.3. A starch grain from the fruit flesh of a *Cucurbita* species recovered from Unit G6.

Figure 6.3. Un grano de almidón de la pulpa del fruto de la especie *Cucurbita* recuperado en la Unidad G6.

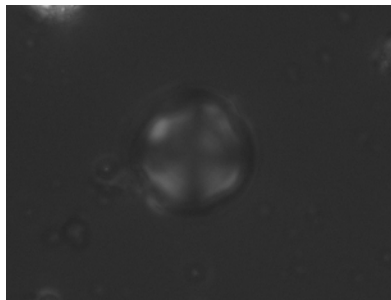


Figure 6.4. The grain from Figura 6.3 in cross-polarized light showing the extinction cross characteristic of starch grains.

Figure 6.4. El grano de la Figura 6.3 bajo luz polarizada cruzada mostrando la cruz de extinción característica de granos de almidón.



Figure 6.5. A starch grain from the flesh of a modern *C. ecuadorensis* fruit. It is bell-shaped with an eccentric hilum and thick lamellae extending over three-quarters of the length of the grain. It is 16  $\mu$ m long x 14  $\mu$ m wide.

Figure 6.5. Un grano de almidón de la pulpa de un fruto moderno de *C. ecuadorensis*. Tiene forma de campana con un hilio excéntrico y lamela gruesa que se extiende sobre tres cuartos del largo del grano. Mide 16  $\mu$ m de largo x 14  $\mu$ m de ancho.

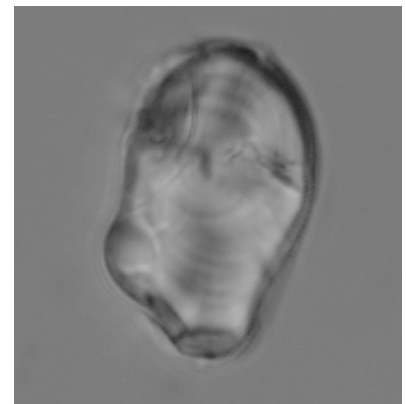


Figure 6.6. A starch grain from the flesh of a modern *C. ecuadorensis* fruit. It is bell-shaped with an eccentric hilum, lamellae that extend over the entire length of the grain, and large pressure facets at its distal end. It is 34  $\mu$ m long and 26  $\mu$ m wide.

Figure 6.6. Un grano de almidón de la pulpa del fruto de un *C. ecuadorensis* moderno. Tiene forma de campana con un hilio excéntrico, lamela que se extiende sobre todo el largo del grano y facetas de presión grandes en su extremo distal. Mide 34  $\mu$ m de largo y 26  $\mu$ m de ancho.

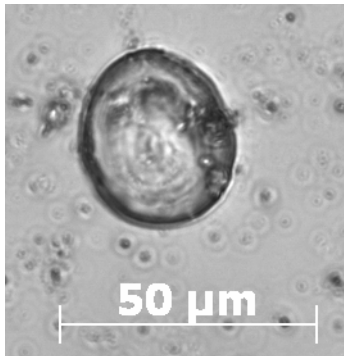


Figure 6.7. A starch grain from *Phaseolus* from a molar from Unit D-H 7. It is damaged, possibly from grinding or cooking, but lamellae are still visible.

Figure 6.7. Un grano de almidón de *Phaseolus* de un molar de la Unidad D-H 7. Está dañado, posiblemente por haber sido molido o por cocción, pero las lamelas aún están visibles.

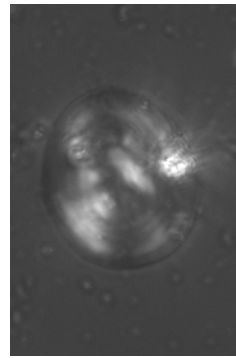


Figure 6.8. The grain in Figure 6.7 in cross-polarized light showing *Phaseolus*-type polarization.

Figure 6.8. El grano de la Figura 6.7 bajo luz polarizada cruzada mostrando polarización tipo *Phaseolus*.

impide descartar inequívocamente la presencia de *C. ecuadorensis* en los restos dentales.

Los granos de almidón de los frejoles de *Phaseolus* spp. fueron los tipos más comunes aislados de los dientes. Así como en los frejoles comunes y frejoles pallares modernos, silvestres y domesticados, son predominantemente ovalados, con lamelas, y varían en tamaño de 18 μm a 45 μm en el eje más largo, con una longitud media total de 32 μm (Tabla 6.1; Figuras 6.7-6.11). Muchos granos de *Pha-*

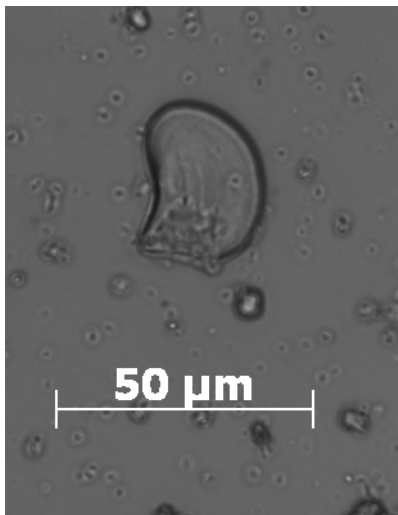



Figure 6.9. A partially gelatinized starch grain from *Phaseolus* from Unit G6 that has been damaged from heat, probably cooking in water. Faint lamellae are still visible.

Figure 6.9. Un grano de almidón parcialmente gelatinizado de *Phaseolus* de la Unidad G6 que ha sido dañado por calor, probablemente por cocción en agua. Lamelas tenues aún están visibles.

*seolus* parecen haber sido dañados, frecuentemente por calor (cocción; Figura 6.9) y como resultado de esto, no tenían la característica fisura longitudinal del almidón de *Phaseolus* no alterado. Sin embargo, la combinación de forma, presencia de lamela, características de cruces de extinción y tamaño, les permitió ser identificados confiablemente como *Phaseolus* (véase Piperno y Dillehay 2008). Los amplios estudios del almidón del *Phaseolus* moderno mostraron que hay una superposición significativa en cuanto a morfología entre los frejoles pallares y comunes, silvestres y domesticados, y en lo que respecta a tamaño entre pallares silvestres y domesticados y frejoles comunes domesticados (los frejoles comunes silvestres tienen granos de almidón significativamente más pequeños que los de los otros tres grupos; Piperno y Dillehay 2008). Por lo tanto, no podemos decir con confianza si es que los granos de *Phaseolus* tienen mayor afinidad con *P. lunatus* o *P. vulgaris*. Sin embargo, debido a que los sitios Vegas en el suroccidente de Ecuador se ubican muy por fuera de la distribución de la especie silvestre de *Phaseolus*, que se da en los Andes del Ecuador y Perú a elevaciones entre 1.800 y 3.000 msnm, hay indicios de la presencia de un *Phaseolus* cultivado. Con base en la geografía y otras razones que se discuten más abajo, el almidón es más probable que provenga de frejolallar que de frejol común.

La evidencia previa de fitolitos indica que el maíz estaba presente desde algún momento durante la ocupación Vegas Tardío del Sitio 80 (véase Piperno 2006a:145-148 para una discusión completa). Un grano de almidón de gramínea consistente con aquellos de los granos de maíz fue recuperado del diente #1 de DH-7. En morfología (irregular en cuanto a forma y contorno de la superficie con facetas de compresión, una fisura en forma de “y”, y un hilio céntrico) es característico del almidón de variedades que poseen endospermo duro (popcorn), y es de un tamaño típico del maíz (22 μm de largo x 15 μm de ancho; Figura 6.12). Sin embargo, este único grano de gramínea no puede identificarse definitivamente como maíz; un 

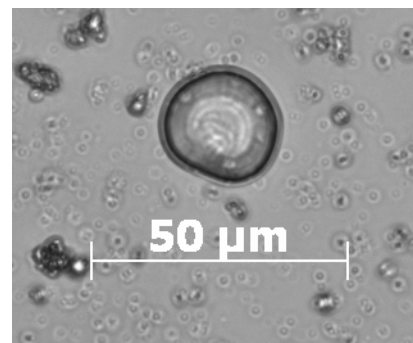


Figure 6.10. A starch grain from *Phaseolus* from a molar from Unit D-H 7 that has been damaged from heat, probably from cooking.

Faint lamellae are still visible  
Figure 6.10. Un grano de almidón de *Phaseolus* de un molar de la Unidad D-H 7 que ha sido dañado por calor, probablemente por cocción. Lamelas tenues aún están visibles.

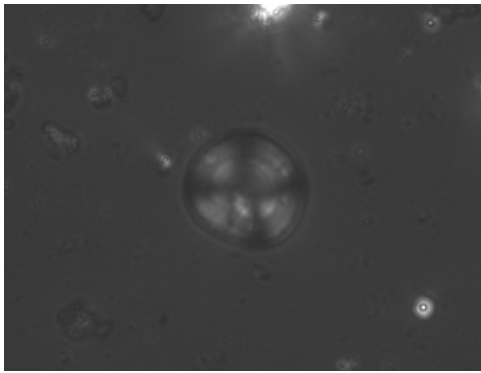


Figure 6.11. The grain in Figure 6.10 in cross-polarized light showing the extinction cross.  
 Figure 6.11. El grano de la Figura 6.10 bajo luz polarizada cruzada mostrando la cruz de extinción.

theless, the absence to possible rare presence of maize on the teeth suggests that compared to the other cultivars present, now including beans, maize was consumed at relatively low levels.

### Other Starch Grains

A variety of other types of starch grains were present on the teeth. Small globular grains with little to no surface decoration ranging from about 5  $\mu\text{M}$  to 15  $\mu\text{M}$  in diameter that were present in some quantity on the teeth occur in a wide range of plant taxa, including peanuts, tree crops such as *Inga feullei*, and various other plants, and cannot be identified at low taxonomic levels (Figures 6.13, 6.14). An unknown and diagnostic-looking starch grain that is probably from an underground organ was recovered from one of the teeth (Figures 6.15, 6.16). It is not like those from root crops such as manioc, yams, leren, etc., and may be from a wild root or tuber locally native to the area. The grain is likely to be identifiable when the modern reference collection is expanded. Other unidentified grains in the “Other” category provide evidence for a variety of consumed plants and may also derive from local, wild taxa.

### Phytoliths

Because many plants do not produce phytoliths in their edible structures, retrieval of phytoliths from dental remains should not be commonly expected. The Vegas teeth conformed to this expectation. However, a phytolith from the tuber of the root crop *Calathea allouia* (leren) was recovered from one of the teeth (Figure 6.17), adding to the soil phytolith evidence that this crop was consumed at the site (Piperno and Stothert 2003; Piperno 2006a). No other phytoliths were retrieved from the teeth that were deposited into the phytolith-rich soils, further indicating the leren phytolith came from a consumed tuber and not from exogenous soil.

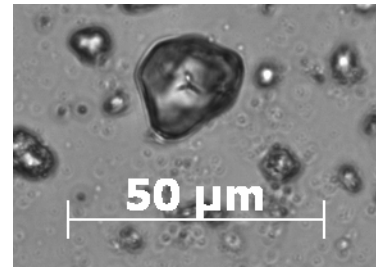


Figure 6.12. A possible maize starch grain from Unit D-H.  
 Figure 6.12. Un posible grano de almidón de maíz de la Unidad D-H.

## Discussion

Phytoliths have provided considerable information on the exploitation and domestication of various squashes and gourds at the Vegas sites and in the Americas more generally (e.g., Iriarte et al. 2004; Hart et al. 2007; Piperno and Stothert 2003; Piperno et al. 2009; Piperno 2011; Dickau et al. 2012). These studies utilized the distinctive, genetically-controlled phytoliths (Piperno et al. 2002) that occur in the rinds of *Cucurbita*, *Lagenaria* and other genera of the Cucurbitaceae. At Vegas sites OGSE-80 and M5A4-67 an increase in *Cucurbita* phytolith size occurred from the bottom to the top of the deposits. Bottom-most levels at each site dating to the terminal Pleistocene contained phytoliths of a size indicating a wild *Cucurbita* was exploited. Beginning between about 11,700 and 10,200 BP, as evidenced by direct carbon-14 dating of phytoliths, size of the phytoliths (both length and thickness) indicated that a domesticated species, probably *C. ecuadorensis*, was present (Piperno and Stothert 2003). A domesticated *Cucurbita* is then present throughout the Las Vegas occupation phytolith record.

Kistler et al. (2013) studied phytolith size in diseased wild *Cucurbita* fruits from North America (*C. pepo* var. *texana*) and state that phytoliths from the rinds of diseased fruits were larger than those in non-diseased fruits, such that it “could potentially confound archaeological interpretations of phytolith assemblages” (2013:165), as in study of *Cucurbita* domestication at the Vegas sites. In fact, their data show that mean (51.7  $\mu\text{M}$  and 58.5  $\mu\text{M}$ ) and maximum phytolith size (about 104  $\mu\text{M}$ ) in the diseased fruits are very little different from those in healthy fruits (mean: 53  $\mu\text{M}$ ; maximum size about 104  $\mu\text{M}$ ). The diseased fruits have sizes that fall squarely in the wild *Cucurbita* category and well below the minimum size required for identification of domesticated species (Piperno and Stothert 2003; Piperno 2006a). To support their points, Kistler et al. (2013) used a G or goodness of fit test of size distribution. Their finding of “significance” of goodness of fit has little value for identifying wild vs. domesticated taxa; it involves a few phytoliths in the diseased population within a particular sub-set of the entire size range that were marginally larger than in healthy fruits, along with a few phytoliths in the diseased population within another sub-set of the entire size range that were that much smaller than in

gramíneas producen granos de almidón que pueden alcanzar este tamaño, y se necesitan mayor número de muestras con las cuales calcular un tamaño promedio y el rango de tamaño, a fin de descartar estas pocas gramíneas silvestres. No obstante, la ausencia o posible rara presencia de maíz en los dientes sugiere que, comparado con otros cultígenos presentes, incluyendo frejoles, el maíz se consumió a niveles relativamente bajos.

### Otros granos de almidón

Una variedad de otros tipos de granos de almidón estuvo presente en los dientes. Los granos globulares pequeños con poca o ausente decoración de superficie, variando entre 5  $\mu\text{M}$  a 15  $\mu\text{M}$  de diámetro, que estuvieron presentes en alguna cantidad en los dientes, están presentes en una amplia gama de taxones de plantas, incluyendo maní, cosechas de árboles tales como *feuillei*, y varias otras plantas, y no pueden ser identificados a niveles taxonómicos bajos (Figuras 6.13, 6.14). Un grano de almidón desconocido y de apariencia diagnóstica, probablemente de un órgano subterráneo, fue recuperado de uno de los dientes (Figuras 6.15, 6.16). No es como aquellos de los cultivos tales como yuca, ñame, lerén, etc., y puede provenir de una raíz o tubérculo silvestre, nativo del área. Es posible que el grano sea identificable cuando la colección de referencia moderna se expanda. Otros granos no identificados, en la categoría “Otro”, proveen evidencia de una variedad de plantas consumidas y pueden también derivarse de taxones silvestres locales.

### Fitolitos

Debido a que muchas plantas no producen fitolitos de sus estructuras comestibles, la recuperación de fitolitos de restos dentales no se debe esperar comúnmente. Los dientes de Vegas se ajustaban a esta expectativa. Sin embargo, un fitolito del tubérculo de la raíz cultivada *Calathea allouia* (lerén) se recuperó de uno de los dientes (Figura 6.17), añadiendo a la evidencia de fitolitos de suelos de que este cultivo se consumió en el sitio (Piperno y Stothert

2003; Piperno 2006a). No se recuperaron más fitolitos de los dientes que fueron depositados en los suelos ricos en fitolitos, siendo esto una indicación adicional de que el fitolito de lerén provino de un tubérculo consumido y no de suelo exógeno.

## Discusión

Los fitolitos han provisto información considerable acerca de la explotación y domesticación de varias calabazas y mates en los sitios Las Vegas y en las Américas en general (por ejemplo, Iriarte et al. 2004; Hart et al. 2007; Piperno y Stothert 2003; Piperno et al. 2009; Piperno 2011; Dickau et al. 2012). Estos estudios utilizaron los fitolitos distintivos, genéticamente controlados (Piperno et al. 2002) que están presentes en las cáscaras de *Cucurbita*, *Lagenaria* y otros géneros de Cucurbitaceae. En los sitios Vegas de OGSE-80 y M5A4-67, se dio un aumento en el tamaño de fitolitos de *Cucurbita* desde el fondo hasta la parte superior de los depósitos. Los niveles más al fondo de cada sitio, datando del Pleistoceno terminal, contenían fitolitos de un tamaño que indicaba que una *Cucurbita* silvestre era explotada. Entre alrededor de 11.700 y 10.200 aP, como se pone en evidencia por fechamiento directo de carbono 14 de los fitolitos, el tamaño de estos (tanto en largo como grosor) indicaba que una especie domesticada, probablemente *C. ecuadorensis*, estaba presente (Piperno y Stothert 2003). Una *Cucurbita* domesticada está entonces presente a lo largo de todo el registro de fitolitos de la ocupación Las Vegas.

Kistler et al. (2013) estudiaron el tamaño de fitolitos en frutos enfermos de *Cucurbita* silvestre de Norteamérica (*C. pepo* var. *texana*) y afirman que los fitolitos de las cáscaras de los frutos enfermos eran más grandes que aquellos de los frutos no enfermos, de tal manera que “podrían potencialmente causar confusión en las interpretaciones

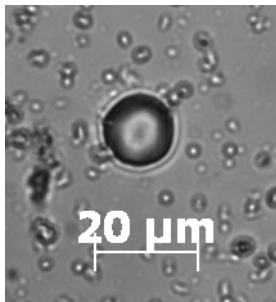


Figure 6.13. A globular starch grain with little to no surface decoration from Unit D-H 7.  
Figure 6.13. Un grano globular de almidón con poca a ninguna decoración de superficie de la Unidad D-H 7.

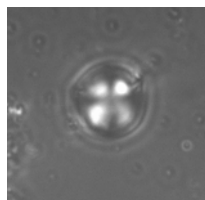


Figure 6.14. The grain in Figure 12 in cross-polarized light.  
Figure 6.14. El grano de la Figura 12 bajo luz polarizada cruzada.

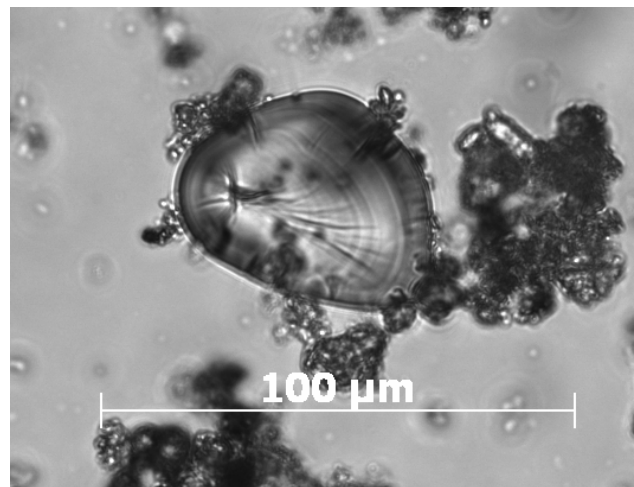


Figure 6.15. A starch grain from an unknown plant from Unit G-I 3-5. It may be from an underground plant organ.  
Figure 6.15. Un grano de almidón de una planta desconocida de la Unidad G-I 3-5. Puede provenir del órgano de una planta subterránea.



healthy fruits (accounting for the near equivalency in mean and maximum size). The phytoliths from diseased fruits would not be classified as domesticated in archaeological assemblages (even if foragers collected mainly diseased fruits to eat) with the size identification criteria (mean and maximum size) used for all *Cucurbita* plant parts in domestication studies (fruits, seeds, phytoliths).

A recent study has  $^{14}\text{C}$ -dated phytoliths removed from modern *Cucurbita* fruits—including *C. ecuadorensis* collected in Ecuador in the 1990s—and a number of other modern plants including maize (Piperno 2016). The modern phytoliths provided post-bomb dates as expected, further verifying that phytoliths are suitable substrates for radiocarbon dating, as had the comparison of phytolith and  $^{14}\text{C}$  dates on associated shell and charcoal at the Vegas sites (Piperno and Stothert 2003; Piperno 2006a).

When both phytolith and starch grain data are available, it is informative to compare and contrast what they tell us. It has been considered that *C. ecuadorensis* was the squash collected and then domesticated in earliest Holocene times at the Vegas sites with the possibility that another early domesticated squash species from South America, *C. moschata* (Dillehay et al. 2017), was introduced later in the Vegas occupation (Piperno and Stothert 2003). Presence of *C. moschata* starches on the teeth confirms this species occurred in the late Las Vegas sequence and implies its flesh was consumed. Fruit flesh starch grains from *Cucurbita moschata* persistently occurred on human teeth from Ñanchoc Valley sites, northern Peru dated as early as ca. 9000 BP (Piperno and Dillehay 2008). The Vegas evidence extends the distribution of this species into western Ecuador during the ca. 8800 to 7800 BP time period. It appears starch from dental remains will provide significant evidence for the early history of *Cucurbita* in South America. Moreover, as all wild *Cucurbita* species have bitter, nonedible flesh, the dental evidence continues to indicate that human selection for the major domestication gene that codes for non-bitter fruits occurred during the first few

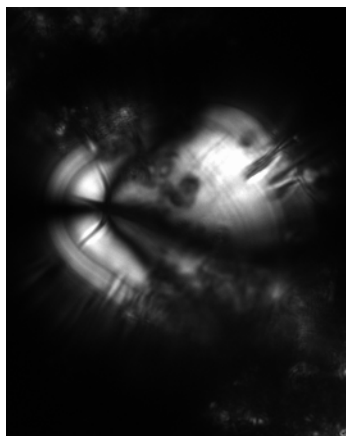


Figure 6.16. The grain in Figure 14 in cross-polarized light.

Figure 6.16. El grano de la Figura 14 bajo luz polarizada cruzada.

thousand years of the Holocene and that non-bitter fruits were well-dispersed in northwestern South America at that time. The starch record is essential in this important regard because *Cucurbita* fruit rind phytoliths do not discriminate bitter from non-bitter fruits and macrofossil remains of fruit flesh do not persist in archaeological contexts. Judging from the presently available modern reference materials, it is possible,

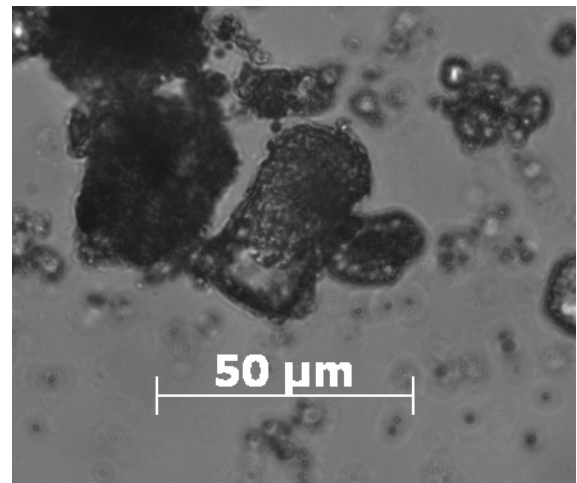


Figure 6.17. A phytolith from *Calathea allouia* from a molar from Unit G-I 3-5.

Figure 6.17. Un fitolito de *Calathea allouia* de un molar de la Unidad G-I 3-5.

subject to further research, that a third squash species may have been present in Late Las Vegas times. The starch data add to the emerging information that a number of South American *Cucurbita* species were domesticated and spread out of their areas of origin during the pre-7000 BP period (Piperno 2011).

With regard to *Phaseolus* starch, molecular evidence indicates that in South America single domestications of the Andean lima and common bean occurred, respectively, in southern Ecuador/northern Peru and southern Peru/Bolivia (e.g., Chacón et al. 2005, 2012). Macrofossil remains of the lima bean are currently found in archaeological contexts millennia earlier than the common bean, the former occurring at 6400 BP at Chilca 1 in coastal Peru (Kaplan and Lynch 1999). In the Ñanchoc Valley sites, northern Peru, *Phaseolus* starch grains present on human teeth dated to ca. 8600 BP are considerably more likely to be from the lima than common bean, considering the sites are close to the crop's area of origin as well as the more anciently documented age of archaeological lima just mentioned (see discussion in Piperno and Dillehay 2008). Considering these factors, it is also more likely that the *Phaseolus* starch at Las Vegas is from the lima bean.

In summary, the starch analysis of human teeth has contributed new information on the plants represented by their cultivated and domesticated remains at Vegas Site 80. The data extend the evidence for the early cultivation of *Phaseolus* in northern South America to southwestern Ecuador and indicate beans were a common dietary component. They add to the evidence (Piperno and Dillehay 2008, Piperno 2011) that between ca. 9000 and 7600 BP preceramic cultures in northwestern South America were growing and routinely consuming the fruit flesh of a major domesticated *Cucurbita* species, *C. moschata*, and likely other *Cucurbita* species. The data point to a food production system that was supplying a significant number of

arqueológicas de las colecciones de fitolitos” (2013:165), así como en el estudio de la domesticación de *Cucurbita* en los sitios Vegas. De hecho, sus datos muestran que el tamaño medio (51.7  $\mu\text{M}$  y 58.5  $\mu\text{M}$ ) y máximo (alrededor de 104  $\mu\text{M}$ ) de fitolitos en los frutos enfermos son muy poco diferentes que aquellos en los frutos sanos (media: 53  $\mu\text{M}$ ; tamaño máximo alrededor de 104  $\mu\text{M}$ ). Los frutos enfermos tienen tamaños que caen de lleno en la categoría de *Cucurbita* silvestre y muy por debajo del tamaño mínimo requerido para la identificación de especies domesticadas (Piperno y Stothert 2003; Piperno 2006a). Para apoyar sus puntos, Kistler et al. (2013) usaron un test G o de bondad de ajuste para la distribución de tamaño. Sus hallazgos de la “significancia” de la bondad de ajuste tiene poco valor en la identificación de taxones silvestres vs. domesticados; involucra unos pocos fitolitos en la población enferma dentro de un subconjunto particular de todo el rango de tamaño que fue marginalmente más grande que en los frutos sanos, junto con unos pocos fitolitos en la población enferma dentro de otro sub-conjunto del rango completo de tamaño que fueron tanto más pequeños que en frutos sanos (dando cuenta de la casi equivalencia en tamaño medio y máximo). Los fitolitos de los frutos enfermos no serían clasificados como domesticados en los conjuntos arqueológicos (incluso si los recolectores recogían principalmente frutos enfermos para comer) con los criterios de identificación (tamaño medio y máximo) usados para todas las partes de la planta de *Cucurbita* en estudios de domesticación (frutos, semillas, fitolitos).

Un estudio reciente tiene fitolitos fechados por  $^{14}\text{C}$ , que fueron obtenidos de frutos de *Cucurbita* moderna—incluyendo *C. ecuadorensis* recolectada en Ecuador en los 1990s—y un número de otras plantas modernas inclusive maíz (Piperno 2016). Los fitolitos modernos proveyeron fechas pos-bomba tal como se esperaba, verificando adicionalmente que los fitolitos son sustratos adecuados para fechamiento radiocarbónico, como se vio en la comparación de fitolitos y fechas de  $^{14}\text{C}$  en concha y carbón asociados en los sitios Vegas (Piperno y Stothert 2003; Piperno 2006a).

Cuando hay datos disponibles tanto de fitolitos como de granos de almidón, es informativo comparar y contrastar lo que nos dicen. Se ha considerado que *C. ecuadorensis* era una calabaza recolectada y luego domesticada en los tiempos holocénicos más tempranos en los sitios Vegas, con la posibilidad de que otra especie de calabaza temprana domesticada de Sudamérica, *C. moschata* (Dillehay et al. 2017), haya sido introducida más tarde en la ocupación Vegas (Piperno y Stothert 2003). La presencia de almidones de *C. moschata* en los dientes confirma que esta especie estuvo presente en la secuencia tardía de Las Vegas, e implica que su pulpa fue consumida. Los granos de almidón de la pulpa del fruto de *Cucurbita moschata* aparecieron persistentemente en los dientes humanos de los sitios del Valle de Ñanchoc, en el norte de Perú, con fechas tan tempranas como alrededor de 9000 aP (Piperno y Dillehay 2008). La evidencia de Vegas extiende la distribución de esta especie hasta el Ecuador occidental durante el período

de aproximadamente 8800 a 7800 aP. Parece que el almidón proveniente de los restos dentales proveerán evidencia significativa para la historia temprana de *Cucurbita* en Sudamérica. Es más, como todas las especies de *Cucurbita* silvestre tienen pulpa amarga, no comestible, la evidencia dental sigue indicando que la selección humana para el gen principal de domesticación que codifica para frutos no amargos ocurrió durante los primeros pocos miles de años del Holoceno, y que los frutos no amargos estaban ya bien dispersados en el noroccidente de Sudamérica para ese momento. El registro de almidones es esencial en este aspecto importante porque los fitolitos de la cáscara del fruto de *Cucurbita* no discriminan entre frutos amargos y no amargo y los restos microfósiles de la pulpa del fruto no persisten en los contextos arqueológicos. A juzgar por los materiales de referencia modernos disponibles, es posible que, sujeto a investigación adicional, una tercera especie de calabaza haya estado presente en tiempos de Las Vegas Tardío. Los datos de almidones aportan a la información que está surgiendo en cuanto a que un número de especies sudamericanas de *Cucurbita* fueron domesticadas y se dispersaron desde sus áreas de origen durante el período anterior a 7000 aP (Piperno 2011).

En lo que respecta al almidón de *Phaseolus*, la evidencia molecular indica que, en Sudamérica, ocurrió una sola domesticación del frejol pallar y frejol común andinos, respectivamente, en el sur del Ecuador/norte del Perú y en el sur del Perú/Bolivia (por ejemplo, Chacón et al. 2005, 2012). Los restos de microfósiles del frejol pallar se encuentran actualmente en contextos arqueológicos que datan de milenios antes que el frejol común, el primero está presente a los 6400 aP en Chilca 1 en la costa del Perú (Kaplan y Lynch 1999). En los sitios del Valle de Ñanchoc, norte peruano, los granos de almidón de *Phaseolus* presentes en dientes humanos tenían fechas de cerca de 8600 aP, y es considerablemente más probable que sean de frejol pallar que de frejol común, considerando que los sitios están cerca al área de origen del cultígeno, así como a la del pallar recién mencionado, con la edad documentada más antigua (véase discusión en Piperno y Dillehay 2008). Considerando estos factores, es también más probable que el almidón de *Phaseolus* en Las Vegas sea de frejol pallar.

En resumen, el análisis de almidón de los dientes humanos ha contribuido con nueva información acerca de las plantas representadas por sus restos cultivados y domesticados en el Sitio 80 de Vegas. Los datos extienden la evidencia del cultivo temprano de *Phaseolus* del norte de Sudamérica hacia el suroccidente del Ecuador, e indica que los frejoles eran un componente común en la dieta. Añaden a la evidencia (Piperno y Dillehay 2008, Piperno 2011) de que, entre alrededor de 9000 y 7600 aP, las culturas precerámicas en el noroccidente de Sudamérica estaban cultivando y consumiendo de manera rutinaria la pulpa de frutos de una especie principal de *Cucurbita*, la *C. moschata*, y posiblemente otras especies de *Cucurbita*. Los datos apuntan hacia un sistema de producción de alimentos que estaba proveyendo un número significativo

calories to subsistence economies (see Piperno 2011 for a full discussion of this issue), and speak to cultural interactions that were taking place in northwestern South America involving movements and/or exchanges of early cultivated and domesticated plants. More than 40 years after Karen

Stohtert initially uncovered the remains of the Las Vegas culture and demonstrated its high importance to New World archaeology, analysis of its material records continues to enlighten the early history of human occupation and agricultural development in South America.

de calorías a las economías de subsistencia (véase Piperno 2011 para una discusión completa de este asunto), y que tiene que ver con interacciones culturales que estaban teniendo lugar en el noroeste de Sudamérica, en lo que respecta a movimiento y/o intercambio de plantas cultivadas y domesticadas tempranamente. Más de 40 años después

de que Karen Stothert inicialmente excavara los restos de la cultura Las Vegas y demostrara su gran importancia para la arqueología del Nuevo Mundo, el análisis de sus registros materiales continúa iluminando la historia temprana de la ocupación humana y el desarrollo de la agricultura en Sudamérica.