

Evidencias de semillas de ají (*Capsicum frutescens*) en contextos Chimú de la costa norte del Perú

Víctor F. Vásquez¹, Teresa E. Rosales², Gabriel Dorado³

¹ Biólogo, Director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú, E-mail: vivasa2401@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4777-9237>; ² Arqueólogo, Co-Director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú, E-mail: teresa1905@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2555-6032>; ³ Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain).

Resumen

Se realizó el estudio biométrico y de microscopía electrónica de barrido (MEB) de ocho semillas del sitio Túcume, seis semillas del sitio El Brujo y una semilla del Cerro La Virgen, correspondientes a *Capsicum*, cuyos resultados a nivel de topografía y patrones de las reticulaciones de la superficie de la testa, determinaron la identificación que estas semillas corresponden a *Capsicum frutescens*, encontrándose que los patrones de reticulaciones a nivel MEB, son determinantes para poder identificar las semillas a nivel de especie y correlacionar con datos biométricos y formas de las semillas, teniendo en cuenta la información de la especie simpátrica *Capsicum chinense*, con la cual comparte afinidades genéticas cercanas.

Palabras clave: Semilla, MEB, *Capsicum frutescens*, Chimú.

Abstract

The biometric and scanning electron microscopy (SEM) study of eight seeds from the Túcume site, six seeds from the El Brujo site and one seed from Cerro La Virgen, corresponding to *Capsicum*, whose results at the level of topography and patterns of reticulations were carried out from the surface of the testa, determined the identification that these seeds correspond to *Capsicum frutescens*, finding that the reticulation patterns at the MEB level are determinant to be able to identify the seeds at the species level and correlate with biometric data and seed shapes taking into account information from the sympatric species *Capsicum chinense*, with which it shares close genetic affinities.

Keywords: seed, SEM, *Capsicum frutescens*, Chimú

Introducción

El género *Capsicum* es endémico de América desde tiempos prehispánicos, difundiéndose en el Viejo Mundo, transformando la dieta de los habitantes hasta la actualidad. El registro arqueológico indica que los ajíes tienen una larga historia en varias partes de Hispanoamérica. Se ha sugerido que la domesticación ocurrió con el pimiento (*Capsicum annuum*), y puede ser anterior a los comienzos de la agricultura en América (Pickersgill, 1969). De hecho, existen indicios de un morfotipo específico de almidón para este género. Eso indica que la domesticación de tales especies data de al menos 6.000 años a.C. en varios lugares del hemisferio occidental (Perry et al, 2007).

Históricamente, además de las peculiaridades morfológicas de sus flores, frutos y semillas, la característica distintiva del género *Capsicum* ha sido la presencia de *capsaicina*, una oleorresina que es el componente activo del género. Sin embargo, dos especies silvestres (*C. lanceolatum* y *C. rhomboideum*) carecen de esta oleorresina (Moscone et al, 2007). Ambas especies silvestres viven en México y América Central. Este último también se encuentra en Perú.

Los estudios botánicos y moleculares no fueron concluyentes en la identificación taxonómica de las especies de *Capsicum*. Pickersgill (1969) y Eshbaugh (1983) demostraron que la domesticación de ajíes de especies silvestres fue el resultado de la selección según tamaño, forma y color del fruto. Eso redujo una larga lista de especies en discusión a cuatro domesticadas: pimiento (*Capsicum annuum*), miscucho (*C. chinense*), ají limo (*C. frutescens*) y ají verde (*C. baccatum* var. *pendulum*). Se agregó una quinta especie domesticada denominada pimiento de árbol o rocoto (*C. pubescens*), que muestra una morfología distintiva.

Se ha sugerido que *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* forman un grupo estrechamente relacionado de especies domesticadas. Evolucionaron en las tierras bajas tropicales de Hispanoamérica, incluido el Caribe, dominando territorio en México, y la región amazónica (Eshbaugh et al, 1983). Pero otros autores han cuestionado su estatus taxonómico (Pickersgill, 1988). Algunos taxónomos continúan tratando estos tres taxones domesticados como especies distintas. Las formas silvestres (ancestrales) correspondientes se intercalan hasta tal punto que a menudo reciben nombres taxonómicos distintos, lo que es respaldado por Eshbaugh (1983). Se discutirá este cuestionamiento a continuación, con los nuevos datos moleculares obtenidos de estas especies.

Teniendo en cuenta estos antecedentes evolutivos y taxonómicos, se necesita investigación arqueobotánica para resolver la identidad de los restos de ají en los contextos de la costa norte de Perú. El objetivo principal de este trabajo es identificar sus semillas en contextos arqueológicos chimú (Fig. 1). Se trata de los restos más comunes de ajíes recuperados de las excavaciones de estos sitios, los cuales son identificados en su mayoría como *Capsicum* spp.



Figura N° 1. Ubicación geográfica de los tres sitios muestreados en la costa norte de Perú.

Antecedentes

Los primeros estudios sistemáticos de restos de *Capsicum* en la costa norte de Perú fueron realizados por Pickersgill (1969) (Tabla 1). Los restos de ají en Huaca Prieta estuvieron presentes desde los primeros tiempos, considerándose probablemente cultivados (Towle, 1961). Los análisis de Pickersgill indicaron la presencia de frutos rojos y anaranjados en los niveles más tempranos del sitio (H.P.3 QI). Tal variabilidad en el color del fruto sugiere selección bajo cultivo, porque los frutos naranjas no se reportan entre las especies silvestres de *Capsicum*. Uno de los frutos en este nivel temprano todavía tenía el cáliz presente. Esta característica no caducifolia evita que los frutos se desprendan rápidamente y, por lo tanto, hay una reducción en la dispersión de semillas. Por lo tanto, esta característica botánica ya estaba establecida en ese momento y es característica de los ajíes cultivados.

Table 1.- Muestras de semillas de *Capsicum* de tres sitios arqueológicos.

N° Muestra	Sitio	Contexto	Cantidad
1 (5)	El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993	Sector SE U: S 0-10 E 80-90 Coord: S 9-10 E 87-90 Capa B Nivel 1	1
2 (6)	Túcume: Huaca 1 Temporada 2011	Sub Sector 1A Unidad IV i Cuadrícula 17 Capa 1	2
3 (7)	Túcume: Plaza Central Temporada 2011	Unidad XXXZ Cuadrícula 3 Capa 4	3
4 (8)	Cerro La Virgen Casma Temporada 1993	Corte 1 Capa A Nivel 1	1
5 (9)	Túcume: Sector I Temporada 2011	Sub Sector 1A Unidad IV i Cuadrícula 9 Capa 5	3
6 (10)	El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993	Sector SE U: S 0-10 E 80-90 Coord: S 9-10 E 87-90 Capa B Nivel 1	3
7 (11)	El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993	Corte 1	2
8 (12)	El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993	Sector NE Corte 2 (Bolsa 46)	1

En el siguiente nivel (H.P.3 PI), había varias semillas sueltas, junto con algunos frutos deshidratados intactos. El ancho medio de la semilla fue de 2,93 mm (rango de 2,6 a 3,1 mm). Estos valores están dentro del rango de las plantas cultivadas, pero no de las silvestres. Los datos comparativos de Eshbaugh (1964) indicaron que la *C. baccatum* var. *baccatum* tuvo un ancho de semilla promedio de 2,4 mm, mientras que el ají peruano cultivado (*C. baccatum* var. *pendulum*) tuvo un promedio de 3 mm.

Identificar con certeza las cuatro especies de frutos de *Capsicum* en material arqueológico requiere un cáliz preservado. Sin embargo, dicha parte del fruto suele perderse. En *C. chinense* y *C. frutescens*, el cáliz es más corto en relación a la longitud del fruto. En el caso de ajíes de Huaca Prieta (nivel H.P.5 B2), se han encontrado cálices preservados con dientes bien desarrollados. Sin

embargo, los demás caracteres del cáliz de los frutos de los primeros niveles sugieren que se trata de *C. baccatum* var. *pendulum*. La presencia de esta variedad indicaría la existencia de su ancestro silvestre, (*C. baccatum* var. *baccatum*). Este último tiene actualmente una distribución bastante restringida y está confinada casi por completo al sur de Perú y Bolivia (Pickersgill, 1969).

Muestras arqueológicas de semillas de ají (sin frutos enteros o fragmentados) fueron encontradas por Dillehay y Bonavía en Huaca Prieta y Paredones (temporadas de excavación 2007 a 2010), siendo estudiadas sistemáticamente por Chiou y Hastorf (2012). Dichos estudios mostraron diferencias significativas en las semillas de las fases 2 y 4 en los sitios de Huaca Prieta y Paredones (valle de Chicama). Eso contrasta con la rígida homogeneidad que se encuentra en las semillas de la fase 5. Se realizaron rigurosos análisis discriminantes, incluidas las semillas modernas, que incluyeron mediciones de los seis valores y atributos cuantitativos más importantes. De este modo, se identificaron semillas de *C. pubescens* en la fase 2. En la fase 4, se identificaron semillas de *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. chinense*. La fase 5 solo contenía semillas de *C. baccatum* (Chiou y Hastorf, 2012).

Otros materiales arqueológicos analizados de *Capsicum* provienen de excavaciones en Punta Grande (1.810 años a.C.) en la costa central. Eso permitió la recuperación de restos de ají que contenían cálices, por lo que eran de plantas cultivadas. El ancho promedio de 18 semillas (corte 2, nivel 2) fue de 3,07 mm. Está dentro de la gama de ajíes cultivados, pero como la conservación no es óptima, también es posible que pertenezcan a *C. baccatum* var. *pendulum*.

En Los Gavilanes (valle de Huarmey), para las épocas 2 y 3, se identificaron semillas de ají. Sus anchos de 3 a 3,5 mm sugieren que podrían ser formas cultivadas. Probablemente correspondan a *C. baccatum* (Bonavía, 1982). Otros reportes para esta época (con referencias únicamente a *Capsicum*), son los señalados para Áspero (Feldman, 1980), Alto Salaverry (Pozorski, 1976), Cueva Guitarrero (Lynch, 1978) y en el sitio de Asia, donde se encontró *C. frutescens*, aunque sin aportar detalles morfológicos que sustenten tal identificación (Engel, 1964).

En la Cueva Guitarrero, se menciona el ají habanero o limo (*C. cf. chinense*) (Pearsall, 1978). Sin embargo, Pickersgill (1980) indicó que estos restos serían de *C. chinense* cultivados, los cuales provienen del Complejo II de la cueva, y por tanto con una antigüedad de 8.500 años a.C. (Bonavía, 1982). Esto implicaría que *C. chinense*, sería más antigua que *C. baccatum* var. *pendulum*, con el proceso de domesticación del ají en contextos anteriores a los encontrados en Huaca Prieta.

Para el período inicial (2.100-1.400 años a.C.) del sitio El Tanque (Ancón-Chillón), se mencionan restos asignados a *C. chinense* (Cohen, 1978). Durante el horizonte temprano (1.200 años a.C.), aparece nuevamente esta segunda especie de ají morrón o limo (*C. chinense*). Sin embargo, excavaciones posteriores demostraron que esta especie se encontraba en sitios precerámicos y del período Inicial.

El centro de diversidad de *C. chinense* se encuentra en la cuenca del Amazonas. Desde allí, atravesando la Cordillera de los Andes, pudo haber llegado a sitios costeros. En la época de la influencia Chavín, extendiéndose a lo largo de la costa norte, se ha reportado la aparición del complejo *C. chinense* y *C. frutescens*. Aunque se citó a *C. frutescens* para Huaca Prieta, parece que su historia es paralela a la de *C. chinense*. Estas especies tenían semillas pequeñas y frutos caducos y persistieron como cultivos en la costa, sin reemplazarse, hasta el presente (Pickersgill, 1969).

Para el período intermedio temprano (400 años a.C. – 450 años d.C.), existe una vasija de la cultura Nasca con la representación de un hilo con frutos de *C. pubescens* sostenido en manos de un hombre. En este mismo período, en el sitio Estaquería del valle de Nasca, se mencionan frutos de *C. chinense*, pero no hay datos más concretos (Ugent y Ochoa, 2006).

En el período intermedio tardío (900-1.450 años d.C.), existen numerosas representaciones en cerámica Chimú de frutos de *C. annuum*. Asimismo, de otros frutos identificados como *C. frutescens* (Yacovleff y Herrera, 1934). Frutos deshidratados de *C. pubescens* fueron descubiertos en el sitio de la Necrópolis de Ancón (1.300 años d.C.), lo que implica que las cuatro especies de chile descritas anteriormente estaban presentes en la costa peruana prehispánica. Por todo ello, se llevó a cabo microscopía electrónica de barrido (SEM) de semillas bien conservadas.

Materiales y Métodos

Muestras

Se seleccionaron muestras de semillas de *Capsicum* de tres sitios arqueológicos del período intermedio tardío (900-1.450 años d.C.): Túcume (valle de La Leche), El Brujo (valle de Chicama) y Cerro La Virgen (valle de Casma) (Fig. 1). Estas semillas fueron escogidas por su buena conservación y asociación con elementos culturales de la época. Las muestras fueron cuidadosamente tratadas antes de ser sometidas a microscopía electrónica de barrido (MEB).

Acondicionamiento y clasificación preliminar de restos

Las muestras recolectadas se clasificaron según los sitios. Las semillas se acondicionaron y se realizó limpieza superficial utilizando aire comprimido para quitarles el polvo (Fig. 2). Es importante limpiar la topografía superficial de las semillas, porque contiene la huella para su caracterización taxonómica por técnicas microscópicas. Una vez retirados los restos, las semillas se sometieron a observación microscópica con un microscopio estereoscópico a 50X. Las semillas se clasificaron en relación con su forma y textura de la testa (aspecto de la cubierta seminal, que permite diferenciar especies). Las cinco especies domesticadas en la época prehispánica mostraron diferentes formas (Fig. 2) y patrones de reticulación o superficies lisas. Esta clasificación preliminar representa la fase previa para análisis posteriores, utilizando

microscopía electrónica de barrido. Las semillas se integraron en una base de datos MEB de diferentes especies domesticadas de *Capsicum*.

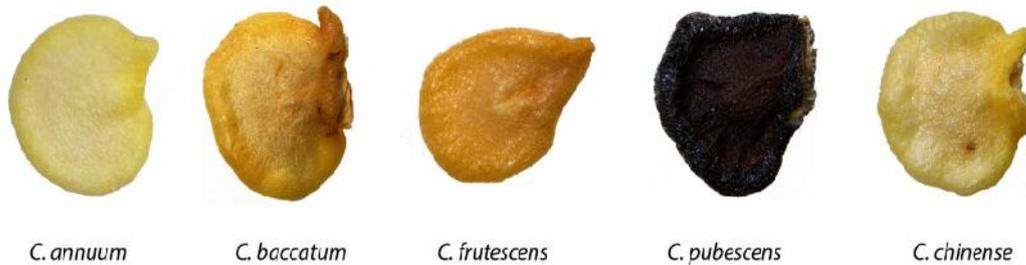


Figure 2. Morfología de las semillas de las cinco especies de *Capsicum* cultivadas en Perú. Estas representan las bases para la clasificación preliminar de los restos arqueológicos, acorde a Chiu y Hastorf (2012)



Figura 3. Semillas arqueológicas de *Capsicum* spp., antes de su tratamiento de limpieza para clasificación preliminar.

Microscopía óptica, biometría y análisis estadísticos

Una vez realizada la clasificación preliminar, las semillas se sometieron a medidas biométricas, registrando su largo y ancho. Eso se llevó a cabo utilizando el detector/sonda MEB. Los atributos cualitativos/nominales estudiados incluyen la forma de la semilla y la prominencia del pico, así como la textura de la testa. La forma de la semilla de *Capsicum* es relativamente distinta de una especie a otra, con cierta superposición. La textura de la testa se refiere a la apariencia de la cubierta de la semilla. La textura de la cubierta de la semilla es una característica de diagnóstico útil, especialmente en el caso de *C. pubescens*, que muestra un patrón de reticulación mayor en los

márgenes externos de la semilla. Por otro lado, el ángulo del pico se define como el área que sobresale de la semilla, lo que permite diferenciar las semillas de *Capsicum* de las de otras especies de la familia Solanaceae con apariencia similar. Un ángulo de pico alto, por ejemplo, es uno de los atributos diferenciadores de las semillas de *C. frutescens* (Chiou y Hastorf, 2012). El largo y el ancho son dos medidas básicas (Fig. 3). Todas las semillas se midieron de la misma manera.



Figura 4. Medidas de largo y ancho de semillas de *Capsicum*.

En resumen, los atributos morfométricos giran en torno a dos medidas de todas las semillas: topografía de la superficie de la semilla y la forma del ángulo del pico de la semilla. Las medidas de semillas se sometieron a estadística descriptiva, para obtener la media y la desviación estándar de las muestras de cada sitio.

Microscopía electrónica de barrido e identificación taxonómica

Para consolidar los atributos morfológicos y biométricos descritos anteriormente, cada semilla estudiada fue sometida a MEB. La superficie de la semilla muestra patrones y reticulaciones, por lo que es apropiada para este tipo de estudio de exploración de superficie (Fig. 5). Eso permitió diferenciar las cinco especies domesticadas. Esta parte se llevó a cabo en el laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (España). Se realizó la correspondiente comparación cualitativa de contraste y se comparó el tamaño de las semillas con los datos disponibles.

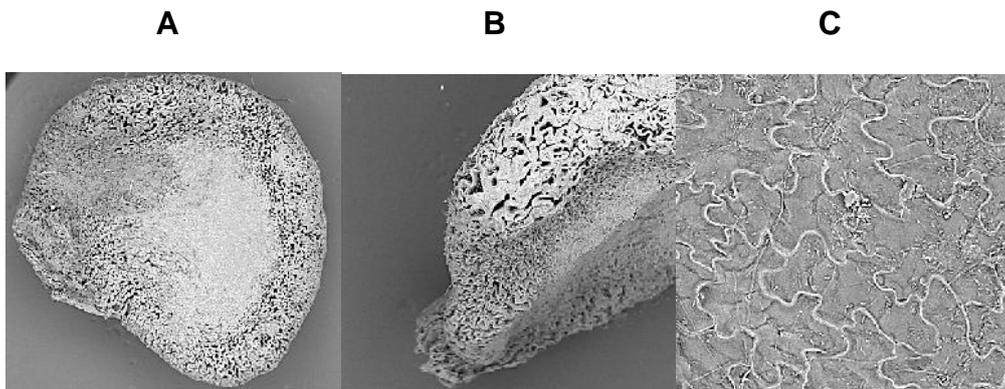


Figura 5. Patrón de reticulaciones en la superficie de la semilla de *C. pubescens*, por microscopía electrónica de barrido. (A) Semilla completa a 50X; (B) Reticulación profunda en el margen de la semilla a 60X; y (C) Entrecruzamiento suave y sinuoso de la superficie de la testa a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

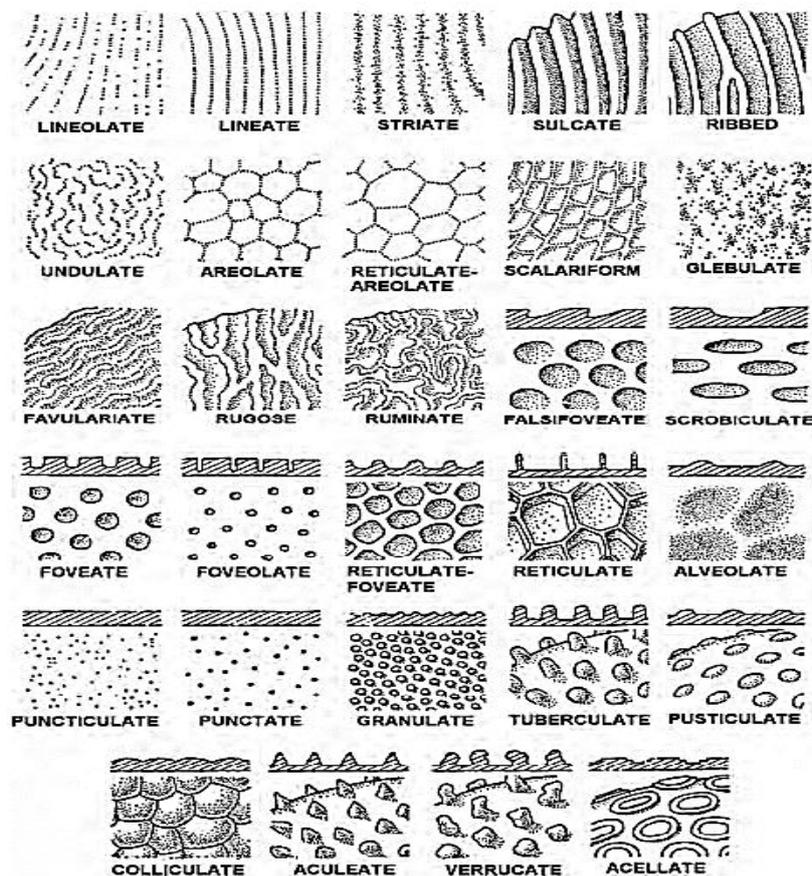


Figura 6. Tipos de superficies de la testa de las semillas. Fuente: Murley, 1951.

Resultados

Biometría

Las mediciones de semillas de los sitios Túcume (ocho), El Brujo (seis) y Cerro La Virgen (una) arrojaron los siguientes valores:

Tabla 2. Largo y ancho de semillas de *Capsicum*. Las muestras se obtuvieron de tres sitios arqueológicos en la costa norte de Perú.

Sites	Measurements (mm)	
	Length	Width
Tucume	4.42	4.1
	4.1	3.63
	3.96	3.78
	4.05	3.19
	3.48	3.26
	3.45	3.36
	3.09	2.94
	3.57	3.11
El Brujo	3.72	3.38
	4.67	4.38
	3.96	3.81
	5.23	4.3
	4.45	4.18
	3.67	3.45
C° La Virgen	4.18	3.83

Tabla 3. Longitud y ancho de semillas identificadas como *Capsicum frutescens*

DE	Sites			
	Tucume		El Brujo	
	Length	Width	Length	Width
Mean	3.76	3.42	4.28	3.91
Maximum	4.42	4.1	5.23	4.38
Minimum	3.09	2.94	3.67	3.38
DS	0.43	0.38	0.61	0.43
N	8		6	

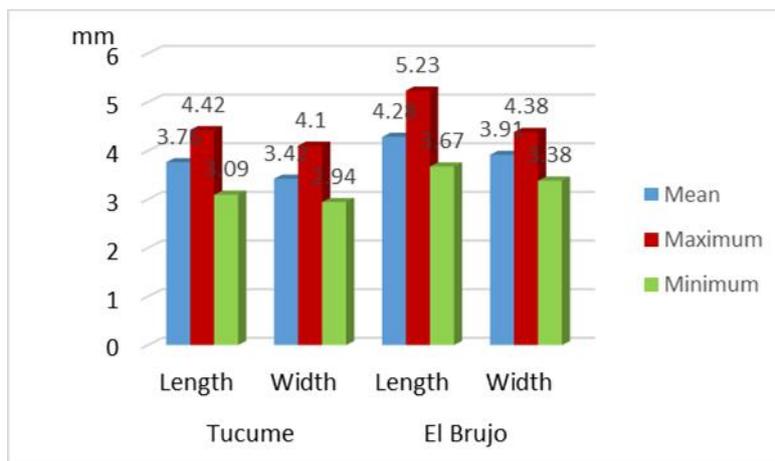


Figura 7. Valores promedio, máximo y mínimo de largo y ancho de semillas de *C. frutescens* de los sitios Túcume y El Brujo.

Topografía moderna de la superficie de la semilla de C. chinense y C. frutescens usando MEB

Se muestran fotografías MEB para la topografía de la superficie de la semilla de *C. chinense* y *C. frutescens*. Son especies muy emparentadas, pero con diferencias significativas en los detalles morfológicos de la superficie de la semilla, lo que permite diferenciarlas.

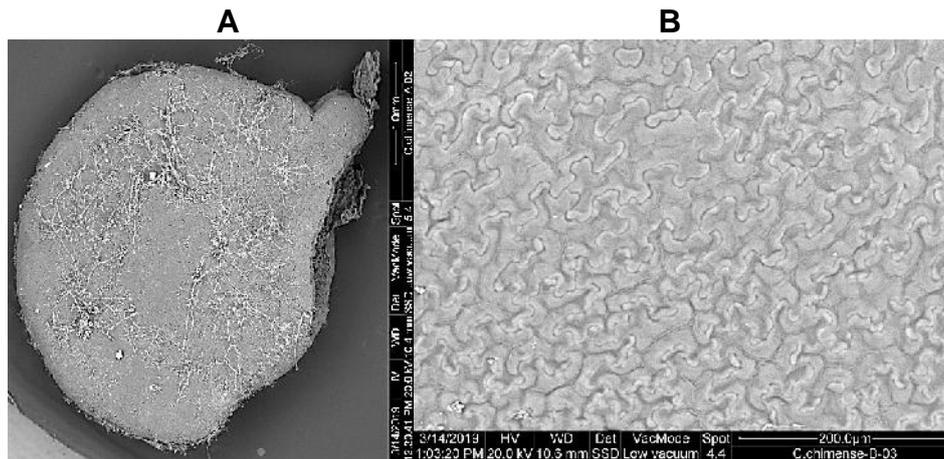


Figure 8. Semilla moderna de *Capsicum chinense*, mostrada con MEB. (A) Generalmente, son circulares, con un pico que sobresale en un gran ángulo y un pequeño “labio” debajo, a 50X; (B) Textura superficial lisa con pocos indicios de reticulación a nivel epidérmico, sinuosa, ruminada, a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

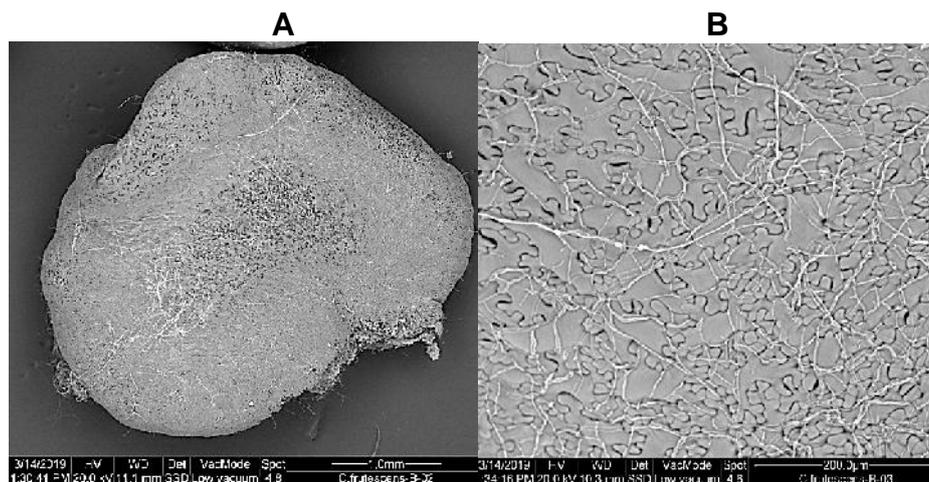


Figura 9.-Semilla moderna de *Capsicum frutescens*. (A) Muestra una forma esférica. Captura con MEB a 50X; (B) Textura de superficie lisa con formas dendríticas onduladas, captura con MEB, a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Topografías de semillas arqueológicas de Capsicum frutescens

Tres semillas del sitio de Túcume fueron analizadas por MEB, mostrando características de forma de semillas y topografía de la superficie preservada de la testa. Se muestran las imágenes que mejor representan las características de esta especie.

Muestra 7a (Túcume)

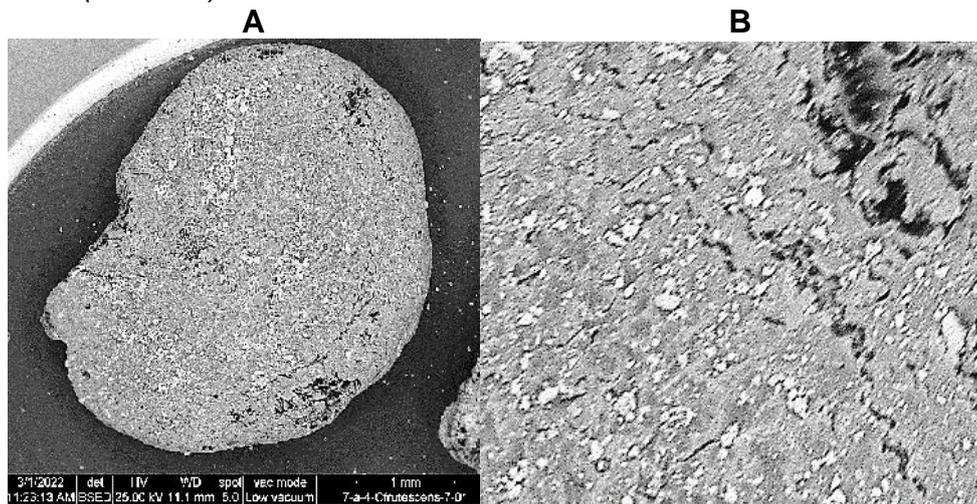


Figura 10. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio Túcume. (A) Semilla completa a 50X; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas de la superficie de la semilla (muestra 7a de la Tabla 1), que tipifica la especie, capturadas a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Muestra 9b (Túcume)

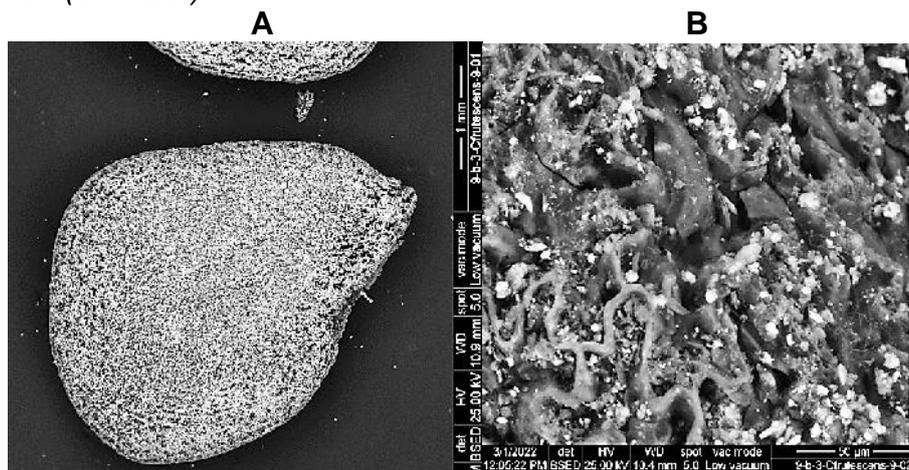


Figura 11. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio Túcume. (A) semilla completa a 50X; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas en la superficie de la semilla que ha perdido la epidermis. No obstante, mantiene las trabéculas y los bordes de las reticulaciones sinuosas y dendríticas (muestra 9b de la Tabla 1), que tipifica la especie. Captadas a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Las muestras de semillas que muestran las características de forma y superficie (testa) del sitio El Brujo se muestran a continuación.

Muestra 10b (El Brujo)

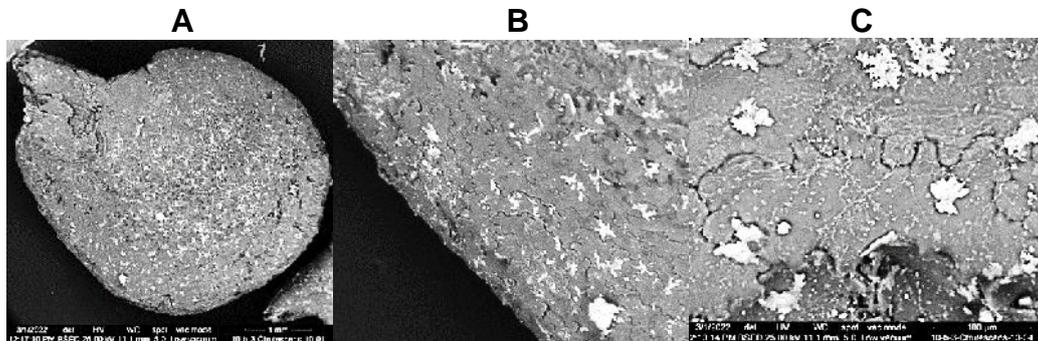


Figure 12. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio El Brujo. (A) Semilla completa a 50X; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas de la superficie de la semilla (muestra 10b de la Tabla 1), que tipifica la especie, capturadas a 300X; y (C) Vista ampliada de las reticulaciones dendríticas onduladas de la testa de la semilla, capturada a 500X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Muestra 11b (El Brujo)

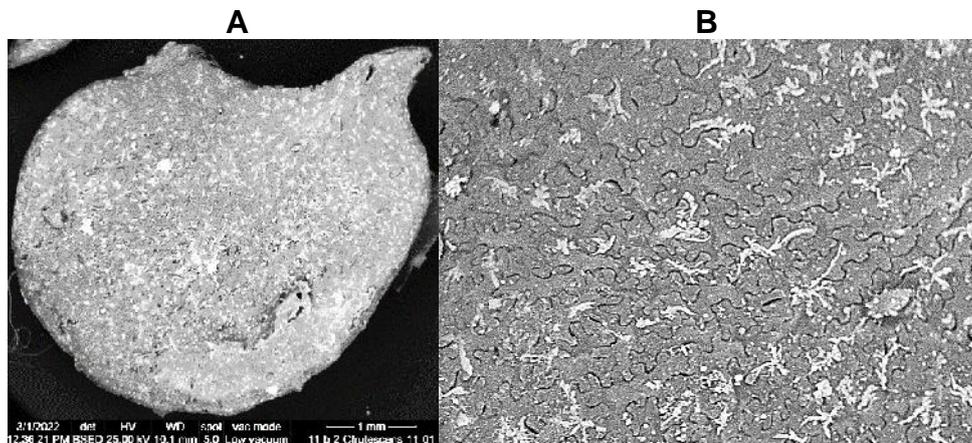


Figura 13. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio El Brujo. (A) Semilla completa a 50; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas de la superficie de la semilla (muestra 11b de la Tabla 1), que tipifica la especie, capturadas a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Discusión

Se estudiaron semillas de ajíes de tres sitios arqueológicos del Perú. Los datos biométricos de las muestras de Túcume y El Brujo mostraron diferencias en largo y ancho. Se observaron valores mayores para seis semillas del sitio El Brujo. Eso puede deberse a: i) Hubo una mayor selección de frutos en El Brujo, con tamaños de frutos más grandes que implican también semillas más grandes. Esta situación hubiera sido diferente para las semillas de Túcume

(Tablas 1 y 2 y Fig. 7); ii) Otra posibilidad son las variables tafonómicas, como la deshidratación de la semilla que contribuye a la disminución del tamaño de la semilla, además de influir en las características cualitativas del diagnóstico.

Se han reportado datos comparativos de mediciones de semillas arqueológicas de *Capsicum* para los niveles precerámicos de Huaca Prieta. Así, en H.P.3 P1, varias semillas sueltas presentaron un ancho promedio de 2,93 mm (Pickersgill, 1969), lo que indica que se trata de ajíes cultivados. En el mismo sitio, semillas de *C. baccatum* var. *baccatum* fueron identificados, presentando un ancho promedio de 2,4 mm. En este caso, son de un ají silvestre. Otras semillas, identificadas como *C. baccatum* var. *pendulum*, tenía un ancho promedio de 3 mm (Eshbaugh, 1964). Esta última es la variedad domesticada o cultivada de *C. baccatum*.

Los análisis de Chiou y Hastorf (2012) de semillas de ají de Huaca Prieta identificaron cuatro especies de ajíes cultivados: *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*. Esta última especie fue cultivada en los Andes. Los valores de *C. baccatum* y *C. pubescens* están bien separados por análisis canónicos, mientras que las especies *C. frutescens* y *C. chinense* exhiben valores superpuestos. En la costa central en el sitio de Punta Grande (1.810 años a.C.), el ancho promedio de 18 semillas fue de 3,07 mm. Por tanto, se cultivaron ajíes, identificándose como *C. baccatum* var. *pendulum* (Pickersgill, 1969).

Para sitios tardíos, los estudios sistemáticos de ajíes son muy escasos, y la identificación de los restos se hace a nivel genérico. Por lo tanto, no se dispone de datos biométricos de las semillas ni descripciones de frutos secos. Restos de semillas de ají de contextos en el sitio de Pachacamac fueron medidos y descritos en su forma, para un total de seis semillas. Cinco de ellos fueron identificados como *C. chinense* y uno como *C. baccatum* (Chiou y Hastorf, 2015). La longitud promedio de las semillas de *C. chinense* fue de 4,37 mm. Eso está muy cerca del valor promedio de las semillas de *C. frutescens* del sitio El Brujo (Tabla 3).

Los rangos de longitud y anchura de las semillas de las especies *C. chinense* y *C. frutescens* dependen de sus características evolutivas y antecedentes taxonómicos, incluidos los eventos de hibridación. En el caso de Huaca Prieta, muestran valores superpuestos, siendo identificados por características cualitativas (Chiou y Hastorf, 2012).

Los seis especímenes estudiados de Pachacamac estaban relativamente mal conservados. Se identificaron cuatro semillas como *C. chinense*, siendo un espécimen potencialmente *C. baccatum* y otro considerado como *C. frutescens*. Sin embargo, eso está abierto a debate, teniendo en cuenta las dificultades para diferenciar las semillas modernas de *C. chinense* versus *C. frutescens*, siendo aún más difícil para las muestras arqueológicas.

Otro atributo clave utilizado en nuestros análisis fue MEB de superficies de testa de semillas de Túcume y El Brujo. Tenemos una base de datos de

imágenes de superficies de testa de *C. annuum*, *C. baccatum* var. *pendulum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* de semillas modernas. Eso nos permitió identificar semillas arqueológicas de los sitios Túcume y El Brujo (Figs. 10 a 12). También hemos tenido en cuenta la forma de las semillas. Sin embargo, eso puede no ser conveniente, debido a la falta de preservación del pico o radícula en las semillas arqueológicas. Por ello, hemos utilizado el escaneado de la superficie de la testa de la semilla.

Las semillas de *C. frutescens* tienen forma de lágrima con un pico que sobresale, formando la punta de la semilla. La textura de la superficie de la testa es generalmente suave. Para *C. chinense*, la semilla es generalmente de forma circular, con una abertura de unión en forma de "boca de pez". Comprende el pico que sobresale en un gran ángulo y un pequeño "labio" debajo de él. La textura de la superficie de la semilla es suave, con un pequeño indicio de reticulación a nivel epidérmico, como se muestra en aumentos MEB de 50X, 300X y 500X (Chiou y Hastorf, 2012). También hemos encontrado detalles discriminatorios para *C. frutescens* y *C. chinense*. Así, *C. chinense* tiene una textura de superficie lisa (Fig. 8), con reticulaciones sinuosas y ruminadas (similares a vueltas intestinales) (Fig. 8B). En el caso de *C. frutescens*, la textura superficial también es lisa, pero con formas onduladas y patrones dendríticos (similares a las dendritas) (Fig. 9B). Por lo tanto, las testas de semillas de ambos sitios arqueológicos estaban en buen estado de conservación. Así, identificamos las semillas de Túcume y El Brujo como *C. frutescens* (Tabla 3, Figs. 7 y 10 a 12).

En el caso de las muestras de Huaca Prieta, se realizaron identificaciones taxonómicas utilizando diversos atributos cualitativos y medidas. Los análisis canónicos, permitieron identificar cuatro especies, destacándose la ausencia de *C. annuum*, especie que fue domesticada en México (Chiou y Hastorf, 2012). En el caso de las muestras de Pachacamac, las identificaciones se basaron en la forma del pico o radícula, así como en la sección transversal (margen de la semilla). No existen imágenes de la topografía de la superficie, debido a que las semillas presentaban mala conservación y ausencia de la mayor parte de la superficie de la testa (Chiou y Hastorf, 2015).

Por otro lado, cabe señalar que las semillas de ambos sitios (Túcume y El Brujo) analizadas en este trabajo fueron recuperadas de contextos domésticos (habitaciones). Trabajos previos reportaron que las semillas de *C. pubescens* y *C. frutescens* de Huaca Prieta también fueron encontradas en contextos domésticos. Por su parte, *C. baccatum* fue encontrada principalmente en áreas de banquetes, y *C. chinense* fue recuperada de todos los contextos de Paredones (Chiou y Hastorf, 2012).

No hemos identificado ninguna semilla de *C. pubescens* en los sitios Chimú. Eso indicaría que este ají altoandino no habría estado disponible en estos sitios costeros tardíos. Cabe señalar que las semillas de *C. pubescens* se caracterizan por márgenes muy gruesos y altamente reticulados, que serían inmediatamente identificables mediante MEB.

Según los datos existentes, *C. chinense* estuvo muy extendida a lo largo de la costa andina prehispánica, así como *C. baccatum* también estuvo presente a lo largo de la costa, desde el precerámico hasta el intermedio tardío, como se menciona para Huaca Prieta, sitios del periodo temprano, intermedio temprano, y Pachacamac (Chiou y Hastorf, 2012, 2015).

La textura de la epidermis de la semilla de El Brujo corresponde a *C. frutescens* (Fig. 12B, 12C y 13B), diferenciándola de las otras tres especies sudamericanas. Sin embargo, hay una discordancia en algunos casos, ya que la forma de las semillas y los picos o radículas tienen características de *C. chinense* (Fig. 12A y 13A). ¿Por qué tenemos estas contradicciones entre estas dos características? Intentaremos explicarlo desde el punto de vista evolutivo, taxonómico y genético, con el fin de dar luz a futuros estudios.

Pickersgill (1971) señala que *C. chinense* es una especie estrechamente relacionada con *C. frutescens*. Este último suele tener frutos pequeños de hoja caduca y se encuentra en condiciones de maleza; y en algunos casos, escapado del cultivo. Esto plantea la cuestión de si *C. frutescens* es el progenitor o ancestro de *C. chinense*. De hecho, las diferencias entre *C. chinense* y *C. frutescens* son mucho menores que entre otros pares de especies silvestres domesticadas, como la *C. annuum* var. *annuum* versus *C. annuum* var. *glabriusculum* silvestre; y *C. baccatum* var. *pendulum* doméstico versus *C. baccatum* var. *bacatum* silvestre.

Ecológicamente, *C. chinense* y *C. frutescens* son simpátricos en toda su área de distribución (Perú, Brasil, Colombia y Bolivia). Los estudios de su distribución no han permitido descifrar cuál es el ancestro más antiguo. No existen híbridos naturales entre *C. frutescens* y formas de maleza de *C. baccatum*, pero existen híbridos entre *C. frutescens* y *C. chinense*, de los cuales no existen estudios específicos, por ejemplo, de sus semillas.

Se utilizaron estudios moleculares de Walsh y Hoot (2001) de la región atpB-rbcl del cloroplasto para determinar la filogenia de 11 especies de *Capsicum*. Los resultados mostraron que *C. annuum* (la especie domesticada en México), *C. frutescens* y *C. chinense* están estrechamente relacionadas, teniendo las dos últimas una relación genética más estrecha. *C. chinense* es algo más distante de *C. annuum*. Por otro lado, *C. galapagoense* se mostró entre *C. frutescens* y *C. chinense*. Eso implicaría que *C. galapagoense* habría tenido un origen continental.

Eshbaugh et al, (1983), utilizando datos de estudios de isoenzimas, propusieron que *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* forman un complejo muy unido. Habrían surgido de un acervo genético ancestral, dando lugar al de *C. frutescens* y *C. chinense*. Los taxónomos tienen el dilema de reconocer una, dos o tres especies dentro de este complejo. Por otro lado, se reconocen cinco especies taxonómicas distintas con fines comerciales. Se deben tener en cuenta bases de datos cualitativas de semillas con características morfológicas de toda la planta, para clasificar mejor estas semillas.

La región del espaciador transcrito interno del ADN nuclear-ribosómico (rDNA-ITS) se ha utilizado ampliamente para la identificación de especies, pero rara vez se ha utilizado en *Capsicum*. Las evaluaciones de diversidad genética y los análisis filogenéticos se llevaron a cabo utilizando rDNA-ITS de 28 accesiones de *Capsicum*. Incluían cinco especies domesticadas y dos silvestres. La diversidad genética se evaluó utilizando polimorfismos de un solo nucleótido (SNP). *C. annuum* tuvo la diversidad genética más baja de todas las especies en este estudio. El árbol filogenético formó un clado específico de especie para *C. annuum*, *C. baccatum* y *C. pubescens*. El clado de *C. chinense* superpuesto estaba dentro del clado de *C. frutescens*, lo que implica que era una variante cultivada de *C. frutescens*. Este estudio indicó que la región rDNA-ITS se puede utilizar para la identificación simple de especies de *Capsicum* domesticadas. Se propuso el origen evolutivo casi paralelo de *C. frutescens* y *C. chinense* (Shiragaki et al, 2020).

C. frutescens y *C. chinense* son morfológicamente similares. Los estudios moleculares apoyan su similitud genética. Sin embargo, la relación genética entre estas dos especies aún no es concluyente. Se deben realizar estudios arqueobotánicos de semillas de ají de estas dos especies para arrojar luz sobre este tema. Los estudios de filogenia deben tener en cuenta la evolución, taxonomía y genética de estas dos especies. Por lo tanto, se necesita más trabajo a nivel arqueológico, morfológico y molecular. Por ejemplo, comparando el ADN antiguo y de sus representantes modernos, para descubrir las relaciones antiguas y modernas de estas especies de ají.

Conclusiones

Las técnicas canónico-estadísticas y el poder resolutivo de la microscopía electrónica de barrido son actualmente las mejores herramientas para el estudio de semillas de origen arqueológico. En el caso de semillas cultivadas del género *Capsicum*, estas técnicas están demostrando ser eficientes para la identificación de semillas de ají cultivadas. De esa forma, es posible obtener información sobre su evolución y dispersión en diferentes épocas y sitios de la costa peruana. Además, debería permitir descubrir más a fondo otros aspectos de su domesticación y ecología. La buena conservación de los restos botánicos en la costa seca peruana debe permitir estos estudios. Eso puede incluir nuevos desarrollos de investigación sobre semillas y frutos de *Capsicum* cultivados. Eso debería permitir comparar la información genética disponible sobre las cuatro especies de *Capsicum* cultivadas en este territorio.

Agradecimientos

Este estudio se realizó con el financiamiento del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas-ARQUEOBIOS. Nuestro agradecimiento a la Dra. Isabel Rey Fraile, del Museo de Ciencias Naturales de Madrid, quién facilitó los servicios de microscopía electrónica de barrido en el MCNM. También nuestro agradecimiento al Dr. Arturo Morales Muñiz por permitir el uso de las instalaciones del Laboratorio de Arqueozoología de la Universidad Autónoma de Madrid.

Referencias bibliográficas

- Bonavía D (1982): *Los Gavilanes. Mar, desierto y oasis en la historia del hombre*. Corporación Financiera de Desarrollo COFIDE, SA. Instituto Arqueológico Alemán. Lima.
- Cohen MN (1978): *The food crisis in prehistory. Overpopulation and the origins agriculture*. Yale University Press. New Haven and London. Pp X + 341.
- Chiou KL, Hastorf CA (2012): *Capsicum* spp. at the Preceramic sites of Huaca Prieta and Paredones. Berkeley McCown Archaeobotany Laboratory Report No. 74, Department of Archaeobotany, University of California, Berkeley. <http://archaeobotany.berkeley.edu/Research/LabReport/lab74/lab74.pdf> (13 April 2014).
- Chiou KL, Hastorf CA (2015): Pachacamac, Peru Archaeological *Capsicum* seed analysis. Berkeley McCown Archaeobotany Laboratory Report No. 82, Department of Archaeobotany, University of California, Berkeley. <http://archaeobotany.berkeley.edu/Research/LabReport/lab77/lab77.pdf> (01 Junio 2015).
- Engel F (1964): El precerámico sin algodón en la costa del Perú. Congreso Internacional de Americanistas, México 1962, Actas y Memorias, Vol. 3, pp. 141-52.
- Eshbaugh WH (1964): A Numerical Taxonomic and Cytogenetic Study of Certain Species of the genus *Capsicum*. MS, doctoral dissertation, Indiana University, Bloomington.
- Eshbaugh WH (1983): The genus *Capsicum* in Africa. *Bothalia*, 14, 845-848.
- Eshbaugh WH, Sheldon IG, McLeod MJ (1983): The Origin and Evolution of the Domesticated *Capsicum* Species. *Journal of Ethnobiology* 3: 49-54.
- Feldman RA (1980): Aspero Perú: architecture, subsistence economy and other artifacts of a preceramic maritime chiefdom. A thesis presented by to the Department of Anthropology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the subject of Anthropology in the subject of Anthropology Harvard University, Cambridge. October. Pp xvi + 290.
- Lynch T (1978): The South American Paleo-Indians. Ancient Native Americans, J.D. Jennings editor W.H. Freeman & Co., San Francisco. Pp. 455-489.
- Moscone EA, Scaldaferrero MA, Grabielle M, Cecchini NM, Sánchez García Y, Jarret R, Daviña JR, Ducasse DA, Barboza GE, Ehrendorfer F (2007): The evolution of chili peppers (*Capsicum*—Solanaceae): A cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae* 745: 137–170.

- Murley MR (1951): Seeds of the Cruciferae of Northeastern North America. *American Midland Naturalist* 46:1–81.
- Pearsall DM (1978): Phytolith Analysis of Archeological Soils: Evidence for Maize Cultivation in Formative Ecuador. *Science* 199 (4325): 177-178.
- Perry L, Dickau R, Zarrillo S, Holst I, Pearsall DM, Piperno DR, Berman MJ, Cooke RG, Rademaker K, Ranere AJ, Raymond JS, Sandweiss DH, Scaramelli F, Tarble K, Zeidler JA (2007): Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315: 986–988.
- Pickersgill B (1969): The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *American Antiquity* 34: 54–61. <https://doi.org/10.2307/278313>.
- Pickersgill B (1971): Relationships between weedy and cultivated forms of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25: 683–691.
- Pickersgill B (1980): Plant breeding. *Nature* 283: 896. <https://doi.org/10.1038/283896a0>.
- Pickersgill B (1988): The genus *Capsicum*: a multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. *Biologisches Zentralblatt* 107(4): 381–389.
- Pozorski S (1976): Prehistoric Subsistence Patterns and Site Economics in the Moche Valley, Peru. Ph.D. diss., Department of The University of Texas at Austin ProQuest Dissertations Publishing, 1976. 7626686.
- Shiragaki K, Yokoi S, Tezuka T (2020): Phylogenetic Analysis and Molecular Diversity of *Capsicum* Based on rDNA-ITS Region. *Horticulturae* 2020, 6 (4), 87; <https://doi:10.3390/horticulturae6040087>.
- Ugent D, Ochoa C (2006): *La etnobotánica del Perú: desde la prehistoria al presente*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, CONCYTEC. Pp. 379.
- Towle MA (1961): *The Ethnobotany of Pre-Columbian Peru*. Aldine, Chicago, USA. Pp.183. <https://doi.org/10.4324/9781351303965>.
- Walsh BM, Hoot SB (2001): Phylogenetic Relationships of *Capsicum* (Solanaceae) Using DNA Sequences from Two Noncoding Regions: The Chloroplast atpB - rbcL Spacer Region and Nuclear waxy Introns. *International Journal of Plant Sciences* 162 (6): 1409-1418.
- Yacovleff E, Herrera FL (1934): El Mundo Vegetal de los Antiguos Peruanos. *Revista del Museo Nacional* 3, Perú.