

Análisis morfométrico de las semillas del género *Capsicum* (Solanaceae) en el Perú prehispánico

Morphometric analysis of seeds of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in pre-Hispanic Peru

Luisa Hinostroza García¹  | Rosa Melchor-Castro^{1, II}  |

Luisa Diaz Arriola¹  | Joaquina Albán Castillo¹ 

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Peru

^{II}Royal Botanic Garden Edinburgh. Edinburgh, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte

Resumen: La importancia del manejo del 'ají' (*Capsicum* spp.) por los habitantes del Perú prehispánico ha quedado evidenciado por la buena preservación de sus frutos y semillas en el registro arqueológico. Su abundancia requiere contar con una metodología para su determinación taxonómica. En este trabajo se realiza la caracterización morfométrica de semillas actuales domesticadas de *Capsicum* que sirven de referencia para comparaciones con semillas arqueológicas. A partir de datos descriptivos y morfométricos de estas semillas actuales se elaboró un modelo predictivo mediante el algoritmo Gradient Boosting Regression Model (GBM). Las variables de mayor contribución para la predicción en semillas actuales y arqueológicas fueron: largo de semilla, altura del pico y largo del hilum. El porcentaje de predicción correspondió a 22.13 %, se deduce que las semillas arqueológicas procedentes de Huaca Pucllana (Lima-Perú), asociado al Intermedio Temprano (555-650 d.C.) sugieren semejanza con semillas de *C. baccatum* L. 'ají amarillo'. Sobre esta información, se propone que en Pucllana hubo un manejo de la variabilidad genética de esta especie, resultado de la intensificación de su cultivo e influenciado por preferencias de consumo. Un ejemplo es su recurrencia en contextos de índole ceremonial, cuya asociación con otros sitios podría referirse a una 'tradicón' costeña.

Palabras claves: Arqueobotánica. Morfometría. *Capsicum*. Costa peruana.

Abstract: The importance with which *ají* peppers (*Capsicum* spp.) were handled by the inhabitants of pre-Hispanic Peru is evidenced by the good preservation of the fruits and seeds of this plant in the archaeological record, and this abundance requires a methodology to determine taxonomy. This study presents the morphometric characteristics of domesticated *Capsicum* seeds, which can serve as a reference for comparisons with seeds of archaeological origin. A predictive model was developed from descriptive and morphometric data of seeds from five modern *Capsicum* species using the gradient boosting regression model (GBM) algorithm. The variables with the greatest contributions to prediction in modern and archaeological seeds were seed length, beak height, and hilum length. We found that 22.13% of archaeological seeds from the Huaca Pucllana site (Lima, Peru), associated with the Early Intermediate period (555-650 AD), are similar to modern seeds of *C. baccatum* L. (yellow *ají* pepper). This information suggests that the genetic variability of this species was managed at Pucllana, the result of intensified cultivation and cultural consumption preferences. One example is its recurrence in contexts of a ceremonial nature, in which association with other sites could refer to a 'tradition' of coastal consumption.

Keywords: Archaeobotany. Morphometry. *Capsicum*. Peruvian coast.

Hinostroza, L., Melchor-Castro, R., Arriola, L. D., & Albán Castillo, J. (2023). Análisis morfométrico de las semillas del género *Capsicum* (Solanaceae) en el Perú prehispánico. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Ciências Humanas*, 18(3), e20220034. doi: 10.1590/2178-2547-BGOELDI-2022-0034.

Autora para correspondência: Luisa del Rosario Hinostroza. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. Avenida Arenales 1256. Lima, Peru. 15072 (luisa.hinostroza@unmsm.edu.pe).

Recebido em 26/05/2022

Aprovado em 19/06/2023

Responsabilidade editorial: Fernando Ozório de Almeida



INTRODUCCIÓN

La evolución de poblaciones de plantas silvestres estuvo influenciada por procesos naturales, tales como la endogamia, flujo génico, deriva génica, eventos de cuello de botella, efecto fundador, entre otros; así como por procesos selectivos, principalmente por la selección artificial (Doebley et al., 2006; Parra & Casas, 2017, p. 162). De esta manera, mediante la cría selectiva se establecieron nuevos modos de relación entre las poblaciones humanas y las plantas en el pasado, que se vieron influenciados por procesos de selección cultural, toma de decisiones y criterios de manejo (Lema, 2011, pp. 59-61). Estos modos de relación pueden tener o no un reflejo material diferencial, y se observa, en particular en los órganos involucrados con las interacciones humanas; estos indicadores se podrían encontrar en estructuras vinculadas a la dispersión y reproducción de las plantas (Pickersgill, 2007). Por su parte, la domesticación es considerado un proceso evolutivo, que resulta de manipular los genotipos de las plantas y la diversidad biológica intraespecífica de los organismos de acuerdo con los usos y manejos humanos; en consecuencia, se manifiesta a través de la variabilidad genética (especies o variedades) (Harlan, 1992; Diamond, 2002; Chacón, 2009, p. 352; Guillén, 2010, p. 68).

Los procesos de selección artificial y domesticación sobre poblaciones de plantas específicas provocaron cambios a nivel morfológico, fisiológico, genético y molecular en las plantas a lo largo del tiempo (Pickersgill, 2007; Lema et al., 2008; Piperno, 2011; Young, 2015; Zeder, 2015; Purugganan, 2019; Spengler, 2020).

Las investigaciones arqueobotánicas en Sudamérica han empleado la morfometría como herramienta de análisis para estudiar estos cambios en diversos órganos vegetales (semillas, hojas, tallos, flores, raíces, entre otros) (Bruno & Whitehead, 2003; Bruno, 2005; Langlie, 2019; Martínez et al., 2015; Morales-Santos et al., 2017; Planella et al., 2012; Chiou & Hastorf, 2014). Además, su recuperación en regiones secas y desérticas ha favorecido la buena

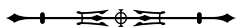
preservación de los órganos diagnósticos de estudio (semillas, hilum, testa, entre otros) que ha coadyuvado el desarrollo de las investigaciones (Roque et al., 2003; Cook & Parrish, 2005; Chiou et al., 2013; Dillehay et al., 2017).

Capsicum L. (Solanaceae) es un género nativo de zonas tropicales y templadas en América Central y del Sur, México y las Antillas (Barboza et al., 2019, 2020). Y cuenta aproximadamente con 42 especies e incluye cinco que han sido domesticadas: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* Ruiz & Pav (Heiser & Smith, 1953; Heiser & Pickersgill, 1969; McLeod et al., 1982; Moscone et al., 2007; Perry et al., 2007; Crosby, 2008; Eshbaugh, 2012; Perry, 2012; Dias et al., 2013; Pérez-Castañeda et al., 2015; Carrizo et al., 2016).

Los hallazgos arqueológicos más tempranos (5650-4100 a. C.) se ubican entre la costa de Perú y Ecuador y cuentan con óptima preservación de sus órganos diagnósticos (Raymond, 1999; Perry et al., 2007; Perry, 2012; Chiou & Hastorf, 2014). A pesar de su antigüedad, la determinación de las semillas a nivel de especie en especímenes arqueológicos ha sido poco desarrollada (Lynch, 1980, p. 303; Towle, 1961, p. 80; Chiou & Hastorf, 2014). Para su determinación, durante algún tiempo, se prestó atención al largo del fruto y la constricción del cáliz (Pickersgill, 1969, p. 59); sin embargo, los resultados eran poco fiables. Las investigaciones en el sitio de Huaca Prieta y Paredones, ubicado en la costa norte del Perú (Precerámico) (Chiou & Hastorf, 2014), han provisto de una guía metodológica de determinación de *Capsicum* spp. con principal fundamento en la morfometría comparada entre semillas arqueológicas y actuales de ajíes.

Sin embargo, hay escasos estudios de su aplicabilidad para periodos más tardíos (Areche, 2019, p. 194; Núñez, 2018), por lo que su evaluación permitirá explorar nuevos caracteres de estudio para estimar los cambios en las semillas arqueológicas a nivel espacio-temporal (Chiou & Hastorf, 2014, p. 319).

En este mismo sentido, en el valle del Rímac (costa central del Perú) también son escasos los estudios



arqueobotánicos (Bellido, 2014, p. 250) que aborden con rigurosidad metodológica la determinación taxonómica a *Capsicum* L. correspondientes al periodo Intermedio Temprano (200-650 d.C.).

Durante este periodo, se desarrolló la sociedad Lima (Mauricio et al., 2014; Ríos & Ccencho, 2009), que se desarrolló entre los valles Lurín, Chillón y Chancay y Rímac, se caracterizó por el desarrollo de grandes asentamientos monumentales, asumidos como centros urbanos y con importantes expansiones de sus sistemas de irrigación (Canziani, 2009, p. 273; León, 2013, p. 73; Palacios et al., 2014, p. 60). Este escenario configuró las diversas formas de organización del trabajo y de las relaciones sociales diferenciadas (surgimiento de especialistas) (Lumbreras, 2019, p. 225). También, se realizaron actividades de pesca y caza en el litoral de la costa central, cuyas prácticas se fundamentaron desde milenios anteriores; así como una avanzada producción manufacturera de cerámica y textil. Entre los sitios más importantes del periodo destacan Cerro Trinidad en valle de Chancay, Cerro Culebra en el valle del Chillón; Pachacamac en el valle del Lurín; Maranga, Cajamarquilla, Vista Alegre y Huaca Pucllana en el valle de Rimac.

En este marco, el sitio de estudio es Huaca Pucllana, considerado centro ceremonial (Flores, 2005, 2015; Flores et al., 2012) de la sociedad Lima asociado al periodo Intermedio Temprano (200-650 d.C.) y propuesto como escenario de las primeras prácticas de cultivo agrícola mediante la implementación de canales, campos y terrazas (Lumbreras, 2019, p. 261). Sobre la excavación de dos contextos arqueológicos (limpieza de espacio y ofrenda) correspondientes a las Fases Constructivas III (555-600 d.C.) y IV (600-650 d.C.) se recuperaron frutos y semillas de ají (*Capsicum* spp.). Por ello, el objetivo general del trabajo es contribuir a la caracterización de semillas actuales domesticadas de *Capsicum* L. en el Perú, y luego aplicarlas, por comparación, a las semillas arqueológicas del sitio Huaca Pucllana para así obtener su determinación taxonómica.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Huaca Pucllana se encuentra en la región natural conocida como chala (Pulgar, 1987, p. 39) o ecorregión del desierto del Pacífico (Brack & Mendiola, 2000, p. 84) a 96 m s. m. Políticamente, se ubica en el distrito de Miraflores, provincia de Lima (Perú). A nivel arquitectónico está conformada por siete plataformas superpuestas y está dividida en dos sectores. El primero se trata del núcleo central conocido como 'gran pirámide' y el segundo constituido por la parte baja de la huaca, definida como 'complejo noreste' (Figura 1).

MATERIAL ARQUEOBOTÁNICO Y BOTÁNICO

El material arqueobotánico analizado proviene de dos contextos excavados que fueron denominados CE-01(13) y CE-10(14); ambos datan de un rango de ocupación comprendida entre 555-650 d.C. (Figura 1). El primer contexto analizado fue CE-01(13), ubicado en el complejo noroeste (parte baja de la pirámide) en un área de 40 m², asociado a la Fase Constructiva III (FC III) (555-600 d.C.), en un área identificada como 'pasadizo' (Figura 2). La excavación del interior del pasadizo ofreció 16 estratos o niveles arqueológicos que alcanzó la altura de 1 m. El primer nivel estuvo conformado por adobes fracturados, mezclados con cantos rodados (6 cm) y tierra suelta de color beige; alcanzó un espesor de 5 cm. El segundo nivel correspondió a una capa de desechos con alta concentración de restos botánicos; malacológicos, instrumentos (agujas, punzones) y fragmentos de cerámica. Entre las especies botánicas identificadas se identificó tuzas, brácteas y tallos de 'maíz' (*Zea mays* L.), tallos de 'caña brava' (*Gynerium sagittatum* (Aubl.) P.Beauv), pedúnculos de 'ajíes' (*Capsicum* L.), epicarpo de 'maní' (*Arachis hypogaea* L.). En relación con las especies malacológicas se identificó especímenes de 'pique' (*Crepipatella dilatata*), 'chorito' (*Semimytilus algosus*), 'chanque' (*Concholepas concholepas*), 'macha' (*Mesodesma donacium*) y 'chorito' (*Perumytilus purpuratus*).

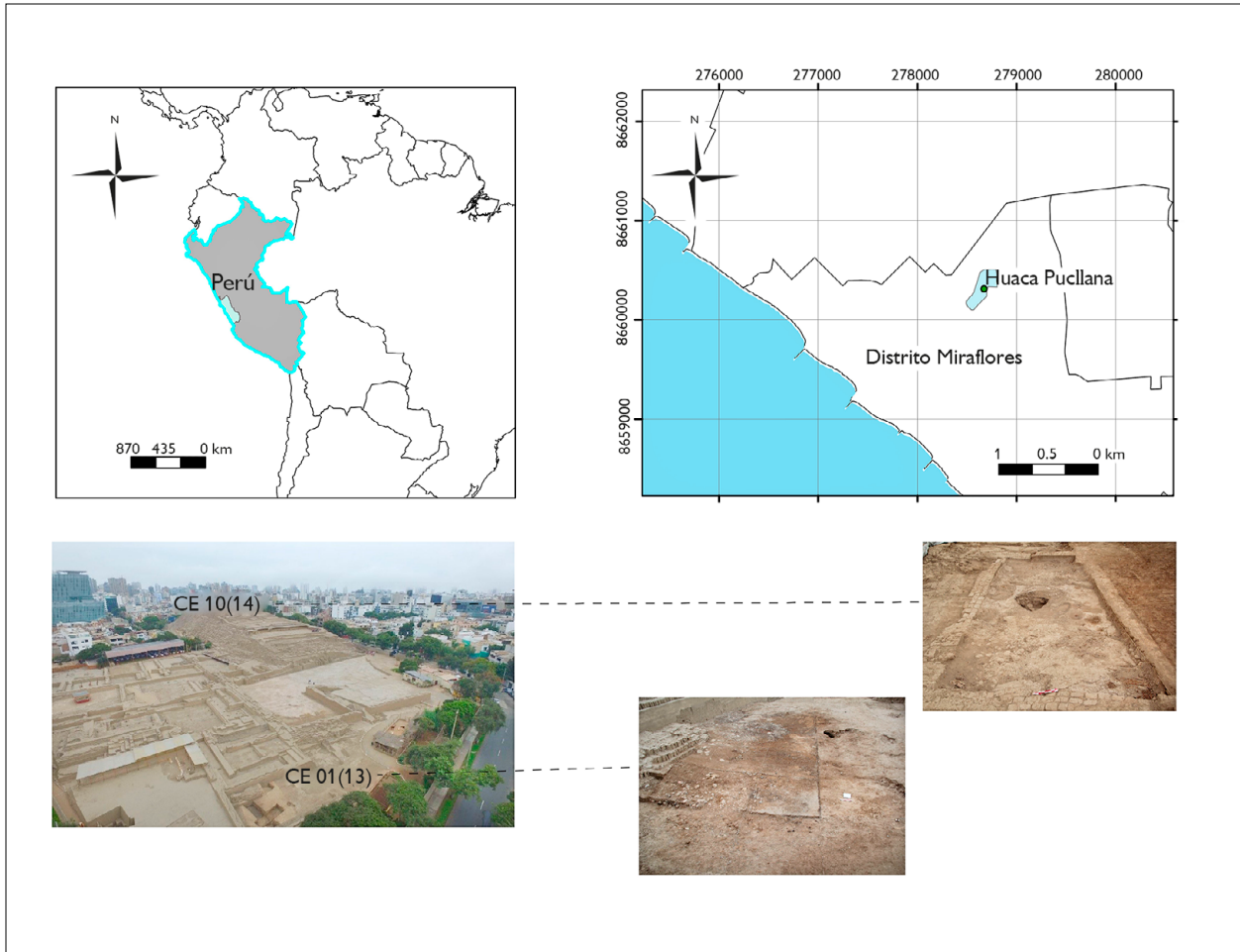


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Huaca Pucllana. Ubicación del CE-01(13) en el complejo noreste (parte baja) y CE 10 (14) en la gran pirámide (parte alta). Mapa: Cruz (2022). Fotos: Archivo del Museo de Sitio Huaca Pucllana (2018).



Figura 2. Detalle de excavación del CE-01(13), correspondiente a un pasadizo de la FC III. Fuente: Archivo del Museo de Sitio Huaca Pucllana.

Los instrumentos correspondieron a ovillos sueltos e hilos de 'algodón' (*Gossypium barbadense* L.), punzones de madera y agujas elaborada de espinas de cactus y fecas de 'camélidos' (Fam. Camelidae); asimismo se identificó desechos de talla en roca de cuarzo blanco lechoso. El espesor del segundo nivel alcanzó un espesor de 20 cm. El tercer nivel estuvo conformado por arena de textura suelta de color gris, ceniza, carbón y alta concentración de material botánico; siendo así, alcanzó un espesor de 10 cm. El cuarto nivel se caracterizó por presentar una baja concentración de material botánico, malacológico y cerámica; se obtuvo espesor de 1 cm.

El quinto nivel también correspondió a un estrato con alta concentración de restos botánicos, mezclado con cantos rodados (6 cm), instrumentos de actividad textil y restos malacológicos; en su totalidad alcanzó un espesor de 25 cm (Figura 3). Con respecto al material botánico se identificó semillas de 'algodón', semillas de 'calabaza' (*Cucurbita* L.), semillas de 'pacaé' (*Inga feullei* DC), semillas de 'ciruela del fraile' (*Bunchosia armeniaca* (Cav.) DC), frutos de 'ajíes', semillas de 'lúcuma' (*Pouteria lucuma* (Ruiz & Pav.) Kuntze), y fragmentos de epicarpio de 'maní'. En alusión al material malacológico se identificó de 167 especímenes de 'chanque' 146 especímenes de 'caracol gris' (*Stramonita chocolata*) que estuvieron envueltos en una bolsa de fibra vegetal. Con respecto a los instrumentos de actividad textil se identificaron hilos, ovillos, agujas de espina de cactus, punzones de madera, carretes de caña envueltos con hilos de algodón.

Desde el sexto nivel hasta la capa decimotercera estuvo caracterizado por una mezcla de tierra oscura y gris, ambas de textura suelta con escaso material arqueológico que alcanzó 30 cm de espesor. Finalmente, los niveles 14 y 15 se caracterizaron por presentar tierra de color gris claro de textura compacta, con escaso material arqueológico, mezclados con fragmentos de adobes, cantos rodados de gran tamaño (10 cm), arena de posible origen fluvial o marino, y restos de carbón; depositados directamente sobre el apisonado del pasadizo. Este nivel alcanzó 5 cm de espesor.

Se plantea que la formación del CE-01(13) surge como resultado de la limpieza procedente de áreas productivas o especializadas, correspondientes a talleres textiles (ovillos, punzones, agujas, espinas, hilos de algodón), área destinada al procesamiento de alimentos (restos botánicos y malacológicos), área de corral (fecas de camélido), taller cerámico (alisadores, fragmentos de cerámica) y taller lítico (desechos de talla). Es probable que no se tratase de un solo



Figura 3. Detalle de capa 5 del CE-01(13) con alta concentración de restos botánicos, cantos rodados, instrumentos de actividad textil y restos malacológicos. Fuente: Archivo del Museo de Sitio Huaca Pucllana.

evento, si no de varios eventos de deposición y, finalmente, fue sellado para la construcción de una nueva arquitectura (pasadizo) (Flores, 2014; Ccencho, 2015)¹.

El segundo contexto CE-10(14) procede de la excavación en la VI plataforma de la Gran Pirámide de Huaca Pucllana, realizada mediante técnica en área abierta de 100 m². La excavación ofreció cinco estratos o niveles arqueológicos que alcanzó un espesor de 60 cm (Figura 4); los dos primeros niveles correspondieron a depósitos modernos, caracterizados por presentar tierra arcillosa de textura suelta y de acarreo eólico, con inclusiones de cantos rodados (10-20 cm), fragmentos de adobes paralelepípedos y material moderno (cartones, papeles, plásticos), que alcanzó un espesor de 30 cm. El tercer estrato correspondió al nivel de hoyos intrusivos de carácter prehispánico, que presentaron en su interior ofrendas de 'mates' (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl), que contenían herramientas de piedra, lascas líticas, atados de cabello, etc; y fueron cubiertos con tierra arcillosa de textura suelta, cantos rodados pequeños (8 cm) y adobitos

¹ Se obtuvo dos muestras para obtener fechados C14; el primero correspondió a materiales botánicos (maíz, fragmentos de semillas de algodón y calabaza) y arrojó un fechado de 1388 ± 44 AP (ca 562 ± 44 d.C.), y el segundo correspondió a muestras de carbones (0.5 a 3 cm) y arrojó el fechado de 1372 ± 44 AP (ca 578 ± 44 d.C.). De manera tentativa, se podría indicar que el inicio de la formación la acumulación de desechos fue antes 562 ± 44 d.C., y que se conformó como mínimo durante 16 años. Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio *National Science Foundation* (NSF)-Arizona, *Accelerator Mass Spectrometry* (AMS) de Los Estados Unidos de Norteamérica (Flores, 2014).

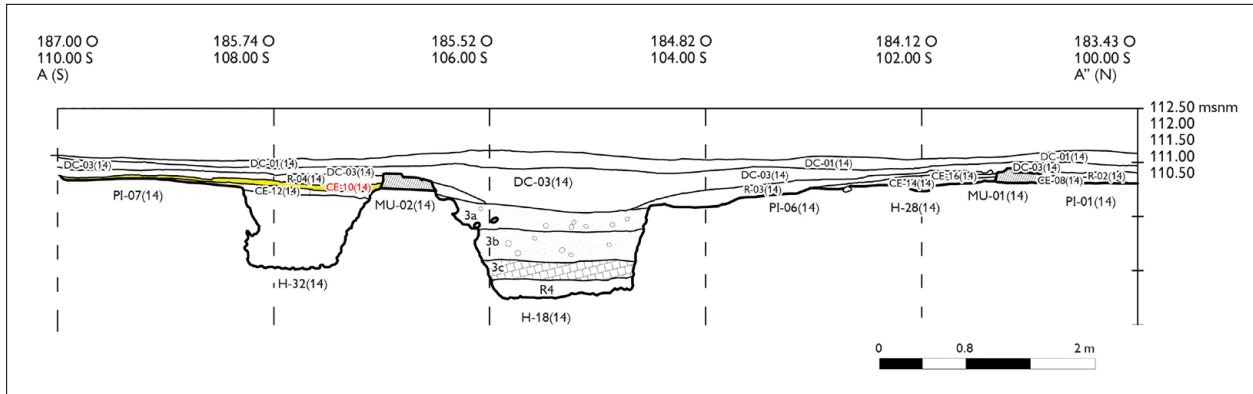


Figura 4. Perfil estratigráfico de excavación en la VI Plataforma, correspondiente a CE 01(10) resaltado en amarillo. Fuente: Archivo del Museo de Sitio Huaca Pucllana.

rectangulares, este nivel alcanzó los 12 cm. El cuarto nivel estuvo conformado por relleno arquitectónico, constituido por fragmentos de adobes paralelepípedos y barro, de este modo quedaron cubiertos las dos unidades o ambientes arquitectónicos (designados con códigos UA-01(14) y UA-02(14)); de igual manera, los vanos de ingresos a cada uno de estos ambientes fueron sellados con adobes (Figuras 5 y 6) y en ambos alcanzaron espesor de 10 cm.

El quinto nivel de la UA-02(14) se caracterizó por presentar tres concentraciones de residuos orgánicos, conformados principalmente por restos botánicos y malacológicos, depositados junto a lentes de arenas de posible origen de ribera de río o mar, mezclados con cantos rodados pequeños (8 cm) y tierra suelta de color marrón claro. Al conjunto de estas evidencias se le denominó CE-10(14) (Figura 6). Con respecto al material botánico se identificó a 13 especies botánicas; entre las principales se identificó 140 tuzas de 'maíz', inflorescencias, brácteas y tallos de 'maíz', 100 pedúnculos y 212 semillas de 'ajíes', 32 semillas de 'lúcuma', 9 fragmentos de epicarpio de 'maní', 9 fragmentos de 'mate' y 8 fragmentos de vainas de 'frijol' (*Phaseolus vulgaris* L.). Con respecto al material malacológico se identificaron 13 especies, entre los de mayor representatividad se identificó 32 especímenes que correspondieron a 'pique', 27 correspondieron como 'chorito' y 21 correspondieron a 'choro', alcanzó

un espesor de 6 cm. Asimismo, en el mismo nivel de estas concentraciones se identificó una capa de barro, que presentó improntas de una posible 'cesta' empleada para transportar el barro hasta el recinto, este barro se encontraba en contacto directo con el piso de la UA-02(14). Finalmente, El contexto CE-10(14) se encuentra asociado a



Figura 5. Detalle de relleno arquitectónico (nivel 4) que cubrió dos unidades arquitectónicas: UA-01(14) y UA-02(14). Fuente: Archivo del Museo de Sitio Huaca Pucllana.

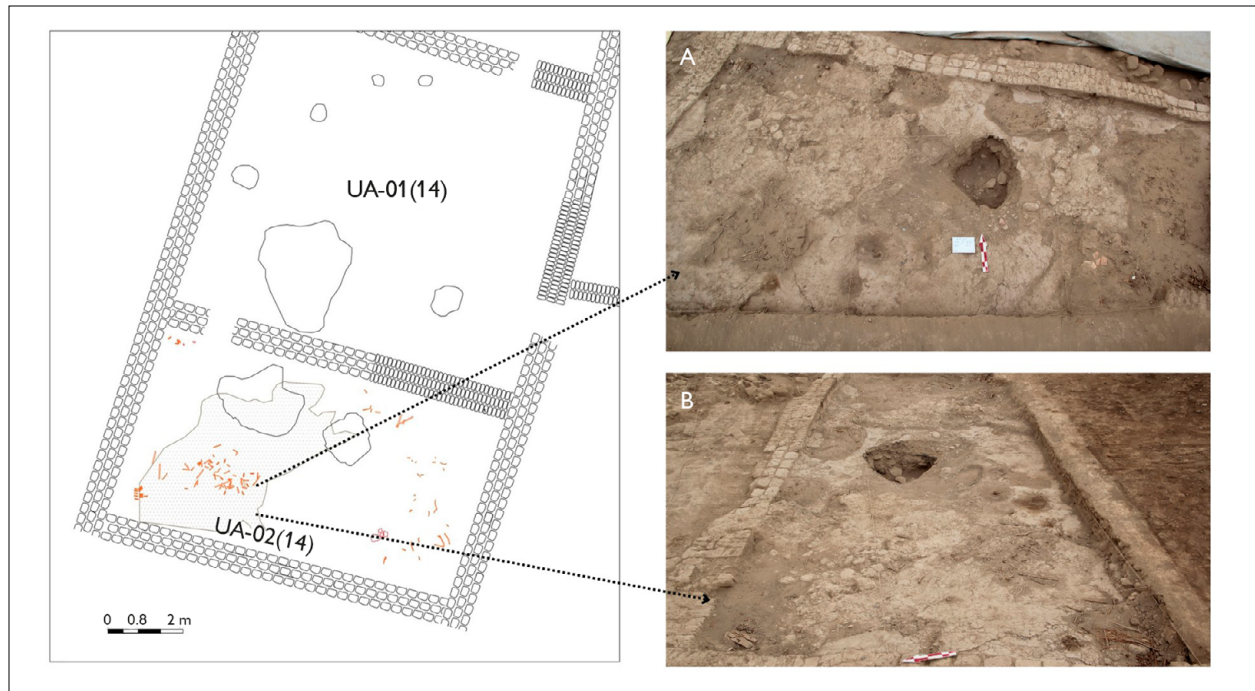


Figura 6. Detalle del contexto CE-10(14) en la UA-02(14). A. Vista SN de las tres concentraciones de residuos orgánicos, conformado principalmente por tallos, brácteas, inflorescencia y tusas de 'maíz' así como semillas de ajíes. B. Vista WE de las tres concentraciones, se aprecia la capa de barro que cubrió a estas concentraciones. Fuente: Archivo del Museo de Sitio Huaca Pucllana.

la Fase Constructiva IV (FC IV) (600-650 d.C.), se interpreta como un evento de ofrenda y consumo de especies que antecedió a la clausura arquitectónica, considerado de tipo "ritual" (Flores, 2015; Ganoza, 2016, pp. 368-373). La formación del registro arqueológico de los últimos niveles (4 y 5) permite interpretarlo como evento de ofrenda previo a la clausura de ambientes. De esta manera, el quinto nivel correspondió a la ofrenda de especies botánicas, sobre todo en el caso de los maíces, fueron depositados las estructuras que no estuvieron destinados al consumo humano, tales como inflorescencia, tallos y brácteas de maíz; y que además conservaron sus estructuras de manera íntegra que apoya la propuesta de no haber sido ingeridos. En el caso de los ajíes, al preservarse los pedúnculos y semillas de manera íntegra, sumado a la asociación directa a nivel espacial con los maíces, permitirían proponerlos como un conjunto ofrendario. El siguiente tratamiento consistió en cubrirlos con barro, la evidencia arqueológica que respalda esta

propuesta es la impronta de la cesta que probablemente sirvió para transportar el barro y así cubrir prolijamente el espacio. Finalmente, el cuarto nivel es interpretado como un desmantelamiento de los muros y sellado de los vanos en las dos unidades arquitectónicas, esto permite proponerlo como una actividad de 'clausura del espacio'. Finalmente, se plantea que, los siguientes niveles (1, 2 y 3) correspondieron a intrusiones de periodos posteriores, probablemente Wari (700-1000 d.C.) e Ychsma (900-1450 d.C.) (Nalvarte, 2012).

La separación de macrovestigios de ambos subsectores se llevó a cabo a través de tamización en seco, con una malla de 1 mm. El análisis se realizó íntegramente en el laboratorio de Arqueobotánica del departamento de Etnobotánica y Botánica Económica del Museo de Historia Natural (MHN) de la Universidad Mayor de San Marcos. Del contexto CE-01(13) se recuperaron ocho frutos incompletos, de los cuales se analizaron 81 semillas. Del CE-10(14) se recuperaron únicamente 41 semillas. En ambos casos se analizaron las

semillas con mejor preservación y conservación de sus estructuras diagnósticas.

En referencia al material comparativo (actuales), se eligió a las especies domesticadas del género *Capsicum* en el Perú. Su elección se fundamenta dado que las estructuras botánicas encontradas durante la excavación y analizadas posteriormente en el laboratorio presentaban algunos síndromes característicos de especies bajo domesticación, tales como: pedúnculos curvos; frutos péndulos, elongados y caducos; constricción anular del cáliz y de característica prominente; placentas extensas y semillas voluminosas (Heiser & Smith, 1957, p. 414; Pickersgill, 1969, pp. 57-59; Walsh & Hoot, 2001, p. 1410; Eshbaugh, 2012, pp. 17-25). Por consiguiente, se accedió a la colección de germoplasma *in situ* de *Capsicum*, del Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)-Perú y a la colección de referencia del MHN-Perú. Para evaluar la variabilidad genética se seleccionaron semillas de varios ejemplares de cada especie que provinieron del norte (Tumbes y La Libertad); centro (Lima); sur (Ica) y oriente (Amazonas, San Martín, Ucayali) del país. Se detallan en la Tabla 1.

ANÁLISIS DE LOS CARACTERES MORFOLÓGICOS

Los caracteres evaluados fueron tomados de las propuestas de Chiou y Hastorf (2014, p. 332), Dias et al. (2013, p. 6490) y Gunn y Gaffney (1974, p. 11), realizándose modificaciones pertinentes (Tabla 2). Para definir la forma de la semilla se empleó un manual (Stearn, 1983, pp. 318-319), que toma en cuenta las proporciones de tamaño y forma.

Se presenta la propuesta de análisis de caracteres de tipo cualitativo y cuantitativo para la determinación de especies de *Capsicum* L. resumidas en la Tabla 3 y Figura 7. Los patrones morfológicos del material botánico y arqueobotánico se analizaron utilizando una lupa trinocular AmScope LED-144S (10x). Todas las medidas fueron tomadas en la misma posición (actuales y

arqueológicas), con la dirección del pico hacia arriba y orientado hacia la izquierda.

ELABORACIÓN DE GRADIENT BOOSTING REGRESSION MODEL (GBM)

ALEATORIZACIÓN ESTRATIFICADA

Para el análisis se consideraron seis variables para los conjuntos de datos de semillas actuales y arqueológicas, siendo una de tipo cualitativo (forma de semilla) y cinco de tipo cuantitativo continua (Tabla 3). No se emplearon los caracteres textura y color de semilla puesto que no agregaban información relevante para el desarrollo del modelo de predicción.

El método consiste en la permutación y obtención de bloques de información aleatoria. Se considera al 75% de los datos por semilla de cada una de las cinco especies actuales para construir un conjunto de datos de entrenamiento y el 25 % restante para elaborar un conjunto de datos de prueba. El análisis se realizó en el *software* R versión 4.1.0 (R Core Team, 2021).

ELABORACIÓN DE MODELO PREDICTIVO

Se desarrolla un modelo de predicción supervisada con el algoritmo de *Gradient Boosting Regression Model* (GBM), este modelo construye un conjunto de árboles sucesivos poco profundos y débiles, donde cada árbol aprende y mejora su desempeño a partir del anterior. Cuando se combinan los árboles débiles sucesivos, se produce un 'comité' solido de predicción (University of Cincinnati, 2018). Los resultados finales se analizan con la métrica de precisión. Para la validación del modelo de predicción se evalúa la matriz de confusión resultante, el porcentaje de precisión de predicción y el valor de índice Kappa. Para reconocer las predicciones desarrolladas como identificaciones certeras (en cada una de las semillas arqueológicas dentro de una de las cinco especies actuales analizadas), se considera que el porcentaje de predicción sea superior al 45%. Se emplean los paquetes Caret (Kuhn, 2008) y XGBoost (Chen et al., 2021). El análisis se realizó en el *software* R versión 4.1.0.



Tabla 1. Procedencia del material *in situ* de las especies domesticadas (actuales) de *Capsicum* en Perú (Código: numeración de la UNALM).

Especie	Nº ejemplares	Nº semillas	Código	Región	Provincia	Distrito
<i>Capsicum annuum</i> L.	11	15	UNALMCap 413	Ica	Ica	La Tinguiña
<i>Capsicum annuum</i> L.	6	15	UNALMCap 334	Lima	Lima	Lurín
<i>Capsicum annuum</i> L.	6	15	UNALMCap 233	Tumbes	Tumbes	Tumbes
<i>Capsicum baccatum</i> L.	6	31	UNALMCap 318	Amazonas	Chachapoyas	Chachapoyas
<i>Capsicum baccatum</i> L.	5	23	UNALMCap 86B	La Libertad	Trujillo	Trujillo
<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	6	15	UNALMCap 60	Lima	Lima	Huacho
<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	6	15	UNALMCap 353	La Libertad	Trujillo	Trujillo
<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	6	15	UNALMCap 180	San Martín	Moyobamba	Moyobamba
<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	8	15	UNALMCap 179	San Martín	Moyobamba	Moyobamba
<i>Capsicum frutescens</i> L.	6	17	UNALMCap 236	Ucayali	Coronel Portillo	Campo Verde
<i>Capsicum pubescens</i> Ruiz & Pav.	4	17	PAC192-208	Lima	Lima	Lima

Tabla 2. Evaluación de caracteres morfológicos (cualitativos y cuantitativos) en la propuesta de análisis.

Carácter	Gunn & Gaffney (1974)	Dias et al. (2013)	Chiou & Hastorf (2014)	Hinostroza et al. (2023)	Observaciones
Color de la semilla			x	x	Si se empleó. Fue considerado como carácter diferenciador entre las especies.
Cicatriz adherencia (esfericidad)			x		No se empleó, porque solo asignaron valores a 2 de 5 especies analizadas (Chiou & Hastorf, 2014).
Textura testa			x	x	Sí se empleó en la caracterización.
Prominencia del pico			x	x	Sí se empleó. Cabe precisar que en un primer momento se utilizó el morfotipo (valor cualitativo) propuesto por Chiou y Hastorf (2014), sin embargo, su aplicación estaba sujeta al criterio de cada investigador, por lo que se empleó desde el enfoque cuantitativo.
Ángulo del pico			x		No se empleó, por la ausencia de rangos de ángulos para cada especie analizada (Chiou & Hastorf, 2014).
Forma de semilla			x	x	Sí se empleó.
Relación (gruesa y delgada)			x		No se empleó porque no se efectuaron cortes histológicos.
Largo y ancho semilla (medidas)	x	x		x	Sí se empleó.
Largo y ancho hilum (medidas)	x			x	Sí se empleó.



Tabla 3. Caracteres empleados en la determinación de *Capsicum* (semillas actuales y arqueológicas).

Carácter	Gunn & Gaffney (1974)	Dias et al. (2013)	Chiou & Hastorf (2014)	Hinostraza et al. (2023)	Observaciones
Color de la semilla			x	x	Si se empleó. Fue considerado como carácter diferenciador entre las especies.
Cicatriz adherencia (esfericidad)			x		No se empleó, porque solo asignaron valores a 2 de 5 especies analizadas (Chiou & Hastorf, 2014).
Textura testa			x	x	Sí se empleó en la caracterización.
Prominencia del pico			x	x	Sí se empleó. Cabe precisar que en un primer momento se utilizó el morfotipo (valor cualitativo) propuesto por Chiou y Hastorf (2014), sin embargo, su aplicación estaba sujeta al criterio de cada investigador, por lo que se empleó desde el enfoque cuantitativo.
Ángulo del pico			x		No se empleó, por la ausencia de rangos de ángulos para cada especie analizada (Chiou & Hastorf, 2014).
Forma de semilla			x	x	Sí se empleó.
Relación (gruesa y delgada)			x		No se empleó porque no se efectuaron cortes histológicos.
Largo y ancho semilla (medidas)	x	x		x	Sí se empleó.
Largo y ancho hilum (medidas)	x			x	Sí se empleó.

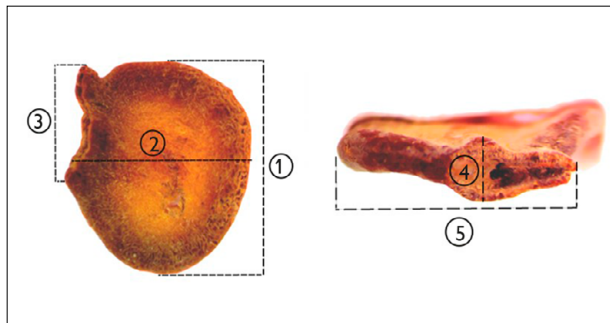


Figura 7. Propuesta de análisis de caracteres de tipo cuantitativo para determinación de *Capsicum*. Planta de semilla (1. Largo de semilla. 2. Ancho de semilla. 3. Hilum) y Perfil de semilla (4. Ancho de hilum. 5. Largo de hilum).

ANÁLISIS DE AGRUPACIÓN (CLUSTER)

A partir de los conjuntos de datos actuales y arqueológicas, se calcularon las matrices de disimilitud basadas en la distancia de Gower y con ellas se formaron figuras de agrupación (clúster). Se empleó el paquete Cluster (Maechler et al., 2021) y el software R versión 4.1.0.

RESULTADOS

RESULTADOS CUALITATIVOS

Las características morfológicas de las especies actuales de *Capsicum*, se presentan en la Tabla 4 y Figura 8. En relación con la forma de la semilla, cuatro de las especies presentaron las mismas formas (elíptica y circular), excepto en el caso de *C. pubescens* Ruiz & Pav que presentó forma asimétrica. El color y textura de la testa presentaron caracteres predominantes, tales como el color amarillo y suave con ligeras ondulaciones hacia el borde respectivamente, a excepción de *C. pubescens* Ruiz & Pav, que exhibió color negro y textura ondulada (Figura 9).

Con respecto a las formas de las semillas correspondiente a las muestras arqueológicas (Tabla 5 y Figura 10), son en general elíptica y circular, y, en menor presencia las formas asimétrica y ampliamente obovadas. En referencia al color y textura de la testa, hubo una predominancia del color beige oscuro y textura suave (Figura 8).

Tabla 4. Morfometría de semillas en las cinco especies domesticadas de *Capsicum* en Perú.

Especie	N	Color	Forma				Textura testa	Largo semilla			Ancho semilla			Hilum largo			Hilum ancho			Altura Pico		
			Circular	Elíptica	Ampliamente ovado	Asimétrica		Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max
<i>C. annuum</i>	45	Crema, amarillo	9	3	33		Suave	2,31	3,29	3,72	2,34	2,85	3,55	0,1	1,52	2,57	0,1	0,61	1,15	0,1	0,1	0,5
<i>C. baccatum</i>	54	Amarillo	36	18			Suave	3,11	3,63	4,24	2,33	3,13	3,78	1,49	2,27	3,12	0,3	0,64	1,38	0,1	0,42	1,6
<i>C. chinense</i>	60	Amarillo	56	4			Suave	2,48	3,57	9,98	2,35	3,15	6,81	0,1	1,91	2,83	0,1	0,74	1,36	0,1	0,28	0,6
<i>C. frutescens</i>	17	Amarillo	9	8			Suave	2,3	2,62	2,82	2,36	2,6	2,84	1,19	1,53	1,99	0,56	0,81	1,14	0,06	0,17	0,3
<i>C. pubescens</i>	17	Negro			17		Ondulada	3,81	4,56	5,39	3,67	4,09	4,41	1,55	2,83	3,63	0,35	0,63	1,23	0,1	0,03	0,15



Figura 8. Morfología de las cinco especies actuales domesticadas de *Capsicum* en el Perú.



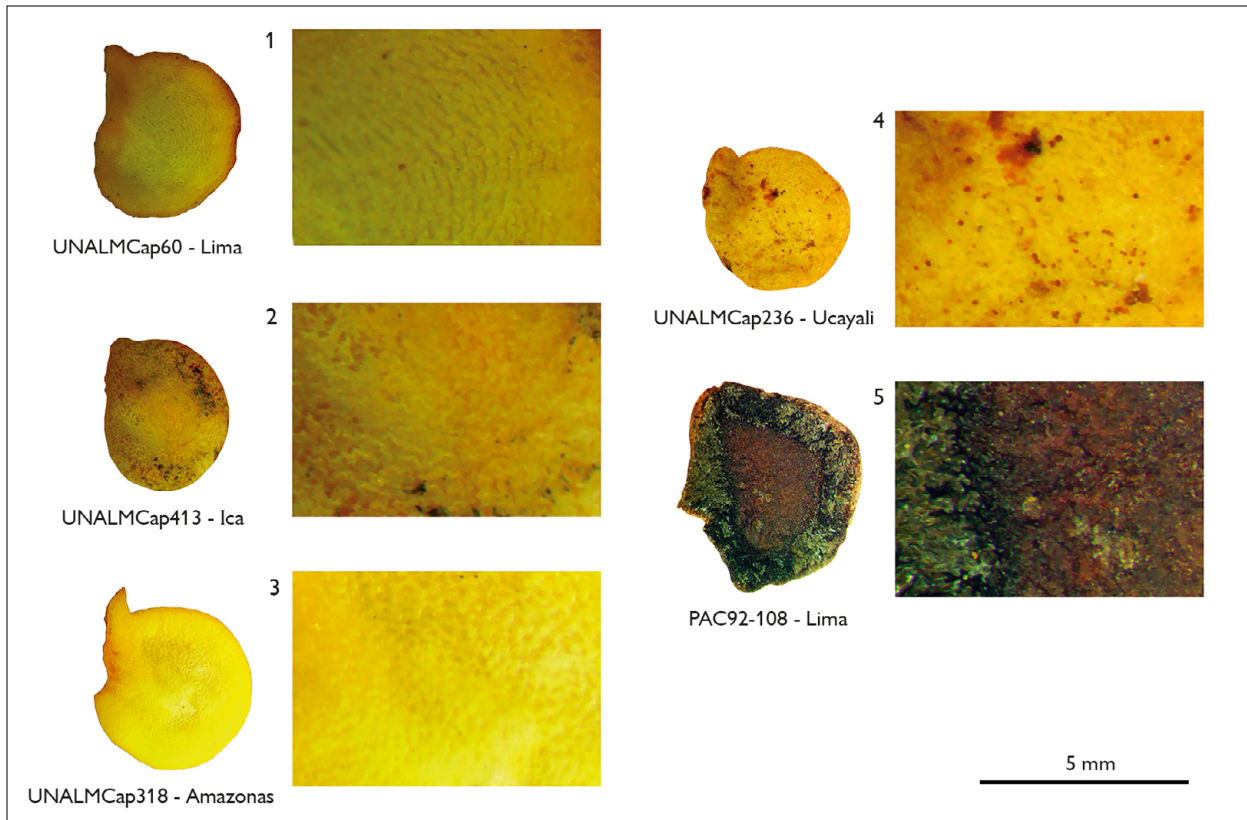
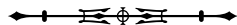


Figura 9. Detalle de textura y color de la testa en las cinco especies actuales domesticadas de *Capsicum* en el Perú. Notas: 1. *C. chinense* (suave-amarillo). 2. *C. annuum* (suave-amarillo). 3. *C. baccatum* (suaveamarillo). 4. *C. frutescens* (suave, amarillo). 5. *C. pubescens* (ondulada-negro).

Tabla 5. Morfología de semillas en muestras arqueológicas, Muestra 1 corresponde a las semillas del CE-10(14) y Muestra 2-9 corresponden a las semillas del del CE-01(13).

Muestra	N	Forma				Textura testa	Largo semilla			Ancho semilla			Hilum largo			Hilum ancho			Altura Pico			
		Color	Circular	Elíptica	Ampliamente ovado		Asimétrica	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max
Muestra 1	41	Beige oscuro	23	2	9	7	Suave	3.73	4,61	5.45	3.13	4,05	11.6	0.1	2,51	3.7	0.1	0,88	1.33	0,1	0,22	1
Muestra 2	18	Beige oscuro	11	1	5	1	Suave	3.2	3,62	4.04	2.77	3,38	3.97	0.1	2,02	3.3	0.1	0,64	1.18	0,1	0,07	0.39
Muestra 3	4	Beige oscuro	1	2	1		Suave	3.84	4,28	4.49	3.47	3,59	3.75	1.77	2,35	2.91	0.41	0,55	0.72	0,1	0,5	1
Muestra 4	4	Beige oscuro	2	2			Suave	0.1	4,27	4.19	0.1	3,68	3.91	1.23	1,46	1.78	0.39	0,5	0.63	0,1	0,05	1
Muestra 5	9	Beige oscuro	6	3			Suave	3.75	3,91	4.08	2.98	3,26	3.54	1.31	1,95	2.32	0.22	0,6	1.03	0.05	0,2	0.5
Muestra 6	9	Beige oscuro	1	1	7		Suave	3.16	3,88	4.61	2.65	3,11	3.71	0.1	2,27	3.15	0.1	0,55	0.86	0.12	0,31	0.5
Muestra 7	7	Beige oscuro	6	1			Suave	2.81	3,51	3.92	3.04	3,26	3.47	0.1	2,17	2.79	0.1	0,74	1.46	0,1	0,33	2
Muestra 8	21	Beige oscuro	16	3		2	Suave	2.19	2,77	3.91	1.67	2,33	3.08	0.1	1,47	3.41	0.1	0,33	1	0,1	0,25	1
Muestra 9	9	Beige oscuro	5	4			Suave	3.97	4,11	4.21	2.92	3,36	3.9	2.07	2,56	3.07	0.2	0,42	0.88	0,1	0,28	0.5



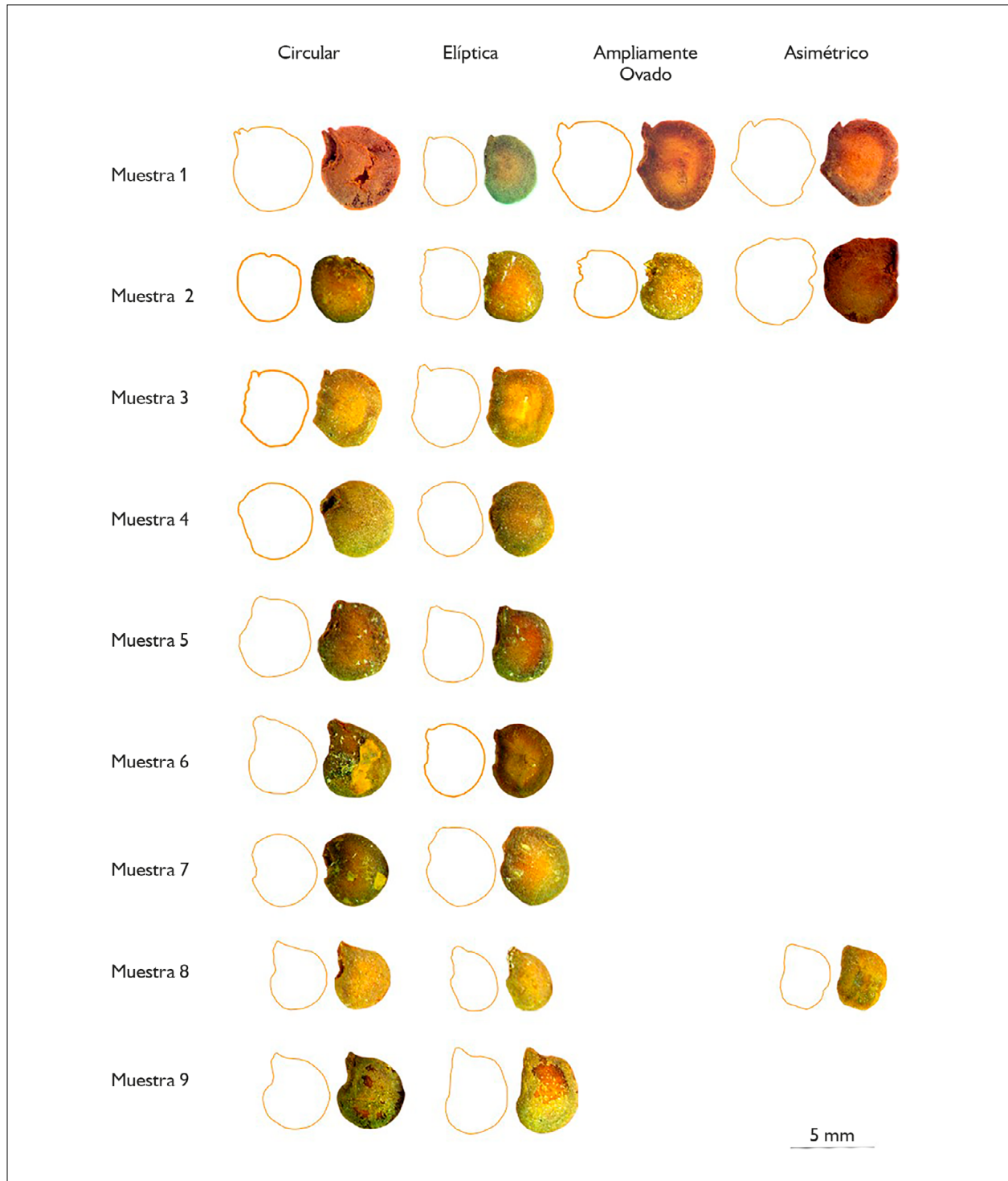


Figura 10. Morfología de semillas en muestras arqueológicas. Muestra 1 corresponde al CE-10(14) y Muestra 2 hasta 9 corresponden al CE-01(13).

RESULTADOS DE PREDICCIÓN A PARTIR DE GRADIENT BOOSTING REGRESSION MODEL (GBM)

La aleatorización de los datos fue empleada para la clasificación del modelo. La importancia de las variables para la construcción del modelo GBM en semillas actuales se representan en la Figura 11, se aprecia que las variables que tienen mayor contribución fueron largo de semilla (0.32), altura del pico (0.27) y largo del hilum (0.13).

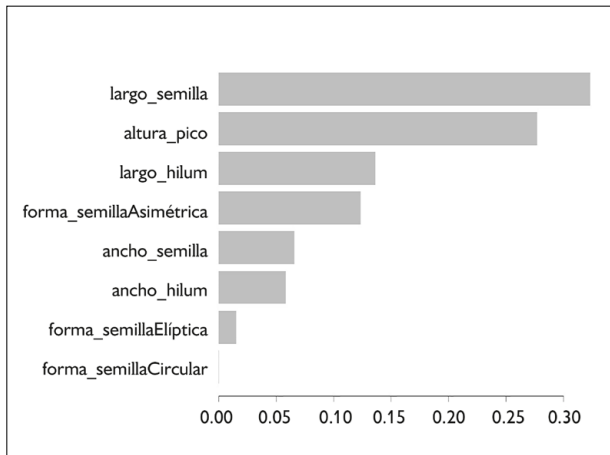


Figura 11. Contribución de variables en semillas actuales de *Capsicum* analizadas en modelo GBM.

La prueba del desempeño del modelo de predicción para la determinación taxonómica de las semillas actuales se muestra en el diagrama de matriz de confusión (Figura 12). El porcentaje de precisión para el modelo predictivo es 74.51%; valor que precisa un nivel de desempeño elevado para el modelo GBM y el valor del índice Kappa igual a 0,64. La interpretación de ambos valores confirman que, el modelo posee una capacidad predictiva moderada. A partir de esto se interpreta que, las predicciones de identificaciones taxonómicas de nuestro conjunto de datos de pruebas son sólidas.

Al considerar el porcentaje de predicción de las semillas arqueológicas, se obtiene que El 22.13 % de estas son identificada como *C. baccatum* (27 semillas), mientras que el 77.87% restante (97 semillas) no pueden ser identificadas en una de las cinco especies actuales domesticadas (Figura 13).

RESULTADOS DE ANÁLISIS CLUSTER

El análisis Cluster (Figura 14) de las cinco especies actuales expone el agrupamiento de cuatro clústeres; el único grupo diferenciado es *C. pubescens*, los demás

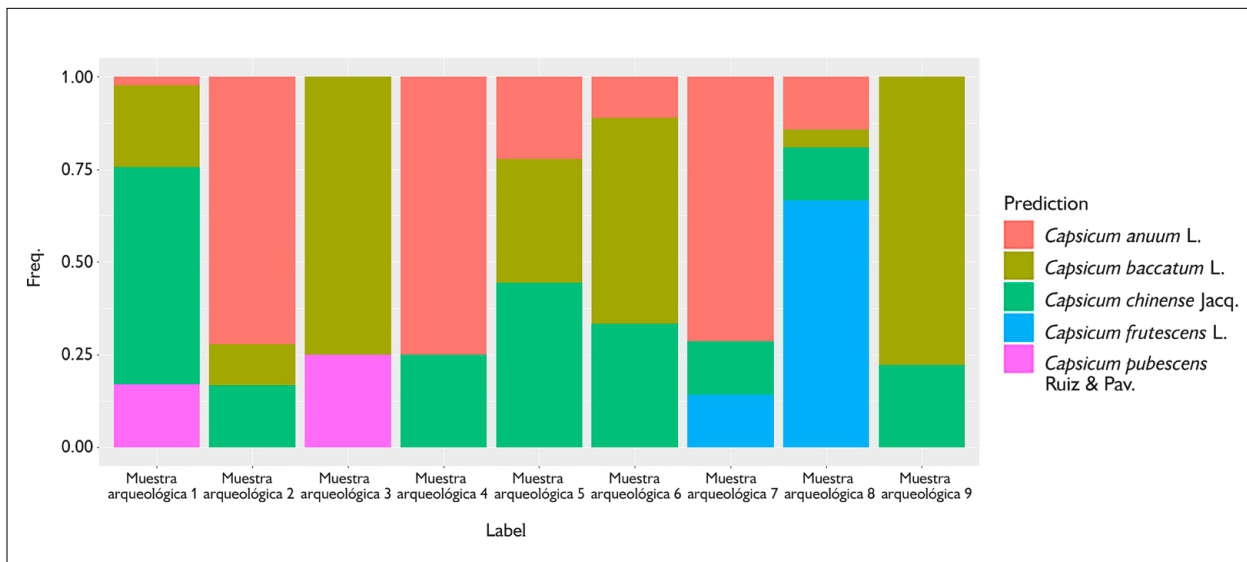


Figura 12. Diagrama de barras del modelo con predicción del 22.13 % en muestras arqueológicas determinadas como *C. baccatum*.

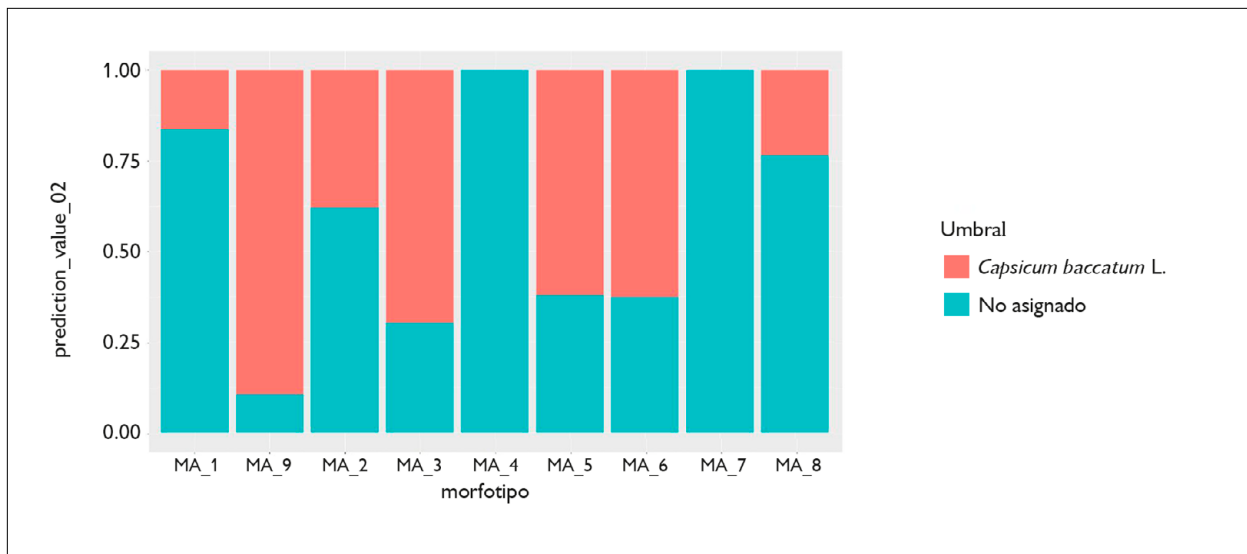


Figura 13. Diagrama en barras de matriz de confusión entre semillas actuales y arqueológicas.

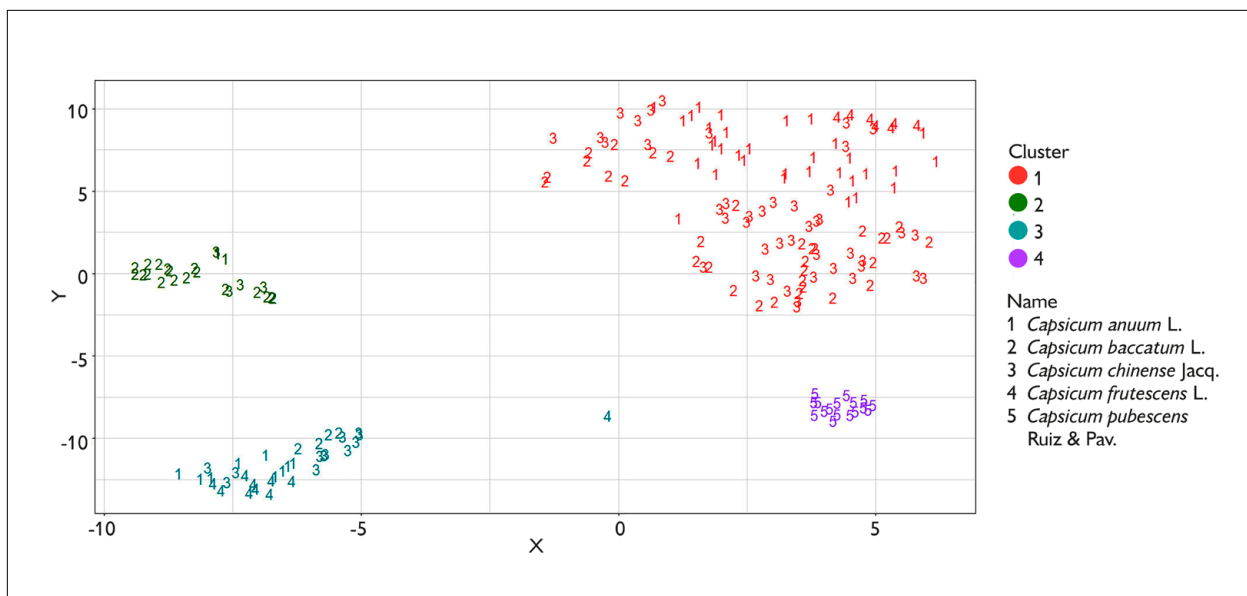


Figura 14. Agrupación de Clústeres de semillas actuales de *Capsicum*.

especies presentan similitudes entre sí, que impiden su diferenciación taxonómica.

La disposición gráfica de los resultados de la matriz de disimilitud calculada para las semillas arqueológicas no presenta una agrupación definida. A excepción de la muestra arqueológica 8 que se agrupa de forma compacta (Figura 15).

El modelo predictivo aplicado a las semillas arqueológicas muestra la formación de dos grupos (uno más compacto que el otro) que corresponden con la identificación de *C. baccatum* (Figura 16). El resto de las semillas arqueológicas (a las que no se le asignó una categoría taxonómica) se distribuyó de forma dispersa.

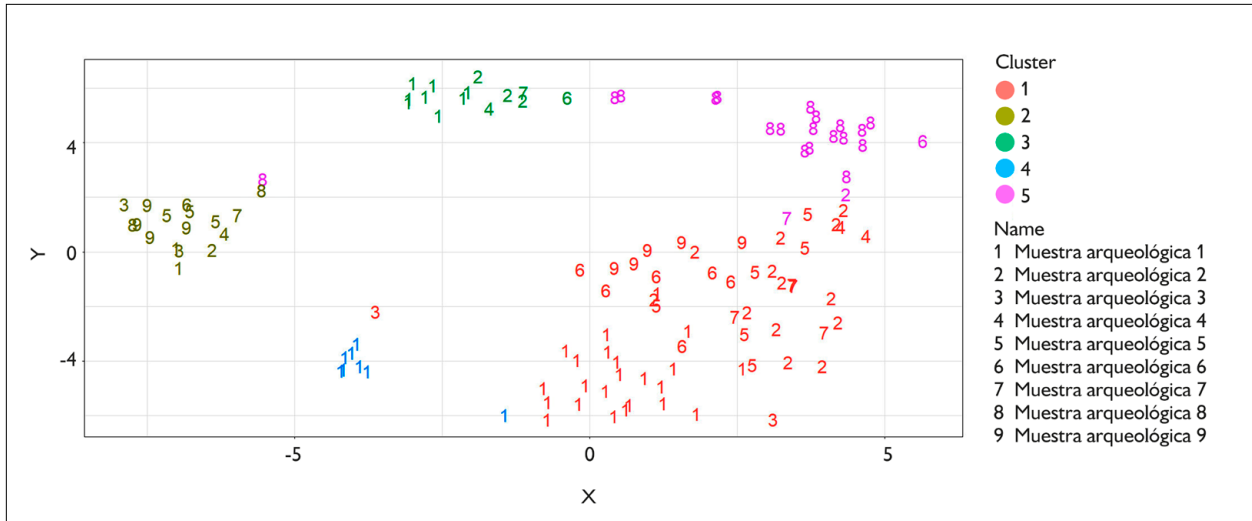


Figura 15. Agrupación en Clústeres de semillas arqueológicas.

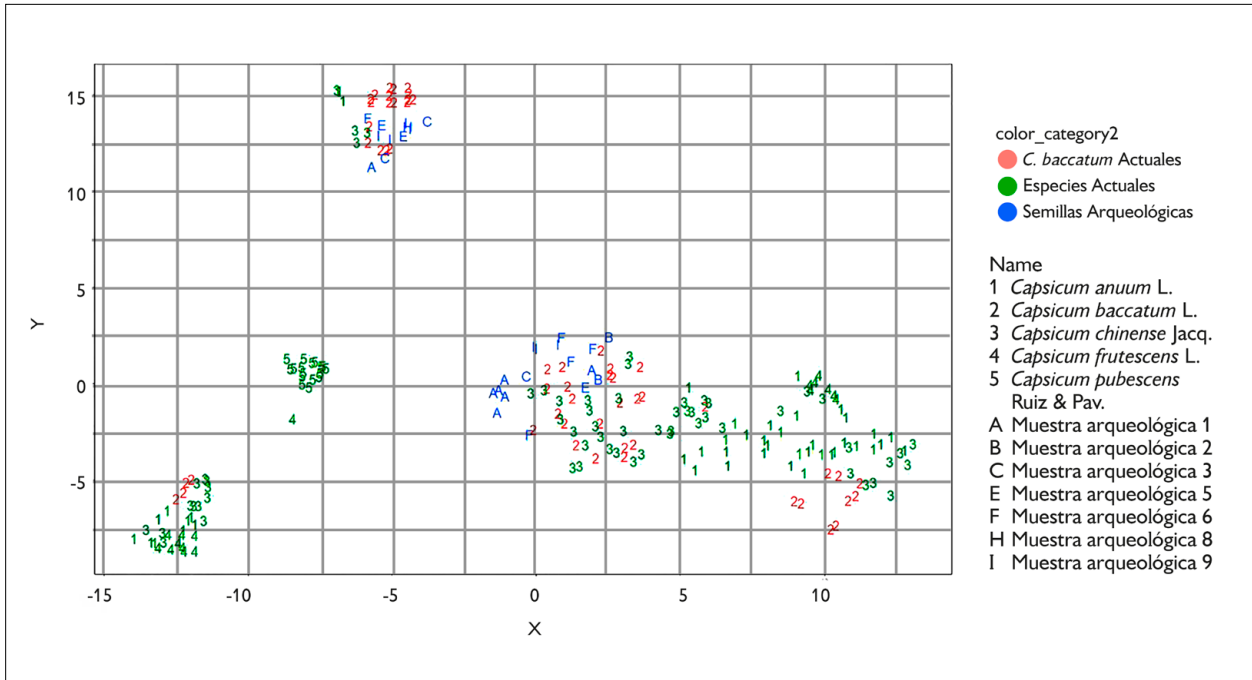


Figura 16. Cluster de semillas de especies actuales y las 27 semillas arqueológicas identificadas como *C. baccatum*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es de conocimiento que, la domesticación produjo cambios morfológicos en las plantas (Darwin, 1859); tales como la reducción de la latencia, la mejora del vigor de la plántula, pérdida de mecanismo de dispersión y reducción de la

diversidad genética dentro de las poblaciones de cultivo (Pickersgill, 2007), por lo que, la mejora en las reservas almacenadas en las semillas estaría vinculada a la evolución de hábitats manejados por humanos (Purugganan, 2019). De esta manera, la intensificación de la selección de estos

rasgos (de manera inconsciente), estaría reflejando cambios en las condiciones de cultivos, expresados en aumentos o disminuciones graduales de su frecuencia debido a su carácter sensible frente a cambios mediados por humanos (Gremillion, 1993, pp. 163-164).

Por ello, en estudios de semillas de *Capsicum* spp. se ha propuesto que es posible llegar a una determinación a nivel de especie utilizando sus rasgos morfológicos (Chiou & Hastorf, 2014, p. 332). Nuestro análisis evalúa dicha propuesta y contribuye con nuevos caracteres de tipo cuantitativo. La buena preservación de las estructuras posibilitó el uso de la morfometría y el análisis multivariado para identificar diferencias entre las especies actuales y arqueológicas, consideradas caracteres que apoyan la determinación de *Capsicum*. Consideramos se tratan de individuos con caracteres de alta variación fenotípica, influenciadas por la selección humana, selección natural y por procesos no adaptativos como la deriva génica (Schlichting, 1986; Hernández-Verdugo et al., 2015). Se interpreta variaciones en la plasticidad expresados en los fenotipos de las semillas que son compartidos por los individuos de las especies de *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. annum* y *C. frutescens* y estos datos sugieren semejanza entre ellos. El agrupamiento exclusivo de *C. pubescens* sugiere que su delimitación taxonómica sería más restringida. El modelo predictivo de semillas actuales (Figuras 11 y 14) considera que las variables que permiten su mejor caracterización son longitud de la semilla, altura del pico y longitud del hilum.

Para ahondar en este tema, la prevalencia del largo de la semilla puede estar influenciada por los cambios en las condiciones de cultivo, preferencias de variedades o especies que fueron tornándose predilectas (influenciadas por factores económicos o comerciales) a través del tiempo, entre otros (Chiou et al., 2014). Este fenómeno fenotípico podría estar reflejando indirectamente la selección de frutos de mayor tamaño o cultivo de una variedad específica (Bisognin, 2002, p. 721; Martínez et al., 2015, p. 97).

En relación con la altura del pico nuestros resultados de semillas actuales presentan similitudes con las investigaciones de Langlie et al. (2011, p. 76), quien determinó que este carácter fuera considerado una característica clave como diferenciadora en semillas actuales y arqueológicas de *Quenopodium*, y podría indicar cambios en las condiciones de cultivo. Para ahondar en este punto, la altura del pico es considerado la protuberancia formada por la raíz embrionaria o radícula; y está íntimamente influenciado por el tamaño del embrión. En estudios recientes (Cano-Vázquez et al., 2015, p. 5) han indicado que existe una relación directamente proporcional entre el tamaño de la semilla y su embrión, por lo que la baja prominencia del pico podría estar indicando una práctica incipiente de cultígeno (Gremillion, 1993, pp. 163-164).

Nuestros datos (especies actuales) podrían sugerir el cambio en sus condiciones de cultivo, probablemente influenciado por la disponibilidad de agua, la calidad del suelo, cambios en las técnicas de cultivos, entre otros. Estos cambios graduales de su frecuencia estarían influenciados por cultivares morfológicamente distintos o por la selección de variedades altamente divergentes.

Con respecto a la longitud del hilum, se han registrado casos como las leguminosas (Esau, 1982, p. 433), donde el hilum ha cumplido una función valvular higroscópica y su forma es considerado un carácter confiable de determinación taxonómica.

En cuanto a la forma de semilla, el conjunto de especies analizadas (actuales) presentaron similitudes entre sí, por tanto, imposibilitó la asignación de un morfotipo a cada especie para que puedan ser comparadas con las arqueológicas. En este mismo sentido, nuestros resultados difirieron con los morfotipos de semilla propuesto por Chiou y Hastorf (2014, p. 332); consideramos que, el tamaño de su muestra analizada ($n = 44$) podría haber influenciado en la generalización de tales formas. Por tal razón, en nuestro caso, consideramos necesario el uso de un manual (Stearn, 1983, p. 318), del cual empleamos valores en proporciones de tamaño y forma. En este sentido, concordamos con

Dias et al. (2013, p. 6495), cuando refiere que las semillas domesticadas de *Capsicum* L. son similares en estructura y forma, pero varían con relación al tamaño.

El conjunto de especies analizadas presentó textura de testa suave con ligeras ondulaciones en el borde, esta misma característica fue reportada por Gunn y Gaffney (1974, p. 11) para describir la similitud entre *C. frutescens* y *C. annuum*. Sin embargo, no resultó útil para poder diferenciarlas con las arqueológicas, porque estas presentaron una textura suave con bordes porosos; esta particularidad pudo estar influenciado debido a la larga permanencia debajo de la tierra y por los procesos tafonómicos que influenciaron en su conservación. Tales como factores exógenos como endógenos; de manera interna estuvo sometido a condiciones de humedad (capa de barro) y desintegración orgánica al estar en contacto directo con otros especímenes. De manera externa estuvo sometido a fluctuantes condiciones ambientales (temperatura, humedad, precipitación) que generó cambios sobre la semilla, como es el caso de la deshidratación, que surge por la pérdida de agua de sus tejidos.

El color de la semilla solo fue útil para descartar entre la muestra arqueológica a *C. pubescens* (característica testa de color negro), debido a que todas presentaron la testa de color beige oscuro. Esta coloración pudo ser adquirida por la larga permanencia bajo tierra; por ello, no fue considerado un carácter confiable de determinación taxonómica. Del mismo modo que la textura, el color pudo estar influenciado por las condiciones de alta temperatura que caracterizan a la costa peruana, fenómeno que provocó la disminución de los niveles de agua en las semillas arqueológicas.

Con relación al tratamiento de las semillas arqueológicas los datos sugieren un mayor número de agrupamientos (5) en comparación con las semillas actuales (4). De la misma manera las muestras arqueológicas 1-9 sugieren una alta plasticidad de sus semillas, que no permiten una agrupación definida, esto podría estar influenciado por varios factores, por ejemplo, la selección artificial, ambiente, interacción con otras especies (genes), fertilidad del suelo,

nivel de luz, captación de agua, etc. En otras palabras, las semillas arqueológicas presentan notables diferencias con las semillas actuales, y se refleja en la agrupación exclusiva en la muestra arqueológica 8, que probablemente se trataría de un espécimen que se separa de los otros conjuntos de datos.

El modelo de predicción para la determinación taxonómica de las semillas arqueológicas nos permitió un primer acercamiento (Figura 12) para su asignación. Por ello, el porcentaje de predicción del modelo superior al 45% fue fundamental para definir la determinación taxonómica, este demostró que todas las muestras a excepción de las muestras 4 y 7 tienen alta probabilidad de pertenecer a la especie *C. baccatum* (Figura 15). En relación a estas muestras, su explicación escapa a los objetivos de este artículo, pero consideramos importante exponer la característica de este dato.

A los resultados de modelo predictivo se suma el análisis del contexto arqueológico, que adquiere notable importancia debido a que ayuda a esclarecer la determinación taxonómica. Al comparar los diagramas (Figuras 12 y 13) se obtiene que la muestra 1 (122 semillas del CE-10(14)) correspondería con seguridad a las especies *C. baccatum*. Mientras que las semillas extraídas de cada fruto arqueológico (muestra 1, 2, 3, 5, 6, 8 y 9) del CE-01(13), corresponderían con seguridad a una sola especie, es decir a *C. baccatum*. Esta evidencia concluye que los pobladores de Huaca Pucllana tuvieron tendencia por el cultivo de esta especie.

En este mismo término, la importancia de identificar el cultivo de esta especie para la época Lima es referido por Lumbreras (2019, p. 261), quien precisa que, durante el periodo de estudio, Intermedio Temprano, hubo una intensificación del cultivo agrícola en comparación con periodos previos. Las investigaciones sobre la sociedad Lima en el valle del Rímac apuntan hacia que su desarrollo se fundamentó en la intensificación del riego y producción agrícola por medio de la construcción de canales (Patterson & Lanning, 1964, p. 116; Palacios et al., 2014, p. 60). Y es, precisamente, con la construcción de los grandes complejos

ceremoniales de la época, como Maranga y Pucllana, es que se intensifica la gestión de los principales canales del valle del Rímac. En efecto, las investigaciones de Cortez y Ventura (2018) han demostrado- mediante análisis espacial y etnohistórico- la reconstrucción de la gestión de diseño hidráulico del valle del Rímac constituido por la canalización de las aguas y su distribución en tierras cultivables durante la época prehispánica (Periodo Intermedio Temprano hasta Horizonte Tardío). Considerando que, la captación y distribución del recurso hídrico fue fundamental para la obtención de cultivos durante estos periodos.

La intensificación del cultivo, en específico de especies preferidas para el consumo de alimentos y para las ceremonias rituales generó un incremento de su producción (Lumbreras, 2019, pp. 60-61). Esto podría haber conllevado al aumento del largo de las semillas dada una mayor acumulación de reserva genética en sus cotiledones como consecuencia del síndrome de domesticación (Harlan, 1992; Pickersgill, 2017; Casas et al., 2017; Pesqueira, 2017; Spengler, 2020). De esta manera se explicaría que entre la FC III y la FC IV el cultivo de la especie *C. baccatum* cobrara mayor importancia entre los pobladores que habitaron la Huaca Pucllana.

Además, la recurrencia del hallazgo contextual de *C. baccatum* en Huaca Prieta (Chiou & Hastorf, 2012) correspondiente a actividades ceremoniales y su identificación en el CE-01(14) especies actuales y son aplicables las muestras arqueológicas por lo que nos brinda confianza para proponer que en Pucllana hubo manejo de la variabilidad genética de *C. baccatum* (Figura 17) considerándolo como el resultado de la intensificación de su cultivo e influenciado por preferencias culturales de consumo.

Es fundamental reflexionar sobre el conjunto conformado por las muestras arqueológicas, diferenciadas de las actuales; es probable que los ajíes de Pucllana estén influenciados por procesos de enriquecimiento de diversidad genética a partir del flujo génico con variantes asociadas a propágulos con sociedades humanas vecinas y también con poblaciones silvestres (Casas & Velásquez, 2017, pp.

83-95). Para ahondar, estamos hablando de individuos que han sido el resultado de la selección natural y artificial por milenios, y, por tanto, tienen diferencias en su forma, función y comportamiento, esta es la base de la variabilidad genética (Reynel et al., 2013, pp. 59-60) y el fundamento de la selección natural (Rodríguez, 2018, p. 53). Y al estar manipulados por humanos generó la intensificación de la selección artificial, por ello se propone que estos individuos presentan el mejoramiento de sus especies domesticadas.

Sin embargo, el contraste de agrupación entre las muestras actuales (4) y arqueológicas (5) genera nuevos cuestionamientos; es posible que uno de los factores influyentes, más no el único, sea la disminución de la diversidad genética. Esta disminución es denominada erosión genética, que implicaría la reducción de la variación disponible en especies actuales. Un factor principal puede hallarse en el desplazamiento de las variedades nativas por variedades mejoradas, y eventualmente este proceso puede significar la pérdida de las variedades locales. De esta manera, cuando el tamaño de las poblaciones se reduce, aumenta la reproducción entre organismos emparentados (consanguinidad) y hay una reducción de la diversidad genética (Rodríguez, 2018, p. 53).

En este aspecto, asentimos con Casas y Velásquez (2017) y Rodríguez (2018) - este último analizó los sistemas de producción de *C. annum* y su relación con la erosión genética en México- ambos puntualizan que los factores que han influenciado en la pérdida de la diversidad genética ha sido la agricultura moderna. Con cimientos desde la segunda mitad del siglo XVIII que conllevó al inicio de la Industrialización. De este modo, buscan que las plantas sean de igual tamaño y que las partes cosechadas (frutos, granos, tubérculos) maduren uniformemente y que sean similares entre sí, es por lo que, en la búsqueda de su mayor eficiencia empleen maquinarias, fertilizantes y agroquímicos, sobre todo estos últimos para que sean resistentes a plagas y enfermedades. Al mismo tiempo, los parámetros regidos por la economía social de mercado como influencias culinarias, propiedades organolépticas y otros valores

culturales repercutan en la preferencia de los frutos actuales de *Capsicum* y así se obtengan especies con cierta homogeneidad genética. Y, su impacto a nivel morfológico se podría ver reflejado en la reducción del ancho y largo de la semilla, así como el aumento de la altura del pico.

Como alternativa a esta situación, se propone un viraje e identificar aquellos individuos que contengan la mayor información bioquímica de la resistencia hacia las variedades de mayor producción. De este modo enfocarse en individuos de variedad local, en este caso

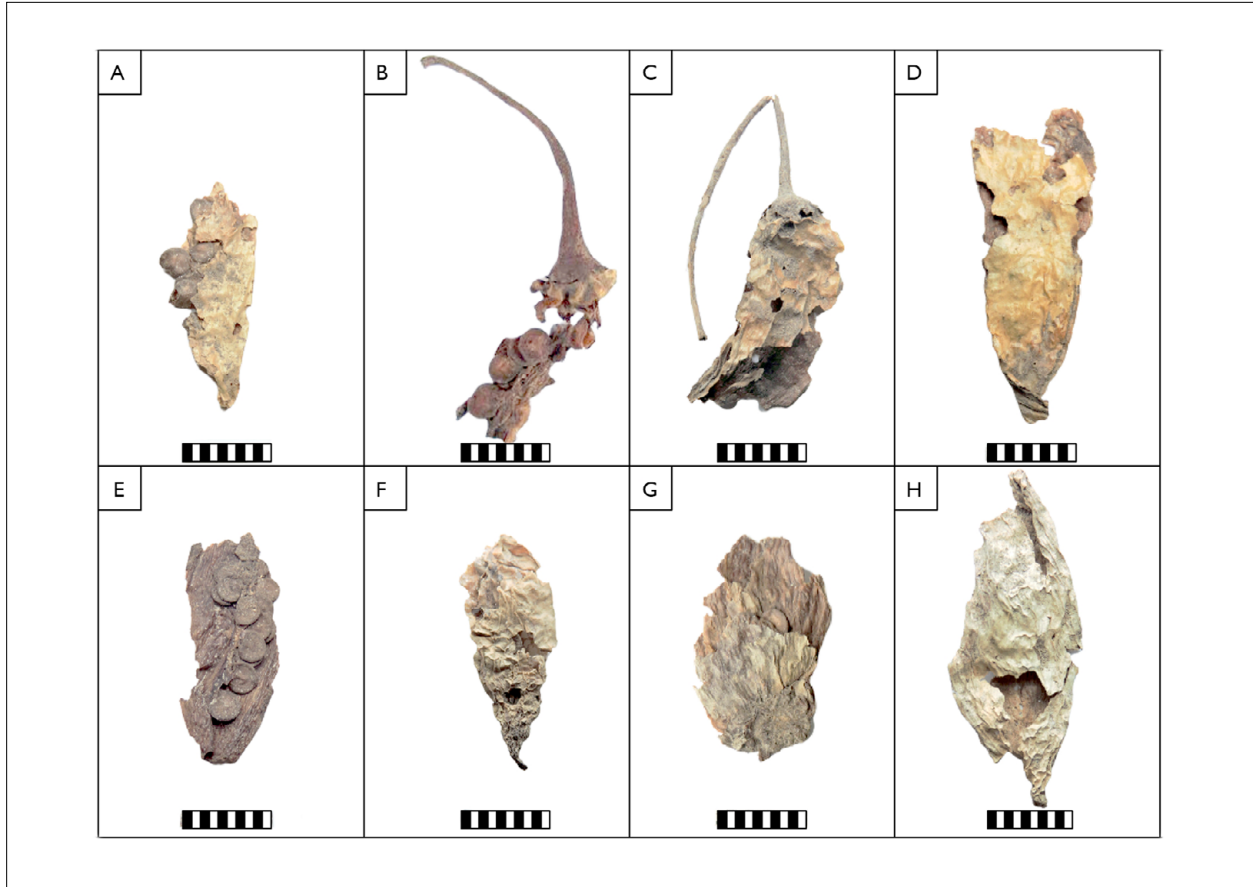


Figura 17. Frutos procedentes del CE-01(13) determinados como *C. baccatum*. Notas: A. Muestra 2; B. Muestra 3; C. Muestra 4; D. Muestra 5; E. Muestra 6; F. Muestra 7; G. Muestra 8 y H. Muestra 9.

Tabla 6. Caracteres de semillas actuales propuestos para la determinación de *Capsicum* en semillas arqueológicas.

Especie	Largo semilla			Altura Pico			Hilum largo		
	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max
<i>C. annum</i>	2,31	3,29	3,72	0,1	0,1	0,5	0,1	1,52	2,57
<i>C. baccatum</i>	3,11	3,63	4,24	0,1	0,42	1,6	1,49	2,27	3,12
<i>C. chinense</i>	2,48	3,57	9,98	0,1	0,28	0,6	0,1	1,91	2,83
<i>C. frutescens</i>	2,3	2,62	2,82	0,06	0,17	0,3	1,19	1,53	1,99
<i>C. pubescens</i>	3,81	4,56	5,39	0,1	0,03	0,15	1,55	2,83	3,63

como son los especímenes arqueológicos, que tienen una mayor probabilidad de sobrevivir a los cambios del ambiente (abióticos y bióticos) ya que han sido el resultado de milenios de experimentación y junto a programas de conservación de germoplasma apoyen a agricultores locales para asegurar el mantenimiento de estas fuentes de genes.

Para concluir, los resultados de este estudio constituyen un nuevo aporte para la determinación de semillas actuales y arqueológicas de *Capsicum*, conformado por la incorporación de caracteres de tipo cuantitativo (Tabla 6) y la elaboración de un modelo predictivo con fundamento en la estadística multivariada. La validez de este método conducirá a la necesidad de reevaluar los métodos de recuperación de las semillas durante la excavación arqueológica. En vista de este estudio, y de la particularidad de analizar estructuras no observables a simple vista, es preciso recomendar como primer paso el cribado o tamizado en seco (malla de luz, de 0.5, 1, 2 y 4 mm) y de ser posible la conservación lo antes posible en una atmósfera no oxidante mediante el uso de recipientes herméticos y resistentes. Al mismo tiempo, se vislumbra una problemática más compleja; la exposición de la reducción de la variabilidad genética de *Capsicum* en tiempos actuales y el viraje hacia el reconocimiento de especímenes arqueológicos como fuente de diversidad genética como alternativa para afrontar esta problemática.

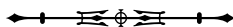
Igualmente, su aplicación permitirá conocer los diversos usos de esta especie, modos de intercambio, preferencias culturales, entre otros, durante épocas prehispánicas, así como históricas y actuales. Es evidente que otros caracteres tanto morfológicos, anatómicos y genéticos podrían sumarse a las variables propuestas en este estudio; por ello es necesario seguir ampliando nuevos métodos de determinación a partir de estructuras arqueológicas (epicarpio, pedúnculo y placenta) que mantienen una excelente preservación en el registro arqueológico de la costa peruana.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a Roberto Ugas, Isabel Flores, Gloria Barboza, Elmo León, José Ccencho, Micaela Álvarez, Fred Wheeler, Humberto Rodríguez, Mirella Ganoza, Vanessa Salomón, Miguel Durand, José Hurtado y Ciro Apéstegui por sus aportes teóricos y prácticos a la investigación.

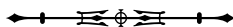
REFERENCIAS

- Areche, R. (2019). Las primeras evidencias arqueológicas de Huacones-Vilcahuasi, Cañete, Perú. In *Actas del V Congreso Nacional de Arqueología* (pp. 187-198). https://www.academia.edu/40236223/Las_primeras_evidencias_arqueol%C3%B3gicas_de_Huacones_Vilcahuasi_Ca%C3%B1ete_Per%C3%BA
- Barboza, G. E., García, C. C., González, S. L., Scaldaferrero, M., & Reyes, X. (2019). Four new species of *Capsicum* (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. *PLoS ONE*, *14*(1), e0209792. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209792>
- Barboza, G. E., Bianchetti, L. B., & Stehmann, J. R. (2020). *Capsicum carassense* (Solanaceae), a new species from the Brazilian Atlantic forest. *PhytoKeys*, *140*, 125-138. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.140.47071>
- Bellido, E. (2014). Maranga: una perspectiva arqueobotánica en los periodos tardíos. In J. Narvaez & L. Carrión (Eds.), *Arqueología: catorce años de investigaciones en Maranga* (pp. 248-259). Municipalidad Metropolitana de Lima/Parque de las Leyendas. <https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Bellido/publication/316660669>
- Bisognin, D. (2002). Origin and evolution of cultivated Cucurbits. *Ciencia Rural*, *32*(5), 715-726. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000400028>
- Brack, A., & Mendiola, C. (2000). *Ecología del Perú. Parte II. Las regiones naturales del Perú*. Bruño.
- Bruno, M. C., & Whitehead, W. T. (2003). Chenopodium cultivation and formative period agriculture at Chiripa, Bolivia. *Latin American Antiquity*, *14*(3), 339-355. <https://www.jstor.org/stable/3557564>
- Bruno, M. C. (2005). ¿Domesticado o silvestre? Resultados de la investigación de semillas de Chenopodium Chiripa, Bolivia (1500-100 A.C.). *Textos antropológicos. Carreras de Antropología y Arqueología, Universidad Mayor de San Andrés*, *15*(2), 39-50. <http://saberesbolivianos.com/investigadores/Bruno/Bruno2005Web.pdf>



- Cano-Vázquez, A. C., López-Peralta, M. A., Zavaleta-Mancera, H. A., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I., Gardea-Béjar, A., & Gonzales-Hernandez, V. A. (2015). Variación en grados de latencia en semillas entre colectas de Chile Piquín (*Capsicum anuum* var. *glabrusculum*). *Botanical Sciences*, 93(1), 175-184. <https://doi.org/10.17129/botsci.138>
- Canziani, J. (2009). *Ciudad y territorio en los Andes. Contribuciones a la historia del urbanismo prehispánico*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Carrizo, C., Barfuss, M. H. J., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A., & Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany*, 118(1), 35-51. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>
- Casas, A., & Velásquez, D. (2017). Erosión genética. In A. Casas, J. Torres-Guevara & F. Parra (Eds.), *Domesticación en el continente americano* (pp. 83-95). Fondo Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Casas, A., Parra, F., Blancas, J., Rangel-Landa, S., Vallejo, M., Figueredo, J., & Moreno, A. I. (2017). Origen de la domesticación y la agricultura: como y por qué. In A. Casas, J. Torres-Guevara & F. Parra (Eds.), *Domesticación en el continente americano* (pp. 189-223). Fondo Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ccencho, J. (2015). Tradición y cambios en la cerámica lima de Huaca Pucllana. *Boletín de Arqueología PUCP*, (19), 33-56. <https://doi.org/10.18800/boletindearqueologiapucp.201501.002>
- Chacón, M. I. (2009). Darwin y la domesticación de plantas en las Américas: el caso del maíz y el frijol. *Acta Biológica Colombiana*, 14, 351-362. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2009000400022
- Chen, T., Tong, H., Benesty, M., Khotilovich, V., Tang, Y., Cho, H., . . . Yuan, J. (2021). *xgboost: extreme gradient boosting. R package version 1.4.1.1*. <https://CRAN.R-project.org/package=xgboost>
- Chiou, K. L., & Hastorf, C. A. (2012). *Capsicum spp. at preceramic sites of Huaca Prieta and Paredones, Chicama valley, Peru. Report written for Tom Dillehay, Vanderbilt University* (UCB Archaeobotany Laboratory Report, 74). University of California-Berkeley. https://escholarship.org/content/qt6mm4m9sw/qt6mm4m9sw_noSplash_d30c15be29569326a8b3ae176ff3ae05.pdf?t=o31xcv
- Chiou, K. L., Cook, A. G., & Hastorf, C. A. (2013). Flotation versus dry sieving archaeobotanical remains: a case history from the middle horizon southern coast of Peru. *Journal of Field Archaeology*, 38(1), 38-53. <https://www.jstor.org/stable/24408543>
- Chiou, K. L., & Hastorf, C. A. (2014). A systematic approach to species-level identification of Chile pepper (*Capsicum* spp.) seeds: establishing the groundwork for tracking the domestication and movement of Chile peppers through the Americas and beyond. *Economic Botany*, 68(3), 316-336. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9279-2>
- Chiou, K. L., Hastorf, C. A., Bonavía, D., & Dillehay, T. D. (2014). Documenting cultural selection pressure changes on Chile pepper (*Capsicum baccatum* L.) seed size through times in coastal Peru (7,600 B.P.-Present). *Economic Botany*, (68), 190-202. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9270-y>
- Cook, A. G., & Parrish, N. (2005). Gardens in the desert: Archaeobotany analysis from the lower Ica Valley of Peru. *Andean Past*, 7(2005), 135-156. <https://core.ac.uk/download/pdf/217065457.pdf>
- Cortez, S. C., & Ventura, G. C. (2018). *Arqueología hidráulica prehispánica del valle bajo del río Rímac (Lima, Perú): estudio de un sistema de riesgo costero*. Instituto Riva- Agüero. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/112510>
- Crosby, K. M. (2008). Pepper. In J. Prohens & F. Nuez (Eds.), *Vegetables II* (pp. 221-248). Springer.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Murray.
- Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, (418), 700-707. <https://doi.org/10.1038/nature01019>
- Dias, G. B., Gomes, V. M., Moraes, T. M. S., Zottich, U. P., Rabelo, G. R., Carvalho, A. O., . . . Cunha, M. (2013). Characterization of *Capsicum* species using anatomical and molecular data. *Genetics and Molecular Research*, 12(4), 6488-6501. <https://doi.org/10.4238/2013.february.28.29>
- Dillehay, T. D., Goodbred, S., Pino, M., Sánchez, V. F. V., Tham, T. R., Adovasio, J., . . . Velchoff, N. (2017). Simple technologies and diverse food strategies of the late Pleistocene and early Holocene at Huaca Prieta, coastal Peru. *Science Advances*, 3(5), e1602778. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602778>
- Doebly, J. F., Gaut, B. S., & Smith, B. D. (2006). The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 127(7), 1309-1321. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.12.006>
- Esau, K. (1982). *Anatomía de las plantas con semilla*. Hemisferio Sur.
- Eshbaugh, H. (2012). The taxonomy of the genus *Capsicum*. In V. Russo (Ed.), *Peppers botany, production and uses* (pp. 13-28). USDA/ARS Wes Watkins Agricultural Research Laboratory.
- Flores, I. (2005). *Pucllana: esplendor de la cultura Lima*. Instituto Nacional de Cultura.
- Flores, I., Nalvarte, P. V., Huamaní, J. C., & La Torre, H. S. (2012). Los patios con estructuras escalonadas de Huaca Pucllana: caracterización y función de una arquitectura ceremonial Lima. *Arqueología y Sociedad*, (25), 57-88. <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2012n25.e12355>

- Flores, I. (2014). *Informe final de las excavaciones del proyecto arqueológico de la Huaca Pucllana - Temporada 2013*. Informe presentado al Ministerio de Cultura.
- Flores, I. (2015). *Informe final de las excavaciones del proyecto arqueológico de la Huaca Pucllana - Temporada 2014*. Informe presentado al Ministerio de Cultura.
- Ganoza, M. (2016). Definición de una nueva fase constructiva en Huaca Pucllana. *Arqueología y Sociedad*, (31), 363-380. <https://doi.org/10.15381/arqueosoc.2016n31.e13306>
- Gremillion, K. J. (1993). The evolution of seed morphology in domesticated *Chenopodium*: an archaeological case study. *Journal of Ethnobiology*, 13(2), 149-169. <https://ethnobiology.org/sites/default/files/pdfs/JoE/13-2/Gremillion.pdf>
- Guillén, F. D. (2010). El proceso de domesticación en las plantas. *Revista Casa del Tiempo*, 3(28), 66-70. <https://biblat.unam.mx/pt/revista/casa-del-tiempo/articulo/el-proceso-de-domesticacion-en-las-plantas>
- Gunn, C. R., & Gaffney, F. B. (1974). *Seed characteristics of 42 economically important species of Solanaceae in the United States* (Technical Bulletin). United States Department of Agriculture. <https://ideas.repec.org/p/ags/uerstb/160049.html>
- Harlan, J. R. (1992). *Crops and man* (2 ed.). American Society of Agronomy and Crop Science of America.
- Heiser, C. B., & Smith, P. G. (1953). The cultivated *Capsicum* peppers. *Economic Botany*, 7(3), 214-227. <https://www.jstor.org/stable/4287775>
- Heiser, C. B., & Smith, P. G. (1957). Taxonomy of *Capsicum sinense* Jacq. and the geographic distribution of the cultivated *Capsicum* species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 84(6), 413-420. <https://doi.org/10.2307/2482971>
- Heiser, C. B., & Pickersgill, B. (1969). Names for the cultivated species (Solanaceae). *Taxon*, 18(3), 277-283. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1218828>
- Hernández-Verdugo, S., González-Sánchez, R. A., Porras, F., Parra-Terraza, S., Valdez-Ortiz, A., Pacheco-Olvera, A., & López-España, R. G. (2015). Plasticidad fenotípica de poblaciones de Chile silvestre (*C. annuum* var. *glabriusculum*) en respuesta a disponibilidad de luz. *Botanical Sciences*, 93(2), 231-240. <https://doi.org/10.17129/botsci.237>
- Hinojosa, L. R., Melchor-Castro, R. B., Díaz, L. E., & Albán, J. A. (2023). Análisis morfométrico de las semillas del género *Capsicum* (Solanaceae) en el Perú prehispánico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 18(3), e20220034. <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2022-0034>
- Kuhn, M. (2008). Building predictive models in R using the caret package. *Journal of Statistical Software*, 28(5), 1-26. <https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05>
- Langlie, B. S. (2019). Morphological analysis of late pre-hispanic Peruvian *Chenopodium* spp. *Vegetation History and Archaeobotany*, 28, 51-63. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00334-018-0677-8>
- Langlie, B. S., Hastorf, C. A., Bruno, M. C., Bermann, M., Bonzani, R. M., & Condarco, W. C. (2011). Diversity in Andean *Chenopodium* domestication: describing a new morphological type from La Barca, Bolivia 1300-1250 BC. *Journal of Ethnobiology*, 31(1), 72-88. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-31.1.72>
- Lema, V., Pochettino, M. L., & Capparelli, A. (2008). Taxonomic identification of dry and carbonized archaeological remains of Cucurbita species through seed coat micromorphology. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(1), 277-286. <http://dx.doi.org/10.1007/s00334-008-0176-4>
- Lema, V. S. (2011). Lo micro en lo macro: el tratamiento microscópico de macrorestos vegetales para la identificación de prácticas y modos de relación con el entorno vegetal en el estudio arqueológico de la domesticación vegetal. *Arqueología*, 17, 57-79. <https://core.ac.uk/download/pdf/230961385.pdf>
- León, E. (2013). *14, 000 años de alimentación en el Perú*. Fondo Editorial de la USMP.
- Lumbreras, G. (2019). *Pueblos y culturas del Perú Antiguo*. Petroleos del Perú - PetroPerú.
- Lynch, T. F. (1980). *Guitarero cave: early man in the Andes*. Academy Press.
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., & Hornik, K. (2021). Cluster: cluster analysis basics and extensions. *R Package Version 2.1.2*. <https://CRAN.Rproject.org/package=cluster>
- Martínez, A. B., Pérez, S. I., Lema, V. S., & Anido, F. L. (2015). Modificación de caracteres ligados a la domesticación en Cucurbita máxima. Utilización de la morfometría como herramienta para su identificación. *Acta Botanica Malacitana*, 40, 95-106. <https://doi.org/10.24310/abm.v40i0.2527>
- Mauricio, A. C., Prieto, G., & Pardo, C. (2014). Avances en la Arqueología de la Cultura Lima. *Boletín de Arqueología - PUCP*, (18), 5-14. <https://doi.org/10.18800/boletindearqueologiapucp.201401.001>
- McLeod, M. J., Guttman, S. I., & Eshbaugh, W. H. (1982). Early evolution of chili peppers. *Economic Botany*, 36(4), 361-368. <https://www.jstor.org/stable/4254419>
- Morales-Santos, M. E., Peña-Valdivia, C. B., García-Esteva, A., Aguilar-Benitez, G., & Kohashi-Shibata, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 43-62. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043



- Moscone, E. A., Scaldaferrero, M. A., Gabriele, M., Cecchini, N. M., García, Y. S., Jarret, R., . . . Enrendorfer, F. (2007). The evolution of chili peppers (*Capsicum* - *Solanaceae*): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulture*, 745, 137-169. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.745.5>
- Nalvarte, P.C. V. (2012). Secuencia constructiva de la Gran Pirámide de Huaca Pucllana en sus tiempos finales. *Investigaciones Sociales*, 16(28), 303-311. <https://doi.org/10.15381/is.v16i28.7405>
- Núñez, B. (2018). *Informe final de análisis macrobotánico del sitio Huacones Vilcahuasi, Cañete*. Informe presentado al Proyecto Qhapaq Ñan Sede Nacional-Ministerio de Cultura. Lima.
- Palacios, J., Maquera, E., & Toledo, C. (2014). Tecnología hidráulica, ampliación agrícola y asentamientos no monumentales durante la época Lima. *Boletín de Arqueología PUCP*, (18), 59-80. <https://doi.org/10.18800/boletindearqueologiapucp.201401.004>
- Parra, F., & Casas, A. (2017). Origen y difusión de la domesticación la agricultura en el Nuevo Mundo. In A. Casas, J. Torres-Guevara & F. Parra (Eds.), *Domesticación en el continente americano* (pp. 159-187). Fondo Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Patterson, T. C., & Lanning, E. P. (1964). Changing settlement practices on the Central Peruvian Coast. *Nawpa Pacha – Journal of Andean Archaeology*, (2) 113-123. <http://www.jstor.org/stable/27977578>
- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., & Mayek-Pérez, N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio, origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 117-128. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282015000100009
- Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, I., Pearsall, D. M., Piperno, D. R., . . . Zeidler, J. A. (2007). Starch fossils and the domestication and dispersal of chilli peppers (*Capsicum* spp.) in the Americas. *Science*, 315(5814), 986-988. <https://www.jstor.org/stable/20039013>
- Perry, L. (2012). Ethnobotany. In V. Russo (Ed.), *Peppers botany, production and uses* (pp. 1-13). USDA/ARS Wes Watkins Agricultural Research Laboratory.
- Pesqueira, M. C. (2017). Síndromes de domesticación en plantas. *Centro de Investigación Científica en Yucatán*, (9), 79-83. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2017/2017-05-04-Chavez-Pesqueira-Sindromes-de-domesticacion-en-plantas.pdf
- Pickersgill, B. (1969). The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *American Antiquity*, 34(1), 54-61. <https://doi.org/10.2307/278313>
- Pickersgill, B. (2007). Domestication of plants in the Americas: insight from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany*, 100(5), 925-940. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm193>
- Pickersgill, B. (2017). Plant domestication in tropical America: where, when and, most particularly, how. In A. Casas, J. Torres-Guevara & F. Parra (Eds.), *Domesticación en el continente americano* (pp. 225-251). Fondo Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Piperno, D. R. (2011). The origin of plant cultivation and domestication in the New World Tropics: patterns, process, and new developments. *Current Anthropology*, 52(4), 453-470. <https://www.jstor.org/stable/10.1086/659998>
- Planella, M. T., Collado-Alvarado, K., Niemeier, H. M., & Belmar, C. (2012). Morfometría comparada de semillas de *Nicotiana* (Solanaceae) e identificación de semillas carbonizadas provenientes de un sitio arqueológico en Chile Central. *Darwiniana*, 50(2), 207-217. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-67932012000200003
- Pulgar, J. (1987). *Geografía del Perú*. Universo.
- Purugganan, D. M. (2019). Evolutionary insights into the nature of plant domestication. *Current Biology*, 29(14), R705-R714. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.05.053>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Raymond, J. S. (1999). Early formative societies in the tropical lowlands of Western Ecuador, a view from the Valdivia. In M. Blake (Ed.), *Pacific Latin American in Prehistory: the evolution of archaic and formative cultures* (pp. 149-159). Washington State University Press.
- Reynel, C., Pennington, R. T., & Särkinen, T. (2013). *Cómo se formó la diversidad ecológica del Perú*. http://www.aprodes.org/pdf/diversidad_ecologica.pdf
- Ríos, N., & Ccencho, J. H. (2009). Cambios en la sociedad Lima reflejados en la arquitectura del centro ceremonial de Pucllana durante las primeras épocas del Horizonte Medio: las evidencias de la Plataforma IV. *Arqueología y Sociedad*, (20), 91-118. <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2009n20.e12432>
- Rodríguez, E. (2018). La diversidad genética de *Capsicum annum* de México. In A. Aguilar, M. Vásquez, E. Katz & M. Hernández (Eds.), *Los chiles que dan sabor al mundo, contribuciones multidisciplinarias* (pp. 52-67). Universidad Veracruzana.
- Roque, J., Cano, A., & Cook, A. (2003). Restos vegetales del sitio arqueológico Casa Vieja (Callango). *Revista Peruana Biológica*, 10(1), 33-43. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332003000100004
- Schlichting, C. D. (1986). The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 667-693. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.003315>

- Spengler, R. N. (2020). Anthropogenic seed dispersal: rethinking the origins of plant domestication. *Trends in Plant Science*, 25(4), 340-348. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.01.005>
- Stearn, W. T. (1983). *Botanical Latin. History, grammar syntax, terminology and vocabulary*. Hafner Publishing Company.
- Towle, M. (1961). *The ethnobotany of Pre-Columbian Peru*. Andine Publishing Company.
- University of Cincinnati. (2018). *UC business analytics R programming guide: gradient boosting machine*. http://uc-r.github.io/gbm_regression
- Walsh, B. M., & Hoot, S. B. (2001). Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae) using DNA sequences from noncoding: the chloroplast atpB-rbcL spacer region nuclear *waxy* introns. *International Journal of Plant Sciences*, 162(6), 1409-1418. <http://dx.doi.org/10.1086/323273>
- Young, K. R. (2015). Biogeography of the Anthropocene: domestication. *Progress in Physical Geography*, 40(1), 161-174. <https://doi.org/10.1177/0309133315598724>
- Zeder, M. A. (2015). Core questions in domestication research. *PNAS*, 112(11), 3191-3198. <https://doi.org/10.1073/pnas.1501711112>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

L. Hinostroza contribuyó con conceptualización, selección de datos, análisis formal, adquisición de financiación, investigación, metodología, administración de proyectos, recursos, *software*, supervisión, validación, visualización, borrador del escrito original y revisión del escrito y edición; R. Melchor-Castro con análisis formal, supervisión, visualización, borrador del escrito original y revisión del escrito y edición; L. D. Arriola con conceptualización, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, y revisión del escrito y edición; J. Albán Castillo con conceptualización, selección de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, visualización, borrador del escrito original y revisión del escrito y edición.



