Americae
European Journal of Americanist Archaeology

Cocción experimental de tortillas de casabe (*Manihot esculenta* Crantz) y de camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) en planchas de barro: evaluando sus efectos en la morfometría de los almidones desde una perspectiva paleoetnobotánica

Jaime R. Pagán Jiménez, Ana M. Guachamín-Tello, Martha E. Romero-Bastidas
y Pablo X. Vásquez-Ponce

Americae | 2, 2017, p. 29-46
mis en ligne le 4 septembre 2017
ISSN : 2497-1510

Pour citer la version en ligne :

PAGÁN JIMÉNEZ Jaime R., GUACHAMÍN-TELLO Ana M., ROMERO-BASTIDAS Martha E. y VÁSQUEZ-PONCE Pablo X., « Cocción experimental de tortillas de casabe (*Manihot esculenta* Crantz) y de camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) en planchas de barro: evaluando sus efectos en la morfometría de los almidones desde una perspectiva paleoetnobotánica », *Americae* [en ligne] | 2, 2017, mis en ligne le 04 septembre 2017. URL : http://www.mae.u-paris10.fr/articles-articulos/americae-articulos/coccion-experimental-de-tortillas-de-casabe-manihot-esculenta-crantz-y-de-camote-ipomoea-batatas-l-lam-en-planchas-de-barro-evaluando-sus-efectos-en-la-morfometria-de-los-almidones-desde-una/

Pour citer la version PDF :

PAGÁN JIMÉNEZ Jaime R., GUACHAMÍN-TELLO Ana M., ROMERO-BASTIDAS Martha E. y VÁSQUEZ-PONCE Pablo X., « Cocción experimental de tortillas de casabe (*Manihot esculenta* Crantz) y de camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) en planchas de barro: evaluando sus efectos en la morfometría de los almidones desde una perspectiva paleoetnobotánica », *Americae* [en ligne] | 2, 2017, mis en ligne le 04 septembre 2017, p. 29-46 (http://www.mae.u-paris10.fr/articles-articulos/americae-articulos/coccion-experimental-de-tortillas-de-casabe-manihot-esculenta-crantz-y-de-camote-ipomoea-batatas-l-lam-en-planchas-de-barro-evaluando-sus-efectos-en-la-morfometria-de-los-almidones-desde-una/).

Jaime R. Pagán Jiménez : Faculty of Archaeology, Universiteit Leiden, Leiden, The Netherlands [j.r.pagan.jimenez@arch.leidenuniv.nl].

Ana M. Guachamín-Tello : Laboratorio de Paleoetnobotánica, Centro de Investigación de la Memoria y el Patrimonio Cultural, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador [ana.guachamin@inpc.gob.ec]

Martha E. Romero-Bastidas : Laboratorio de Química, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador [martha.romero@inpc.gob.ec]

Pablo X. Vásquez-Ponce : Programa de Master en Nuevos Alimentos, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España [vasquez_pablo2aa@hotmail.com]

© CNRS, MAE.

Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons : Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification 4.0 International.

Cocción experimental de tortillas de casabe (*Manihot esculenta* Crantz) y de camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) en planchas de barro: evaluando sus efectos en la morfometría de los almidones desde una perspectiva paleoetnobotánica

Jaime R. Pagán Jiménez[1], Ana M. Guachamín-Tello[2], Martha E. Romero-Bastidas[3] y Pablo X. Vásquez-Ponce[4]

[1] Faculty of Archaeology, Universiteit Leiden, Leiden, The Netherlands
j.r.pagan.jimenez@arch.leidenuniv.nl

[2] Laboratorio de Paleoetnobotánica, Centro de Investigación de la Memoria y el Patrimonio Cultural, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador
ana.guachamin@inpc.gob.ec

[3] Laboratorio de Química, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador
martha.romero@inpc.gob.ec

[4] Programa de Master en Nuevos Alimentos, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España
vasquez_pablo2aa@hotmail.com

Estudios paleoetnobotánicos previos efectuados en planchas de barro –siendo herramientas tradicionalmente vinculadas con la confección de tortillas de yuca o casabe (*Manihot esculenta* Crantz) en las tierras bajas del Neotrópico– han revelado una muy limitada ubicuidad de almidones de esta planta. En cambio otras plantas almidonosas como el camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) y el maíz (*Zea mays* L.) son consistentemente identificadas en muchas de estas herramientas. El presente trabajo de paleoetnobotánica experimental ha tenido el objetivo de replicar y posteriormente evaluar cualitativamente, con el análisis morfométrico de los almidones, una de las formas de procesamiento y de cocción más extendidas de la yuca y del camote según lo refieren algunos datos etnohistóricos y etnográficos de las tierras bajas del centro-norte de Suramérica y de las Antillas. La alteración o la modificación térmica de los almidones podría ser uno de los posibles elementos destructivos que explique la baja ubicuidad, o la ausencia, de los almidones de yuca y de otras plantas en las planchas de barro arqueológicas. Los resultados demuestran que los almidones de ambas plantas sobreviven, con distintos grados de preservación, los procesos de cocción replicados. Si el proceso antiguo de preparación de las tortillas de casabe o de camote fue similar a los replicados, entonces la cocción de tortillas en las planchas de barro tiene poca o ninguna relación directa con la limitada ubicuidad de almidones de yuca hasta ahora reportados.

Palabras clave: paleoetnobotánica, almidones, tortillas, planchas de barro, *Manihot esculenta*, *Ipomoea batatas*.

Experimental cooking of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and sweet potato tortillas (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) on clay griddles: evaluating their effects on the morphometry of starches from a paleoethnobotanical perspective

*Previous paleoethnobotanical studies on clay griddles—an artifact traditionally related to the processing and cooking of cassava tortillas (*Manihot esculenta *Crantz) in the lowland Neotropics—has revealed a limited ubiquity of ancient manioc starch grains. In turn, other starchy plants such as sweet potato (*Ipomoea batatas *[L.] Lam.) and maize (*Zea mays *L.), among others, are consistently recovered and identified in many of the studied manioc-related artifacts. The main goal of this research report is first to replicate and then to qualitatively assess, from a starch grain morphometric analysis, one of the more extended ways of processing and cooking cassava and sweet potato as referred by some ethnohistoric and ethnographic data from lowland South America and the Antilles. It is known that thermal alteration/degradation of starches is one of the destructive mechanisms that could account for the low ubiquity or absence of manioc and other starch sources on archaeological clay griddles. Our results demonstrate that starch grains from both species survive the replicated processing and cooking techniques but at different preservation rates. This work firmly suggests that if ancient processes for preparing cassava or sweet potato tortillas were similar to the ones replicated here, then the cooking of tortillas on clay griddles had little or any direct relationship with the limited ubiquity of ancient manioc starch grains reported elsewhere.*

Keywords: *Paleoethnobotany, starch, tortillas, clay griddles, Manihot esculenta, Ipomoea batatas.*

Cuisson expérimentale de tortillas de casabe (*Manihot esculenta* Crantz) et de patate douce (*Ipomea batatas* [L.] Lam) sur des plaques de terre cuite : évaluation des effets sur la morphométrie des amidons depuis une perspective paléo-ethnobotanique

Les études paléo-ethnobotaniques réalisées antérieurement sur des plaques de terre cuite, artefacts associés traditionnellement à la fabrication des tortillas de yuca ou casabe (Manihot esculenta Crantz) dans les terres basses du Néotropique, ont révélé la faible ubiquité de leurs amidons. En revanche, d'autres plantes riches en amidon, comme la patate douce (Ipomoea batatas [L.] Lam.) et le maïs (Zea mays L.), sont constamment identifiées sur nombre de ces artefacts. En se fondant sur une analyse morphométrique des amidons, ce travail paléo-ethnobotanique expérimental cherche à reproduire puis évaluer d'un point de vue qualitatif l'un des modes de cuisson les plus répandus de la yuca et de la patate douce, selon les données ethnohistoriques et ethnographiques des terres basses du centre-nord d'Amérique du Sud et des Antilles. L'altération et la modification thermique des amidons de ces deux plantes pourraient expliquer leur faible occurrence ou absence sur les plaques de terre cuite archéologiques. Les résultats montrent toutefois que ces amidons survivent aux modes de cuisson expérimentés, bien qu'à des degrés de préservation variables. Si on admet que le mode de préparation des tortillas était similaire à celui mis en place par l'expérimentation, on observe alors que la cuisson sur des plaques de terre cuite n'a pas, ou peu, à voir avec la faible ubiquité des amidons de yuca jusqu'ici constatée.

Mots-clés : *paléoethnobotanique, amidons, tortillas, plaques de terres cuite,* Manihot esculenta*,* Ipomoea batatas*.*

Comprender el rol que tuvieron las plantas en el paulatino desarrollo de las poblaciones humanas antiguas requiere, primero, de un conjunto de información generada sobre los restos vegetales, desde el presente, que posibilite el análisis comparado y el contraste de ésta con los restos arqueobotánicos, en este caso con los almidones recuperados en contextos arqueológicos diversos. Es así que se pueden crear las condiciones idóneas para lograr la identificación taxonómica exitosa de los materiales arqueobotánicos y su eventual interpretación sociocultural. En el caso de los almidones modernos que componen nuestras colecciones comparativas, mientras más minuciosa es la tarea de documentar los caracteres morfométricos de éstos, más preciso y confiable es el proceso de identificación e interpretación de las plantas útiles del pasado. Sin embargo, hay factores tafonómicos y antropogénicos que alteran, degradan o destruyen los almidones que pudieran integrarse al registro arqueológico (Barton y Matthews 2006; Haslam 2004). Estudios y ensayos experimentales previos (e.g., Babot 2003; Chandler-Ezell, Pearsall y Zeidler 2006; Henry, Hudson y Piperno 2009; Mickleburgh y Pagán Jiménez 2012) han demostrado que distintas formas de procesamiento y de cocción de los órganos almidonosos o sus derivados alteran significativamente los almidones, haciendo a veces imposible su adscripción taxonómica. Interesantemente, esos mismos estudios también han revelado que aun cuando ciertos procesos de degradación mecánica o biológica actúan sobre los almidones, dichos procesos, y algunas veces los almidones mismos, pueden ser identificados en el nivel de especie (Crowther 2012). En otras palabras, algunos eventos de procesamiento y cocción de órganos almidonosos pueden ser identificados mediante las huellas que éstos dejan en los almidones, mientras que los almidones, por su parte, pueden ser adjudicados a la taxa correspondiente cuando son conocidas, y previamente descritas, las huellas producidas por los diversos eventos de afectación.

El presente estudio experimental se enfoca exclusivamente en la plancha de barro –un utensilio recurrente en muchos sitios arqueológicos de las tierras bajas del neotrópico–, ya que éste es interpretado comúnmente, junto a los microlitos de las tablas ralladoras, como un indicador fidedigno de la cocción y del consumo pretérito de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Geográficamente hablando, las planchas de barro se distribuyen en contextos arqueológicos precolombinos principalmente del norte y centro de Suramérica (Colombia, Venezuela, Guyanas y Brasil; ver e.g., Cruxent y Rouse 1958) y en las Antillas (Rouse 1992). En otras regiones de las tierras bajas centroamericanas y sudamericanas, desde Costa Rica, el Ecuador, hasta Bolivia, se han identificado platos de barro arqueológicos (a veces llamados budares, tostadores o sartenes) que pudieran estar asociados, de algún modo, a la cocción de tortillas de casabe (Evans y Meggers 1968; Nordenskiöld 1924; Snarskis 1984; Stemper 1993). Empero, varios estudios paleoetnobotánicos hasta ahora realizados (Berman y Pearsall 2008; Dickau 2005; McKey et al. 2010; Pagán Jiménez 2009, 2012, 2013; Perry 2002) en las planchas de barro y en algunos microlitos han revelado una muy limitada ubicuidad de almidones de yuca cuando otras plantas almidonosas como el camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) y el maíz (*Zea mays* L.) han sido consistentemente identificadas en muchas de estas herramientas.

Desde la paleoetnobotánica y disciplinas afines se han explorado los efectos de la cocción de panes o tortillas en los almidones. Chandler-Ezell, Pearsall y Zeidler (2006) desarrollaron distintos ensayos para evaluar cómo varias formas de procesamiento o cocción del maíz y de la yuca (dulce) pudieran afectar o degradar los almidones. De esta forma contarían con información experimental para luego interpretar los almidones arqueológicos modificados que han recuperado de contextos arqueológicos ecuatorianos. Entre los procedimientos evaluados por ellos se encuentra el tostado de la masa de yuca en una plancha (presumiblemente metálica). Su trabajo, sin embargo, no brinda información detallada de cómo fue procesada inicialmente la masa de la yuca que luego fue cocida (tostada), es decir, se desconoce si la masa de yuca

tostada fue exclusivamente rallada, o si fue únicamente macerada. Tampoco proporciona datos sobre los procedimientos ulteriores (exprimido y secado de la masa) previos a la cocción (tostado) de la masa. En el referido estudio los almidones analizados fueron extraídos de la masa cocida de la yuca, aunque no se evaluó la masa carbonizada. Desafortunadamente, aunque los resultados generales del trabajo de Chandler-Ezell, Pearsall y Zeidler (2006) son de interés para el actual estudio, los datos generados no permiten evaluar con plena confianza el problema paleoetnobotánico que se ha definido sobre la baja ubicuidad de almidones de yuca en contextos de cocción arqueológicos.

Por otra parte, Samuel (2000) ha desarrollado importantes y detallados experimentos acerca de los distintos panes, generalmente de trigo (*Triricum dicoccum* Schrank ex Schübl.), producidos en el antiguo Egipto, los cuales han sido recurrentemente recuperados en excelente estado de preservación de las excavaciones y otras intervenciones arqueológicas. Tomando en cuenta una gran cantidad de datos pictográficos (de las propias escenas representadas en los complejos arqueológicos), históricos, etnográficos y microbotánicos, Samuel ha analizado distintas etapas de la confección de panes de trigo egipcios. De ellos, se han podido establecer los principales ingredientes utilizados para la creación de las masas, se han recreado las proporciones de harina y agua requeridas para elaborar las masas y se han inferido procesos intermedios como la posible fermentación y las formas de cocción. Asimismo, se ha determinado cuáles fueron las herramientas de molienda y de cocción (hornos y en menor medida planchas) empleadas en la antigüedad y se han podido analizar microscópicamente panes antiguos para describir las etapas de elaboración que se presume fueron utilizadas en la confección de los panes. De lo anterior, Samuel (2000) ofrece una interesante cantidad de datos microbotánicos acerca de la confección de panes egipcios que se sustentan con un impresionante cuerpo de información histórica, etnográfica y experimental. No obstante, las etapas de procesamiento inicial del trigo (molido), la adición de diversos ingredientes y el posible estímulo de la fermentación en algunas masas –sumado a la cocción de los panes en hornos (y en menor medida en planchas)–, muestran un conjunto de procedimientos radicalmente distinto al que se ha inferido o documentado para la América neotropical precolombina en torno a la confección de tortillas de yuca o de camote (ver adelante). En este sentido, aunque las descripciones que hace Samuel (2000) sobre el estado de los almidones antiguos en los panes egipcios son relevantes, no es posible desarrollar un análisis ponderado ni realista que permita comprender los posibles efectos que la cocción de las masas de yuca o de camote tuvo en los almidones. Otros trabajos más (e.g., Campus-Baypoli et al. 1999) exploran los efectos que la cocción de las tortillas de maíz tiene en los almidones siguiendo algunas etapas de su elaboración tradicional. En estos casos, se ha mostrado que procesos como la nixtamalización alteran significativamente la estructura molecular de los almidones lo que impide una evaluación adecuada de estos datos frente a los escenarios experimentales que se esperan recrear en el actual estudio.

Es evidente, en la literatura especializada que se ha revisado, la falta de un conjunto de información experimental que haya sido generado desde la especificidad misma de las planchas de barro y de sus atribuidas formas de uso. Este tipo de información podría ayudar a explicar la baja ubicuidad o la ausencia hasta ahora reportada de los almidones de yuca en las herramientas potencialmente relacionadas con su procesamiento y cocción. Por lo anterior, el trabajo aquí expuesto se diseñó con la finalidad de aportar nuevos elementos que faciliten la interpretación de problemas como el descrito anteriormente en los que interviene el estudio de los almidones arqueológicos. Este trabajo reporta, pues, los resultados de tres ensayos simples de laboratorio en los cuales se utilizaron planchas de barro modernas para evaluar cualitativamente el estado de alteración térmica y la preservación de los almidones pertenecientes a dos especies vegetales de gran importancia económica en las tierras bajas del neotrópico precolombino: la yuca y el camote (también conocido como batata o boniato). Como ya se dijo ambas plantas, pero sobre todo la yuca, han sido relacionadas etnohistóricamente y etnográficamente con las planchas de barro. Por tal razón, derivados alimenticios (i.e., masa o harina) de ambas especies fueron confeccionados siguiendo exclusivamente parámetros etnográficos y etnohistóricos que describen la preparación de masas o harinas que eran posteriormente cocinadas a manera de tortillas sobre las planchas de barro. Una vez diseñados los ensayos se procedió con la preparación de tortillas mediante cocción/tostado y se recolectaron muestras directamente de éstas (de las masas primero y después de las tortillas) junto a otros datos ambientales en varias etapas del proceso, para así recuperar y describir el estado de alteración y preservación de los almidones cuando han sido cocinados siguiendo los protocolos fundamentados en las descripciones etnohistóricas o etnográficas.

Los resultados del estudio indican claramente que los procedimientos de cocción evaluados no destruyen totalmente los almidones de las especies consideradas. Existen, luego de todo el procedimiento experimental, algunos elementos morfométricos en los almidones que permiten llevar su identificación taxonómica al nivel de especie. Se han podido observar, también, indicadores morfométricos y topográficos en los almidones que facilitan el establecimiento de relaciones confiables entre ciertos rasgos producidos por la alteración o modificación de los almidones y los elementos mecánicos que provocan dichas alteraciones. Estos resultados tienen implicaciones directas en su contraparte paleoetnobotánica y arqueológica, pues es viable sugerir que de haberse confeccionado tortillas de casabe o de camote en las

planchas de barro arqueológicas, sus almidones podrían ser recuperados e identificados sin mayor problema, de la misma forma en que varios estudios previos (e.g., McKey et al. 2010; Pagán Jiménez 2012, 2013) han identificado almidones arqueológicos pertenecientes a otras plantas en estos mismos utensilios arqueológicos hasta ahora estudiados.

LA YUCA, EL CAMOTE Y SUS PROBLEMÁTICAS PALEOETNOBOTÁNICAS: UN BREVE RECORRIDO

La yuca y el camote son dos plantas de raíces tuberosas ampliamente utilizadas y consumidas en el neotrópico continental e isleño desde tiempos inmemoriales (Piperno 2006; Piperno y Pearsall 1998). El manejo y la eventual domesticación de ambas especies parece remontarse al Holoceno temprano continental (*ca.* 8000 a.C.), siendo dos las principales regiones probables de su origen: el centro-sur de Brasil en el caso de la yuca (Olsen y Schaal 2006; Piperno 2006) y las tierras bajas-medias, temporalmente secas, del norte de Suramérica o Centro América en el caso del camote (Pearsall 2008; Piperno y Pearsall 1998). Sin embargo, actualmente existen datos arqueobotánicos, todavía insuficientes, que no permiten comprender detalladamente el entramado social y cultural en torno a la domesticación y eventual dispersión de la yuca y del camote. Son muy limitados los restos arqueobotánicos de estas plantas hasta ahora recuperados en el neotrópico e igualmente son restringidas las regiones o áreas donde se han efectuado estos importantes hallazgos. Aun con los datos arqueobotánicos existentes es poco lo que se conoce acerca del rol que han jugado dichas plantas en el paulatino incremento de la complejidad sociocultural de muchas culturas neotropicales de las tierras bajas [y altas] a lo largo de miles de años, situación que contrasta con el consenso que existe en la literatura arqueológica neotropical que le adjudica a las especies en cuestión un papel protagónico en la alimentación humana precolombina (ver e.g., Lathrap 1970; Rouse 1992; Roosevelt 1980).

En el caso de la yuca, gran parte de su biografía fitocultural precolombina en las tierras bajas del neotrópico se sustenta, principalmente, en analogías etnográficas o en datos etnohistóricos continentales e isleños (e.g., Castillo 1906; Gumilla 1955; Fernández de Oviedo 1851; Casas 1909) con lo cual se ha pretendido atestiguar la asociación histórica y directa entre artefactos arqueológicos como las planchas de barro o de piedra −y los microlitos de los posibles ralladores− con la preparación del casabe (ver Pagán Jiménez 2013; Perry 2005). La biografía fitocultural precolombina del camote, aunque ciertamente existe (ver e.g., Castillo 1906; Gumilla 1955; Casas 1909), es difícil de asociarse a un conjunto herramental específico derivado de las analogías etnográficas o de la información etnohistórica.

De las dos especies de interés en el presente trabajo, es bien conocido que la historia precolombina de la yuca en las tierras bajas neotropicales se ha apoyado de manera casi exclusiva en información y en datos arqueológicos indirectos, siendo la plancha de barro el artefacto por excelencia utilizado en la disciplina para establecer el aparente uso (y producción) de esta planta alimenticia (Rodríguez-Suárez y Pagán Jiménez 2008). Sin sustento alguno en evidencias arqueobotánicas directas, bastantes arqueólogos que trabajan las regiones bajas del neotrópico han inferido consistentemente que la presencia de artefactos como las planchas de barro y los microlitos son indicadores confiables del estatus de alimento básico *(staple)* que tuvo la yuca antes del periodo de contacto indo-ibérico (Perry 2005). Tal y como lo comenta Perry (2005) en el ámbito de su estudio de microlitos asociados al procesamiento de la yuca en Venezuela, esta extrapolación es problemática debido, entre otras cosas, a la magnitud (y a las respectivas consecuencias) de la devastación demográfica y cultural que ocurrió a lo largo del proceso de conquista y colonización europea (ver también Figueredo 2012; Pagán Jiménez 2009).

Desde hace poco más de una década, varias investigaciones paleoetnobotánicas han generado evidencia directa acerca del uso y consumo de la yuca y, en menor medida, del camote (e.g., Dickau, Ranere y Cooke 2007; Dickau et al. 2012; Gnecco y Aceituno 2004; Pagán Jiménez et al. 2005; Pagán Jiménez 2007; Perry 2005; Piperno 2006; Piperno y Holst 1998; Zarrillo 2012). Sin embargo, estas investigaciones, enfocadas principalmente en el estudio de granos de almidón antiguos, se han desarrollado en regiones sumamente restringidas dentro del vasto neotrópico continental e isleño como son el sur de Centro América (Dickau, Ranere y Cooke 2007; Piperno y Holst 1998), el noreste y noroeste de Suramérica (McKey et al. 2010; Pagán Jiménez 2012; Pearsall, Chandler-Ezell y Zeidler 2004; Zarrillo et al. 2008), la Amazonia boliviana (Dickau et al. 2012) y las Antillas (Berman y Pearsall 2008; Mickleburgh y Pagán Jiménez 2012; Pagán Jiménez 2007, 2009, 2013). Con ellas ha comenzado a desvelarse la amplitud geográfica y temporal de la yuca y del camote, mientras paralelamente se han brindado evidencias con las cuales se interpretan convincentemente nuevos ámbitos que diversifican los contextos de uso y procesamiento de estas especies, siendo interpretaciones que rebasan, por mucho, las ideas tradicionales acerca de la casi hegemónica visión del uso de la yuca o del camote para la preparación de tortillas.

Los estudios previos han permitido recuperar almidones de yuca o de camote en herramientas líticas como majadores laterales (*edge-ground cobbles*, *handstones*) y cónicos *(conical pestles)*, en bases molederas de piedra o de coral *(milling bases)*, en ralladores de lajas de piedra, de coral y de cerámica *(grater boards)* y en utensilios cerámicos como vasijas para servir, contenedores, coladores y ollas de cocinar (ver e.g., Dickau et al. 2012;

Pagán Jiménez 2012). Interesante es que algunas de las investigaciones referidas han proporcionado datos firmes que rechazan la atribuida relación entre las planchas de barro, los microlitos y la yuca. Al menos 32 planchas de barro de contextos arqueológicos antillanos y de la Guyana Francesa han sido sometidos a estudios de almidones aunque se han recuperado restos microbotánicos de yuca en solo 12.5% (n = 4) de ellos (McKey et al. 2010; Pagán Jiménez 2012, 2013), distinto a la presencia abrumadora de almidones de otras raíces como el camote, la maranta o yuquilla (*Maranta arundinacea* L.), el marunguey o guáyiga (*Zamia* L.) y semillas como el maíz (*Zea mays* L.), el frijol (*Phaseolus* L.), el ají (*Capsicum* L.) y la bija (*Bixa orellana* L.), entre otras plantas más. Asimismo, los microlitos, interpretados comúnmente como dientes de tablas ralladoras utilizadas en el procesamiento de las raíces tuberosas de yuca, han brindado datos contrastantes como los descritos anteriormente, recuperándose en ellos almidones de plantas como el maíz, la maranta, el ñame (*Dioscorea* L.), el guapo (*Myrosma* L. f.), el jengibre (Zingiberaceae Lindley), el marunguey y el frijol mientras se constata la ausencia total de restos microbotánicos de yuca (Berman y Pearsall 2008; Dickau 2005; Pagán Jiménez 2009; Perry 2001). Es importante notar que los microlitos hasta ahora estudiadas provienen de contextos y regiones arqueológicas donde se ha asumido que la yuca (y la tortilla casabe) fue uno de los alimentos más importantes para las culturas precolombinas que habitaron esos lugares: Venezuela (Perry 2001), Panamá (Dickau 2005), Puerto Rico (Pagán Jiménez 2009) y Bahamas (Berman y Pearsall 2008).

Arqueológicamente hablando, hoy día siguen siendo escasas las evidencias arqueobotánicas que den cuenta del proceso de domesticación y eventual dispersión de especies como la yuca y el camote. Por ejemplo, granos de polen de yuca han sido reportados en contextos lacustres de Tabasco, México, fechados en *ca.* 5200 a.C. (cal.). Asimismo, gránulos de almidón de yuca han sido identificados en artefactos de molienda/maceramiento de los sitios arqueológicos Casita de Piedra y Aguadulce (ambos en Panamá), en contextos fechados desde *ca.* 4800 a.C. (cal.) (Dickau, Ranere y Cooke 2007; Piperno y Holst 1998; Piperno et al. 2000). En las Antillas y en la Guyana Francesa, evidencias escasas de almidones arqueológicos de yuca han sido identificadas en utensilios de piedra (manos y bases molederas), en ollas cerámicas y en un budare de contextos tempranos y tardíos que van desde el 2900 a.C. hasta *ca.* 1500 d.C., aunque los restos microbotánicos de camote sí son abundantes y consistentes a lo largo de las ocupaciones precolombinas de dichas regiones (ver e.g., Pagán Jiménez 2009, 2012). Recientemente, estudios de restos microbotánicos en los Llanos de Mojos (Bolivia), han arrojado información acerca del procesamiento y uso de la yuca en majadores (handstones), así como en ralladores y coladores de cerámica provenientes de contextos que oscilan entre *ca.* 500 a 1500 d.C. (Dickau et al. 2012). En el valle de Casma, Perú, han sido reportados cientos de fragmentos disecados de esta raíz tuberosa en contextos tan antiguos como el 1800 a.C. (Ugent, S. Pozorski y T. Pozorski 1986), lo que sugiere que desde mucho antes de esa fecha la yuca estaba siendo utilizada y manipulada si se considera el hecho de que su probable centro de origen estuvo en las tierras tropicales bajas del noreste de Suramérica. Por su parte, restos macrobotánicos de camote, documentados en las cuevas Chilca (Engel 1973) y también en el valle de Casma (Ugent, S. Pozorski y T. Pozorski 1981), Perú, se han encontrado en asociación con contextos precerámicos fechados entre el 8000 y el 6000 a.C. y entre el 2250 y el 1775 a.C. respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las planchas de barro, cocción de tortillas de casabe y de camote

Este estudio experimental se fundamenta en una de las formas de preparación de tortillas de casabe –y en menor medida de camote– más conocida e históricamente extendida del neotrópico. En este contexto, la plancha de barro es uno de los utensilios más importantes, pues en ella se lleva a cabo la parte final del proceso, es decir, la cocción de las tortillas de casabe y de camote. A continuación se describe brevemente el proceso de preparación y cocción de las tortillas de casabe según se desprende de la información expuesta en varios trabajos etnohistóricos y etnográficos consultados (e.g., Fernández de Oviedo 1851; Humboldt 1941; Casas 1909; Dufour 1988; Dufour 1994; Monardes 1574; Ramos 1995; Simón 1986). Posteriormente se muestran los datos etnohistóricos existentes (e.g., Colón 1495; Colón 2006; Casas 1909) que dan cuenta de la preparación de panes/tortillas de camote, principalmente en el ámbito antillano del periodo de contacto indo-ibérico.

Elaboración de tortillas de casabe

La elaboración de las tortillas de casabe requiere de tubérculos frescos que son primeramente lavados y luego pelados. Una vez se ha retirado la cáscara con cuchillos o raspadores, los tubérculos son nuevamente lavados y posteriormente reducidos a una masa fina utilizando ralladores de madera o metal que generalmente tienen forma rectangular y cuentan con múltiples y diminutos dientes de piedra (u hoyos diminutos perforados desde la parte posterior en el caso de los ralladores de metal). Después, la masa fina de la yuca es depositada en un artefacto cilíndrico de cestería, o en un pedazo grande de tela, y se le prensa con gran fuerza para exprimir el zumo (líquido inherente de la masa). Luego de exprimida la masa, ésta es colocada al sol tal y como sale del prensado (en forma de rollos o bolas compactos) para que seque.

Una vez secos los rollos o bolas, éstos son desmenuzados para pasar la masa por un cedazo con malla vegetal o de metal relativamente fina. A la misma vez, los pequeños grumos que puedan formarse se rompen con los dedos para hacerlos pasar por la malla del cedazo. En esta etapa de cernido, la masa no está severamente seca ya que el secado al sol de los rollos o bolas de masa no permite que el interior reseque totalmente. Una vez la masa ha sido cernida con el cedazo, la harina resultante es dispersada de manera uniforme, creando una fina torta, sobre la superficie previamente calentada de la plancha de barro. Al cabo de 30-60 segundos la harina se ha consolidado lo suficiente en el lado que está en contacto directo con la plancha de barro y es girada para que el lado opuesto logre la misma consistencia. Luego de que la harina (tortilla) está completamente cocida (ligeramente tostada) se retira de la plancha de barro y se coloca al sol para que endurezca.

Elaboración de tortillas de camote

Cristóbal Colón (2006) menciona en su diario que "los ajes [camotes] son unos ramillos que plantan y al pie de ellos nacen unas raíces como zanahorias, que sirven por pan y rallan y amasan y hacen pan de ellas […]". En su carta dirigida a los reyes católicos de España, Colón (1495) aclara que los 'ajes' y 'yucas' son las raíces de que hacen el pan. Es conocido que el camote no cuenta con las mismas sustancias tóxicas que la yuca brava, sustancias que son eliminadas siguiendo el procedimiento descrito en el párrafo anterior. En este caso, ante la falta de datos más precisos acerca de la producción de pan de camote, se ha asumido que un proceso de preparación de tortillas similar al empleado con la masa de la yuca pudo ser desarrollado en el pasado para cocer la masa sobre planchas de barro.

Selección de material vegetal moderno

Para llevar a cabo los tres ensayos con los tubérculos de la yuca y de las dos variedades de camote, respectivamente, la confección de las tortillas requirió de la adquisición de tubérculos frescos de ambas plantas en un mercado local de Quito, Ecuador. La variedad de yuca obtenida y utilizada en el ensayo es la conocida como dulce, siendo distinta a la variedad amarga que a veces es utilizada en la preparación de tortillas de casabe en las tierras bajas sudamericanas y en las Antillas. La selección de la variedad dulce de yuca para desarrollar este trabajo no conlleva diferencia cualitativa alguna entre el ensayo aquí expuesto y el proceso de preparación de tortillas de casabe llevado a cabo en el neotrópico precolombino o postcontacto, pues el órgano de interés (el tubérculo) se estará sometiendo a los mismos procedimientos mecánicos generalmente empleados para elaborar el casabe. Hasta el momento no se han podido observar diferencias morfológicas contrastantes entre los almidones producidos por algunas variedades dulces y amargas de la yuca domesticada (ver Perry 2001; Perry 2002; Piperno 2006). Desde el punto de vista físico-químico sí se han documentado efectos térmicos diferenciados entre los almidones de algunas variedades de yuca (e.g., Beleia, Butarelo y Silva 2006), sobre todo si los tubérculos son cosechados en distintos momentos del año o si son de edades distintas. Por lo tanto, respecto a la selección que se hace de la yuca en éste o en otros estudios experimentales, sería difícil o imposible discernir, de entre las múltiples variedades de esta planta que existieron o todavía existen (Elias, Rival y McKey 2000), cuáles de ellas pudieron ser seleccionadas y luego procesadas o cocidas con las planchas de barro y con otras herramientas arqueológicas. En el caso del camote, fueron dos las variedades obtenidas (naranja y púrpura) para la confección de las respectivas tortillas. Aun cuando se ha documentado una diversidad amplia de camotes en el periodo de contacto indoibérico antillano y sudamericano (e.g., Fernández de Oviedo 1851), en el presente estudio se optó por seleccionar las dos variedades disponibles en el momento en que fueron efectuados los dos ensayos con el camote. Los almidones de las diversas variedades de camote hasta ahora estudiados cuentan esencialmente con las mismas características morfológicas, existiendo solo muy tenues diferencias principalmente en los rangos de tamaños documentados (ver Pagán Jiménez 2007; Perry 2002; Piperno y Holst 1998).

Procesamiento y cocción del material vegetal moderno

Con fundamento en la información etnohistórica y etnográfica revisada anteriormente, se diseñó el protocolo de procesamiento y de cocción de los derivados vegetales de interés. Los tres ensayos, y los resultados que se describen en las subsiguientes secciones, no fueron hechos con la intención de compararlos entre sí. Cada ensayo fue realizado para describir los hallazgos desde sus propias especificidades, es decir, tomando en cuenta las condiciones físicas particulares de las distintas masas, de las distintas temperaturas de cocción y de los distintos rangos de tiempo empleados. Es desde tales consideraciones que se describen adelante, y detalladamente, las observaciones cualitativas recabadas.

Primero se emplearon cuchillos metálicos para eliminar la corteza de los tubérculos de ambas especies. Entre cada espécimen (uno de yuca y dos diferentes de camote) los cuchillos fueron cuidadosamente lavados. A continuación se lavaron los tubérculos por separado y después se rallaron con ralladores modernos, tanto metálicos como plásticos, hasta lograr una masa muy fina (Figura 1). Fueron empleados dos ralladores, uno metálico para la yuca y otro de plástico para las dos variedades de camote. El rallador utilizado en los camotes fue lavado delicadamente con cepillo en tres ocasiones antes de utilizarlo en el segundo espécimen. Las masas resultantes

Figura 1. a. Masa de yuca, b. proceso de extracción de zumo (depositado en recipiente de vidrio, lado derecho) y c. rollos exprimidos de masa de yuca listos para colocarse en bandeja de plástico (secado).

fueron depositadas por separado en tres recipientes (ollas metálicas) previamente lavadas en dos ocasiones.

Una vez creadas las masas finas de la yuca y de las dos variedades de camote (por separado), se procedió a exprimirlas para extraerles el zumo. Para esta tarea se emplearon tres pedazos grandes de lienzo nuevos y previamente lavados, uno por cada espécimen, en los cuales se fue depositando y exprimiendo con fuerza toda la masa. El zumo resultante fue depositado en tres vasos de precipitado limpios y estériles, uno por cada tubérculo de interés. Luego de completada esta etapa, los rollos de masa ya exprimida de yuca (Figura 1) fueron colocados en una bandeja de plástico que había sido lavada en tres ocasiones, para secarlos en una estufa a 27°C por 16 horas, intentando así secarlos con temperatura y tiempo similar al que se produce mediante el secado con sol en las tierras bajas. En cambio, las masas exprimidas de las dos variedades de camote fueron aseguradas en fundas plásticas *(ziplock)* separadas, nuevas, herméticamente selladas y almacenadas en refrigerador hasta el momento de la cocción en las planchas de barro. Cuando los rollos de la masa de yuca estuvieron secos éstos fueron desmenuzados con las manos totalmente limpias hasta reducirla a una harina bastante fina. Es importante señalar que la masa de yuca nunca secó totalmente, quedando una ínfima cantidad de humedad que sólo fue posible sentir con los dedos cuando los pequeños grumos fueron desmenuzados. Distinto a las formas de procesamiento descritas en las fuentes etnohistóricas y etnográficas consultadas, se optó por no cernir la masa relativamente seca de la yuca debido a que no contamos con un cedazo adecuado para tal procedimiento.

Finalmente, tanto la masa desmenuzada de la yuca, como las masas de las dos variedades de camote, fueron colocadas uniformemente en la superficie de las tres planchas de barro obtenidas para el estudio (Figura 2), las cuales eran nuevas y habían sido previamente lavadas y calentadas en una ornilla a 400ºC para eliminar cualquier almidón ajeno. El calor máximo registrado en la superficie de cocción de la plancha de barro durante el ensayo de la yuca (casabe) fue de 160ºC. No obstante, el calor máximo registrado en la superficie de cocción de las dos planchas utilizadas en los dos ensayos del camote fue de 96ºC. Tanto el ensayo del casabe, como los de las dos variedades de camote, requirieron tiempos distintos para lograr la cocción final de las tortillas. Cocinar totalmente la tortilla de casabe tomó 1 minuto y 35 segundos, mientras que llevar la tortilla hasta el grado de carbonización total tomó 4 minutos. En el caso de las tortillas de camote, cocinarlas totalmente tomó mucho más tiempo, 70 minutos, mientras que la carbonización total tomó 120 minutos para la variedad naranja y 122 minutos para la variedad púrpura. Las diferencias contrastantes entre el tiempo de cocción de las tortillas de camote y de casabe, como se ha visto, están relacionadas con la temperatura diferencial utilizada en los ensayos, pero también con el contenido diferencial de humedad de las masas/harina empleadas. Se recuerda que antes del proceso de cocción, la harina de la yuca fue exprimida y secada, mientras que las masas de camote fueron solamente exprimidas y luego cocidas estando notablemente húmedas.

Colecta de muestras modernas

Independientemente del tiempo y temperatura de cocción aquí recreado por cada ensayo, o de las cualidades físicas y ambientales de las tres masas muestreadas, el objetivo principal de los ensayos es elaborar tortillas para

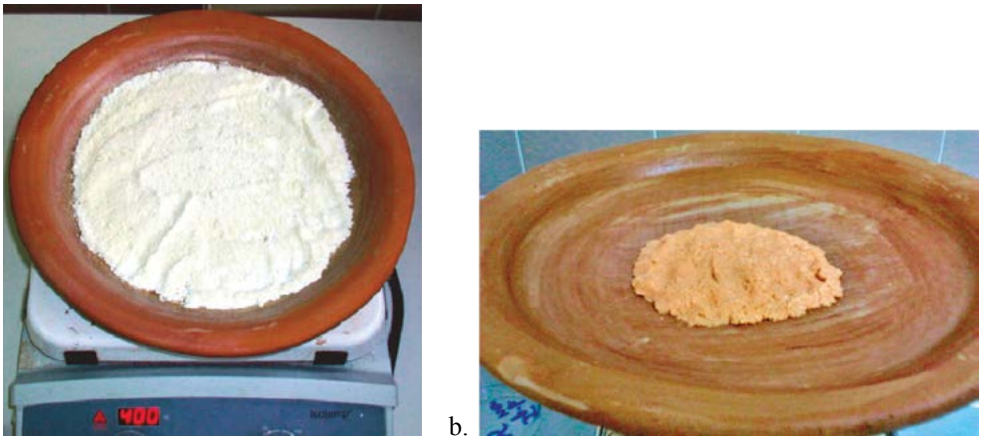

Figura 2. a. Distribución inicial de la harina/masa de yuca y b. de la harina/masa de camote naranja sobre dos planchas de barro previamente calentadas.

observar qué ocurre con los almidones cuando las masas pasan por tres estados similares entre sí, antes y durante la confección de los productos, a saber: a. masas crudas, b. masas cocinadas y c. masas carbonizadas. Al desarrollar el muestreo de las masas considerando únicamente los tres estados antes descritos, los cuales son ineludibles si el objetivo es cocinar y carbonizar las tortillas, es viable entonces describir los hallazgos desde las particularidades de cada ensayo, entre las cuales se encuentran: la humedad relativa de cada una de las masas, la temperatura de cocción de las tortillas y el rango de tiempo en que éstos fueron confeccionados y carbonizados. La única variable compartida por los tres ensayos es la herramienta utilizada para cocinar las tortillas: es decir, la plancha de barro (una diferente por cada ensayo).

Fueron tres las instancias en las que se recolectaron muestras de masa/harina/tortillas para extraer los respectivos almidones en cada uno de los tres ensayos. El total de muestras recuperadas y estudiadas de los tres ensayos fue nueve. La primera instancia corresponde al muestreo de la masa cruda y previamente rallada, de la cual los almidones se extrajeron del zumo generado durante la fase de exprimido de los tres especímenes. En esta etapa se presume que los almidones no han sufrido cambios morfométricos, pues previamente los tubérculos frescos fueron rallados en un ambiente de muy poca fricción y luego exprimidos con un pedazo de tela de lino nueva (previamente lavada y muestreada en busca de almidones ajenos). La segunda instancia corresponde al muestreo de ~3 cm^3 de la masa de cada una de las tres tortillas totalmente cocinados (Figura 3a y b), ligeramente tostadas en sus superficies. En esta etapa se estima que los almidones han sufrido cambios morfométricos diferenciales en respuesta a la intensidad y a la exposición temporal al calor generado en la superficie de las planchas de barro sobre las masas secas y húmedas. La tercera instancia corresponde al muestreo de ~3 cm^3 de la masa de cada una de las tres tortillas, pero ya en su estado de carbonización. Por las evidentes características observadas en la masa/harina carbonizada (Figura 3c, d y e) se presume que los almidones deben sufrir cambios morfométricos que contrastan sustancialmente de los caracteres morfométricos en los almidones sin alteración alguna.

Las tres muestras de almidones correspondientes a la primera instancia de muestreo se tomaron después de homogeneizar por separado y mediante agitación el zumo que se extrajo luego de rallar los tubérculos frescos de los tres especímenes. Las seis muestras correspondientes tanto a la segunda, como a la tercera instancia de muestreo (tres muestras por cada instancia) fueron inicialmente depositadas en seis vasos de precipitado previamente lavados y esterilizados añadiéndoles agua, con la finalidad de ablandar, romper con agitadores de vidrio limpios y disgregar eficientemente las masas de las tortillas cocidas, para liberar así los almidones presentes. Una vez ablandadas y disgregadas las muestras de la segunda y la tercera instancia de muestreo, éstas fueron pasadas individualmente y con agua por pedazos de lino nuevos (previamente lavados y muestreados en busca de almidones ajenos) con el propósito de aislar y desechar los residuos macroscópicos visibles, separando de esta manera los almidones de interés.

Por cada muestra (nueve en total) se extrajo ~0.6 ml de la solución resultante con pipetas desechables y estériles. La solución de cada muestra había sido previamente concentrada y luego homogeneizada mediante agitación manual. Cada gota (una por muestra) fue tomada a una distancia de 5 mm de la superficie del fondo de cada vaso y a no más de cinco segundos después de agitada la solución. Posteriormente, las gotas fueron depositadas en portaobjetos de 25 x 75 mm nuevos y estériles. Las gotas fueron dispersadas sobre los portaobjetos con pipetas estériles y luego se les colocó cubreobjetos nuevos y estériles de 24 x 60 mm que permiten efectuar la revisión de una cantidad mayor y más abarcadora de cada muestra.

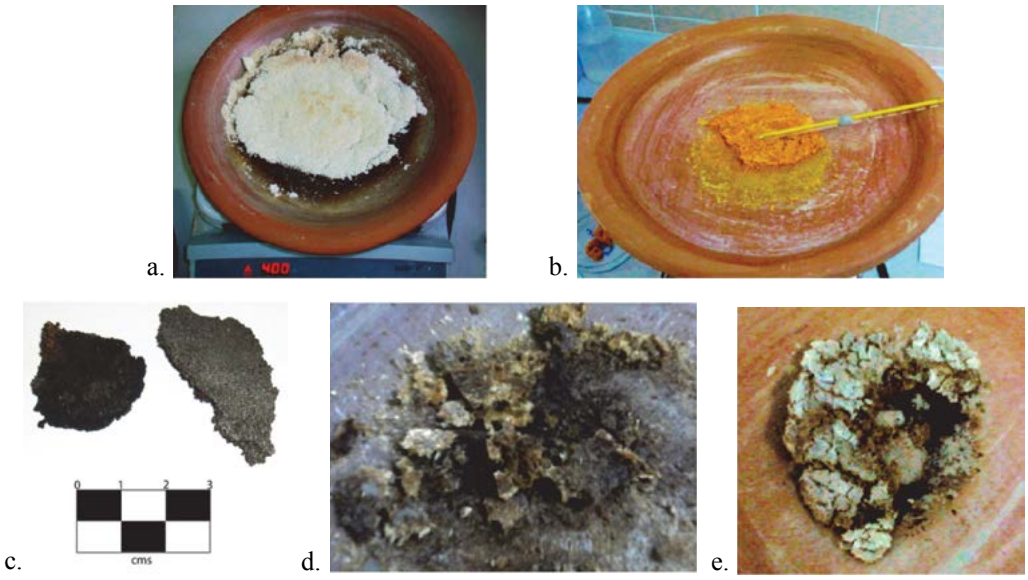

Figura 3. a. Tortilla de casabe y b. de camote naranja completamente cocidos, c. restos carbonizados de tortilla de casabe, d. de camote naranja y e. de camote púrpura.

Durante la observación de los almidones presentes en las muestras se empleó un microscopio Zeiss Scope A1 con oculares de 10X y objetivo de 40X. El microscopio cuenta con polarizador y su respectiva cámara digital. Aunque se revisó rápidamente la totalidad de la muestra depositada en cada portaobjeto con la finalidad de observar si los almidones se encontraban distribuidos de manera uniforme, las observaciones cualitativas se recabaron a partir del rastreo de seite líneas por portaobjeto, las cuales contaban individualmente con 200 o más almidones. Por cada muestra considerada y revisada en las tres instancias de muestreo se pudo observar, como mínimo, 1000 almidones, recabándose así las principales características generales observadas en ellos, tal y como se describen en la siguiente sección.

RESULTADOS

Primera instancia de muestreo: masas crudas

Durante esta instancia del muestreo en los tres ensayos (una muestra de yuca, una más de camote naranja y otra de camote púrpura; Figura 4) se recolectaron almidones que corresponden nítidamente con los descritos previamente en la literatura para ambas especies (ver Mickleburgh y Pagán Jiménez 2012; Pagán Jiménez 2007; Perry 2002; Piperno 2006; Piperno and Holst 1998; Reichert 1913). Entre los almidones de yuca no se observan alteraciones o anomalías morfométricas que pudieran resultar del rallado de los tubérculos. Éstos exhiben sus principales rasgos diagnósticos y sus tamaños (6-30 µm) se encuentran dentro de los rangos típicos descritos para la especie (ver Mickleburgh y Pagán Jiménez 2012, Appendix B). Entre las características diagnósticas de estos almidones existen las formas truncadas o acampanadas que a su vez cuentan con dos, tres y hasta cuatro facetas de presión en su margen. En estos mismos casos es común observar fisuras en forma de Y, fisuras asimétricas y también las conocidas fisuras esteladas ocurriendo casi siempre en el lugar donde se encuentra el hilum, generalmente en posición excéntrica (Figura 4, a1-a2). Otra forma común de almidón de yuca sin modificar es la ovalada con cinco o seis facetas de presión que se proyectan a lo largo del margen (Figura 4, a3). También se observa una forma truncada o acampanada que proyecta una gran faceta de presión entre el margen truncado y el lugar excéntrico donde se encuentra el hilum o la fisura (Figura 4, a2). Aunque almidones truncados/acampanados y con una gran faceta son bastante comunes en la yuca, éstos han sido documentados con mucha menor frecuencia entre los almidones de camote. Aun así, varias diferencias son contrastante entre estos almidones en apariencia parecidos de la yuca y el camote. Los almidones truncados/acampanados de yuca son abundantes, sobrepasan casi siempre las 20 µm y muy pocas veces puede observarse laminado en ellos. En cambio, el mismo tipo de almidón en el camote es notablemente menos frecuente, cuenta con un tamaño promedio de 14 µm y es común observar laminado en ellos. Finalmente, otra forma frecuente en los almidones de yuca es la esférica (Figura 4, a3), pero éstos muy pocas veces proyectan más rasgos diagnósticos

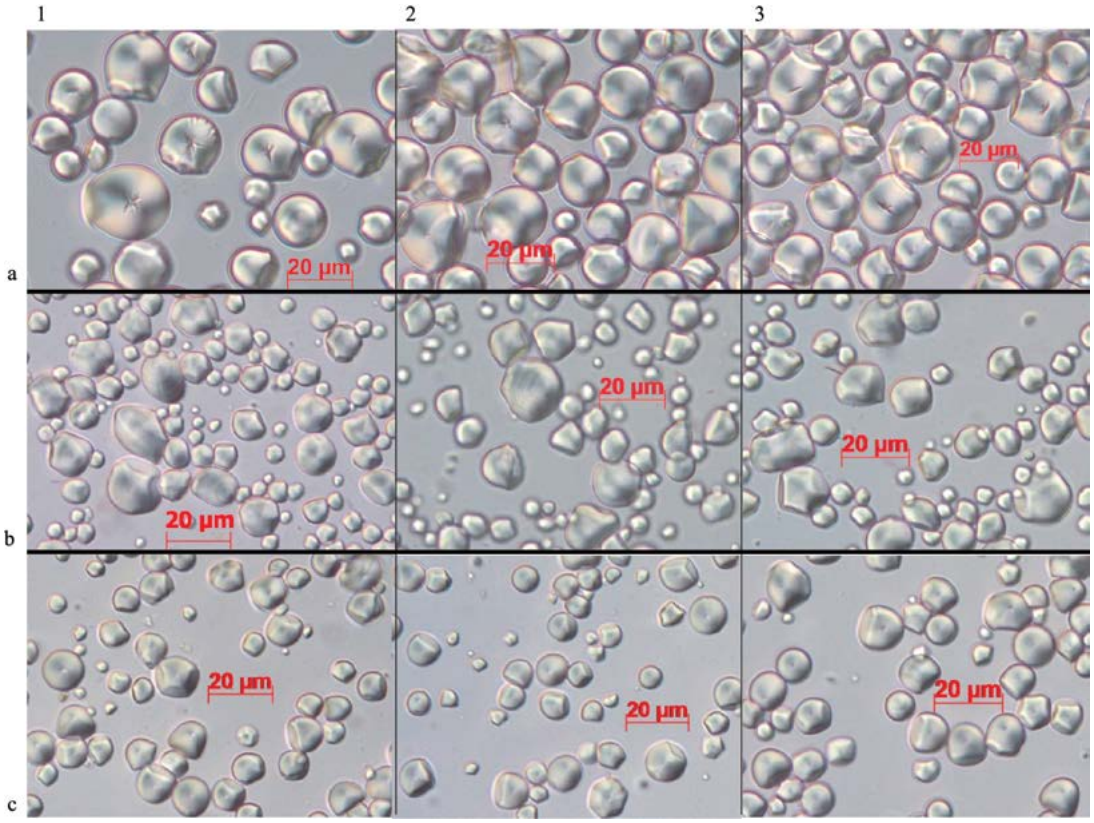

Figura 4. Almidones modernos recolectados de la masa cruda de yuca y de camote. En la fila superior, almidones sin modificar de yuca; en la fila intermedia, almidones sin modificar de camote naranja; en la fila inferior, almidones sin modificar de camote púrpura.

como son el afacetado múltiple y marginal o las fisuras asimétricas y esteladas.

Los almidones recuperados en la masa cruda de las dos variedades de camote (dos muestras independientes) cuentan con todas las características morfométricas previamente descritas en la literatura para la especie (e.g., Pagán Jiménez 2007; Piperno y Holst 1998; Reichert 1913; ver también Perry 2002). El rango general de tamaño de ambas variedades unidas como un conjunto (3 a 41 µm) se sitúa dentro del rango previamente documentado (i.e., entre 5 a 43 µm). Sus formas diagnósticas, como son las ovaladas irregulares, las campanulares y las poligonales, así como sus distintivas facetas de presión proyectadas generalmente en el centro de los almidones, el típico laminado ondulado y generalmente pronunciado más la presencia de hilum abierto en la mayoría de los casos, son elementos de peso en la identificación taxonómica de esta especie cuando se documentan de manera combinada en un mismo almidón (Figura 4, b1-b3, c1-c3). Sin embargo, las dos variedades de camote cuentan con conjuntos de almidones que, en términos de rangos de tamaño y de proporción de formas, se diferencian. Los almidones del camote naranja tienden a ser de mayor tamaño (entre 4 y 43 µm) y con formas poligonales variadas (Figura 4, b1-b3), mientras que los de la variedad púrpura oscilan entre 3 y 27 µm y sus formas tienden a ser mayoritariamente campanulares y esféricas (Figura 4, c1-c3).

Segunda instancia de muestreo: tortillas completamente cocidas

Los almidones recuperados durante esta instancia de muestreo exhiben sustanciales cambios morfométricos y modificaciones mayores, como la gelatinización, en las tres muestras revisadas. La gelatinización es el cambio irreversible y repentino que sufre la estructura de los almidones cuando están en la presencia de agua y a temperaturas usualmente mayores a los 50ºC. En este ambiente, los enlaces de hidrógeno que mantienen unidas a las cadenas moleculares lineales de amilosa y amilopectina son alterados, provocando que los almidones inicialmente pierdan su birrefringencia y luego sus formas típicas, dando pie a la formación de una masa viscosa y amorfa (Gott et al. 2006). Esta alteración térmica modifica significativamente todos los rasgos diagnósticos que posibilitan la identificación taxonómica de los almidones. Sin embargo, sobreviven en las muestras analizadas almidones intactos, o con muy pocas modificaciones, que permiten observar algunos rasgos diagnósticos importantes (cruz de extinción, formas, fisuras y márgenes conspicuos, etc.). Estos almidones son proporcionalmente menos que los modificados, aunque en algunos casos son relativamente abundantes (e.g., la yuca).

Los almidones de yuca se vieron afectados en su gran mayoría por la gelatinización de sus gránulos individuales o de aquellos que se encontraban aún dentro de los amiloplastos (Figura 5, a1). En este caso, los almidones perdieron totalmente sus rasgos morfométricos diagnósticos y expandieron significativamente su tamaño por lo que, al menos visualmente, no es posible identificarlos taxonómicamente. Otros cambios morfométricos observados en los almidones de yuca se sitúan en etapas intermedias entre lo que es el estado normal de ellos y su gelatinización total. Entre dichos cambios, aparentemente provocados por la acción directa de calor en un ambiente no restrictivo y de muy poca humedad, se encuentran los almidones que exhiben superficies plegadas, es decir, cierto grado de torcedura o arrugamiento amplio en su estructura general, así como alisamiento de su superficie y agrandamiento sustancial. En estos casos tampoco es viable su identificación taxonómica

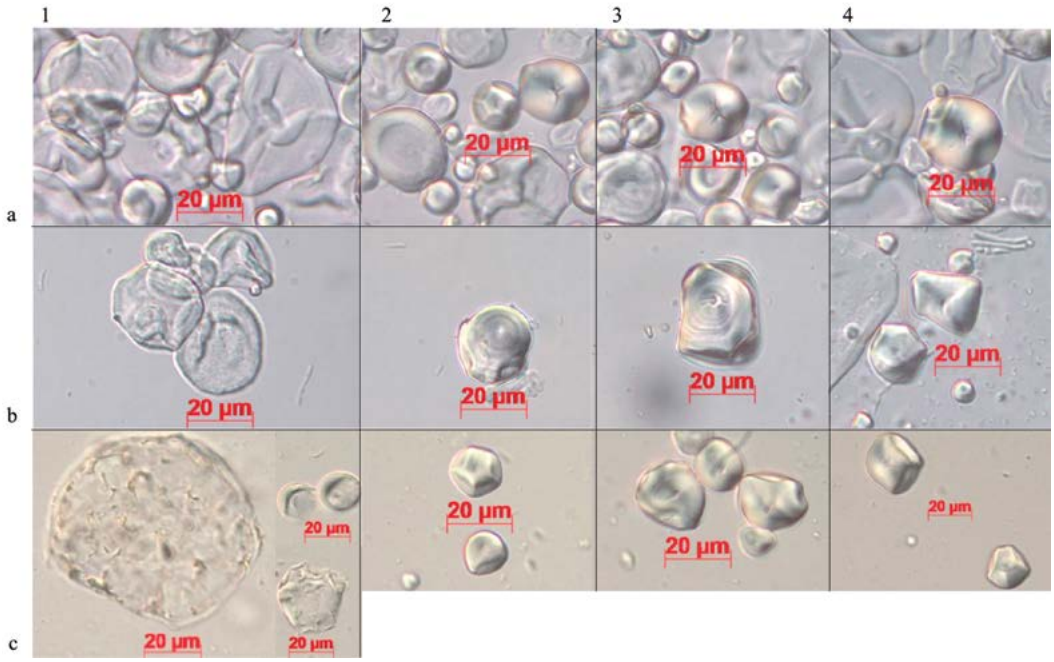

Figura 5. Almidones modificados (columna 1) y almidones poco alterados o diagnósticos (columnas 2, 3 y 4) de yuca (fila a), de camote naranja (fila b) y de camote púrpura (fila c) correspondientes a la segunda instancia de muestreo.

desde una perspectiva morfométrica, aunque los rasgos antes descritos (plegamiento/torcedura, alisamiento de superficie y tamaño notable) pueden ser adjudicados a la modificación estructural provocada en los almidones de diversas especies por las altas temperaturas en un ambiente no restrictivo (una superficie descubierta) y con presencia de muy poca humedad (ver también Henry, Hudson y Piperno 2009). Otro rasgo provocado por la modificación de los almidones es la formación de siluetas o sombras *(folds/shadow)* regulares que pueden ser restringidas o amplias (Figura 5, a2). En estos casos, las siluetas son pronunciadas y en su interior se forma cierta porosidad. Este rasgo es muy parecido al documentado en el proceso de modificación por otros medios (hervido, fermentación; ver e.g., Henry, Hudson y Piperno 2009; Dorsey et al. 2009), por lo que no puede ser utilizado de manera exclusiva para inferir un proceso similar al que se evalúa aquí. Finalmente, un rasgo adicional de modificación es poco frecuente en los almidones: la formación de superficies granuladas amplias. En este caso los almidones, aparentemente iniciando su gelatinización en un ambiente no restringido de poca humedad y altas temperaturas, generan una superficie granulada, similar a la textura de una superficie de arena. En fin, la figura 5 (a2-a4), presenta almidones diagnósticos de la yuca con poco o ningún grado de modificación, rodeados de almidones totalmente gelatinizados o grandemente afectados por la acción del calor en distintas intensidades, siendo este conjunto de datos similar al obtenido por Chandler-Ezell, Pearsall y Zeidler (2006) a raíz de experimentos más simples de cocción (tostado) de la masa de yuca en planchas.

Los almidones de camote naranja y púrpura, en esta etapa considerada, muestran un patrón de modificaciones muy parecido al de los almidones de yuca (Figura 5, b1 y c1), aún cuando las masas utilizadas en los ensayos contenían niveles mucho más altos de humedad. Se recuerda que, distinto al caso de la masa de yuca que fue secada antes de iniciar la cocción de las tortillas, la masa de las dos variedades de camote permaneció húmeda después que fue extraído su zumo y, en ese estado, fueron colocadas sobre las planchas de barro para su cocción. Interesantemente la proporción de almidones gelatinizados versus no gelatinizados es totalmente inversa a lo observado en los almidones de yuca. Es decir, son más los almidones con otros rasgos de modificación (pre-gelatinización, como los descritos para el caso de la yuca), así como aquellos con poca o ninguna modificación (Figura 5, b2-b4 y c2-c4).

En estos ensayos, debido al alto grado de humedad presente en las masas de camote, se esperaba que la mayoría de los almidones gelatinizaran y una ínfima parte sobrevivieran con distintos grados de modificación. Es posible que sí haya ocurrido gelatinización total y que visualmente no se pueda identificar, ya que en este caso los almidones se transforman en una pasta amorfa. No obstante, la común presencia de almidones en buen estado, con poca o ninguna modificación, es intrigante. La similitud observada en las modificaciones de los almidones de yuca y de camote (e.g., plegamiento, alisamiento, aumento de tamaño, superficies granuladas) parece responder más al hecho de que el calor de alta intensidad es recibido por los almidones en un ambiente no restrictivo (abierto) como es el recreado con las planchas de barro. Un aspecto interesante es que, distinto al caso de los almidones de la yuca, las siluetas o sombras *(folds, shadows)* son prácticamente inexistentes en los almidones de camote, pudiendo indicar que las siluetas/sombras son el resultado de la acción directa de las altas temperaturas en un ambiente abierto y con poca humedad. En fin, el hecho es que luego de cocinadas las tortillas de camote de las dos variedades consideradas en el presente estudio, una considerable cantidad de almidones con muchos de sus caracteres diagnósticos que posibilitan su adscripción taxonómica, sobreviven.

Los datos recabados durante esta instancia, tanto en la tortilla de yuca como en las de camote, concuerdan con los hallados en panes egipcios antiguos (Samuel 1996) o en productos almidonosos recientes y asados (Lineback y Wongsrikasem 1980) en los que se ha documentado la ocurrencia común de almidones sin alteraciones mayores como la producida por la gelatinización.

Tercera instancia de muestreo: tortillas carbonizadas

Durante los tres ensayos desarrollados en este estudio se promovió intencionalmente la carbonización total de las tortillas sobre las planchas de barro (ver Fig. 3c-e). En efecto, muchos de los almidones sufrieron modificaciones significativas (Figura 6, columna 1). Los rasgos observados, tanto en los almidones de yuca como en los de las dos variedades de camote, son similares a los descritos en las instancias de muestreo previas. Sin embargo, existen diferencias en cuanto a la frecuencia de almidones fuertemente modificados y aquellos con poca o ninguna modificación. Los almidones de yuca fueron en su mayoría destruidos durante la carbonización de la tortilla (sumado a los daños sufridos y acumulados de las instancias previas). Prácticamente se observan en la muestra analizada miles de residuos carbonizados y partículas amorfas no definidas y entre ellos pequeños grupos o almidones aislados que todavía conservan algunos rasgos de interés. Entre los almidones que han sobrevivido esta etapa, con signos evidentes de modificación, se encuentran algunos parcialmente gelatinizados, otros torcidos o plegados y algunos más con formas totalmente amorfas y con superficies granuladas (Figura 6, a1). Aún así, sobrevivieron almidones, en cantidades todavía importantes, con muy pocas modificaciones (o ninguna) y que conservan los principales rasgos diagnósticos descritos para esta especie (Figura 6, a2-a4).

El grado de preservación de almidones de camote naranja sigue siendo relativamente alto, aunque las

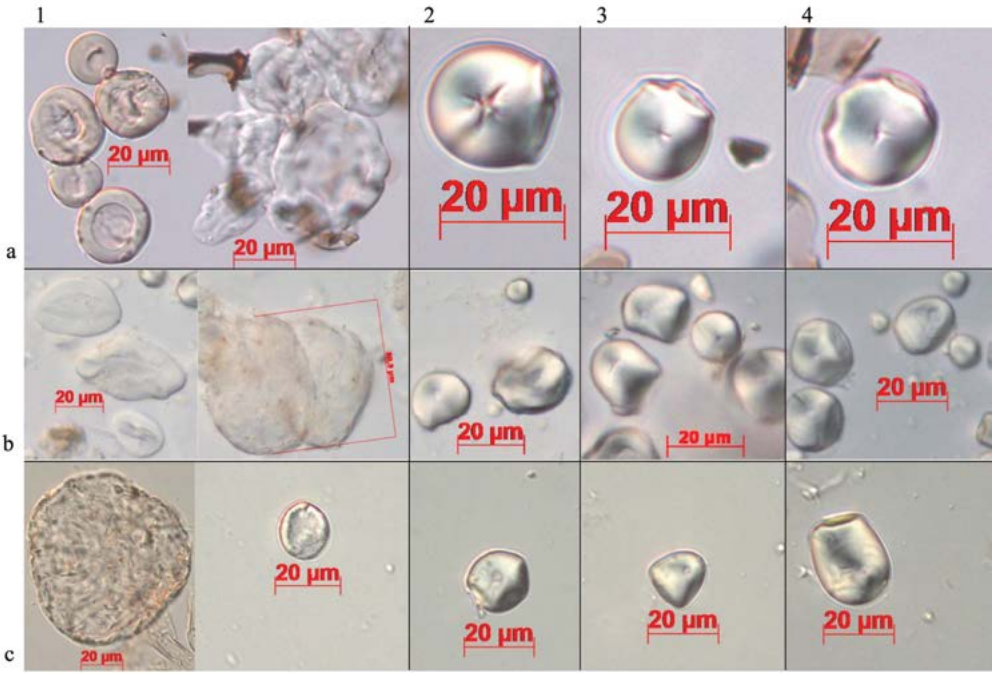

Figura 6. Almidones modificados (columna 1) y almidones poco alterados o diagnósticos (columnas 2, 3 y 4) de yuca (fila a), de camote naranja (fila b) y de camote púrpura (fila c), correspondientes a la tercera instancia de muestreo.

modificaciones son más notables (plegamiento, alisamiento, gelatinización total) que en la instancia anterior (Figura 6, b1), provocando que muchos de los gránulos, aunque reconocidos fácilmente como tales, no cuenten siempre con claros rasgos diagnósticos de la especie. Todavía, sí sobrevive una cantidad relativamente alta de almidones en buen estado que cuentan con muchos de los rasgos diagnósticos definidos (Figura 6, b2-b4). Finalmente, los almidones de camote púrpura extraídos de la tortilla carbonizada muestran un patrón de modificación similar a los de su contraparte naranja, aunque la cantidad de almidones bien preservados y con pocas modificaciones es mucho más baja (Figura 6, c1-c4). Los almidones que aún cuentan con suficientes rasgos diagnósticos de la especie, muestran también claros signos de alteraciones leves (estriaciones, depresiones) que en ocasiones impiden divisar el conjunto de elementos necesarios para identificarlos taxonómicamente.

Un dato de interés que pudo ser observado en los almidones de yuca, correspondientes a la tercera instancia de muestreo (carbonización), es la presencia de conjuntos de almidones evidentemente alterados, con mayor tamaño que los almidones sin alterar, que muestran una coloración ámbar, márgenes externos radiantes y grandes siluetas o *folds* (Figura 7). En estos casos no se observan alteraciones significativas en la morfología de los gránulos y parecería, más bien, que éstos primeramente se deshidrataron por el calor indirecto generado durante la cocción, es decir, sin estar directamente en contacto con la fuente de calor (la superficie de la plancha de barro). Posterior a su deshidratación, al hacer contacto directo con la superficie caliente de la plancha de barro, es posible que estos almidones hayan sufrido las alteraciones que ahora se observan y describen: cambios en el tamaño, en la coloración, en la topografía y en los márgenes. Por el conjunto de rasgos de alteración observados, no sería posible identificar la taxa de estos almidones. Sin embargo, se entiende que sí es viable establecer una interpretación plausible acerca de ellos: estos almidones alterados, al unirse o encontrarse junto a almidones diagnósticos como los que sobreviven la carbonización de la masa/harina, podrían indicar formas de procesamiento y cocción de masas/harinas prácticamente secas o con muy poca humedad, similar al procesamiento de la masa de yuca recreado en este trabajo.

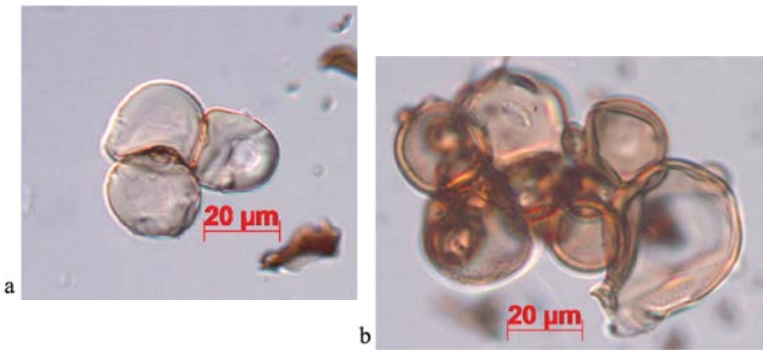

Figura 7. Almidones de yuca alterados, recuperados en la masa carbonizada. a. conjunto de almidones aparentemente deshidratados que han adquirido un color ámbar muy tenue. Nótese la silueta o sombra *(fold/shadow)* creándose en uno de los almidones. b. conjunto de almidones que han adquirido una coloración ámbar intensa, han aumentado en tamaño, cuentan con grandes siluetas o "folds" y con márgenes radiantes. Se entiende que el conjunto de almidones en la imagen "a" es una etapa previa (inicial) del proceso de alteración ilustrado en la imagen "b".

DISCUSIÓN

Los tres ensayos desarrollados en el presente estudio demuestran que los almidones de las plantas de interés sobreviven todo el proceso de elaboración de tortillas de casabe (yuca) y camote. Evidentemente, la preservación y el estado morfológico de los almidones es variada según transcurren las distintas etapas evaluadas. Existe una relación evidente entre el grado de preservación/conservación de almidones y el ambiente en el cual son cocidas las masas para crear las tortillas. En primer lugar, el estudio arroja luz acerca de las modificaciones que sufren los almidones cuando están sujetos a altas temperaturas en ambientes variados de humedad sobre las planchas de barro. En la medida en que los almidones están directamente expuestos y en contacto sostenido con la humedad, mayor es su grado de afectación por medio de la gelatinización (Crowther 2012; Gunaratne y Hoover 2002; Henry, Hudson y Piperno 2009). Este dato es ampliamente conocido en la literatura especializada, aunque la información aquí documentada muestra que la cocción de los almidones a altas temperaturas en un ambiente no restrictivo (abierto) y relativamente llano (i.e., planchas de barro), parece evaporar rápidamente la humedad de la masa, impidiendo que ésta interactúe con los almidones provocando su gelatinización total. Los almidones modificados y presentes en las tres instancias de muestreo cuentan con alteraciones relacionadas con las distintas etapas del proceso de gelatinización, precisamente indicativas de que los almidones estuvieron expuestos a la humedad en distintos niveles.

Habiendo en todas las instancias de muestreo almidones perfectamente preservados, aunque en distintas proporciones, es de suponer que la humedad de las masas no estaba distribuida uniformemente. Como se sabe, la masa misma no es uniforme, pues el nivel de fraccionamiento de los distintos componentes de ésta es variado. En este sentido es viable pensar que la consistencia variable de las masas pudo ayudar en la preservación de los almidones (ver también Samuel 2000) al éstos alojarse en regiones más secas y alejadas de la fuente de conducción de calor (i.e., la superficie de la plancha de barro).

Otro aspecto que parece estar relacionado con la preservación de almidones a lo largo de todo el proceso de confección de tortillas es el ambiente mismo de la cocción. Por un lado, cuando se depositó la masa o harina sobre las planchas de barro, la primera se encontraba a temperatura ambiente. Por otro lado, las planchas habían sido calentadas a altas temperaturas antes de que se colocara la masa o harina. En este escenario, y como ha sido hipotetizado antes (Rodríguez-Suárez y Pagán Jiménez 2008), no es difícil notar que la cocción de la masa ocurre paulatinamente, cociéndose primeramente aquella que está en contacto directo con la superficie. Los datos levantados en el estudio señalan que, en efecto, la masa calienta en una gradiente mientras que, simultáneamente, la humedad se evapora por ocurrir todo el proceso de cocción en un ambiente abierto y relativamente llano.

De lo anterior se desprende que cuando la masa llega al grado de carbonización, los almidones contenidos en ella han dejado de estar en contacto con la humedad, siendo ésta el principal agente de modificación si es que los almidones están en contacto prolongado con ella a altas temperaturas. En este contexto, la preservación diferencial de almidones parece ser más crítica en los momentos iniciales de la cocción de las tortillas, que es cuando ellos están en contacto con la humedad de la masa. Posteriormente, mientras cuece la masa o harina, la fibra vegetal y otros componentes que la constituyen endurece y consolida por medio de la deshidratación paulatina ante el calor a altas temperaturas. Debido a los pocos cambios observados entre los almidones recuperados durante la segunda y la tercera instancia de muestreo, es factible pensar que la preservación definitiva de aquellos almidones con pocas o ningunas modificaciones ocurrió en el lapso de tiempo en que las tortillas cocinaron totalmente, aunque antes de la carbonización.

Estudios paleoetnobotánicos previos en los cuales se recuperaron almidones con distintos estados de preservación en varias planchas de barro, en platos de servir y en ollas de barro arqueológicas (Pagán Jiménez 2012; Rodríguez-Suárez y Pagán Jiménez 2008), facilitaron el planteamiento de varias hipótesis que no habían podido ser experimentalmente evaluadas en el contexto de la elaboración de tortillas de yuca y camote. El planteamiento principal directamente relacionado con la cocción de derivados almidonosos vegetales en las planchas de barro sugería esencialmente dos cosas acerca de la preservación evidente de los almidones (ver Rodríguez-Suárez y Pagán Jiménez 2008):

– la conducción irregular de calor en las planchas de barro provoca que éste afecte la masa o la harina en una gradiente, impactando de manera diferencial a los almidones. En este caso hay almidones que no se verán afectados, o se afectarán muy poco, mientras hay almidones que sí se verán afectados considerablemente.

– en el ambiente anterior, la cocción de tortillas a partir de masas o harinas con poco o ningún contenido de humedad provoca que los almidones se deshidraten lentamente, al margen del fuerte proceso de la gelatinización. Debido a que la harina (o la masa) a la cual se le ha retirado una buena parte de la humedad es colocada en planchas de barro previamente calentadas, el calentamiento de dicha masa no es homogéneo, siendo más bien paulatino su impacto en distintas áreas de la masa sometida a cocción. Por lo tanto, ha de esperarse que existan almidones en un estado óptimo de preservación, mientras otros almidones pueden verse afectados considerablemente haciendo imposible su identificación taxonómica.

El presente estudio paleoetnobotánico experimental pudo arrojar luz acerca de la preservación de almidones identificables en contextos de uso precolombinos aparentemente agresivos como es el de la confección de tortillas

en las planchas de barro. Otros estudios desarrollados con materiales alimenticios almidonosos, o en contextos funcionales parecidos en otras partes del mundo, han brindado información similar a la señalada (e.g., Bemiller y Whistler 2009; Crowther 2012; Raviele 2011; Samuel 2000; Zarrillo et al. 2008). En gran medida, las hipótesis esgrimidas arriba acerca de la preservación de almidones en las planchas de barro arqueológicas de la América neotropical han sido parcialmente sostenidas con este trabajo y, además, se brindan datos cualitativos e información morfométrica importante que facilita la identificación de los procesos de cocción antiguos similares a los que se han intentado recrear. De igual modo, se proporcionan elementos importantes de la morfometría de los almidones sometidos a ensayo en distintos ambientes, pues se cuenta ahora con un conjunto de datos que posibilita la identificación taxonómica de almidones de yuca y de camote en las planchas de barro arqueológicas.

CONSIDERACIONES FINALES

Este trabajo ha evaluado cualitativamente el estado de preservación de los almidones de yuca y de camote cuando son sometidos a procesos de elaboración de tortillas sobre planchas de barro similares a las reportadas arqueológicamente en el neotrópico precolombino. No se ha pretendido documentar, ni analizar o profundizar, en aquellos mecanismos que pudieran explicar la integración de los almidones de las plantas seleccionadas en los intersticios, en los poros o en las imperfecciones de las planchas de barro modernas, para comprender así cómo es que éstos se depositan y sobreviven por cientos o miles de años en las planchas de barro arqueológicas. El objetivo anterior, aunque importante, queda al margen de los alcances del presente estudio. De igual forma, no se ha tenido la intención de explicar cómo se modifican o cómo sobreviven los almidones de interés cuando ellos son sometidos al calor en diversos ambientes controlados, distintos a los evaluados. Sobre este particular se han elaborado muchos ensayos experimentales de gran importancia, algunos con cierta resonancia en este trabajo, pero con objetivos, variables, ambientes y alcances diferentes a los que se han querido explorar aquí (ver e.g., Beleia, Butarelo y Silva 2006; Camargo et al. 1988; Demiate et al. 2000; Gunaratne y Hoover 2002; Hoover 2001; Lacerda et al. 2008; Pérez, Schultz y Pacheco de Delahaye 2005). Los distintos ensayos efectuados en este trabajo han sido expresamente diseñados con la idea de comprender mejor, y con fundamento en datos etnohistóricos o etnográficos, la baja ubicuidad o la ausencia de almidones de yuca en las planchas de barro arqueológicas. Es por lo anterior que se utilizaron herramientas modernas (planchas de barro) similares a las que se encuentran arqueológicamente en las tierras bajas neotropicales para recrear, de la manera más parecida posible, el proceso de cocción de tortillas almidonosas. Se sabe que debieron ser múltiples los conjuntos y las combinaciones de variables mecánicas y físico-químicas, tanto de las plantas como de las formas de cocción, que interactuaron alrededor de la preparación de las tortillas de yuca y de camote a lo largo de toda la era precolombina neotropical. Es imposible conocerlas todas para reconstruirlas hoy mediante experimentación.

Se demuestra aquí que los almidones de las dos especies evaluadas pueden preservarse de manera diferencial luego de desarrollado todo el proceso de confección de tortillas hasta llegar, incluso, a la carbonización de la masa o harina. Los resultados expuestos tienen incidencia en los estudios paleoetnobotánicos de almidones arqueológicos, pues las planchas de barro son recurrentes en una región amplia del neotrópico y se han asociado comúnmente a la confección de tortillas de casabe. En otras áreas del mismo neotrópico (e.g., Ecuador, Perú, Bolivia) existen artefactos muy parecidos que posiblemente fueron utilizados para confeccionar tortillas derivadas de estas y otras plantas (e.g., maíz). Por lo tanto, es posible que el comportamiento de los almidones de otras plantas sea parecido al de las que hemos evaluado aquí cuando son sometidos a formas de procesamiento previo (rallado de órganos) y de cocción en ambientes y bajo variables similares (ver Samuel 1996 para el caso de los panes egipcios antiguos).

Se ha documentado antes que las planchas de barro arqueológicas tienen la capacidad de retener residuos alimenticios en los poros y en las grietas de sus superficies de cocción (Rodríguez-Suárez y Pagán Jiménez 2008; Pagán Jiménez 2013). Además, es común divisar costra carbonizada adherida a la superficie de cocción de estos utensilios arqueológicos y son esos dos contextos artefactuales los que han brindado hasta el momento información paleoetnobotánica acerca del uso de las planchas de barro en la elaboración de múltiples derivados vegetales neotropicales (McKey et al. 2010; Pagán Jiménez 2012, 2013). Como fue comentado al inicio de este trabajo, son poco frecuentes los almidones arqueológicos de yuca recuperados en estos artefactos típicamente vinculados a la cocción de tortillas de casabe. La información aquí generada sugiere de manera firme que los almidones de yuca y de camote pueden preservarse e identificarse positivamente luego del proceso de cocción de tortillas en las planchas de barro, aun en condiciones ambientales (e.g., humedad, temperatura y rango de tiempo de cocción) divergentes, tal y como dan cuenta los tres ensayos desarrollados. Los datos y las interpretaciones desarrolladas a lo largo de este trabajo sugieren que de haberse utilizado las planchas de barro arqueológicas para elaborar tortillas de casabe o de camote, sus almidones deberían ser potencialmente recuperados e identificados en contextos artefactuales similares a los replicados en el presente estudio.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido financiado por el "Proyecto Prometeo" de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (República del Ecuador), a través de una estancia de investigación otorgada al primer autor. El estudio forma parte del componente experimental de un proyecto mayor intitulado *Paleoetnobotánica de las Culturas Ancestrales del Ecuador: Estudio de Almidones en Contextos Arqueológicos* (Proyecto Prometeo) y que ha sido desarrollado desde el Laboratorio de Investigación del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (Ecuador). Esta versión del artículo se ha enriquecido gracias a los comentarios hechos por dos revisores anónimos.

Referencias

BABOT María del Pilar

2003, "Starch Grain Damage as an Indicator of Food Processing", *in* Diane M. Hart y Lynley A. Wallis (eds), *Phytolith and Starch Research in the Australian- Pacific-Asian Regions: The State of the Art*, Pandanus Books, Canberra, 69-81.

BARTON Huw y Peter J. MATTHEWS

2006, "Taphonomy", *in* Robin Torrence y Huw Barton (eds), *Ancient Starch Research*, Left Coast Press, Walnut Creek, 75-94.

BELEIA Adelaide, Soraya S. BUTARELO y Rui Sergio F. SILVA

2006, "Modeling of Starch Gelatinization during Cooking of Cassava (Manihot Esculenta Crantz)", *Food Science and Technology*, 39 (4): 400-405.

BEMILLER James y Roy WHISTLER

2009, *Starch: Chemistry and Technology*, Academic Press, San Diego, 3rd ed.

BERMAN Mary Jane y Deborah M. PEARSALL

2008, "At the Crossroads: Starch Grain and Phytolith Analyses in Lucayan Prehistory", *Latin American Antiquity*, 19 (2): 182-204.

CAMARGO Celina, Paul COLONNA, Alain BULEON y Daniel RICHARD-MOLARD

1988, "Functional Propoerties of Sour Cassava (Manihot Utilissima) Starch: Polvilho Azedo", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 45 (3): 273-289.

CAMPUS-BAYPOLI Olga N., Ema C. ROSAS-BURGOS, Patricia I. TORRES-CHÁVEZ, Benjamín RAMÍREZ-WONG y Sergio OTHÓN

1999, Physiochemical changes of starch during maize tortilla production. *Starch/Stärke*, 51 (5): 173-177.

CASAS Bartolomé de las (fray)

1909, *Apologética historia de las Indias*, Bailly-Bailliére é Hijos, (Nueva Biblioteca de Autores Españoles, 13), Madrid.

CASTILLO Joseph de

1906, *Relación De La Provincia De Mojos*, J. M. Gamarra, La Paz.

CHANDLER-EZELL Karol, Deborah M. PEARSALL y James A. ZEIDLER

2006, "Root and Tuber Phytoliths and Starch Grains Document Manioc *(Manihot esculenta)*, Arrowroot *(Maranta arundinacea)*, and Llerén (*Calathea* sp.) at the Real Alto Site, Ecuador", *Economic Botany*, 60 (2): 103-120.

COLÓN Cristóbal

1495, *Carta de Cristóbal Colón a los reyes católicos*, Vega de la Maguana, La Española.

2006, *Diario De Abordo*. Editorial Edaf, S.L., Madrid.

CROWTHER Alison

2012, "The Differential Survival of Native Starch during Cooking and Implications for Archaeological Analyses: A Review", *Archaeological and Anthropological Sciences*, 4 (3): 221-235.

CRUXENT José María y Irving ROUSE

1958, *An Archaeological Chronology of Venezuela*, Pan American Union, Washington (DC), 2 vols.

DEMIATE Ivo M., Nathalie DUPUY, Jean-Pierre HUVENNE, Marney PASCOLI CEREDA y Gilvan WOSIACKI

2000, "Relationship between Baking Behavior of Modified Cassava Starches and Starch Chemical Structure Determined by FTIR Spectroscopy", *Carbohydrate Polymers*, 42 (2): 149-158.

DICKAU Ruth

2005, *Resource Use, Crop Dispersals, and the Transition to Agriculture in Prehistoric Panama: Evidence from Starch Grains and Macroremains*, Doctoral Dissertation, Department of Anthropology, Temple University, Philadelphie (PA).

DICKAU Ruth, María C. BRUNO, José IRIARTE, Heiko PRÜMERS, Carla JAIMES, Irene HOLST y Francis E. MAYLE

2012, "Diversity of Cultivars and Other Plant Resources Used at Habitation Sites in the Llanos De Mojos, Beni, Bolivia: Evidence from Macrobotanical Remains, Starch Grains, and Phytoliths", *Journal of Archaeological Science*, 39 (2): 357-370.

DICKAU Ruth, Anthony J. RANERE y Richard G. COOKE

2007, "Starch Grain Evidence for the Preceramic Dispersals of Maize and Root Crops into Tropical Dry and Humid Forests of Panama", *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 104 (9): 3651-3656.

DORSEY Sheila, Linda PERRY, Karl J. REINHARD, Calogero M. SANTORO y Isabel TEIXEIRA-SANTOS

2009, "Impact of Empire Expansion on Household Diet: The Inka in Northern Chile' S Atacama Desert", *PLOS ONE*, 4 (11): 1-5.

DUFOUR Darna L.

1988, "Cyanide Content of Cassava (Manihot Esculenta, Euphorbiaceae) Cultivars Used by Tukanoan Indians in Northwest Amazonia", *Economic Botany*, 42 (2): 255-266.

1994, "Cassava in Amazonia: Lessons in Utilization and Safety from Native Peoples", *Acta Horticulturae*, 375: 175-182.

ELIAS Marianne, Laura RIVAL y Doyle MCKEY

2000, "Perception and Management of Cassava (Manihot Esculenta Crantz) Diversity among Makushi Amerindians of Guyana", *Journal of Ethnobiology*, 20 (2): 239-265.

ENGEL Frederic

1973, "New Facts About Pre-Columbian Life in the Andean Lomas", *Current Anthropology*, 14 (3): 271-280.

EVANS Clifford y Betty MEGGERS

1968, *Archaeological Investigations on the Rio Napo, Eastern Ecuador*, Smithsonian Institution, Washington (DC).

FERNÁNDEZ DE OVIEDO Gonzalo

1851, *Historia general y natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano*, Real Academia de la Historia, Madrid.

FIGUEREDO Alfredo

2012, "La Yuca destronada y el maiz triunfante: interpretaciones sobre la etnohistoria y arqueología de Las Bahamas (con sendas notas sobre las relaciones de producción)", *Cuba Arqueológica*, 5 (2): 20-29.

GNECCO Cristobal y Javier ACEITUNO

2004, "Poblamiento temprano y espacios antropogénicos en el Norte de Suramérica", *Complutum*, 15: 151-164.

GOTT Beth, Huw BARTON, Delwen SAMUEL y Robin TORRENCE

2006, "Biology of Starch", *in* Robin Torrence y Huw Barton (eds), *Ancient Starch Research*, Left Coast Press, Walnut Creek, 35-45.

GUMILLA Joseph

1955, *El Orinoco ilustrado. Historia natural, civil y geográfica de Este Gran Río*, Editorial ABC, Bogotá.

GUNARATNE Anil y Ratnajothi HOOVER

2002, "Effect of Heat-moisture Treatment on the Structure and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches", *Carbohydrate Polymers*, 49 (4): 425-437.

HASLAM Michael

2004, "The Decomposition of Starch Grains in Soils: Implications for Archaeological Residue Analyses", *Journal of Archaeological Science*, 31: 1715-1734.

HENRY Amanda G., Holly F. HUDSON y Dolores R. PIPERNO

2009, "Changes in Starch Grain Morphologies from Cooking", *Journal of Archaeological Science*, 36 (3): 915-922.

HOOVER Ratnajothi

2001, "Composition, Molecular Structure, and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches: A Review", *Carbohydrate Polymers*, 45 (3): 253-267.

HUMBOLDT Alexander von

1941, *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente*, Escuela Técnica Industrial, Talleres de Artes Gráficas (Biblioteca Venezolana de Cultura), Caracas.

LACERDA Luiz Gustavo, Jayme Augusto MENEGASSI AZEVEDO, Marco Aurélio DA SILVA CARVALHO FILHO, Ivo MOTTIN DEMIATE, Egon SCHNITZLER, Luciana PORTO DE SOUZA VANDENBERGHe y Carlos Ricardo SOCCOL

2008, "Thermal Characterization of Partially Hydrolyzed Cassava (Manihot Esculenta) Starch Granules", *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51 (6): 1209-1215.

LATHRAP Donald W.

1970, *The Upper Amazon*, Thames and Hudson, London.

LINEBACK David R. y E. WONGSRIKASEM

1980, "Gelatinization of Starch in Baked Products", *Journal of Food Science*, 45 (1): 71-74.

MCKEY Doyle, Stéphen ROSTAIN, José IRIARTE, Bruno GLASER, Jago JONATHAN y Irene HOLST

2010, "Pre-Columbian Agricultural Landscapes, Ecosystem Engineers, and Self-organized Patchiness in Amazonia", *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 107 (17): 7823-7828.

MICKLEBURGH Hayley L. y Jaime R. PAGÁN JIMÉNEZ

2012, "New Insights into the Consumption of Maize and Other Food Plants in the pre-Columbian Caribbean from Starch Grains Trapped in Human Dental Calculus", *Journal of Archaeological Science*, 39 (7): 2468-2478.

MONARDES Nicolás

1574, *Primera y segunda y tercera partes de la Historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias occidentales que sirven en medicina*, Alonso Escrivano, Sevilla.

NORDENSKIÖLD Erland

1924, *The Ethnography of South-America Seen from Mojos in Bolivia*, Oxford University Press, Oxford.

OLSEN Kenneth M. y Barbara A. SCHAAL

2006, "DNA Sequence Data and Inferences on Cassava's Origin of Domestication", *in* Melinda A. Zeder, Daniel G. Bradley, Eve Emshwiller y Bruce D. Smith (eds), *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*, University of California Press, Berkeley, 123-133.

PAGÁN JIMÉNEZ Jaime R.

2007, *De antiguos pueblos y culturas botánicas en el Puerto Rico indígena. El archipiélago borincano y la llegada de los primeros pobladores agroceramistas*, Archaeopress (Paris Monographs in American Archaeology, 18; BAR International Series), Oxford.

2009, "Nuevas perspectivas sobre las culturas botánicas precolombinas de Puerto Rico. Implicaciones del estudio de almidones en herramientas líticas, cerámicas y de concha", *Cuba Arqueológica*, II (2): 7-23.

2011, "Dinámicas fitoculturales de un pueblo precolombino Saladoide Tardío (King's Helmet) en Yabucoa, Puerto Rico", *El Caribe Arqueológico*, 12: 45-59.

2012, "Early Use of Maize and Other Food Crops Among Early Ceramic and Later Neoindian Traditions of Northeastern Amazonia Revealed by Ancient Starch Grains from Ceramic and Lithic Artifacts of the Chemin Saint-Louis Archaeological Site, French Guiana", *Archaeology and Anthropology*, 17 (2): 78-107.

2013, "Human-Plant Dynamics in the Precolonial Antilles: A Synthetic Update", *in* William F. Keegan, Corinne L. Hofman y Reniel Rodríguez Ramos (eds), *The Oxford Handbook of Caribbean Archaeology*, Oxford University Press, New York, 391-406.

PAGÁN JIMÉNEZ Jaime R., Miguel A. RODRÍGUEZ-LÓPEZ, Luis A. CHANLATTE BAIK y Yvonne NARGANES STORDE

2005, "La temprana introducción y uso de algunas plantas domésticas, silvestres y cultivos en Las Antillas precolombinas una primera revaloración desde la perspectiva del 'arcaico' de Vieques y Puerto Rico", *Diálogo Antropológico*, 3 (10): 7-33.

PEARSALL Deborah M.

2008, "Plant Domestication and the Shift to Agriculture in the Andes", *in* Helaine Silverman y William Isbell (eds), *The Handbook of South American Archaeology*, Springer, New York, 105-120.

PEARSALL Deborah M., Karol CHANDLER-EZELL y James A. ZEIDLER

2004, "Maize in Ancient Ecuador: Results of Residue Analysis of Stone Tools from the Real Alto Site", *Journal of Archaeological Science*, 31: 423-442.

PÉREZ Elevina, Forrest S. SCHULTZ y Emperatríz PACHECO DE DELAHAYE

2005, "Characterization of Some Properties of Starches Isolated from Xanthosoma Sagittifolium (tannia) and Colocassia Esculenta (taro)", *Carbohydrate Polymers*, 60 (2): 139-145.

PERRY Linda

2001, *Prehispanic Subsistence in the Middle Orinoco Basin: Starch Analyses Yield New Evidence*, Doctoral Dissertation, Department of Anthropology, Southern Illinois University, Carbondale (IL).

2002, "Starch Analyses Reveal Multiple Functions of Quartz 'Manioc' Grater Flakes from the Orinoco Basin, Venezuela", *Interciencia*, 27 (11): 635-639.

2005, "Reassessing the Traditional Interpretation of 'Manioc' Artifacts in the Orinoco Valley of Venezuela", *Latin American Antiquity*, 16 (4): 409-426.

PIPERNO Dolores R.

2006, "Identifying Manioc (Manihot Esculenta Crantz) and Other Crops in Pre-Columbian Tropical America Through Starch Grain Analysis. A Case Study from Central Panama", *in* Melinda A. Zeder, Daniel G. Bradley, Eve Emshwiller y Bruce D. Smith (eds), *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*, University of California Press, Berkeley, 46-67.

PIPERNO Dolores R. y Irene HOLST

1998, "The Presence of Starch Grains on Prehistoric Stone Tools from the Humid Neotropics: Indications of Early Tuber Use and Agriculture in Panama", *Journal of Archaeological Science*, 25: 765-776.

PIPERNO Dolores R. y Deborah M. PEARSALL

1998, *The Origins of Agriculture in the Lowland Neotropics*, Academic Press, San Diego.

PIPERNO Dolores R., Anthony RANERE, Irene HOLST y Patricia HANSELL

2000, "Starch Grains Reveal Early Root Crop Horticulture in the Panamanian Tropical Forest", *Nature*, 407: 894-897.

RAMOS Alcida R.

1995, *Sanumá Memoires: Yanomami Ethnography in Times of Crisis*, University of Wisconsin Press, Madison.

RAVIELE Maria E.

2011, "Experimental Assessment of Maize Phytolith and Starch Taphonomy in Carbonized Cooking Residues", *Journal of Archaeological Science*, 38 (10): 2708-2713.

REICHERT Edward T.

1913, *The Differentiation and Specificity of Starches in Relation to Genera, Species, Etc.*, Carnegie Institution of Washington, Washington (DC).

RODRÍGUEZ-SUÁREZ Roberto y Jaime R. PAGÁN JIMÉNEZ

2008, "The Burén in Precolonial Cuban Archaeology. New Information Regarding the Use of Plants and Ceramic Griddles During the Late Ceramic Ageo of Eastern Cuba Gathered Through Starch Analysis", *in* Corinne L. Hofman, Menno L. P. Hoogland y Annelou L. van Gijn (eds), *Crossing the Borders. New Methods and Techniques in the Study of Archaeological Materials from the Caribbean*, University of Alabama Press, Tuscaloosa, 159-169.

ROOSEVELT Ana C.

1980, *Parmana: Prehistoric Maize and Manioc Subsistence Along the Amazon and Orinoco*, Academic Press, New York.

ROUSE Irving

1992, *The Tainos. Rise and Decline of the People Who Greeted Columbus*, Yale University Press, New Haven.

SAMUEL Delwen

1996, "Investigation of Ancient Egyptian Baking and Brewing Methods by Correlative Microscopy", *Science*, 273: 488-490.

2000, "Brewing and baking", *in* Paul T. Nicholson y Ian Shaw (eds), *Ancient Egyptian Materials and Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 537-576.

SIMÓN F. Pedro

1986, *Fray Pedro Simón y su vocabulario de americanismos*, Instituto Caro y Cuervo, Bogotá.

SNARSKIS Michael J.

1984, "Central America: The Lower Caribbean", *in* Frederick W. Lange y Doris Z. Stone (eds), *The Archaeology of Lower Central America*, University of New Mexico Press, Albuquerque, 195-232.

STEMPER David

1993, *The Persistence of Prehistoric Chiefdoms on the Rio Duale, Coastal Ecuador*, University of Pittsburgh, Pittsburgh.

UGENT Donald, Shelia POZORSKI y Thomas POZORSKI

1981, "Prehistoric Remains of Sweet Potato from the Casma Valley of Peru", *Phytologia*, 49 (5): 401-415.

1986, "Archaeological Manioc (Manihot) from Coastal Peru", *Economic Botany*, 40 (1): 78-102.

ZARRILLO Sonia

2012, *Human Adaptation, Food Production, And Cultural Interaction during the Formative Period in Highland Ecuador*, Ph.D. Dissertation, Department of Archaeology, University of Calgary, Calgary.

ZARRILLO Sonia, Deborah M. PEARSALL, J. Scott RAYMOND, Mary Ann TISDALE y Dugane J. QUON

2008, "Directly Dated Starch Residues Document Early Formative Maize (Zea Mays L.) in Tropical Ecuador", *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 105 (13): 5006-5011.