

2021, Volumen 6, Número 2: 275-294

---

Dossier

“La interdisciplina en la práctica geoarqueológica. VIII Taller GEGAL-La Plata 2020”

Editores invitados: Bruno Mosquera, Irina Capdepon, Marco Alvarez, Carola Castiñeira & Eduardo Apolinaire

## Paisajes heredados: la degradación agroalfarera del valle de Tafí y sus relaciones con el Noroeste Argentino

María Marta Sampietro Vattuone<sup>1,2</sup> & José Luis Peña Monné<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Geoarqueología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Argentina. sampietro@tucbbs.com.ar

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

<sup>3</sup>Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España. jlpena@unizar.es



## **Paisajes heredados: la degradación agroalfarera del valle de Tafí y sus relaciones con el Noroeste Argentino**

**María Marta Sampietro Vattuone<sup>1,2</sup> & José Luis Peña Monné<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Geoarqueología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Argentina. sampietro@tucbbs.com.ar

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

<sup>3</sup>Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España. jlpena@unizar.es

**RESUMEN.** El objetivo de este trabajo es mostrar los efectos a largo plazo producidos por las ocupaciones prehispánicas agroalfareras del valle de Tafí, Noroeste Argentino, realizando una síntesis de los procesos degradativos generados por tales poblaciones y su repercusión en la configuración actual del paisaje desde una perspectiva geoarqueológica, integrando información de otros valles áridos de la región. La principal manifestación de este fenómeno degradativo ha quedado registrada en los depósitos de la unidad morfoestratigráfica H2 depositada entre *ca.* 4200 y 600 años AP en los fondos de los valles y que alcanza enormes dimensiones. Su registro estratigráfico contiene rasgos materiales de las ocupaciones humanas prehispánicas de índole primaria y secundaria. El deterioro ambiental se evidencia en primer lugar en los procesos de morfogénesis acelerada, duplicándose prácticamente las tasas de sedimentación a partir del asentamiento de las comunidades agropastoriles en la zona (alrededor del 2200 AP), pasando de 1-1,7 m/1000 años a 2,5-3 m/1000 años. Al mismo tiempo, otra pauta de degradación general del valle se aprecia en el deterioro de los paleosuelos (hoy enterrados) en las zonas agrícolas prehispánicas, donde se registra erosión parcial o total de los horizontes superficiales (2A) y pérdida de materiales finos (fracción limo especialmente) así como alteraciones químicas.

**Palabras clave:** *Holoceno superior; Geoarqueología; Morfodinámica; Suelos prehispánicos*

**ABSTRACT. Inherited landscapes: Prehispanic agricultural degradation in the Tafí valley and its relationships with Northwestern Argentina.** The aim of this paper is to show the long-term effects produced by Prehispanic agricultural occupations in the Tafí valley, Northwestern Argentina, providing a synthesis of the degradative processes triggered by those populations together with their consequences on present landscape. Our approach used a geoarchaeological perspective and integrated the information from other arid valleys in the region. The main manifestation of this degradative process is recorded in the deposits of the H2 morphostratigraphic unit, which is extremely large and has been dated between *ca.* 4200 and 600 BP in valley bottoms. Its stratigraphic record contains cultural materials from Prehispanic populations of primary and secondary contexts. Environmental degradation is evidenced by the presence of accelerated morphogenetic

processes, with sedimentation rates that were twice as high since the settlement of agropastoral communities. These rates increased from 1-1.7 m/1000 yr to 2.5-3 m/1000 yr. At the same time, the (now buried) paleosoils of the valleys described in Prehispanic agricultural terraces are eroded on their superficial horizons (2A) and show loss of the soil silt fraction, as well as chemical alterations.

**Key words:** *Upper Holocene; Geoarchaeology; Morphodynamics; Prehispanic soils*

**RESUMO. Paisagens herdadas: a degradação agrocerâmica do vale de Tafi e suas relações com o noroeste argentino.** O objetivo deste trabalho é mostrar os efeitos a longo prazo produzidos pelas ocupações pré-hispânicas agrocerâmicas do Vale de Tafi, Noroeste da Argentina, elaborando uma síntese dos processos degradativos gerados por tais populações e sua repercussão na configuração atual da paisagem a partir de uma perspectiva geoarqueológica, integrando informações de outros vales áridos da região. A principal manifestação deste fenômeno degradativo foi registrada nos depósitos da unidade morfoestratigráfica H2 depositada entre ca. 4200 e 600 anos AP nos fundos dos vales, e que atinge enormes dimensões. Seu registro estratigráfico contém características materiais de ocupações humanas pré-hispânicas de natureza primária e secundária. A deterioração ambiental é evidenciada em primeiro lugar nos processos de morfogênese acelerada, praticamente dobrando as taxas de sedimentação a partir do assentamento das comunidades agropastoris na área (em torno de 2200 AP), passando de 1-1,7 m/1000 anos a 2,5-3 m/1000 anos. Ao mesmo tempo, outro ponto de degradação geral do vale pode ser visto na deterioração dos paleossolos (atualmente enterrados) nas áreas agrícolas pré-hispânicas, onde se registra erosão parcial ou total dos horizontes superficiais (2A) e perda de materiais finos (fração silte especialmente), bem como alterações químicas.

**Palavras-chave:** *Holoceno Superior; Geoarqueologia; Morfodinâmica; Solos pré-hispânicos*

## Introducción

La adopción de la agricultura por parte de las comunidades pre-productoras en el Noroeste Argentino supuso un cambio radical en la modalidad del uso del territorio. Estos cambios conllevan profundas transformaciones en la dinámica geomorfológica local, regional e incluso global, dependiendo de las características de las capacidades tecnológicas implicadas y de la posibilidad de absorción por parte del ambiente de los impactos derivados (Stephens *et al.*, 2019). Las zonas áridas y semiáridas del mundo son especialmente sensibles a estos procesos. Normalmente existen puntos de inflexión o umbrales que suponen un estado a partir del cual es muy difícil, cuando no imposible, sostener las condiciones ambientales existentes. Estos umbrales (Schumm, 1979) son definidos como límites de estabilidad paisajística que pueden ser superados por factores intrínsecos del sistema o por un cambio paulatino de una variable externa (como clima, tectónica o cambios de uso del suelo). Al superar este umbral se produce un cambio abrupto en la geoforma que puede llegar a adquirir carácter complejo y generar respuestas incluso opuestas en el corto plazo (como incrementos de las tasas de erosión seguidos de aumentos en la tasa de acumulación como efecto del intento del sistema de alcanzar un nuevo punto de equilibrio). Las profundas transformaciones que implican los cambios de uso del suelo en ambientes áridos y semiáridos suelen sobrepasar estos umbrales con facilidad y llevar al desencadenamiento de desequilibrios ambientales. Éstos afectan normalmente a las poblaciones humanas y pueden derivar en nuevas condiciones de equilibrio o procesos degradativos pronunciados e irreversibles que afectan la sostenibilidad de los ecosistemas (Knox, 2000; Miles *et al.*, 2001, Rózsa, 2007; Chin *et al.*, 2014; Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2019a, entre otros).

Hay abundantes datos sobre impactos negativos producidos sobre el territorio en zonas áridas y semiáridas del globo (Montgomery, 2007; Stephens *et al.*, 2019). Por ejemplo, en la zona central mejicana se registran procesos erosivos persistentes a partir de la asimilación de las prácticas agrícolas que llevaron al colapso de las economías agrarias del valle de Tehuacán (McAuliffe *et al.*, 2001); el colapso de Teotihuacán se atribuye

también a procesos de degradación ambiental de origen humano (McClung de Tapia, 2012). O'Hara, Metcalfe & Street-Perrot (1994) destacan a través de la valoración de diversos *proxies* la existencia de un incremento en las tasas de sedimentación del lago Pázcuaru, contemporáneo a la asimilación de las prácticas agrarias en su cuenca. En el SO de Estados Unidos, se ha registrado que los procesos de erosión acelerada comenzaron durante los tiempos de la agricultura prehistórica (Sandor & Homburg, 2015, 2017). En este sentido, son muy importantes los trabajos realizados en la zona Mediterránea donde los primeros estudios que tratan este tema datan de los años 1970s (Vita Finzi, 1969; Butzer, 2005) y han ido cobrando importancia con el correr de las décadas, las interpretaciones genéticas y la comprensión de la magnitud de las acciones humanas (Peña Monné *et al.*, 2000, 2004, 2018a; Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019a; entre otros).

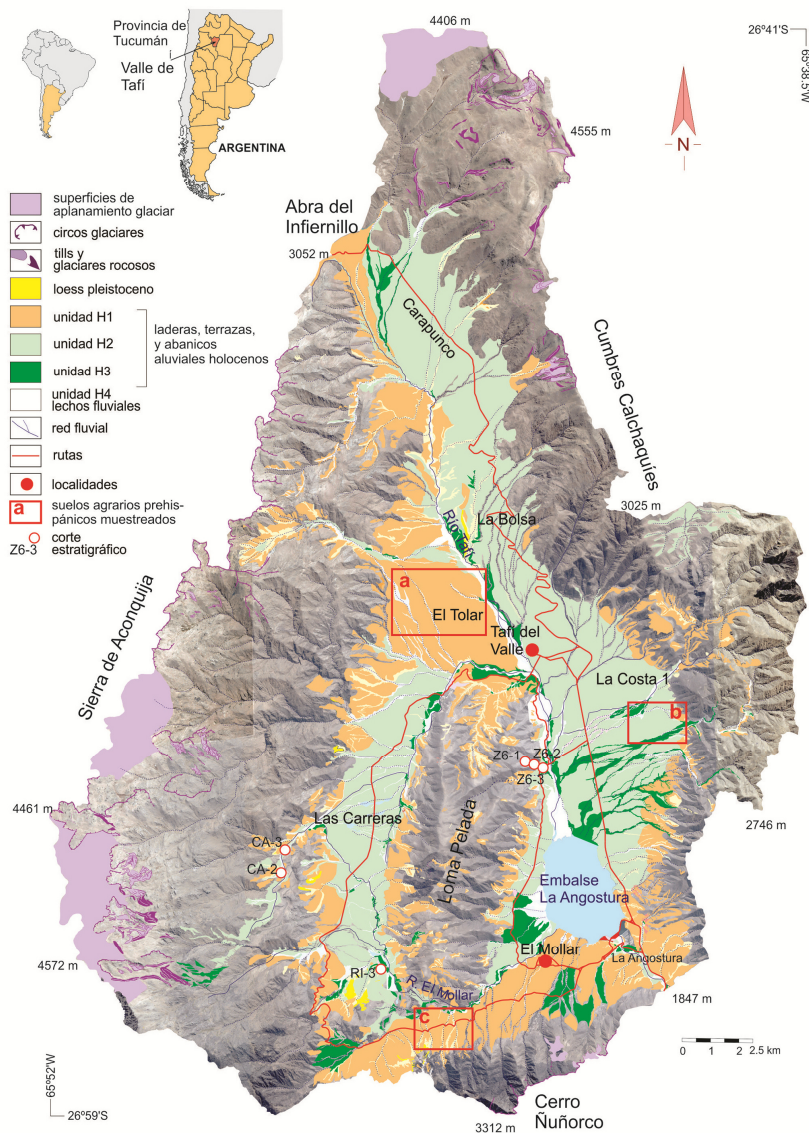
En el Noroeste Argentino, las poblaciones agroalfareras prehispánicas del valle de Tafí han suscitado un gran interés desde los inicios de los estudios académicos en arqueología (Ambrosetti, 1897; Bruch, 1911; entre otros). Son numerosas las contribuciones que han permitido configurar las ocupaciones de fundamentalmente dos entidades socioculturales. La primera del período Temprano (*ca.* 360 A.C - 1500 AD) y la segunda del Tardío (*ca.* 1000-1490 AD) (González & Núñez Regueiro, 1960). Con posterioridad, existen evidencias de materiales incaicos *ca.* 1490-1535 AD) (Patané Aráoz, 2008). Además de los estudios orientados a reconstruir los estilos de vida de estas poblaciones, que eran eminentemente agropastoriles, se han realizado otros vinculados al establecimiento del modelo geoarqueológico y a la reconstrucción paleoambiental de la zona durante el Holoceno superior (Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2016; Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2016, 2018a entre otros). También hay estudios centrados en algunos aspectos simbólicos (Sampietro Vattuone *et al.*, 2008; Franco Salvi & Salazar, 2014), en la reconstrucción de las prácticas de subsistencia especialmente vinculados a la reconstrucción de prácticas agrícolas (Sampietro Vattuone *et al.*, 2011; Roldán *et al.*, 2016) y aspectos relacionados a las características constructivas de las estructuras residenciales (Salazar, 2010; Sampietro Vattuone, 2010).

El objetivo de este trabajo es mostrar los efectos a largo plazo producidos por las ocupaciones prehispánicas agroalfareras del valle de Tafí, Noroeste Argentino, realizando una síntesis de los procesos degradativos generados en esa época y su repercusión en la configuración actual del paisaje. Este trabajo constituye la primera aproximación sistemática realizada al tema en la región y sintetiza toda la información disponible hasta la fecha relacionada con los procesos de ocupación prehispánicos agroalfareros del valle; además proporciona nuevos datos para completar el cuadro general de la evolución del uso territorial durante el período considerado y valorar los efectos de tales usos en el contexto regional.

### Área de Estudio

El valle de Tafí es una cuenca intermontana de origen tectónico (Gutiérrez & Mon, 2004), localizado en el Noroeste Argentino, que forma parte de las Sierras Pampeanas (Fig. 1). La depresión tiene forma alargada de NNW a SSE y su fondo se sitúa entre 1800 y 2500 msnm. Está circunscripta al Este por las Cumbres Calchaquíes (4600 m) y Sierras de Mala Mala (2800 m), al Oeste la Sierra de Aconquija (4600 m), y el Cerro Ñuñorco (3300 m) al Sur. Internamente, la Loma Pelada divide la depresión en dos unidades paralelas recorridas por el río Tafí y sus tributarios (Fig. 1). Este río, tras el embalse de la Angostura discurre hacia la llanura tucumana, formando parte de la cuenca del río Salí.

El clima es de características semiáridas; las lluvias se concentran en el verano (87% entre noviembre y marzo) alcanzando los 400 mm en las zonas bajas y hasta 550 mm en las laderas con exposición sudeste. La media anual de temperaturas es de 13,1°C existiendo gran amplitud térmica (Peña Monné *et al.*, 2018b). La vegetación varía en función de condiciones microclimáticas, características del sustrato geológico y suelos, así como por la altura. En el fondo de valle dominan los pastizales, mientras que en laderas y quebradas aparecen bosques de queñoa (*Polylepis australis*) y aliso (*Alnus acuminata*) (Cabrera, 1976).



**Figura 1.** Mapas de ubicación general y mapa geomorfológico sintético, con la localización de los perfiles descritos y los sectores de nuestro agroarqueológico: a. El Tolar; b. La Costa 2; c. El Potrerillo.

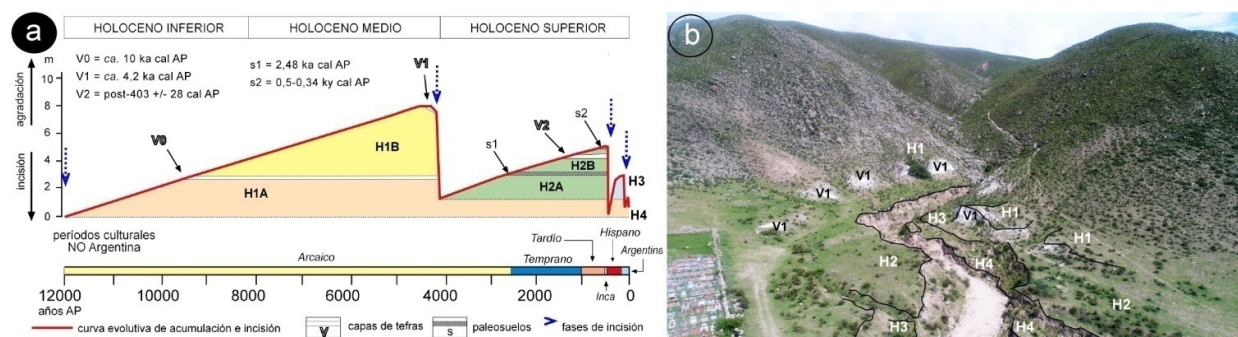
### Breve Resumen de las Ocupaciones Prehispánicas en el Área

Los asentamientos más tempranos conocidos en la zona pertenecen al Período Temprano, *ca.* 1000 AC - 1000 AD. Este grupo fue identificado inicialmente por unas particulares esculturas líticas (monolitos y máscaras de piedra) (Ambrosetti, 1897); patrón de asentamiento compuesto de estructuras de piedra aisladas o habitaciones circulares alrededor de un patio central, en número variable y en ocasiones formando complejos (Sampietro Vattuone, 2010); estructuras agrícolas (González & Núñez Regueiro, 1960); y ceremoniales (montículo vinculado a monolitos de piedra localizado en el sitio arqueológico de Casas Viejas, El Mollar) (González & Núñez Regueiro, 1960). Teniendo en cuenta su cronología, los asentamientos comenzaron alrededor del siglo IV AC y culminaron hacia el siglo X AD (González & Núñez Regueiro, 1960; Roldán *et al.*, 2016). Se desconocen las causas de la desaparición de esta población, pero podrían estar relacionadas con un profundo cambio climático hacia condiciones más áridas producido en torno a 1000 AD (Sampietro Vattuone, 2010; Peña Monné *et al.*, 2015). Más tarde, el valle fue poblado por otros grupos del Período Tardío, *ca.* 1000-1490 AD, procedentes del valle de Santa María situado más al oeste (Núñez Regueiro & Esparrica, 2010;

Manasse, 2012). Según los datos actualmente conocidos, estos habitantes se asentaron en lugares específicos y dispersos, formando asentamientos muy pequeños y con menor densidad de población que los precedentes. Por último, se han encontrado algunos tuestos y estructuras incas (Período Inca - ca. 1490-1535 AD), escasamente estudiados y sin dataciones absolutas (Manasse, 2012).

### El Modelo Geoarqueológico

A partir de información geomorfológica, morfoestratigráfica, paleoedáfica, arqueológica, paleoambiental, tefrocronológica y geocronológica, Sampietro Vattuone & Peña Monné (2016); Peña Monné & Sampietro Vattuone (2016, 2018), han desarrollado un modelo geoarqueológico para el valle de Tafí, que también ha sido aplicado para el cercano valle de Santa María (Sampietro Vattuone *et al.*, 2018). Según este modelo se pueden diferenciar 4 unidades morfostratigráficas para la evolución holocena (Fig. 2a), que en muchas zonas aparecen organizadas como terrazas fluviales y abanicos aluviales escalonados (Fig. 2b). La unidad más antigua abarca el final del Pleistoceno pero principalmente el Holoceno inferior y medio (ca. 13.000-ca. 4200 años cal AP). Dentro de esta unidad se pueden diferenciar las subunidades H1A y H1B que reflejan características ambientales distintas, separadas por las cenizas de un evento volcánico denominado V0 (Fig. 2a), cuya cronología se sitúa en ca. 10.000 años cal AP (Sampietro Vattuone *et al.*, 2020). Durante la sedimentación de la unidad H1A dominaron condiciones ambientales frías y húmedas (Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019b), mientras que con posterioridad (H1B) estas se tornaron gradualmente más cálidas y secas (Fig. 2b) (Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2016).



**Figura 2.** a. Modelo evolutivo geomorfológico y geoarqueológico del valle de Tafí durante el Holoceno, mostrando las diferentes unidades morfoestratigráficas y las etapas culturales. Igualmente se señala la posición cronológica de los paleosuelos y cenizas volcánicas; b. Imagen aérea del abanico aluvial de una de las quebradas orientales de Loma Pelada, con indicación de las diferentes unidades.

El techo de la unidad H1B está formado por otra capa de tefras (denominada V1) datada en ca. 4200 años cal AP (Sampietro Vattuone *et al.*, 2020). En este momento, ya se había iniciado una fase de incisión de la red fluvial que dejó desconectada esta unidad. En el interior de esta incisión o bien sobre la unidad H1, según las zonas, se depositó a continuación la unidad H2, que comprende el lapso temporal entre ca. 4200 años cal AP y ca. 600 años cal AP y alcanza gran extensión en todo el valle de Tafí (Fig. 2). Durante la sedimentación de esta unidad hubo un período de estabilidad ambiental, equilibrando las tasas de sedimentación y erosión, que permitió la formación de un paleosuelo (s1) que alcanza un buen desarrollo regional, datado en ca. 2500 años cal AP (Sampietro Vattuone, 1999) y que marca el límite entre las subunidades H2A y H2B (Fig. 2a). En esta unidad morfoestratigráfica es notable la presencia de materiales derivados de las ocupaciones humanas del valle, asentadas inicialmente sobre la superficie del citado paleosuelo, pertenecientes a los períodos Temprano y Tardío (Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019a). Finalmente, los últimos siglos de la secuencia están representados por las unidades H3 y H4 separadas entre sí por etapas de incisión (Fig. 2), teniendo mucho menos representatividad espacial en la zona y comprendiendo cronológicamente la Pequeña Edad del Hielo (ca. 1300-1850 AD) y el Período Cálido Actual (post 1850 AD), respectivamente (Crowley, 2000).

En relación a las tefras identificadas, los estudios morfoestretigráficos, cronológicos y de composición realizados con perfiles y muestras de los valles de Tafi y Santa María han permitido establecer que existen cinco tefras caídas en la zona: V0 (El Rincón), V1a (Carreras 1a), V1b (Carreras 1b), V2a (Carreras 2) y V2b (El Paso 3). Tal como se indicó más arriba, la tefra V0 se depositó durante el Holoceno inferior (alrededor del 10.000 AP) originaria del volcán Cueros de Purulla, las V1a y V1b corresponden a dos eventos ocurridos entre 4200 y 3500 AP, provenientes del volcán Cerro Blanco. Hasta la fecha se desconoce el origen de las restantes, V2a y V2b datadas con posterioridad al 800 AP (Sampietro Vattuone *et al.*, 2020).

### Metodología

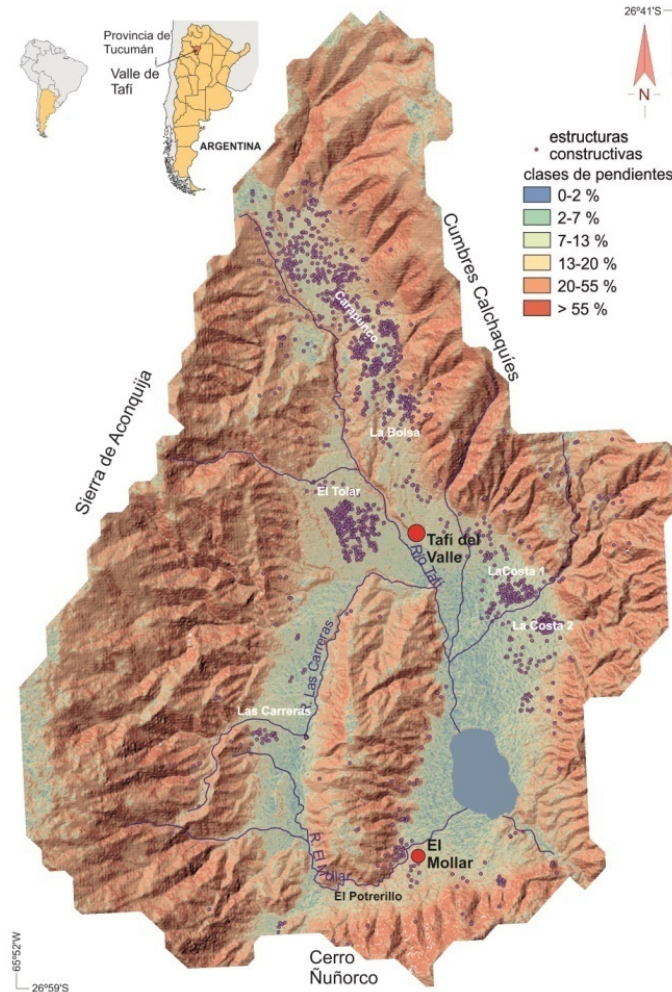
Para la valoración de los procesos de ocupación humana y su respuesta ambiental se realizó, en primera instancia, una cartografía geomorfológica del valle (Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2019b) siguiendo la propuesta metodológica de Peña Monné & Sampietro Vattuone (2014). En este trabajo se presenta sólo una síntesis de dicha cartografía (Fig. 1) con el objeto de tener una información cualificada de la distribución de algunos elementos de interés, especialmente los asentamientos prehispánicos.

La caracterización de las unidades geomorfológicas fue acompañada del registro de los componentes internos de cada unidad. Para ello se recopiló la información morfoestratigráfica detallada, describiendo en total 153 perfiles, especialmente considerando las características de los sedimentos y la presencia de materiales datables (edáficos, arqueológicos, tefras) (Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2019a), para establecer procesos sincrónicos y diacrónicos. Se establecieron correlaciones estratigráficas ajustadas utilizando toda la información cronológica disponible para valorar la presencia de sistemas geomorfológicos acoplados en el sentido propuesto por Brunson & Thornes (1979) con el objeto de determinar el flujo de sedimentos, la conexión entre formas y las tasas de sedimentación. Los momentos de estabilidad fueron identificados por la presencia de paleosuelos y las rupturas de equilibrio mediante la identificación de incisiones sobre las unidades geomorfológicas identificadas. Por otra parte, la distribución y magnitud de estas rupturas permitió identificar si las mismas están relacionadas a intensificación de la erosión por causas naturales o impacto antrópico, siguiendo los criterios propuestos por Peña Monné *et al.*, (2005) y Peña Monné & Sampietro Vattuone (2014). A partir de los datos de espesor sedimentario obtenidos en diferentes perfiles estratigráficos y de sus dataciones absolutas (Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2016; Sampietro Vattuone *et al.*, 2017) se estimaron tasas de acumulación para determinadas secciones.

Se organizaron las variables articulando el resultado tanto de las actividades humanas directas (adecuaciones morfológicas del paisaje) como aquellas derivadas de su evolución a largo plazo; especialmente los procesos morfogenéticos y edáficos producidos por efecto de la apropiación territorial y uso prolongados, siguiendo la propuesta metodológica de Sampietro Vattuone *et al.* (2014). Se hicieron excavaciones, descripciones y muestreos sistemáticos en tres sitios agrícolas prehispánicos: El Tolar, La Costa 2 y El Potrerillo; obteniendo 26 perfiles representativos de condiciones residenciales, agrícolas y no ocupadas, reuniendo un total de 108 muestras. Estas fueron secadas al aire libre y utilizadas para determinar textura; densidad aparente (DA), pH, materia orgánica (MO), fósforo disponible (Pd); fósforo orgánico (Po) y Calcio disponible (Cad) (Roldán *et al.*, 2005). Para la interpretación de los resultados se aplicó Análisis de Componentes Principales (Jolliffe, 2002).

Con la cartografía obtenida se confeccionó un Sistema de Información Geográfica utilizando QGIS v.3.10 que permitió la integración espacial de datos, el cálculo de mapas de pendientes, la reconstrucción de los modelos digitales de elevación utilizando imágenes ALOS PALSAR (Alaska, NASA) e imágenes satelitales Google Earth 2019 (Fig. 3). Estos análisis fueron complementados con vuelos de dron realizados con DJI Phantom 4 y Phantom 4 Pro obteniendo imágenes oblicuas de los sitios arqueológicos (Fig. 4). La clasificación de pendientes se realizó siguiendo el criterio de Van Zuidam & Van Zuidam (1978) distinguiendo seis clases:

(a) plano o casi plano (0-2%); (b) suavemente inclinado (2-7%); (c) inclinado (7-13%); (d) moderadamente abrupto (13-20%); (e) abrupto (20-55%); y (f) muy abrupto (>55%). Se realizó la recopilación de toda la información radiocarbónica disponible a los efectos de tener indicios relacionados a la intensidad de ocupación a lo largo del tiempo de acuerdo a la propuesta de Alday *et al.* (2018). Todas las fechas (en total 44) fueron calibradas con el programa Oxcal v.4.3 utilizando la curva correspondiente al Hemisferio sur (SHCal13). Para las gráficas de síntesis se utilizaron las medias de cada datación.



**Figura 3.** Mapa de clasificación de pendientes y situación de estructuras arqueológicas cerradas relevados por interpretación visual Google Earth (2019).

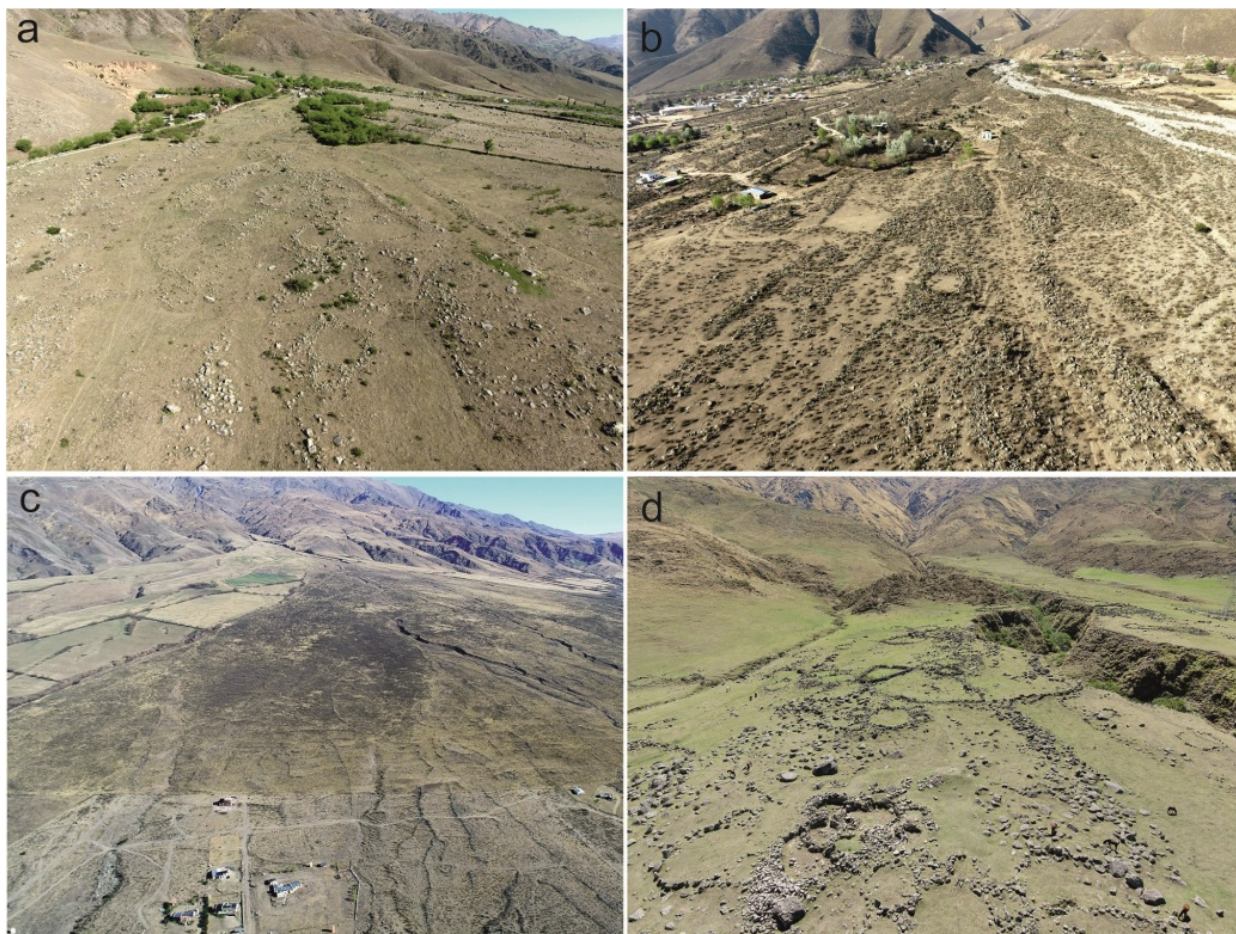
## Resultados

### Morfodinámica y ocupaciones humanas

El mapa geomorfológico del valle de Tafi (Fig. 1) muestra que la mayor parte de la superficie de los fondos de valles está compuesta por abanicos aluviales holocenos correspondientes a la unidad H2. Como se ha indicado, esta unidad se sitúa cronológicamente entre las cenizas volcánicas V1, datadas en *ca.* 4200 años cal AP a partir de fechas obtenidas mediante radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) en niveles de turbas basales y niveles de carbón (Fernández Turiel *et al.*, 2012; Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2016; Sampietro Vattuone *et al.*, 2020) y 600 años cal AP (Sampietro Vattuone *et al.*, 2020). Los perfiles d, e y f de la Figura 5, pertenecientes a la secuencia sedimentaria de los arroyos de la vertiente oriental de Loma Pelada, han aportado algunas de estas



dataciones (muestras CA2-T1, CA3-T2 y RI3-C2; Tabla 1). La disposición sedimentaria de la unidad H2 en relación con la unidad anterior H1 es muy variada en función de la topografía de los abanicos aluviales, el espesor de las cenizas V1 y la importancia de la incisión de los cursos fluviales. En ocasiones las tefras V1 se componen de un doble nivel –V1a y V1b–, como en los perfiles del curso alto del río Muñoz (Figs. 5d-f). Mientras en los ápices de muchos abanicos el nivel H1 rematado por las tefras V1 queda como una terraza elevada (Fig. 2b), en las zonas distales, esos niveles quedaron cubiertos por la acumulación H2 (Sampietro Vattuone & Peña Monné, 2016), razón por la cual su extensión cartográfica es tan importante. Los perfiles estratigráficos de la Figura 5 corresponden a esta segunda disposición, apreciándose la superposición de H2 sobre distintos tramos de la unidad H1 más o menos erosionada y de la ceniza V1. Por otra parte, se trata de un nivel acumulativo que puede llegar a alcanzar 3-4 m de espesor (Fig. 6a) e incluso puntualmente superar los 6 m, estando compuesto por paquetes sedimentarios separados por ligeras discontinuidades (Figs. 5, 6a). El material sedimentario procede en gran medida de la erosión de la unidad H1 pero también de la erosión del marco montañoso, predominando los materiales arenosos gruesos (*grus* de alteración del granito) en abanicos procedentes de formaciones graníticas y metamórficas, y las arenas finas y limos si las cuencas contienen restos del relleno loésico pleistoceno. También se intercalan en algunos perfiles niveles de turba (Figuras 5d-f) y canales de gravillas y gravas (Figs. 5a-c). A techo, pueden aparecer también otras tefras más recientes (V2), datables gracias a intercalarse entre capas de turba, como en el caso de los perfiles d, e y f de la Figura 5. Su edad se sitúa en torno a los 600 años cal AP quedando así enmarcada la unidad H2 entre ambas tefras (Sampietro Vattuone *et al.*, 2020).



**Figura 4.** Vistas aéreas tomadas con dron de **a.** Las Carreras; **b.** La Costa 1; **c.** El Tolar; y **d.** La Bolsa. En todos los casos pueden observarse la densidad de recintos de diversos usos conjugados con terrazas construidas en las inmediaciones.

En conjunto, las secuencias sedimentarias pueden interpretarse como transportadas por un flujo de baja energía, con buena ordenación granulométrica con tendencia grano decreciente, identificándose capas laminares, *ripples* y estratificaciones cruzadas de bajo ángulo. Un aspecto muy importante en H2 es la aparición de un suelo intermedio (*sI*), que permite separar dos subunidades, H2A y H2B (Figs. 2, 5b, 6a, b), abarcando la primera de ellas entre *ca.* 4200 cal AP y *ca.* 2500 cal AP (edad ya indicada del paleosuelo) y la segunda a partir de esta última fecha y hasta *ca.* 600 cal AP (Figs. 5d, 5e; muestras CA2-T2, CA2-T3; Tabla 1). Este suelo marca condiciones benignas de estabilidad ambiental, necesariamente con mayor humedad para generar su desarrollo

La cronología de la unidad H2 indica que sería contemporánea con las ocupaciones agrarias prehispánicas (Fig. 2). La fotointerpretación de los diversos sectores correspondientes a esta unidad muestra los restos de una profusa ocupación residencial y agrícola, especialmente del período Temprano, mayoritariamente de patrón disperso, que se extienden hasta zonas topográficamente elevadas, incluyendo áreas de ladera con fuertes pendientes y zonas cumbrales (Fig. 3) altamente degradadas. La densidad de ocupación y variabilidad de los asentamientos puede apreciarse en las diversas tomas obtenidas mediante el uso de drones (Fig. 4) que dan una idea global de la intensidad del uso del territorio.

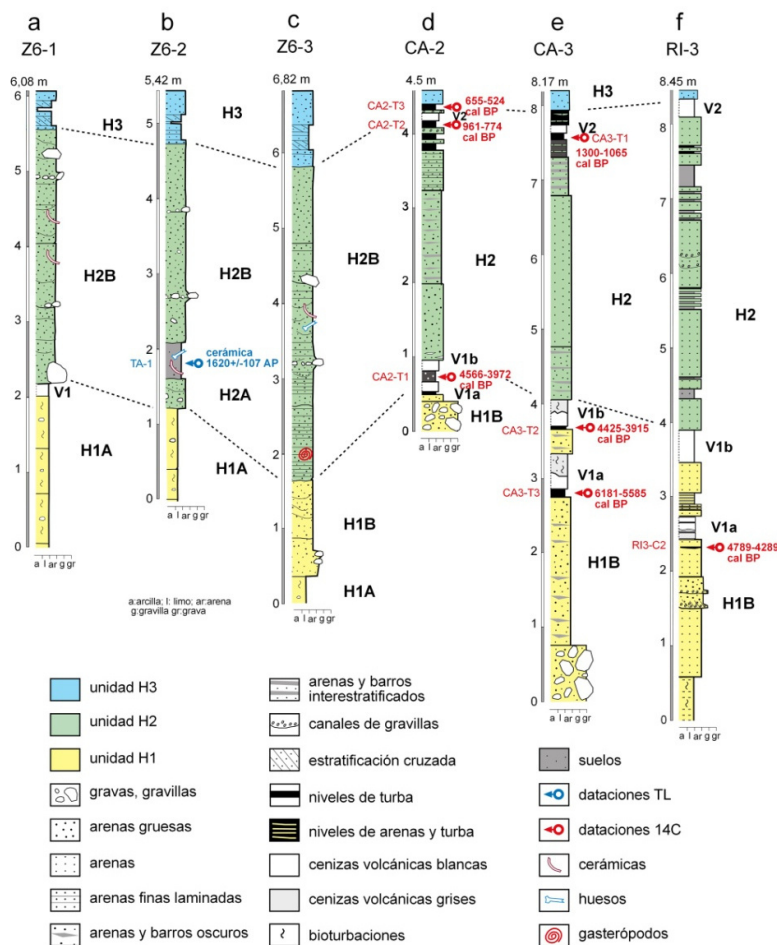
**Tabla 1.** Muestras datadas por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) y termoluminiscencia (TL).

Perfil	Muestra	$^{14}\text{C}$ AP	Cal AP $2\sigma$	Código de laboratorio	Material datado	Referencias	
CA2	CA2-T3	630 $\pm$ 50	655-524	LP-3377	Turba	Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019b	
	CA2-T1	3900 $\pm$ 100	4566-3972	LP-3375	Turba	Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019b	
CA3	CA3-T2	3840 $\pm$ 90	4425-3915	LP-3352	Turba	Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019b	
Ri03	Ri03-C2	4043 $\pm$ 50	4789-4289	D-AMS019331	Carbón	Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2019b	
Termoluminiscencia							
Perfil	Muestra	Años AP	Dosis equiv (Gy)	Dosis anual (mGy/año)	Código de laboratorio	Material datado	Referencias
Z6	TA-1	1620 $\pm$ 107	8,36	5,17	MAD-6372	Cerámica	Sampietro Vattuone <i>et al.</i> , 2019

La recopilación bibliográfica (González, 1960; Berberían *et al.*, 1988; Salazar & Franco Salvi, 2011; Cremonte, 1996; González, 1961-64; Franco Salvi, 2012; Cuenya & García Azcárate, 2004; Sampietro Vattuone, 2010; Manasse, 2012; Franco Salvi *et al.*, 2014; Roldán *et al.*, 2016) arrojó la existencia de 44 dataciones radiocarbónicas en asentamientos prehispánicos de la zona, distribuidas esencialmente en dos períodos de ocupación continua, el primero entre *ca.* 2300 y 900 años AP y el segundo entre *ca.* 600 y 227 años AP, con un intervalo intermedio sin dataciones absolutas hasta el momento. Estas ocupaciones han dejado rasgos apreciables no sólo superficialmente, sino también interestratificados en los diversos perfiles estratigráficos documentados. Además, es posible observar que los elementos derivados de la actividad humana están incorporados tanto como materiales de depositación primaria de ocupación como secundarios, producto de la erosión, arrastre y subsecuente sedimentación, representados por fragmentos de diversas tipologías altamente erodados (Figs. 5a-c, 6c). Uno de los fragmentos cerámicos datados por termoluminiscencia (TL) arrojó una edad de 1620  $\pm$  107 AP (Tabla 1, Figs. 5b, 6c).

La buena datación de las secuencias estratigráficas registradas (Fig. 5) junto con los estudios geomorfológicos, tefrocronológicos y arqueológicos y la correlación general con otros registros analizados y cartografiados en el conjunto del valle han permitido aproximarnos a las tasas de sedimentación de las dos subunidades de la unidad H2. Durante el período previo a las ocupaciones (subunidad H2A) se estima que era de 1 a 1,7 m/1000 años. Para la sub-unidad H2B, contemporánea con los asentamientos prehispánicos, la tasa de sedimentación se pudo establecer entre 2,5 y 3 m/1000 años mostrando claramente que la morfogénesis

degradativa se aceleró significativamente. Los datos estimados a partir de la medición de las acumulaciones de secuencias estratigráficas con control cronológico absoluto han sido representados en la Figura 5. Como ambas subunidades se han formado a partir de los mismos sustratos geológicos y depósitos preexistentes, sus materiales constituyentes son similares. Las características del depósito, su dispositivo sedimentario y la presencia de indicadores de utilización antrópica junto a estos valores de erosión-sedimentación son buenos argumentos para relacionar la etapa H2B con procesos degradativos del entorno inducidos por la actividad humana.



**Figura 5.** Perfiles estratigráficos en abanicos aluviales de la vertiente oriental de Loma Pelada (a, b, c) y del curso Alto del río Muñoz/Las Carreras (d, e, f) indicando las unidades morfosedimentarias, los materiales arqueológicos interestratificados y las dataciones obtenidas.

### Suelos y presión antrópica

Las excavaciones llevadas a cabo en las zonas agrarias de La Costa 2, El Tolar y El Potrerillo (Fig. 1) han permitido el análisis de las características paleoedáficas de los tres sitios arqueológicos (Tablas 2, 3 y 4). En términos generales, los perfiles descritos están compuestos de dos secciones, el suelo actual seguido del paleosuelo (*sI*) citado precedentemente, que constituye la paleosuperficie sobre la cual estuvieron asentadas la mayoría de las construcciones prehispánicas a juzgar por las excavaciones realizadas previamente por diversos equipos de investigación (p.e. Berberían *et al.*, 1988; Sampietro Vattuone, 2002; Salazar, 2010; Franco Salvi, 2012; Roldán, 2014, entre otros).

Los resultados descriptivos muestran que en todos los casos los horizontes 2A se presentan degradados por erosión parcial o total, especialmente en El Tolar y La Costa 2 (Tablas 2, 3 y 4). El Análisis de Componentes Principales (ACP) de los resultados obtenidos muestra que los tres sitios arqueológicos poseen características distintivas propias que permiten su agrupamiento en las gráficas (Fig. 7a). De acuerdo a la distribución de los

perfiles en las gráficas las muestra de El Tolar tienen mejor calidad y cantidad de materia orgánica (MO), mientras que El Potrerillo presenta más abundancia relativa de fósforo orgánico (PO) y La Costa 2 muestra mayor degradación química en términos generales. Al observar la distribución de las muestras en el triángulo textural, los perfiles de El Tolar y El Potrerillo exhiben texturas francas hasta arenosas relativamente homogéneas entre sí, mientras que La Costa 2 presenta gran variabilidad denotando nuevamente fuerte impacto humano. Considerando la información en conjunto, los paleosuelos presentan degradación física por pérdida de al menos parte de sus horizontes superficiales y química derivada del empobrecimiento en MO de algunos sitios arqueológicos, acompañada de compactación evidenciada en el aumento de las densidades aparentes (Tablas 2, 3 y 4).

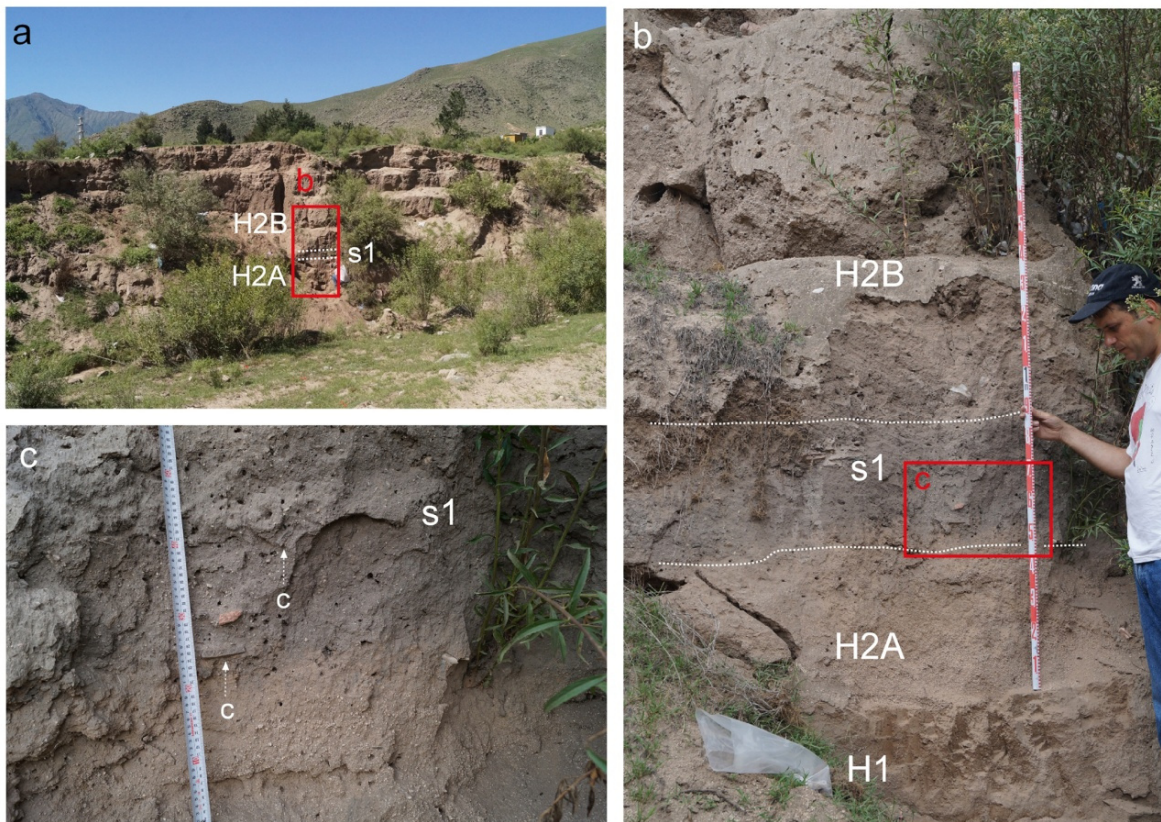
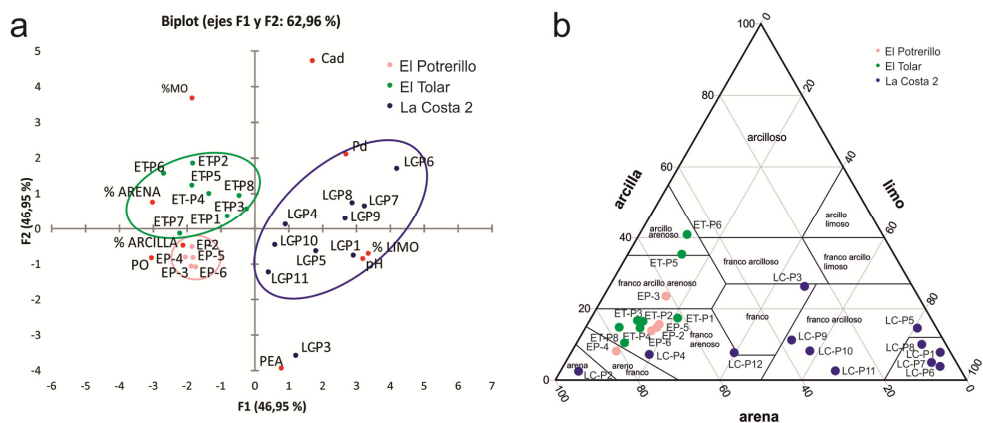


Figura 6. Zanjón del cementerio de Tañi del Valle. a. vista general de la secuencia sedimentaria (equivalente a la Figura 5b); b. detalle del paleosuelo s1 separando las subunidades H1A y H1B; c. detalle del paleosuelo incluyendo cerámicas (datación TA-1).

Figura 7. a. Biplot obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales de los tres sitios arqueológicos en conjunto considerando todas las variables analizadas reflejadas en Tablas 2, 3 y 4; b. diagrama ternario de textura conteniendo todos los paleosuelos analizados.



**Tabla 2.** Descripciones de los perfiles de suelo del sitio arqueológico El Tolar. Hz: horizonte; P(d): fósforo disponible; OP(o): fósforo orgánico; MO: materia orgánica; Ca(d): calcio disponible. Agric.: agrícola; Resid.: residencial.

Perfil	Hz	Prof. (cm)	Textura			Densidad aparente	pH	P(d) (ppm *100)	P(o) (ppm *1000)	MO (%)	Ca(d) (ppm*10 <sup>5</sup> )	
			Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)							
Natural	ET-P1	A	0-10	73,6	16,8	9,6	1,4	5,6	1,61	3,8	7,41	8,978
		AB	10-20	55,2	35,6	9,2	1,55	6,5	1,12	9,7	3,96	8,978
		B	20-60	78,2	11,2	10,6	1,52	6,9	1,67	3,6	1,74	8,176
		BC	60-75	77,2	10	12,8	1,48	7	1,05	4,8	1,18	6,814
	2ABb	78-90+	77,2	8	14,8	1,5	7	1,3	7,2	0,84	6,132	
Agric.	ET-P2	A	0-13	69,4	11,6	19	1,19	5,1	1,61	7,35	9,41	4,489
		2Bb	13-25	71,2	11	17,8	1,54	5,3	1,86	14,74	4,8	3,607
		2BCb	25-50	72,4	12	15,6	1,5	6,3	1,67	4,58	4,46	7,615
Agric.	ET-P3	A	0-19	70	19	11	1,52	5,7	1,49	10,5	7,34	6,012
		2Bb	19-29	72	16	12	1,83	6,4	1,49	7,19	4,53	5,13
		2BCb	29-48	71,2	14,4	14,4	2,2	6,7	2,11	6,05	1,81	5,771
		2Crb	48-70	73,2	12	14,8	1,6	7,1	2,54	2,49	1,25	3,848
Agric.	ET-P4	A	0-18	70,2	17	12,8	1,21	5,8	1,36	20,9	6,18	4,81
		2ABb	18-40	69,2	16	14,8	1,35	6,1	1,3	19,4	4,6	5,771
		2Bb	40-56	69,2	14	16,8	1,47	6,5	1,74	3,8	2,74	5,771
	2Crb	56-70	73,2	9	17,8	1,99	6,9	2,23	11,5	1,43	4,088	
Agric.	ET-P5	A	0-16	63,2	18	18,8	1,55	5,8	0,87	4,7	5,63	4,489
		2ABb	16-28	61,6	18,4	20	1,37	6,2	1,2	21,5	4,6	5,771
		2BCb	28-42	61,6	23,6	14,8	1,52	6,7	1,3	13,7	3,01	6,413
	3Bb	42-55	62,6	11,6	26	1,51	6,9	1	7,8	1,24	5,13	
Resid.	ET-P6	A	0-5	55,6	18,4	26	1,4	5,7	1,8	17	6,8	7,214
		AC	5-17	55,6	16,4	28	1,37	5,4	1	16,6	4,74	4,97
		2AB	17-27	51,6	13	35,4	1,26	6,2	0,68	16,7	4,46	7,695
Agric.	ET-P7	A	0-21	45,6	14	40,4	1,25	5,6	1,43	26,1	5,39	4,208
		BC	21-40	45,6	12	42,4	1,54	6,4	0,62	19,5	2,53	5,771
		2ABb	40-59	46	12	42	1,36	6,7	0,62	23,9	1,81	6,814
		2Bb	59-90	49	11	40	1,46	7,1	1,24	16,6	0,84	4,489
Resid.	ET-P8	A	0-9	74	18	8	0,88	5,4	1,92	16,1	7,96	8,978
		AC	9-20	76	14,8	9,2	1,37	6,4	1,74	17,9	3,05	7,054
		2AB	20-35	77,6	12	10,4	1,22	7,5	2,42	16	1,43	8,978
		2Bb	35-95	78,6	11	10,4	1,41	7,6	0,87	5	1,05	6,413
		3Bb	95-130+	81,6	8	10,4	1,62	6,9	1,98	15,5	0,74	8,176

**Tabla 3.** Descripciones de los perfiles de suelo del sitio arqueológico La Costa 2. Hz: horizonte; P(d): fósforo disponible; OP(o): fósforo orgánico; MO: materia orgánica; Ca(d): calcio disponible. Agric.: agrícola; Resid.: residencial.

Perfiles	Hz.	Prof. (cm)	Textura (%)			Densidad aparente	pH	P(d) (ppm *100)	P(o) (ppm *1000)	MO (%)	Ca(d) (ppm*10 <sup>5</sup> )	
			Arena	Limo	Arcilla							
Natural	LC-P1	A	0-10	8,1	41,6	50,3	1,18	6,5	1,82	2,09	2,31	1,058
		AB	10-27	6,2	73,3	20,5	-	7,8	1,43	1,9	1,32	2,18
		B	27-46	2,5	73,8	23,7	1,93	7,9	1,45	1,99	0,67	1,984
		C	46-87	2,5	89,7	7,8	2,19	8,6	2	1,81	0,21	4,629
Agric.	LC-P2	A	0-10	7,5	73,9	18,6	1,42	7	1,15	3,42	1,41	1,587
		B	10-27	12,8	75	12,2	1,87	7,9	1,18	4,45	1,18	1,795
		C	27-40	93,1	4,4	2,5	-	8,3	1,1	3,74	0,77	1,795
Agric.	LC-P3	A	0-3	1,4	75,5	23,1	1,67	6	1,06	4,35	2,38	1,082
		C	3-17	2,9	74,2	22,9	1,34	7,3	0,82	2,71	1,23	1,539
		2Ab	17-34	2,9	74,1	23	1,67	8,4	1,19	5,86	0,93	1,852
		2Bb	34-45	4,5	73,8	21,7	1,54	8,6	1,15	3,92	0,69	1,795
		2BC	45-68	4,5	73,8	4,7	1,87	8,8	1,03	4,43	0,23	1,455
		b	38-100	93	3,8	3,2	1,81	9,1	1,86	5,53	0,69	1,154

Agric.	LC-P4	A	0-14	9,1	71,7	19,2	1,98	6,9	1,77	7,22	1,37	1,984
		B	14-54	67,8	28,3	3,9	2	8,8	2,51	6,51	0,99	3,703
		2Bb	54-75	57,5	30	12,5	1,35	9,3	1,92	6,27	0,55	3,571
		2Cb	75-93	89,6	8,5	1,9	-	9,6	2,56	5,69	0,65	5,158
Resid.	LC-P5	A	0-16	9,8	70,9	19,3	1,39	6,6	1,53	4,61	1,66	1,19
		BC	16-40	10,5	70,4	19,1	1,98	7,4	1,61	5,21	1,13	1,924
		b	40-45	6,4	87,3	6,3	1,6	7,9	1,77	6,69	1,23	2,777
		2C1	45-96	2,9	74,2	22,9	1,8	8,5	2,1	5,39	0,94	2,89
		3BC	96-128	69,2	12,6	18,2	1,81	9,2	1,42	6	0,32	1,363
		b	128-	93	3,8	3,2	1,41	9,5	1,08	4,91	0,56	2,777
		3Cb	140+									
Agric.	LC-P6	A	0-12	10,1	71,7	18,2	1,72	6,7	2,15	1,87	2,56	1,771
		B	12-33	9,9	71,4	18,7	1,85	7,3	1,69	2,06	1,46	2,18
		2Bb	33-57	6	89,2	4,8	1,12	9	3,21	2,08	0,28	14,284
		2Crb	57-91+	6,1	88,8	5,1	2,35	8,4	3,71	2,75	0,12	12,433
Agric.	LC-P7	A	0-7	1,4	75,5	23,1	1,38	6,8	1,47	2,49	1,66	1,771
		AB	7-23	7,5	73,9	18,6	1,99	6,5	1,02	2,13	1,46	2,044
		B	23-45	7,4	73,5	19,1	1,39	7,9	1,26	2,43	0,99	2,248
		2Bb	45-54	4,2	92	3,8	1,52	8,1	1,56	3,17	0,32	2,317
Resid.	LC-P8	2Crb	54-71	4,8	91,3	3,9	2,04	8,6	2,57	3,65	0,26	18,517
		A	0-6	9,2	68,8	22	1,83	6	1,64	4,61	4,62	2,309
		AB	7-37	9,5	70,1	20,4	1,62	7,1	2,46	4,79	2,26	2,645
		BC	37-69	8,5	69,6	21,9	1,78	7,7	3,57	4,98	2,17	3,042
		2Bb	39-92	8,5	69,5	22	1,56	7,7	2,87	5,14	2,2	3,848
		2BC	92-125	4,6	91,3	4,1	1,91	8,2	4,52	8,26	0,56	5,687
		b	125-	4,5	91,5	4	-	8,7	3,14	11,19	0,48	11,583
2Cb	140+											
Resid.	LC-P9	A	0-13	9,7	70,9	19,4	1,18	7	2,74	3,45	2,45	3,174
		AB	13-45	10,9	70,2	18,9	1,79	8,6	4,01	7,72	2,36	5,952
		B	45-73	8,7	71	20,3	1,99	10	3,17	7,16	1,59	7,01
		2Ab	73-88	5,2	88,4	6,4	1,3	10,3	2,98	4,7	1,15	6,745
		2Bb	88-114	68,6	15,3	16,1	2	10,3	3,24	3,69	0,33	4,497
Agric.	LC-P10	A	0-8	9,9	74,2	15,9	1,05	6,3	1,32	3,38	1,97	2,565
		AC	ago-23	8,9	74,7	16,4	1,94	7,4	1,17	3,54	0,93	1,635
		2AB	23-37	11,4	73,8	14,8	2,02	7	0,99	2,93	1,25	1,795
		b	37-55	13	83,2	3,8	1,96	7,9	1	2,23	0,32	1,908
		2Bb	55-75+	77,6	16,4	6	1,84	8,3	0,89	10,51	0	2,381
		2Cb										
Agric.	LC-P11	A	0-6	9,2	68,8	22	1,8	6	1,21	8,92	2,26	3,848
		AC	6-17	10,1	71,7	18,2	1,3	7,1	1,28	7,76	0,92	1,587
		2AB	17-36	10,9	70,2	18,9	1,95	7,3	1,03	10,76	0,86	1,771
		b	36-75	4,6	91,1	4,3	1,42	7,6	0,65	11,84	0,62	1,635
		2Bb	75-90+	76,3	16,9	6,8	-	7,6	0,73	11,66	0,35	1,499
		2Cb										
Resid.	LC-P12	A	0-11	9,3	72,8	17,9	1,19	6,3	1,49	13,44	2,03	1,719
		C	11-24	75,4	17,4	7,2	-	7,2	1,53	12,85	1	1,19
		2C1	72-87	92,6	4,3	3,1	-	8	1,56	12,72	0,07	1,226
		2C2	87-99	12,7	75	12,3	-	8,6	2,37	14,15	0,83	2,822
		3Ab	99-110	1	78,8	20,2	1,53	8,9	1,82	5,59	1,34	3,407
		3Bb	110-	7,2	73,3	19,5	1,42	8,9	1,75	9,69	1,82	4,629
		170+										

**Tabla 4.** Descripciones de los perfiles de suelo del sitio arqueológico El Potrerillo. Hz: horizonte; P(d): fosfato disponible; OP(o): fosfato orgánico; MO: materia orgánica; Ca(d): calcio disponible. Agric.: agrícola.

Perfiles	Hz.	Prof. (cm)	Textura			Densidad aparente	pH	P(d) (ppm *100)	P(o) (ppm *1000)	MO (%)	Ca(d) (ppm*10 <sup>5</sup> )	
			Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)							
Agric	EP-P1	A	0-2	68,2	18,9	12,9	1,93	5,8	1,4	21,48	2,77	1,142
		AB	2-14	68,2	19	12,8	1,97	6,3	1,59	16,05	1,68	1,371
		C	14-29	66,3	19,1	14,6	-	6,5	1,28	17,68	1	0,914

Agric.	EP-P2	A	0-11	67,8	19,3	12,9	1,13	5,7	1,03	19,72	2,38	0,89
		BC	11-26	70,4	18,5	11,1	1,41	5,9	1,22	19,34	1,88	1,218
		2ABb	26-39	69,5	16,7	13,8	1,33	6,1	1,35	17,73	1,43	1,189
		2Bb	39-49	69,7	16,1	14,2	1,14	6,2	1,39	17,71	0,75	1,154
Agric.	EP-P3	A	0-19	68	17,2	14,8	1,58	5,4	1,73	22,53	3,64	1,066
		BC	19-33	68,6	18,3	13,1	-	5,8	1,4	18,7	1,31	1,13
		2ABb	33-55	69,2	17,5	13,3	1,9	6,3	1,52	21,95	0,65	1,34
		2Bb	55-65	46,8	9,5	43,7	1,95	6,3	1,62	15,22	0,55	1,395
		2Cb	65-80+	67,9	18,3	13,9	-	6	0,87	17,51	0,46	1,876
Agric.	EP-P4	A	0-10	66,3	19,1	14,6	1,47	5,9	1,14	22,66	2,94	0,954
		AC	10-25	66,8	18,7	14,5	1,63	5,8	1,07	18,19	2,35	1,142
		C	25-42	67,2	18,1	14,7	1,38	5,8	1,4	18,2	1,01	1,096
		2Ab	42-55	67,8	17,7	14,5	-	6,2	1,09	22,09	0,65	0,577
		2BCb	55+	94,1	3,8	2,1	1,11	6,5	1,45	21,43	0,39	1,154
Agric.	EP-P5	A	0-4	68,2	17,8	14	1,84	5,2	1,3	16,76	1,86	1,09
		BC	4-19	68,7	17,2	14,1	1,9	5,8	2,11	19,73	1,75	1,371
		C	19-27	92,3	4,5	3,2	-	6,3	1,7	23,12	0,59	1,135
		2ABb	27-35	67,9	17,3	14,8	1,33	6,4	1,65	21,9	0,59	1,301
		2Bb	35-59+	67,8	17,2	15	1,29	6,8	1,27	24,33	0,46	1,499
Agric.	EP-P6	A	0-4	68	16,9	15,1	1,78	5	1,59	20,89	2,89	0,837
		AB	4-16	67,2	16,7	16,1	1,8	5,2	1,2	15,68	1,96	0,974
		C	16-35	92,5	4,9	2,6	-	6	1,08	16,91	0,8	1,172
		2ABb	35-45	66,8	17,5	15,7	2,11	6,1	1,46	19,68	0,37	1,587
		ABb	45-59	66,9	17,3	15,8	2,05	6,4	1,89	26,39	0,38	1,523

## Discusión

En general los datos obtenidos tienden a mostrar que la degradación de suelos y paisaje ocurrida durante el período de ocupación prehispánico en el valle de Tafí fue significativa. En la Figura 8, donde se muestran esquemáticamente las unidades morfosedimentarias descritas, las etapas culturales y las tasas de erosión para la unidad H2, se pone en evidencia la aceleración de la erosión durante H2B en relación con el crecimiento demográfico y la consiguiente sobre-explotación del medio. Sin embargo, existen elementos que merecen ser discutidos a partir de la señal radiocarbónica y su relación con la intensidad de las ocupaciones. Esta señal, expresada gráficamente considerando los promedios obtenidos de las fechas calibradas, muestra momentos de mayor intensidad. Sin embargo, es posible que esto se deba a problemas del sesgo introducido por la escasez de estudios. En muchos casos las dataciones provienen de investigaciones enfocadas en una sola unidad residencial (de período Temprano o Tardío, indistintamente), que es donde se hicieron dataciones de manera intensa. Esto genera una sub-representación del estado de las ocupaciones durante el lapso temporal analizado. Sin embargo, existen casos donde, en una misma unidad residencial durante el Temprano, se han obtenido dataciones confiables que representan intervalos mínimos de ocupación entre  $1799 \pm 37$  AP y  $1236 \pm 37$  AP (La Bolsa, U14; Salazar & Franco Salvi, 2011);  $1700 \pm 40$  AP y  $1440 \pm 40$  AP (El Rincón; Cuenya & García Azcárate, 2004); y fuera del valle, pero en el marco del mismo patrón temprano,  $1970 \pm 40$  AP y  $1440 \pm 40$  AP (La Ciénega; Cremonte, 1996), mostrando gran persistencia en el uso de estas unidades. El uso mantenido del espacio trasciende grupos sociales y se han encontrado secuencias estratigráficas en estructuras agrarias (despedres) con dataciones de  $2070 \pm 20$  AP (2010-1933 cal AP) en base, asociada a materiales tempranos y  $640 \pm 20$  BP (629-554 cal AP) a techo, relacionada con materiales tardíos en La Costa 2 (Sampietro Vattuone *et al.*, 2019). De todos modos, resulta sugerente la disminución de fechados absolutos en torno al evento Bond 1,4 (Bond *et al.*, 1997), de características globales frías y a la Anomalía Cálida Medieval, cálida y seca (Fig. 8). Esta última es especialmente significativa a nivel regional dado que constituye el límite superior de las sociedades del Temprano en todo el Noroeste Argentino. De acuerdo a estudios previos, durante la misma hubo dos momentos especialmente secos, evidenciados por activaciones dunarias en el vecino valle de Santa María,

datos en *ca.* 1000 años AD y 1300 años AD (Peña Monné *et al.*, 2015, 2016; Peña Monné & Sampietro Vattuone, 2018).

Hasta el momento, no hay otros datos que permitan abordar el problema demográfico. Aunque la contemporaneidad entre las unidades residenciales identificadas no está establecida, la densidad existente da igualmente la pauta de una intensa presión sobre las superficies de la unidad acumulativa H2. Por otra parte, las dataciones obtenidas en estas unidades residenciales muestran gran persistencia en su ocupación, considerando que algunas de ellas se distancian espacialmente en varios siglos.

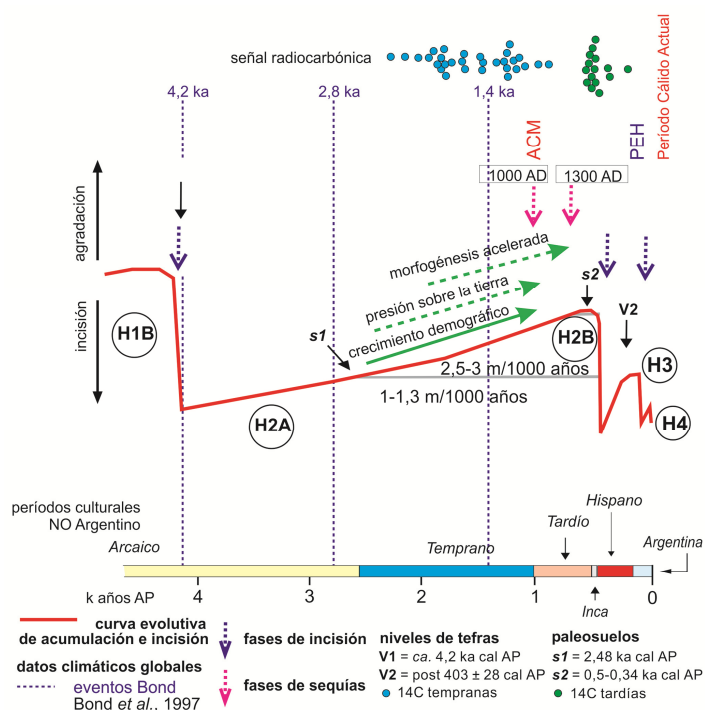
Las ocupaciones posteriores del Tardío, de características constructivas distintas, presentan menos evidencia a nivel global y requieren estudios más profundos a juzgar por la carencia de señal radiocarbónica reflejada por nuestro modelo (Fig. 8). Al respecto, tras minuciosas prospecciones en la zona de Carapunco y La Bolsa (Fig. 1), Franco Salvi *et al.* (2014) concluyen que la gran mayoría de las ocupaciones de la zona se produjeron durante el primer milenio, aún con la presencia de algunos materiales dispersos posteriores. Estudios realizados en Anfama, muy próximo al valle de Tafi –aunque preliminares en materia de ocupaciones– sobre la base de 13 dataciones absolutas, muestran la misma tendencia en relación a la continuidad de las ocupaciones en un lapso comprendido entre  $2137 \pm 31$  AP y  $1136 \pm 21$  AP, un lapso sin evidencias y la reaparición de la señal radiocarbónica hacia *ca.* 450 años AP (Salazar *et al.*, 2019).

En conjunto, la intensidad de las ocupaciones humanas debió darse gradualmente y de manera creciente (Fig. 8), con la consiguiente apropiación de todos los espacios disponibles para la subsistencia. Trabajos previos han propuesto una ocupación gradual desde las zonas bajas a las altas del valle, que incluso ha contribuido a la propuesta de dos fases para las ocupaciones del Temprano en el valle, incluyendo como parte de la tipificación la existencia de casas pozo para los primeros momentos de ocupación, en las zonas bajas y casas construidas sobre la superficie del terreno, en los sectores posteriores más altos (Núñez Regueiro & Tarragó, 1972). En conjunto, la evidencia radiocarbónica apunta a que la ocupación se dio en el valle en conjunto sin procesos graduales en términos altitudinales. Por otra parte, la idea de casas semisubterráneas no tiene sustento debido a la evidencia arrojada por los cortes estratigráficos descritos a lo largo de los años (Sampietro Vattuone, 2002; Roldán, 2014; entre otros) y en esta investigación. En todos los casos, aunque compactado, el horizonte 2A está presente en las unidades residenciales (Tablas 2, 3 y 4). La percepción de la existencia de *casas pozo*, o semisubterráneas en las zonas bajas del valle obedece a los procesos de morfogénesis evidenciados en las secuencias estratigráficas descritas para el valle (Figs. 5 y 6). Siguiendo este criterio, y la constatación de la existencia de un funcionamiento geomorfológico conectado entre laderas, abanicos aluviales y fondos de valle (sistema acoplado), el material erosionado en las zonas altas y trasladado a las zonas bajas propiciaría la percepción de semienterrado de manera sectorizada. En cualquier caso, el aumento demográfico, condujo a la colonización de zonas cada vez más vulnerables a la erosión y a la apropiación de diversos recursos y adecuación de las tierras para nuevos usos. Entre los más significativos está la tala de bosques para el uso de la madera (Aguirre *et al.*, 2019) y el pastoreo intensivo de las laderas a juzgar por la cantidad y tamaño de los corrales que se aprecian en zonas altas (Gómez Cardozo, 2006). Este proceso se tradujo en la generación de procesos de morfogénesis acelerada de intensidad creciente, como ya se ha indicado, con la casi triplicación de las tasas de erosión/sedimentación (de 1-1,7 m/1000 años a 2,5-3 m/1000 años; Fig. 8), generada esencialmente por actividad humana. Es posible que hubiera una respuesta sinérgica entre el estado degradativo que ya debía presentar el valle, por lo que su vulnerabilidad era alta hacia fines del primer milenio y el establecimiento de la Anomalía Cálida Medieval, y que este fenómeno repercutiera en la densidad de ocupación y la consiguiente señal radiocarbónica. Los suelos presentan también degradación fisicoquímica, lo cual debió afectar, en conjunto con el deterioro climático indicado, una disminución del rendimiento productivo, especialmente en la transición entre el primer y segundo milenio. En consecuencia, poco antes de la irrupción española en el valle, este poseía prácticamente la configuración actual, con extensas superficies formadas durante el período de ocupación agrario prehispánico, producto de los procesos degradativos, esencialmente de origen humano. Las



etapas evolutivas posteriores (unidades H3 y H4) y las incisiones intermedias solamente afectaron a algunos fondos de quebradas pero en absoluto a las grandes superficies de la unidad H2.

El valle de Tafí no es una excepción respecto de lo que sucedía en otros valles áridos de la región. En El Bolsón (Meléndez *et al.*, 2017) se han registrado acumulaciones equivalentes en características y edades a las de la unidad H2. De acuerdo con Kulemeyer *et al.* (2013) la tasa de acumulación de sedimentos de laguna Cotagua se incrementó hasta 10 veces desde  $1420 \pm 58$  AP; a partir de ese momento los registros de polen muestran disturbios antrópicos dada la presencia de quenopodiáceas, malváceas y *Gomphrena*. Todo este proceso es acompañado por acumulaciones de sedimentos finos en las quebradas del entorno, datados entre  $1391 \pm 36$  AP y  $818 \pm 36$  AP, con elementos arqueológicos interestratificados, contemporáneos con la formación de la unidad H2 en el valle de Tafí. Estos procesos de acumulación se aceleraron desde aproximadamente el 1300 AD (Meléndez *et al.*, 2017). Mientras tanto, en Antofagasta de la Sierra, localizada en el sector Sur de la Puna (NO Argentina), se estableció que la disponibilidad de agua fue extremadamente variable durante el Holoceno superior (Grana *et al.*, 2016). El período comprendido entre *ca.* 3500 y 1600 AP se caracterizó por el establecimiento de ambientes más húmedos en ríos y vegas. Contemporáneamente, la población tendió a asentarse en zonas de fondos de valle, especialmente hacia los 2100 años AP, con el establecimiento de lo que Olivera (2012) denomina sedentarismo dinámico, un sistema organizado alrededor del pastoralismo. Con posterioridad al 1600 AP se evidencian signos de erosión, o al menos cese de los procesos de formación de suelos, y las turberas desarrolladas previamente fueron cubiertas por flujos de detritos de más de 1 m de potencia. En el sector norte de Laguna Colorada, se desarrolló un campo de dunas con posterioridad a 1442 años cal AP (Grana *et al.*, 2016). La disminución contemporánea de la disponibilidad de agua en conjunto con el incremento de la presión demográfica llevó al establecimiento de un sistema de explotación especializada del espacio como forma de organización agropastoril. A partir de estos tiempos, procesos intensos de incisión afectaron los fondos de valle antiguos exponiendo perfiles de hasta 3 m de potencia (Grana *et al.*, 2016). De acuerdo a los resultados radiocarbónicos obtenidos, las acumulaciones depositadas con posterioridad al período húmedo registrado en la región, serían equivalentes a las de la unidad H2 de nuestra área de estudio. Estas unidades agradacionales también estuvieron relacionadas a la explotación intensiva del ambiente bajo las condiciones secas más tardías.



**Figura 8.** Modelo geoarqueológico y de evolución paleoambiental para el valle de Tafí, incluyendo la señal radiocarbónica establecida hasta la fecha y los procesos implicados en su desarrollo incluyendo datos tefrocronológicos, pedológicos, arqueológicos y climáticos globales.

## Conclusiones

Una serie de rasgos del paisaje que presenta el valle de Tafi en la actualidad son producto de un largo proceso de interacción entre las ocupaciones humanas del pasado y el entorno natural. La principal pauta de este fenómeno es la enorme extensión de los depósitos de la unidad H2 en todo el fondo de valle, cuyo registro morfoestratigráfico contiene rasgos materiales de las ocupaciones humanas de índole primaria y secundaria. Las respuestas ambientales indican un proceso de deterioro marcado, especialmente palpable en la evidencia de procesos de morfogénesis acelerada desde el asentamiento de las comunidades agropastoriles en la zona, con tasas de depositación que cambian de 1-1,7 m/1000 años a 2,5-3 m/1000 años. Otra pauta de degradación global del valle está dada por el deterioro de los paleosuelos en las zonas agrícolas prehispánicas, donde se registra erosión parcial o total de los horizontes superficiales (2A) y pérdida de materiales finos (fracción limo especialmente) y alteraciones químicas.

Estos fenómenos debieron incidir sobre la sustentabilidad del ambiente ante una creciente densidad demográfica, especialmente considerando el estatismo de la cultura Tafi, incapaz de generar (y/o adoptar) alternativas tecnológicas para superar el umbral impuesto por la capacidad de carga del ambiente bajo las características productivas de este grupo humano; más aún ante el deterioro acelerado de las condiciones ambientales, debido al efecto sinérgico entre la Anomalía Cálida Medieval y los procesos erosivos generados por la actividad antrópica. Este momento debió significar un punto de inflexión demográfico importante. Las ocupaciones posteriores indudablemente obedecen a una lógica de ocupación del espacio distinta y menos intensa, pero aun utilizando los mismos recursos que las precedentes y con menos presión demográfica sobre el territorio, de acuerdo a los registros morfoestratigráficos analizados hasta la actualidad.

El conjunto de la información local y regional apunta a que los procesos degradativos, evidenciados por la unidad H2, tanto estratigráfica como superficialmente, son producto de la actividad humana generalizada desde la adopción de la agricultura por parte de las comunidades prehispánicas de los valles áridos del NO Argentino, y los paisajes, tal como son percibidos en la actualidad, responden en gran medida a los efectos a largo plazo de estos fenómenos.

## Agradecimientos

Entre trabajo es una contribución del Grupo de investigación "Primeros Pobladores del valle del Ebro" del Gobierno de Aragón, y el IUCA (Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Zaragoza, España) y subsidios PIUNT G629 de la Universidad Nacional de Tucumán y PICT2018-1119 y PICT219-0193.

## Bibliografía

- Aguirre, M.G., Peña Monné, J.L. & Sampietro Vattuone, M.M. (2019) "Primer abordaje antracológico para el valle de Tafi (Tucumán, Argentina)", *Arqueología*, 25(2), pp. 15-32.
- Ambrosetti, J.B. (1897) "Los monumentos megalíticos de Tafi del Valle", *Boletín del Instituto Geográfico Argentino*, XVIII (I- III), pp. 1-18.
- Alday, A., Domingo, R., Sebastián, M., Soto, A., Aranbarri, J., González Sampérez, P., Sampietro Vattuone, M.M., Utrilla, P., Montes, L. & Peña Monné, J.L. (2018) "The silence of the layers: Archaeological site visibility in the Pleistocene-Holocene transition at the Ebro Basin", *Quaternary Science Reviews*, 184, pp. 85-106.
- Berberián, E.E., Nielsen, A.E., Argüello de Dorsch, E., Bixio, B., Spalletti, L.A., Salazar, J.A. & Pillado, E.L. (1988) "Sistemas de asentamiento prehispánicos en el Valle de Tafi", *Comechingonia*, pp. 1-176.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., de Menocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. & Bonani, G. (1997) "A pervasive millennial-scale cycle in north Atlantic Holocene and glacial climates". *Science*, 278, pp. 1257-1266.
- Bruch, C. (1911) "Exploraciones arqueológicas en la provincia de Tucumán y Catamarca", *Revista del Museo de La Plata*, V, pp. 1-19.
- Butzer, K.W. (2005) *Archaeology as human ecology*. Cambridge, Reino Unido, University Press.

- Brunsdon, D. & Thornes, J.B. (1979) "Landscape sensitivity and change", *Transactions of the Institute of British Geographers*, 4(4), pp. 463-484.
- Cabrera, A.L. (1976) *Territorios Fitogeográficos de la República Argentina*, Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería 2(1), Buenos Aires, Ediciones ACME.
- Chin, A., Florsheim, J.L. & Wohl, E. (2014) "Feedbacks in human-landscape systems", *Environmental management*, 53(1), pp. 28-41.
- Cremonte, M.B. (1996) *Investigaciones arqueológicas en la quebrada de La Ciénega (Dto Tafí, Tucumán)*. Tesis doctoral inédita. La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
- Crowley, T.J. (2000) "Causes of climate change over the past 1000 years", *Science*, 289, pp. 270-277.
- Cuenya, M.P. & García Azcárate, J. (2004) "Procesos de formación de sitios arqueológicos y su relación con cambios pedológicos, El Rincón, Tafí del Valle, Tucumán", *Chungará*, 36, pp. 415-423.
- Fernández Turiel, J.L., Saavedra, J., Pérez Torrado, F.J., Rodríguez González, A., Alias, G. & Rodríguez Fernández, D. (2012) "Los depósitos de ceniza volcánica del Pleistoceno superior-Holoceno de la región de Tafí del Valle - Cafayate, Noroeste de Argentina", *Geo-Temas*, 13, CD 07-279P, 3pp.
- Franco Salvi, V. (2012) *Estructuración social y producción agrícola prehispánica durante el primer milenio d.C en el valle de Tafí (Tucumán, Argentina)*, Tesis doctoral inédita, Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba.
- Franco Salvi, V. & Salazar, J. (2014) "Llama offerings in an early village landscape: New data from Northwestern Argentina (200 B.C. - A.D. 800)", *Ñawpa Pacha, Journal of Andean Archaeology*, 34(2), pp. 223-232.
- Franco Salvi, V., Salazar, J., & Berberían, E.E. (2014) "Paisajes persistentes, temporalidades múltiples y dispersión aldeana en el valle de Tafí (provincia de Tucumán, Argentina)", *Intersecciones en antropología*, 15(2), pp. 307-322.
- Gómez Cardozo, C.E. (2006) *Pastoreo prehispánico de camélidos en el Valle de Tafí. Provincia de Tucumán*, Tesis de Grado inédita, San Miguel de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Tucumán.
- González, A.R. (1960) "Nuevas fechas de la cronología arqueológica argentina obtenidas por el método de radiocarbón (III)", *Ciencia e Investigación*, 16(4), pp. 142-145.
- González, A.R. (1961-64) "Nuevas fechas de la cronología arqueológica argentina obtenidas por el método de radiocarbón (IV); resumen y perspectivas", *Revista del Instituto de Antropología de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba*, 1, pp. 303-331.
- González, A.R., & Núñez Regueiro, V.A. (1960) "Preliminary report on archaeological research in Tafí del Valle N.W. Argentina", *Internationalen Amerikanisten Kongresses*, 34, pp. 485-96.
- Grana, L., Tchilinguirian, P., Olivera, D.E., Laprida, C. & Maidana, N.I. (2016) "Síntesis paleoambiental en Antofagasta de la Sierra: heterogeneidad ambiental y ocupaciones humanas en los últimos 7200 años cal AP", *Intersecciones en Antropología*, 17(2), pp. 19-32.
- Gutiérrez, A.A. & Mon, R. (2004) "Megageomorfología del valle de Tafí-Aconquija, Tucumán", *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59(2), pp. 303-311.
- Jolliffe, I.T. (2002) *Principal Component Analysis*, 2nd ed. Springer-Verlag New York, Inc, New York.
- Knox, J.C. (2000) "Agricultural influence on landscape sensitivity in the upper Mississippi river valley", *Catena*, 42, pp. 195-226.
- Kulemeyer, J., Lupo, L., Madozzo, C., Cruz, A., Pighi, M., Cuenya, P., Cortes, R. & Korstanje, A. (2013) "Desarrollo del Paisaje Holoceno en la Cuenca de El Bolsón, Catamarca: gente y ambiente en procesos de cambio y estabilidad", *Diálogo Andino*, 41, pp. 25-44.
- Manasse, B. (2012) *Arqueología en el Borde Andino del Noroeste Argentino: Sociedades del Último Milenio en el Valle de Tafí, Prov. de Tucumán – República Argentina*, Tesis Doctoral Inédita, La Plata, Facultad de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- McAuliffe, J.R., Sundt, P.C., Valiente-Banuet, A., Casas, A. & Viveros, J.L. (2001) "Pre-Columbian Soil Erosion, Persistent Ecological Changes, and Collapse of a Subsistence Agricultural Economy in the Semi-Arid Tehuacán Valley, Mexico's "Cradle of Maize"", *Journal of Arid Environments*, vol. 47, pp. 47-75.
- McClung de Tapia, E. (2012) "Silent Hazards, Invisible Risks: Prehispanic Erosion in the Teotihuacan Valley, Central Mexico". En: Cooper, J. & Sheets, P. (eds.) *Surviving Sudden Environmental Change: Answers from Archaeology*, University Press of Colorado, Boulder, pp. 143-165.
- Meléndez, A.S., Kulemeyer, J.J. & Quesada, M.N. (2017) "Ocupaciones humanas y cambios en el paisaje. Aproximaciones desde la geoarqueología", *XX Congreso Geológico Argentino*, San Miguel de Tucumán, 9-14 Septiembre, Asociación Geológica Argentina, pp. 99-107.
- Miles, J., Cummins, R.P., French, D.D., Gardner, S., Orr, J.L., & Shewry, M.C. (2001) "Landscape sensitivity: an ecological view", *Catena*, 42, pp. 125-141.
- Montgomery, D.R. (2007) *Dirt: The Erosion of Civilizations*. The University of California Press, Berkeley.
- Núñez Regueiro, V.A. & Esparrica, H.C. (2010) "Investigaciones arqueológicas en la zona del km 64,5, Valle de Tafí, provincia de Tucumán. Arqueología Argentina en los inicios de un nuevo siglo", *XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, Buenos Aires, 7-13 Octubre. Universidad de Buenos Aires, pp. 225-237.

- Núñez Regueiro, V.A. & Tarragó, M.N. (1972) "Evaluación de los datos arqueológicos: ejemplos de aculturación", *Revista Estudios de Arqueología*, 1, pp. 36-48.
- O'Hara, S.L., Metcalfe, S.E. & Street-Perrot, F.A. (1994) "On the arid margin; the relationship between climate, humans and the environment. A review of evidence from the highlands of central Mexico". *Chemosphere*, 29(5), pp. 965-981.
- Olivera, D. (2012) "El Formativo en los Andes del Sur: la incorporación de la Opción Productiva". En: de Haro, M. (ed.) *Interculturalidad y ciencias: experiencias desde América Latina*, Buenos Aires, Centro de Investigaciones Precolombinas, pp. 15-49.
- Patané Aráoz, C. (2008) "El Pukará de las Lomas Verdes (Tafi del Valle, Tucumán). Medio siglo después", *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 22, pp. 165-178.
- Peña Monné, J.L. & Sampietro Vattuone, M.M. (2014) "Geoarchaeological and paleoenvironmental reconstruction through evolutionary models: Dryland applications", *European Geologist Magazine*, 38, pp. 40-44.
- Peña Monné, J.L. & Sampietro Vattuone, M.M. (2016) "La secuencia paleoambiental holocena de la vertiente oriental de Loma Pelada (valle de Tafi, Noroeste Argentino): cambios climáticos y acción humana". En: Sampietro Vattuone, M.M. & Peña Monné, J.L. (eds) *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes*, Tucumán, Laboratorio de Geoarqueología, pp. 23-63.
- Peña Monné J.L. & Sampietro Vattuone, M.M. (2018) "Paleoambientes holocenos del valle de Tafi (Noroeste Argentino) a partir de registros morfosedimentarios y geoarqueológicos", *Boletín Geológico y Minero*, 129(4), pp. 671-691.
- Peña Monné, J.L. & Sampietro Vattuone, M.M. (2019a) "Late Holocene anthropic degradation records in semi-arid environments (NE Spain and NW Argentina)", *Geographical Research Letters*, 45(1), pp. 195-217.
- Peña Monné, J.L. & Sampietro Vattuone, M.M. (2019b) "Geomorphological response to the Lateglacial-Holocene palaeoenvironmental changes in the NE piedmont of the Sierra de Aconquija (Tafi Valley, NW Argentina)", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 523, pp. 78-88.
- Peña Monné, J.L., Echeverría, M.T., Chueca, J. & Julián, A. (2000) "Processus d'accumulation et d'incision pendant l'Antiquité Classique dans la vallée de la Huerva (Bassin de l'Ebre, Espagne)". En: Vermeulen, F. (ed.) *Geoarchaeology of the Landscapes of Classical Antiquity*, Leuven, Bélgica, pp. 151-159.
- Peña Monné, J.L., Julián, A., Chueca, J., Echeverría, M.T. & Ángeles, G.R. (2004) "Etapas de evolución holocena en el valle del río Huerva: Geomorfología y Geoarqueología". En: Peña Monné, J.L., Longares, L.A. & Sánchez Fabre, M. (eds.) *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza, pp. 289-302.
- Peña Monné, J.L., Rubio Fernández, V. & González Pérez, J.R. (2005) "Aplicación de modelos geomorfológicos evolutivos al estudio de yacimientos arqueológicos en medios semiáridos (Depresión del Ebro, España)". En: Comité X Coloquio Ibérico de Geografía (eds.) *A Geografía ibérica no contexto europeo*, Lisboa, Universidad de Évora, pp. 22-24.
- Peña Monné, J.L., Sancho Marcén, C., Sampietro Vattuone, M.M., Rivelli, F., Rhodes, E.J., Osácar-Soriano, M.C., Rubio Fernández, V. & García-Giménez, R. (2015) "Geomorphological study of the Cafayate dune field (Northwest Argentina) during the last millennium", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 438, pp. 352-363.
- Peña Monné, J.L., Sancho Marcén, C., Sampietro Vattuone, M.M., Rivelli, F., Rhodes, E., Osácar Soriano, M.C., Rubio Fernández, V. & García Giménez, R. (2016) "Geomorfología y cambios ambientales en la depresión de Cafayate (Prov. de Salta, Noroeste Argentino)". En: Sampietro Vattuone, M.M. & Peña Monné, J.L. (eds.) *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes*, Tucumán, Laboratorio de Geoarqueología, pp. 213-242.
- Peña Monné, J.L., Sampietro Vattuone, M.M., Longares Aladrén, L.A., Pérez Lambán, J.V., Sánchez Fabre, M., Alcolea Gracia, M., Vallés, L., Echeverría, M.T. & Baraza, C. (2018a) "Holocene alluvial sequence of Val de Zaragoza (Los Monegros) in the paleoenvironmental context of the Ebro Basin (Spain)", *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(1), pp. 323-352.
- Peña Monné, J.L., Sampietro Vattuone, M.M., Sánchez Fabre, M. & Bertini Sampietro, M.S. (2018b) "Geomorphological dynamics and flood hazards of the Blanquito River (Tafi del Valle, NW Argentina)", *Journal of South American Earth Sciences*, 86, pp. 231-243.
- Roldán, J. (2014) *Agricultura y geoquímica de suelos prehispánicos en valles Calchaquíes. Tucumán. Argentina*, Tesis doctoral inédita, San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. (<http://www.repositorio.unt.edu.ar/handle/11327/131>).
- Roldán, J., Maldonado, M.G., Urquiza, S.V., Vattuone, M.A. & Sampietro Vattuone, M.M. (2016) "Suelos antrópicos vs. naturales: La Costa 2 (Valle de Tafi, Tucumán)", *Arqueología*, 22, pp. 127-148.
- Roldán, J., Sampietro Vattuone, M.M. & Vattuone, M.A. (2005) "Técnicas analíticas para el estudio de los suelos de sitios agrícolas prehispánicos", *Primer Congreso Argentino de Arqueometría*, Santa Fe, 7-10 Octubre. Universidad Nacional de Rosario, pp. 60-69.
- Rózsa, P. (2007) "Attempts at qualitative and quantitative assessment of human impact on the landscape", *Geografía Física e Dinámica Cuaternaria*, 30, pp. 233-238.
- Salazar, J. (2010) *Reproducción social doméstica y asentamientos residenciales entre el 200 y el 800 d.C. en el Valle de Tafi, Provincia de Tucumán*, Tesis doctoral inédita, Córdoba, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.
- Salazar, J., & Franco Salvi, V. (2011) "Una mirada a los entornos construidos en el valle de Tafi, Tucumán (1-1000 AD)", *Comechingonia*, 12, pp. 91-108.
- Salazar, J., Molar, R., Montegú, J., Franco, F., Fiorani, A., Moyano, G., Chiavassa Arias, S., Carrasco, D. & Franco Salvi, V. (2019) "Investigaciones arqueológicas en la cuenca de Anfama, provincia de Tucumán (Archaeological research in the Anfama basin, province of Tucumán)", *XX*

- Congreso Nacional de Arqueología Argentina: 50 años de arqueologías, Córdoba, 10-17 Octubre. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba*, pp. 195-199.
- Sampietro Vattuone, M.M. (1999) "Propuesta para un modelo climático del Formativo en el valle de Tafi", *XIII Congreso Nacional de Arqueología*, Córdoba, 20-27 Octubre, Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, pp.30-31.
- Sampietro Vattuone, M.M. (2002) *Contribución al Conocimiento Geoarqueológico del Valle de Tafi, Tucumán (Argentina)*. Tesis Doctoral inédita, San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. Acceso 22/02/2016 <http://www.repositorio.unt.edu.ar/handle/11327/128>.
- Sampietro Vattuone, M.M. (2010) *Espacio, Ambiente y los Inicios de la Agricultura Indígena en el Noroeste Argentino: un Enfoque Geoarqueológico*, Madrid, Editorial JAS.
- Sampietro Vattuone, M.M. & Peña Monné, J.L. (2016) "Geomorphological dynamic changes during the Holocene through ephemeral stream analyses from Northwest Argentina", *Catena*, 147, pp. 663-677.
- Sampietro Vattuone, M.M. & Peña Monné, J.L. (2019a) "Cambios ambientales y geoarqueología en medios áridos/semiáridos: propuesta metodológica", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 71(2), pp. 565-584.
- Sampietro Vattuone, M.M. & Peña Monné, J.L. (2019b) "Geomorphology of Tafi valley (Tucumán Province, Northwest Argentina)", *Journal of Maps*, 15(2), pp. 177-184.
- Sampietro Vattuone, M.M., Báez, W.A., Peña Monné, J.L. & Sola, A. (2020) "Chronological and geomorphological approach to the Holocene tephra from Tafi and Santa María valleys, NW Argentina", *Quaternary Research*, 94, pp. 14-30.
- Sampietro Vattuone, M.M., Neder, L., Roldán, J. & Vattuone, M.A. (2008) "Mother Earth: soil and people relationships during the prehispanic period (Northwest Argentina)", *World Archaeology*, 40, pp. 190-205.
- Sampietro Vattuone, M.M., Peña Monné, J.L., Martínez Stagnaro, S., Maldonado, M.G., Roldán, J. & García Giménez, R. (2017) "Graves, beads, and trade in Northwest Argentina: a first ED-XRF characterization of very well-formed objects", *Arqueología*, 23(1), 27-43.
- Sampietro Vattuone, M.M., Peña Monné, J.L., Roldán, J. & Maldonado, M.G. (2014) "Reconstruction of agrarian practice and land impact in the drylands: A geoarchaeological approach", *European Geologist Magazine*, 38, pp. 5-11.
- Sampietro Vattuone, M.M., Peña Monné, J.L., Maldonado, M.G., Sancho Marcén, C., Báez, W., Sola, A. & Blasi, A. (2018) "Cambios ambientales durante el Holoceno superior registrados en secuencias morfosedimentarias fluvio-eólicas del Valle de Santa María (Noroeste Argentino)", *Boletín geológico y minero*, 129(4), pp. 647-669.
- Sampietro-Vattuone, M.M., Peña-Monné, J.L., Roldán, J., Dip, A.B., Maldonado, M.G., Lefebvre, M.G. & Vattuone, M.A. (2019) "Land management and soil degradation evidence during the Late Holocene in Northwest Argentina (La Costa 2-Tafi valley)", *Catena*, 182, pp. 104-115.
- Sampietro Vattuone, M.M., Roldán, J., Neder, L., Maldonado, M.G. & Vattuone, M.A. (2011) "Formative pre-Hispanic agricultural soils in northwest Argentina", *Quaternary Research*, 75(1), pp. 36-44.
- Sandor, J.A., and Homburg, J.A. (2015) "Agricultural Soils of the Prehistoric Southwest: Known Unknowns". En: Ingram, S. E. and Hunt, R. C. (eds.) *Arid Lands Agriculture: Understanding the Past for the Future*, University of Arizona Press, pp.54-88.
- Sandor, J.A. & Homburg, J.A. (2017) "Anthropogenic Soil Change in Ancient and Traditional Agricultural Fields in Arid to Semiarid Regions of the Americas", *Journal of Ethnobiology*, 37(2), pp. 196-217.
- Schumm, S.A. (1979) "Geomorphic thresholds: the concept and its applications", *Transactions of the Institute of British Geographers*, 4(4), pp. 485-515.
- Stephens, L., Fuller, D., Boivin, N., Torben, R., Gauthier, N., Kay, A., Marwick, N., Armstrong, C., Barton, M., Denham, T., Douglass, K., Driver, J., Janz, L., Robert, P., Rogers, D., Thakar, H., Altaweel, M., Johnson, L., Sampietro Vattuone, M.M., Aldenderfer, M., Archila, S., Artioli, G., Bale, M., Beach, T., Borrell, F., Braie, T., Buckland, P., Cano, N., Capriles, J., Diez Castillo, A., Çilingiroğlu, C., Clearly, M., Connolly, J., Coutros, P., Covey, A., Cramaschi, M., Crowther, A., Der, L., Di Lernia, S., Doershuk, J., Doolittle, W., Edwards, K.J., Erlandson, J.M., Evans, D., Fairbairn, A., Faulkner, P., Feinman, G., Fernandes, R., Fitzpatrick, S.M., Fyfe, R., Garcea, E., Goldstein, S., Goodman, R.C., Dalpoim Guedes, J., Herrmann, J., Hiscock, P., Hommel, P., Hornsbury, A., Hritz, C., Ives, J.W., Junno, A., Kahn, J.G., Kaufman, B., Kearns, C., Kidder, T.R., Lanoëdan, F., Young, L.G., Lee, G., Levin, M.J., Kindkoug, H.B., López-Sáez, J.A., Macrae, S., Marchant, R., Marston, J.M., McClure, S., McCoy, M.D., Ventresca Miller, A., Morrison, M., Motuzainte Matuzeviciute, G., Müller, J., Nayak, A., Noerwidi, S., Peres, T.M., Peterson, C. E., Proctor, L., Randall, A.R., Renette, S., Robbins Schug, G., Ryzewski, K., Saini, R., Scheinsoh, V., Schmidt, P., Sebillaud, Seitsonen, O., Simpson, I.A., Soltysiak, A., Speakman, R.J., Spengler, R.N., Steffén, M.L., Storozum, M.J., Strickland, K.M., Thompson, J., Thusrtton, T.L., Ulm, S., Cere Ustunkaya, M., Welker, M.H., West, C., Williams, P.R., Wright, D.K., Wright, N., Zahir, M., Zerboni, A., Beaudin, E., Munevar García, S., Powell, J., Thorton, A., Kaplan, J.O., Gaillard, M.J., Goldewijk, K.K. & Ellis, E. (2019) "Archaeological assessment reveals Earth's early transformation through land use", *Science*, 365, pp. 897-902.
- Van Zuidam, R. & Van Zuidam, F.I. (1978) *Terrain analysis and classification using aerial photograph: a geomorphological approach*. The Netherlands, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC).
- Vita Finzi, C. (1969) *The Mediterranean Valleys*. Londres, Reino Unido. Cambridge Univ. Press.