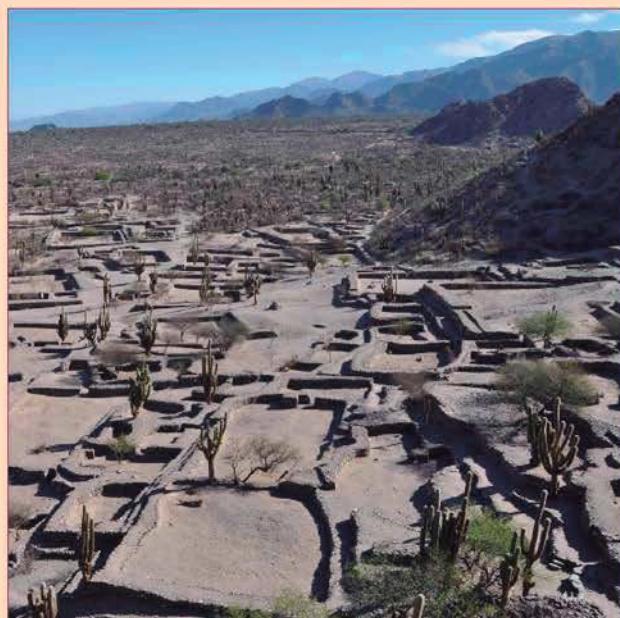
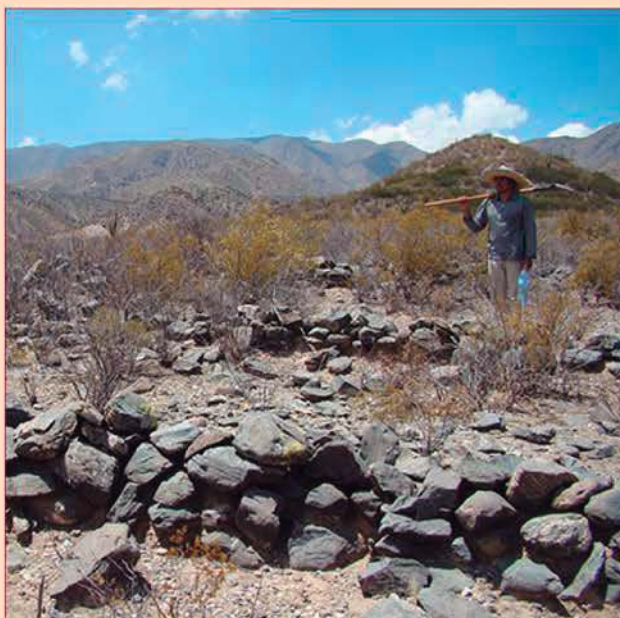


GEOARQUEOLOGÍA DE LOS VALLES CALCHAQUIES



M. M. Sampietro Vattuone y J.L. Peña Monné
(Editores)

Tucumán, 2016



GEOARQUEOLOGÍA DE LOS VALLES CALCHAQUÍES

Ocupaciones humanas y reconstrucciones paleoambientales del Holoceno

María Marta Sampietro Vattuone y José Luis Peña Monné
(Editores)

Primer Curso Internacional de Geoarqueología de Campo del Noroeste Argentino
First International Course on Field Geoarchaeology from Northwest Argentina



LABORATORIO DE GEOARQUEOLOGÍA, UNT, TUCUMÁN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
2016



M.M. Sampietro Vattuone y J.L. Peña Monné (Eds.)

Geoarqueología de los Valles Calchaquíes

Ocupaciones humanas y reconstrucciones paleoambientales del Holoceno

Laboratorio de Geoarqueología, UNT, Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Inst.M. Lillo

Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 2016

ISBN 978-987-

42-0568-1

LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DURANTE EL FORMATIVO Y LOS DESARROLLOS REGIONALES EN LOS SITIOS DE MOLLE YACO Y YASYAMAYO (VALLE DE SANTA MARÍA)

AGRICULTURAL PRACTICES DURING THE FORMATIVE AND REGIONAL DEVELOPMENTS PERIODS IN MOLLE YACO AND YASYAMAYO (SANTA MARÍA VALLEY)

Sampietro Vattuone, María Marta^a; Roldán, Jimena^a; Peña Monné, José Luis^b; Lefebvre, María
Gisela^a; Vattuone, Marta Amelia^c

^aCONICET y Laboratorio de Geoarqueología, UNT, Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina);

^bDepartamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza (España); ^cCONICET.

sampietro@tucbbs.com.ar

Resumen

*El presente trabajo tiene por área de estudio los sitios arqueológicos Molle Yaco (Período Formativo) y Yasyamayo (Período de Desarrollos Regionales), localizados en el piedemonte occidental de las Cumbres Calchaquíes (Provincia de Tucumán, Argentina). Su objetivo es proveer nueva información sobre las prácticas agrícolas llevadas a cabo durante el período prehispánico en las citadas ubicaciones y proporcionar nuevos datos relacionados a la fertilidad de los suelos y su potencial capacidad productiva, teniendo en cuenta las especies cultivadas en la región en sitios contemporáneos. Se determinaron características físicas y químicas sobre muestras de sedimento tomadas en perfiles estratigráficos descritos en diversos contextos arqueológicos y geomorfológicos. Se analizó estructura, textura, pH, calcio, compuestos de fósforo orgánico y disponible, y hierro, cobre y manganeso disponibles. Mediante la aplicación de Análisis de Componentes Principales se estableció que la textura es el rasgo distintivo más importante para diferenciar ambos sitios arqueológicos. Las prácticas agrícolas implementadas en el pasado introdujeron alta variabilidad química a pesar de las grandes diferencias identificadas entre perfiles antropizados y naturales. Considerando las necesidades agronómicas de las diversas especies potencialmente cultivadas la única que pudo haber producido rendimiento adecuado dadas las condiciones ambientales reconstruidas es *Chenopodium quinoa*.*

Palabras clave: pedología, agricultura prehispánica, química del suelo, geomorfología.

Abstract

*Our study area is located in the piedmont of Calchaquíes Summits (Tucumán Province, Northwest Argentina), comprising two archaeological sites: Molle Yaco and Yasyamayo. The objectives of this paper are to improve the knowledge of Pre-Hispanic agricultural practices on landscape and soils, and to provide new knowledge about land fertility of agricultural areas, taking into account the cultivars identified in contemporaneous archaeological sites of the region. Physical and chemical features, such as structure, texture, pH, calcium, organic and inorganic phosphorus, and available copper, manganese, and iron were taken into account. After photointerpretation and field surveys, two agricultural terraced geomorphological units were sampled. Samples were made in comparable off-site locations and the archaeological sites. After Principal Component Analysis, physicochemical analysis showed that texture is the most significant difference between the two archaeological sites. Agricultural practices introduced high chemical variations, despite the substantial differences between agricultural and off-site profiles. Finally, considering the agronomic needs of the potential cultivars the only specie that could produce adequate yields according to the environmental reconstructed characteristics of the region was *Chenopodium quinoa*.*

Keywords: *pedology, Prehispanic agriculture, soil chemistry, geomorphology.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura en regiones áridas y semiráridas constituye un desafío constante. A los impedimentos propios de la falta de agua se suma la relativa impredecibilidad de las condiciones ambientales que aporta un riesgo extra que debe ser subsanado. Por otra parte, los suelos típicos de estas regiones suelen ser pobres en nutrientes, especialmente materia orgánica y todos sus derivados. Para subsanar estos problemas la humanidad ha desarrollado a lo largo de los siglos una serie de técnicas entre las cuales se destaca el cultivo en terrazas, muy usual en la región surandina, especialmente en aquellos sectores áridos y semiáridos con pendientes medias a pronunciadas. Otras prácticas que suelen desarrollarse y aplicarse en estas regiones son el manejo del agua (desde la colecta hasta la irrigación propiamente) y la aplicación de abonos orgánicos de diversa índole (desde el uso del rastrojo hasta la aplicación de estiercol), en el caso de la región andina normalmente de camélidos.

El área de estudio es el piedemonte occidental de Cumbres Calchaquíes (Tucumán, Argentina) (Fig. 1) y el objetivo principal es presentar y discutir los efectos de las prácticas agrarias sobre suelo y paisaje a lo largo del período prehispánico, aportando nuevos conocimientos sobre la fertilidad de las tierras de cultivo y su contexto ambiental, teniendo en cuenta especialmente que se trata de una de las zonas con mayor déficit hídrico del valle de Santa María.

EL ÁREA DE ESTUDIO

El valle de Santa María es una depresión elongada en sentido N-S. En el sector tucumano está limitada al este por las Cumbres Calchaquíes y al oeste por la Sierra de Quilmes. Nuestra área de estudio se localiza en el piedemonte sur y central de las Cumbres Calchaquíes (Fig. 1). Las precipitaciones anuales alcanzan alrededor de los 200 mm anuales, con balances hídricos en Amaicha del Valle que muestran variabilidad de lluvias sin superar los 200 mm por año y valores potenciales de evapotranspiración superiores a 700 mm anuales. El alto déficit hídrico, de alrededor de 500 mm, hace que la agricultura sin irrigación sea imposible en la actualidad (Pietragalla y Corso, 2008).

Geológicamente, el basamento de las Cumbres Calchaquíes está constituido por rocas metamórficas de mediano y bajo grado (Fm Puncoviscana) con intrusiones graníticas plutónicas. La asociación mineral típica de estas rocas es cuarzo, biotita, muscovita, clorita y granate (Toselli y Rossi, 1998). En la zona del piedemonte yacen en discordancia sedimentos fluviales y lacustres de edad miocena y pliocena (Grupo Santa María) (González et al., 2000).

Durante el Pleistoceno, la fuerte pendiente existente entre las Cumbres Calchaquíes y el valle de Santa María, aumentada aún más a lo largo del tiempo por efecto de la neotectónica, favoreció la instalación de grandes torrentes. Sus cabeceras, instaladas en zonas de alta montaña, estuvieron afectadas por procesos de ambiente frío (glaciar y periglacial) durante el Cuaternario, generándose una alta producción de sedimentos disponibles para su movilización. A ellos hay que sumar los que ya existirían como resultado de los procesos de meteorización de las rocas cristalinas en fases climáticas pre-cuaternarias, que ocupaban las zonas altas de estos relieves. Estos torrentes generaron una intensa denudación de estas cuencas y trasladando grandes masas de sedimentos hacia el piedemonte y el fondo del valle principal. Los estudios geomorfológicos previos muestran que en el conjunto del piedemonte de Aconquija, al sur del área de estudio, se pueden reconocer hasta cinco grandes niveles acumulativos que en sucesivas fases lo recubrieron ampliamente (Strecker, 1987). Estas acumulaciones adoptan externamente morfología de glaciares o *pediments* y yacen discordantes sobre los depósitos del Terciario. En la zona de estudio se han identificado tres niveles distintos, separados por etapas de incisión, que reflejan la sucesión de fases de acumulación de abanicos aluviales seguidas de procesos de glaciplanación, alternantes con etapas intermedias de profundización de los cauces, como resultado de cambios climáticos cuaternarios, aunque sin descartar totalmente la influencia tectónica en este escalonamiento de formas (Sampietro Vattuone y Neder, 2011) (Fig. 2). Estos depósitos muestran estructuras sedimentarias fluviales y de tipo *debris flow*, mostrando una gradación de tamaños desde el

pedimento alto o zona de raíz de los glaciares y las en las áreas distales y márgenes fluviales del río Santa María, de composición predominantemente arenoso-arcilloso, como ya fue señalado por González et al. (2000).

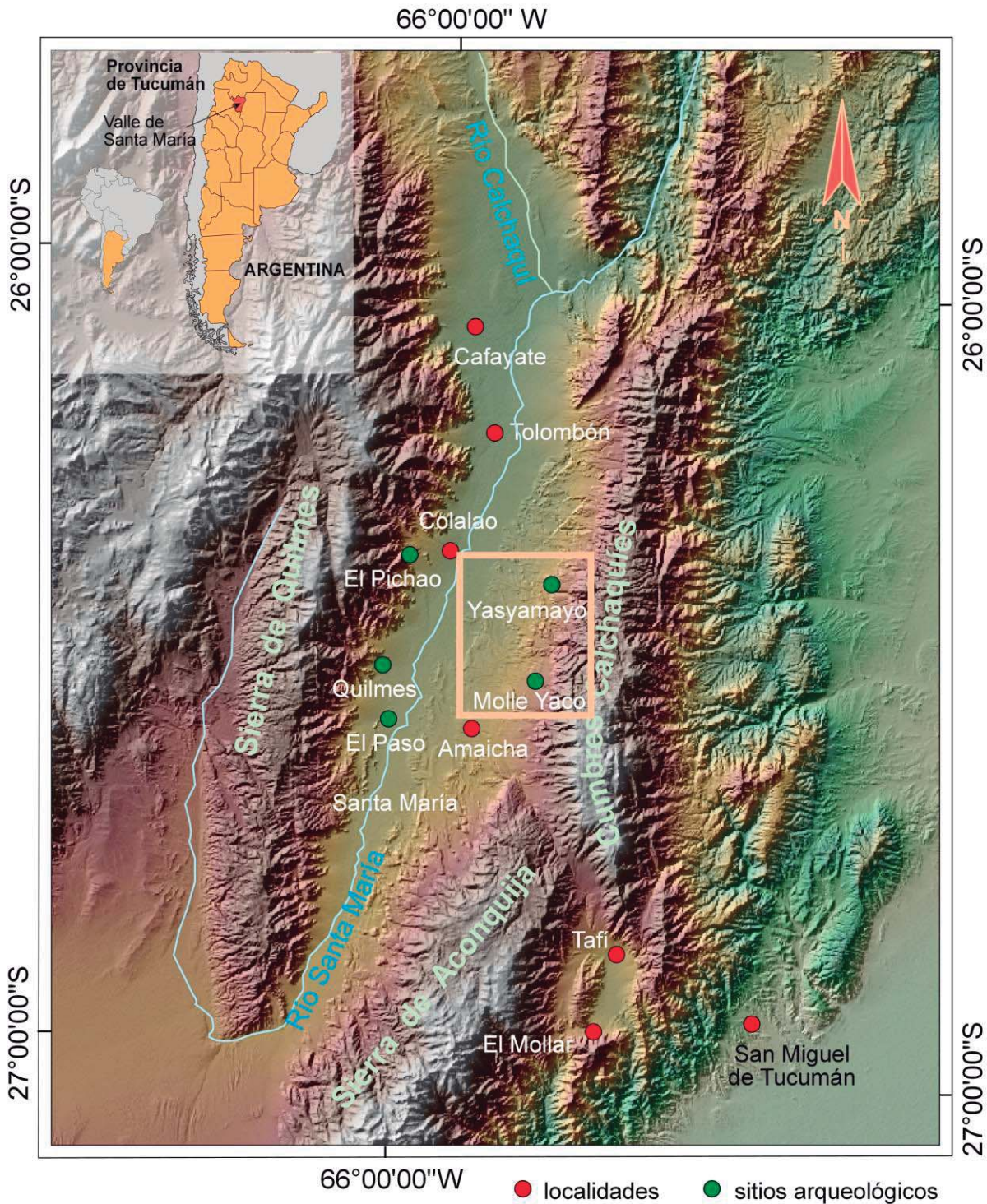


Fig. 1. Mapa de ubicación de Molle Yaco y Yasyamayo - Valle de Santa María.

Fig. 1. Location map of Molle Yaco and Yasyamayo - Santa María Valley.

Tras esta etapa inicial de predominio de morfologías de glacis o *pediments*, comienza un nuevo periodo acumulativo en el que se formaron abanicos aluviales, especialmente al pie de la sierra, donde el cambio de pendiente impide el traslado de la carga al perder competencia los arroyos a partir de este punto. De esta forma, mientras en el sector medio del piedemonte dominaban los procesos erosivos, en su sector distal se formaron abanicos aluviales compuestos de materiales más finos (arenas y limos). Los registros sedimentarios muestran una dinámica mixta entre la típicamente fluvial y los flujos de detritos (*debris flow*), siendo normalmente estos últimos los dominantes, generando la presencia de grandes bloques y gravas en matriz limo-arenosa (Sampietro Vattuone y Neder, 2011) (Fig. 2). Tanto en la formación de estos abanicos aluviales como en la formación de los grandes glacis pleistocenos tuvo que ser importante debió tener gran importancia las descargas de agua generadas por fusión en los glaciares y neveros de zonas altas durante el verano en los periodos fríos pleistocenos y holocenos (Sayago et al., 1998a).

Estos abanicos aluviales representan básicamente el Pleistoceno superior y Holoceno y su actividad se prolonga hasta el momento actual. En el piedemonte de la Sierra de Quilmes, es decir en la margen occidental del río Santa María, los conos aluviales holocenos se convierten en el tipo de paisaje geomorfológico dominante, quedando sólo algunos restos dispersos de conos antiguos, como sería el caso de los existentes en la zona apical del cono de El Pichao (Peña Monné et al, este volumen, 165-184). Su asignación al Holoceno viene establecida por la presencia de cenizas volcánicas de la erupción de ca. 4200 BP intercaladas en los conos en ambos piedemontes, como ha sido señalado por Peña Monné et al. (2015; este volumen, pp. 213-148) en la zona próxima a Cafayate y en los de la zona de Colalao del Valle, representando por tanto el Holoceno inferior y medio. Las mismas cenizas aparecen en las incisiones de los abanicos aluviales de Molle Yaco y por debajo de las ocupaciones prehispánicas del sector. Igualmente, en la depresión de Tafí del Valle (Sampietro Vattuone y Peña Monné, en prensa; Peña Monné y Sampietro Vattuone, en este volumen, 23-63) se han descrito sistemas de abanicos de idénticas características y edad, en este caso basados en muchos más elementos cronológicos, por lo que se trata de una dinámica muy generalizada al Noroeste Argentino. Finalmente, el fondo de valle está ocupado por el lecho aluvial del río Santa María, formado por canales múltiples (*braided*) en los que dominan los materiales limo-arenosos, así como por acumulaciones eólicas estabilizadas con vegetación (Sampietro Vattuone y Neder, 2011).

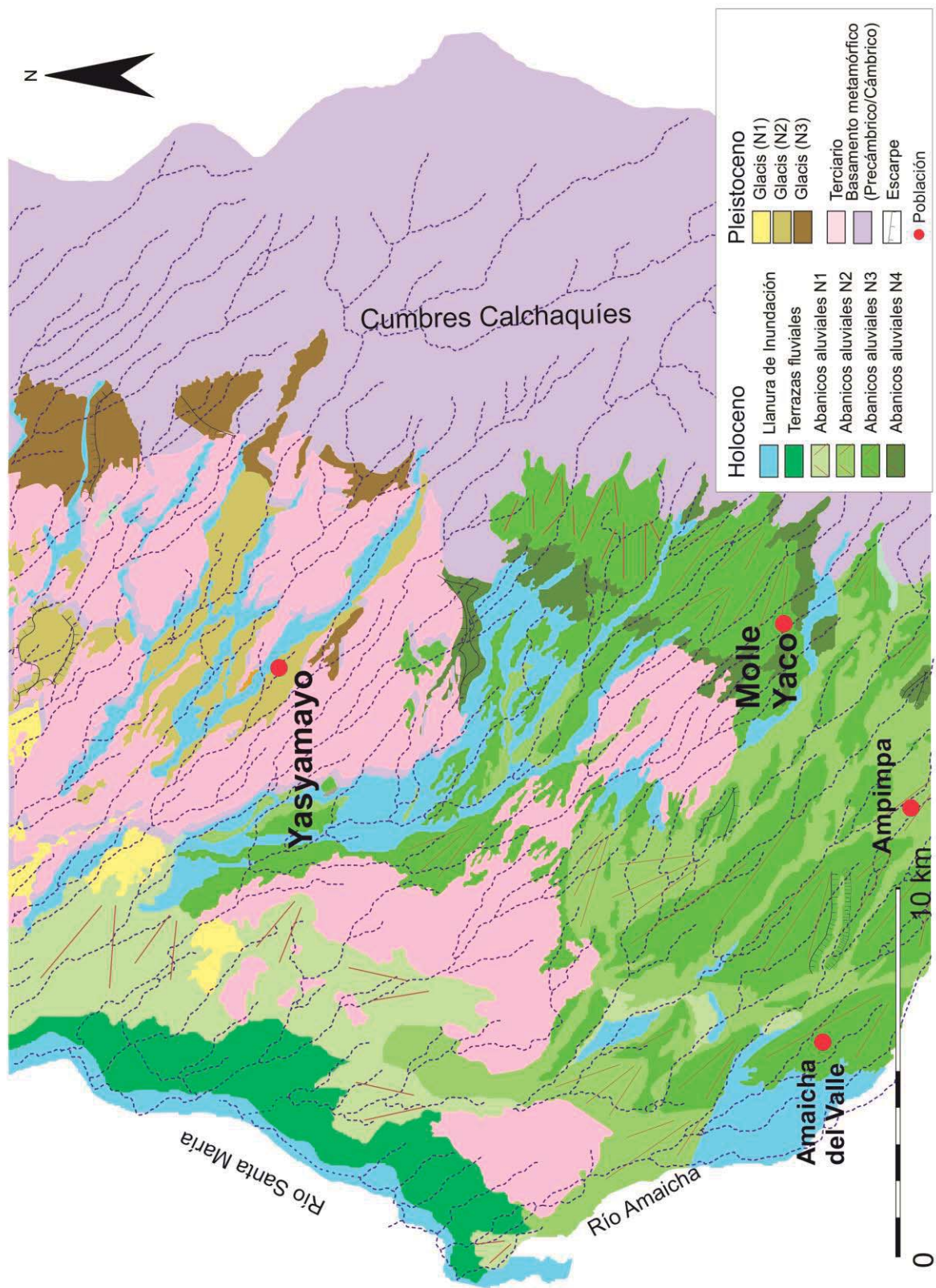


Fig. 2. Mapa geomorfológico de la zona de estudio.
Fig. 2. Geomorphological map of the study area.

Los suelos dominantes son Entisoles con escaso o nulo desarrollo de horizontes pedogenéticos cuyas propiedades derivan del material parental. Se trata de suelos comunes en climas extremos. En este caso, dentro del orden, es posible identificar en la zona Torriortentes típicos cuyo régimen de humedad es Tórrico y en donde, en el mejor de los casos, es posible reconocer una secuencia de horizontes A-C. Su profundidad es variable y están compuestos de materiales texturalmente diversos con acumulación de material grueso (Sayago et al., 1998b).

ARQUEOLOGÍA

El valle de Santa María presenta numerosas manifestaciones culturales desde el período prehispánico. La secuencia que se presenta a continuación fue reconstruida a partir de numerosas evidencias y pretende dar un panorama general de los períodos implicados y sus características generales.

Los asentamientos más tempranos descubiertos hasta la actualidad pertenecen a poblaciones cazadoras-recolectoras (ca. 7000-2500 AP). Los asentamientos de esta época son visibles en la cuenca del Río Amaicha y adyacencias, al sur del área de estudio (Cigliano, 1961, 1968; Hocsman et al., 2003; Somonte, 2007). Los materiales arqueológicos más representativos aparecen en sitios a cielo abierto, sin estratificación y son muy difíciles de localizar cronológicamente. Sin embargo, las excavaciones llevadas a cabo en la Quebrada de los Corrales, parte de la cuenca del río Amaicha permitieron identificar materiales arqueológicos consistentes con ocupaciones cazadoras recolectoras tempranas datadas en 7420 ± 25 AP (Martínez et al., 2013).

Los asentamientos del Período Formativo (ca. 2500-1000 AP) son posteriores. Durante esta época surgen las aldeas sedentarias, se difunden las prácticas agropastoriles y la manufactura de recipientes de cerámica. Este período es seguido por el de Desarrollos Regionales (ca. 1000-600 AP), caracterizado por un gran crecimiento poblacional, la construcción de aldeas con estructuras defensivas y la introducción de mejoras en los sistemas productivos. Finalmente, el Período Inca (ca. 600-500 AP) durante el cual el Imperio Inca se expandió llegando al Noroeste Argentino generando cambios en el sistema de poder y el uso del espacio.

En la zona sur del piedemonte de Cumbres Calchaquies, nuestra área de estudio, se identificaron asentamientos del Período Formativo visibles en superficie aunque de manera fragmentaria y subyacentes a construcciones más tardías (Sosa, 1996-97, 1999; Aschero y Ribotta, 2007; Somonte, 2007). El patrón de asentamiento típico es en unidades circulares construidas a

piedra seca sin cimientos. Las habitaciones están dispersas entre campos agrarios aterrazados. Los fechados radiocarbónicos obtenidos hasta la fecha son 1180 ± 40 AP (885-975 cal AD; UGA 8360), 1130 ± 40 AP (897-1014 cal AD; UGA 8360) y 900 ± 70 (1052-1266 cal AD; UGA 8359) (Aschero y Ribotta, 2007). Sosa (1996-97) concluyó, mediante interpretación visual de fotografías aéreas a escala 1:50.000, que existen seis *loci* de Período Formativo localizados a lo largo del Río Amaicha. Considerando que este trabajo no tiene control de campo, sus resultados son altamente especulativos y deben ser tomados con precaución. El único asentamiento semiurbano de la zona fue estudiado por Rivolta (2005) y Rivolta y Salazar (2007) y pertenece al Período de Desarrollos Regionales. Existe una distribución diferencial de asentamientos por períodos. Los abanicos aluviales, formados por pequeñas cuencas, fueron ocupados sólo durante el Formativo, mientras que hacia el norte y sur de estas geoformas, donde las cuencas son de mayor tamaño, los asentamientos de ambos períodos se hallan superpuestos. Este fenómeno fue atribuido a cambios en la disponibilidad de agua a través del tiempo (Sampietro Vattuone y Neder, 2011).

En relación con los cultivos identificados en el área, Arreguez et al. (2010) recuperaron muestras arqueobotánicas de *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*, *Zea mays* var. *oryzaea* y *Z. mays* var. *indurata*, también encontraron *Amarantaceae*, en proceso de identificación en este momento (Olszewski, comunicación personal, 2013). Estas muestras, con condiciones excepcionales de conservación, fueron recogidas en la Quebrada de los Corrales, una cueva localizada en el sector norte de la Sierra de Aconquija, unos kilómetros al sur del área de estudio. Los datos radiocarbónicos obtenidos abarcan entre 2100 ± 200 AP (360 cal AC – 122 cal AD; UGA 01616) y 590 ± 30 AP (1392 – 1426 cal AD; UGA 06599), comprendiendo los períodos Formativo y de Desarrollos Regionales (Olszewski et al., 2008).

En el sitio arqueológico El Pichao, localizado en el piedemonte de la Sierra de Quilmes, unos pocos kilómetros al oeste de nuestra área de estudio, dentro del mismo valle de Santa María, se identificaron restos arqueobotánicos de *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita* sp., *Amarantaceae* y/o *Chenopodiaceae* (*Chenopodium* sp. y/o *Amaranthus* sp.) (Cano, 2011).

TERRAZAS AGRÍCOLAS, SUELOS Y FERTILIDAD

Es indudable que las terrazas construidas por el hombre modifican el suelo (Zougmore et al., 2002; Vancampenhout et al., 2006; Nyssen et al., 2007; entre otros). Sin embargo, existen pocos estudios pedológicos de las terrazas agrarias prehispánicas del Noroeste Argentino (Roldán, 2004; Ogas et al., 2006; Roldán et al., 2008; Williams et al., 2008; Roldán et al. 2009, Caria et al.,

2010; Korstanje y Cuenya, 2008; Sampietro Vattuone et al., 2011; Sampietro Vattuone et al., 2014; Roldán, 2014; Roldán et al., 2016).

Sandor (2006) propuso cuatro tipos fundamentales de intervenciones sobre el terreno orientadas a la producción agrícola: a) terrazas de banco, típicas de zonas muy inclinadas; b) terrazas inundadas del sudeste asiático; c) terrazas de escorrentía de zonas semiáridas y áridas; y d) campos en franjas del noroeste europeo. La función de las terrazas es crear una topografía estable para la agricultura, retener el suelo y controlar la erosión, acumular suelo por relleno natural o manual, controlar el agua (desde escorrentía hasta irrigación) y modificar el microclima (Sandor, 2006). La construcción de terrazas agrícolas involucra una segmentación del perfil topográfico natural mediante la creación artificial de escalones compuestos por barreras de contención y campos desarrollados detrás de éstos. Los elementos constructivos básicos son la base de la terraza, la pared y el cuerpo de suelo (van Breemen et al., 1970, en Sandor, 2006). El proceso de construcción del cuerpo de suelo puede darse por sedimentación aluvial/coluvial natural y relleno manual. Estas dos categorías permiten, de acuerdo con Denevan (1980), distinguir entre terrazas agrícolas para el primer caso y andenes para el segundo.

La construcción de terrazas agrícolas puede tener impacto positivo o negativo sobre el ambiente y el paisaje a diversas escalas. Tomando en cuenta sólo las terrazas de escorrentía, que son las típicas de nuestra área de estudio, se observa entre las modificaciones de los procesos geomorfológicos la depositación episódica de sedimentos fluviales y coluviales y una disminución de las pendientes; a escala de suelos esta práctica produce pequeños endicamientos con lo cual modifica el escurrimiento superficial y subsuperficial favoreciendo en algunos casos los procesos iluviales por infiltración y en otros erosión por *piping* y acarreamiento. En cuanto a los potenciales cambios fisicoquímicos de los suelos pueden aparecer horizontes enterrados, siendo posible verificar incremento o reducción del carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, y pH; desde el punto de vista biológico hay un incremento en la cantidad de desechos orgánicos en caso de no eliminarse los rastrojos y aumento de actividad microbiana por incremento de la humedad (Sandor, 2006).

La comparación de los resultados fisicoquímicos observados en perfiles de suelos que evolucionaron dentro de un sistema agrario con otros perfiles naturales de las mismas unidades de paisaje permite evaluar la fertilidad del suelo. Además es posible explorar cambios directos e indirectos producidos dentro del cuerpo de suelo de la terraza dando una idea de su capacidad productiva para cultivos específicos; el establecimiento de estos parámetros permite conocer en qué medida el suelo es capaz de proveer los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas y evaluar potenciales concentraciones tóxicas de algún elemento (Foth, 1990).

LOS CULTIVOS ANDINOS Y SUS REQUERIMIENTOS AGRONÓMICOS

Entre la variedad de cultígenos encontrados por diversas metodologías en contextos arqueológicos próximos a nuestra área de estudio en ambientes similares sobresale la recurrencia y valor nutricional de la papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*), poroto (*Phaseolus vulgaris*), amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quínoa (*Chenopodium quinoa*) (Fig. 3a-e).

Cada una de estas especies posee requerimientos agronómicos específicos. En términos generales, la papa (*Solanum tuberosum*) prefiere suelos bien drenados, friables, con 25 a 30 cm de profundidad, el pH debe ser entre 5 y 5,4. Los suelos pesados con limos y arcillas son menos adecuados para este cultivo (Tapia y Fries, 2007). El maíz (*Zea mays*) prefiere suelos fértiles con por lo menos 2,5 % de materia orgánica, no se desarrolla en suelos ácidos o muy inclinados, además necesita suelos bien drenados. De acuerdo a las investigaciones realizadas es uno de los pocos cultivos andinos que siempre es fertilizado (Tapia y Fries, 2007). El poroto (*Phaseolus vulgaris*) prefiere suelos francos con buena aireación y buena infiltración. Tiene buen desarrollo con alrededor de 400 mm de precipitaciones. El amaranto (*Amaranthus caudatus*) prefiere suelos francos con buen drenaje, pH ligeramente ácido hasta 8. Con precipitaciones inferiores a los 800 mm necesita irrigación (Tapia, 2000). La quínoa (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo muy rústico que puede ser producido en suelos pobres, con disminución del rendimiento por hectárea. Prefiere suelos francos, no muy profundos, con alta cantidad de materia orgánica y buen drenaje, el pH debe ser neutro o ligeramente alcalino. Sin embargo, dependiendo de la variedad tolera desde pH 8 a 4,5. Es un cultivo que en general no requiere fertilización. Según la variedad es capaz de tolerar desde 200 a 2000 mm de precipitaciones y heladas suaves (Tapia, 2000).

De acuerdo a investigaciones etnográficas realizadas en los Andes peruanos y bolivianos la agricultura de cultivos asociados es común y persigue diversos objetivos conduciendo en general a un aumento de la capacidad productiva y la diversificación del riesgo de producción. El maíz es un cultivo complementario del poroto debido a que las bacterias que crecen en los nódulos de las raíces del poroto nitrifican el suelo, favoreciendo la biodisponibilidad del nitrógeno, mientras que el rastrojo del maíz restituye el fósforo consumido por el poroto. La asociación entre maíz y quínoa facilita el control de plagas. Es usual encontrar diversos tipos de papas plantadas junto a maíz y tarwi (*Lupinus mutabilis*) o quínoa. Además la práctica de rotar los cultivos con diversos intervalos de barbecho para la parcela es común (Tapia y Fries, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han utilizado fotografías aéreas (Spartan Air Service (1969) a escala 1:50.000) e imágenes de Google-Earth de 2003-2013 para la elaboración de cartografía temática, especialmente geomorfológica y arqueológica. Debido a la presencia de terrazas agrícolas, se seleccionaron dos unidades geomorfológicas para muestreo. Un abanico aluvial (sitio Molle Yaco, MY) y un glacis (sitio Yasyamayo, Y). Se realizaron dos transectas longitudinales a la pendiente sobre los sitios arqueológicos de cada una de las unidades geomorfológicas para identificar fragmentos cerámicos cronológicamente diagnósticos y establecer los puntos de muestreo más representativos teniendo en cuenta el estado de conservación de las terrazas agrícolas.

Para muestrear los sectores agrícolas se tuvo en cuenta que para comparar la evolución de los perfiles con y sin realización de prácticas agrícolas es necesario que éstos compartan la misma historia ambiental, por lo que se seleccionaron ubicaciones pertenecientes a la misma unidad geomorfológica y con altitud similar. Más aún, para obtener muestras altamente representativas del impacto antrópico producido sobre las tierras de labranza se excavó inmediatamente aguas arriba de los muros de contención de cada terraza.

En total se excavaron manualmente 15 calicatas, siete en Yasyamayo (tres perfiles de control fuera del sitio arqueológico, uno en una unidad circular relacionada a una terraza y tres contra las paredes de las terrazas); las otras ocho calicatas fueron excavadas en Molle Yaco (tres controles fuera del sitio y cinco contra los muros de las terrazas).

Los perfiles fueron descritos siguiendo las normas de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999). En el caso en que era imposible reconocer horizontes edáficos se muestreó el sector central de cada capa identificada, si era imposible reconocer una capa los muestreos se realizaron cada 10 cm. En total se recolectaron 63 muestras de sedimento.

Entre los parámetros analizados se tomó en consideración textura, estructura, y compuestos tales como materia orgánica (%MO) (Walkley y Black, 1934), calcio disponible (Ca), fósforo orgánico (P_o) y disponible (P_d) (Fiske y Subbarow, 1925), entre los micronutrientes hierro (Fe_d), cobre (Cu_d) y manganeso (Mn_d) disponibles (Dewis y Freitas, 1984), y pH para tener una idea de la biodisponibilidad del sistema en conjunto. Estas técnicas fueron modificadas para el análisis de muestras arqueológicas (Roldán et al., 2005).

La variabilidad y similitud de las muestras entre los perfiles fue establecida mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando Xlstat 2009 para Excel. Esta técnica estadística permite el establecimiento de componentes que son variables compuestas calculadas a

partir de las originales. Es muy útil para explicar la variabilidad en vez de la correlación entre las variables. Los resultados son representados en un gráfico bidimensional donde la dispersión de los puntos, que representan en este caso los perfiles de suelos, está en función de estos dos componentes principales (o factores), que son aquellos que agrupan la mayor parte de las muestras. Cuanto más próximos están los puntos entre si más similares son los perfiles entre ellos.

Para introducir los datos en el sistema se calcularon los valores promedio de cada variable en cada perfil. De este modo, cada componente está compuesto por las variables calculadas con los valores medios de cada perfil. En esta oportunidad se utilizaron gráficos de dos ejes que representan la distribución de los perfiles junto con las variables analizadas para indicar cuáles son las más significativas del sistema agrícola.

RESULTADOS

Descripción de los sitios arqueológicos

El sitio arqueológico Molle Yaco está localizado en uno de los abanicos aluviales formados durante el Holoceno inferior y medio (Sampietro Vattuone y Neder, 2011), donde los asentamientos arqueológicos pertenecen al Período Formativo (Sampietro Vattuone et al., 2012).

Mediante el uso de un Modelos Digital de Altura (DEM) se determinó que la pendiente dominante es inclinada (7-13 %) y moderadamente abrupta (13-20 %), con exposición oeste (Fig. 2). La fotointerpretación y prospección de campo permitió establecer que el área fue intensamente manipulada con propósitos agrícolas. También se identificaron unidades residenciales dispersas y otro tipo de estructuras aisladas cuyo análisis excede el objetivo de este trabajo. Hasta este momento se identificaron tres tipos de construcciones asociadas a agricultura: *terrazas*, *líneas de piedras* y *despedres*. Las primeras son paredes de bloques simples construidas con técnica de piedra seca, sin estructuras fundacionales adicionales, que llegan a alcanzar los 50 cm de altura sobre el terreno. Los bloques alcanzan hasta 30 cm de eje mayor. El cimiento puede alcanzar hasta 10 cm bajo la superficie antigua inferida. En conjunto, están dispuestas perpendiculares a la pendiente formando aterrazamientos de hasta 7 m de ancho. De acuerdo a las observaciones de campo los cuerpos de suelo de las terrazas se formaron por arrastre y sedimentación de los materiales provenientes de aguas arriba de las paredes. No hay alteraciones estratigráficas o fisicoquímicas que indiquen otro proceso de formación. En la actualidad, las paredes están totalmente colmatadas y no sobresalen del nivel del cuerpo de suelo (Fig. 3a).

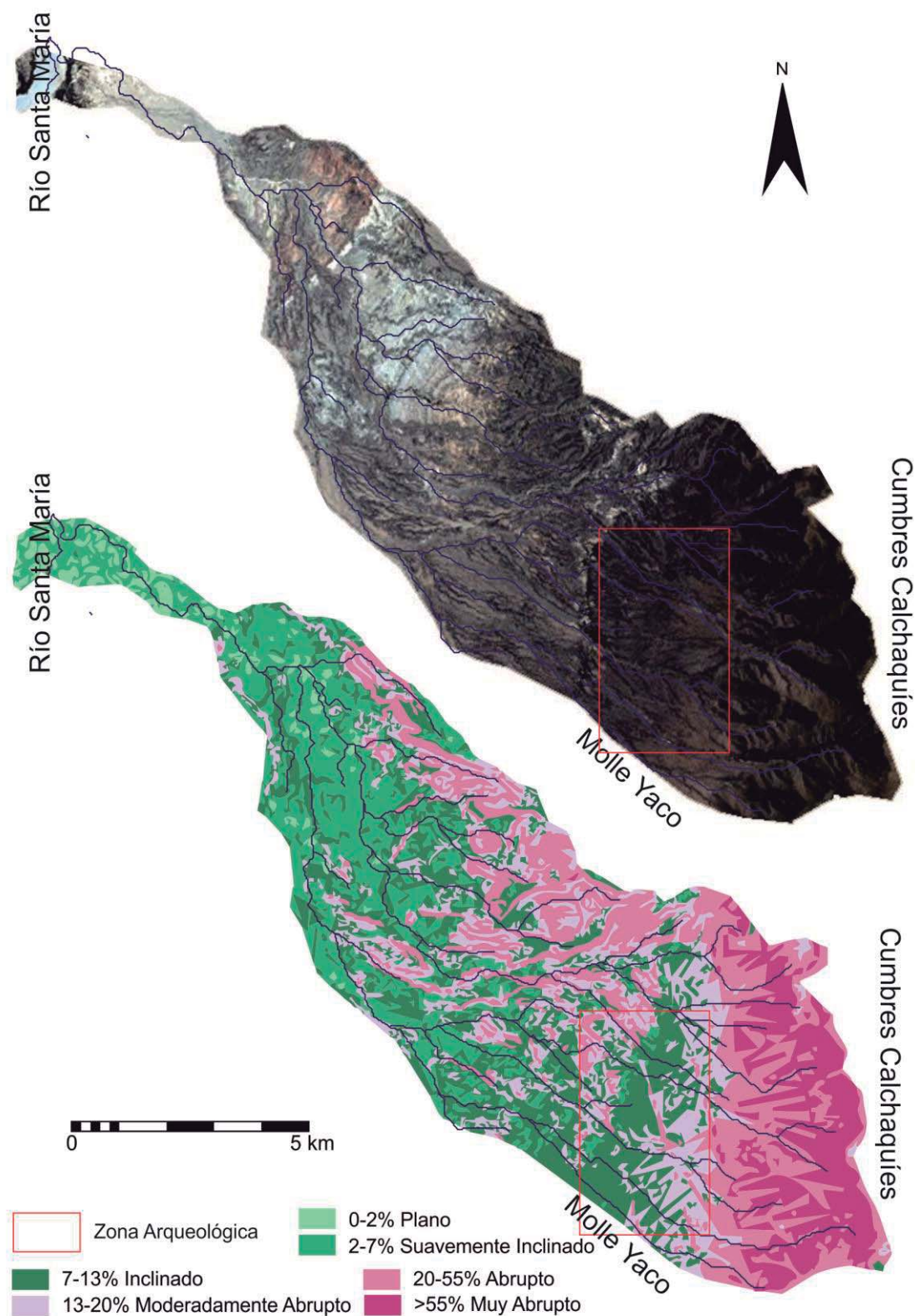


Fig. 3. Cuencas que componen el sitio arqueológico de Molle Yaco y clasificación de pendientes.
Fig. 3. Basins that compose the archaeological site Molle Yaco and its slope classification.

Las *líneas de piedras* son alineamientos de bloques de hasta 50 cm de eje mayor dispuestos perpendiculares a la pendiente pero no son paredes. Suelen estar separadas entre sí entre 1 y 2 m. No generan terrazas propiamente pero suavizan la pendiente (Fig. 3b).

Finalmente, los *despedres* son montículos de cantos rodados sin selección granulométrica, pueden ser elongadas en el mismo sentido de la pendiente o simplemente formar acumulaciones circulares, son el producto de limpieza de las superficies agrícolas (Fig. 3c).

Se excavaron 8 calicatas en esta unidad de paisaje, tres en zonas sin sistematización agrícola y cinco aguas arriba de los muros de contención. Las descripciones y resultados fisicoquímicos se encuentran en la Tabla 1. No se realizaron hallazgos arqueológicos en ningún sondeo.

El sitio arqueológico Yasyamayo se encuentra en uno de los niveles medios de glaciares pleistocenos (Sampietro Vattuone y Neder, 2011). Los asentamientos arqueológicos pertenecen al Período de Desarrollos Regionales, superpuestos en algunos sectores a asentamientos del Formativo (Sampietro Vattuone et al., 2012). El modelo digital de altura mostró que las pendientes dominantes son suavemente inclinada (2-7 %) e inclinada (7-13 %) con sectores moderadamente abruptos en las zonas más altas (13-20 %), con exposición oeste (Fig. 4). La prospección de campo permitió identificar grandes extensiones de terrazas agrícolas con tres tipos de construcciones: *terrazas*, *despedres* y *unidades circulares aisladas*.

Las *terrazas* están construidas con técnica de piedra seca, son muros simples de hasta 60 cm de alto desde su base. Las paredes sobresalen unos 30 cm por encima del nivel del cuerpo de suelo aguas arriba de la pared. Se encuentran asentadas 10 cm bajo la que fue la superficie de cultivo en el pasado, sin cimentaciones de ningún tipo. El cuerpo de suelo se construyó naturalmente por sedimentación aluvial/coluvial, favorecida por la falta de vegetación, pendiente y procesos erosivos. La separación entre muros varía entre 2 y 10 m (Fig. 5a). Los *despedres* tienen las mismas características que los de Molle Yaco. Las unidades circulares aisladas pueden tener hasta 3 m de diámetro, las paredes asoman escasamente sobre la superficie del terreno, aunque se realizó un sondeo (Y-P2) no se profundizó en el estudio de estas estructuras (Fig. 5b).

Se excavaron 7 calicatas, tres fuera del sector agrícola y tres próxima a los muros de contención. Las descripciones y resultados fisicoquímicos están expuestos en la Tabla 2. No se encontraron materiales arqueológicos durante las excavaciones.

Muestra/prof (cm)	%Arena	%Limo	%Arcilla	pH	%MO	Ca ppmx10 ⁶	P _d ppm	P _o ppm	Fe _d ppm	Mn _d ppm	Cu _d ppm
MY P1 Control	61,3 43,7	10,2 21,3	28,5 35,0	8,5 8,7	0,79 0,76	16,5 69,7	175 73	363 560	0,9 23,8	0,05 0,03	0,6 0,4
MY P2 Control	63,8 62,1 62,3 52,4	8,9 8,1 10,5 9,6	27,3 29,8 27,2 38,0	7,9 8,4 8,4 8,3	0,53 0,7 1,09 0,63	1,4 2,8 2,7 3,0	113 101 106 70	512 229 345 482	7,3 9,3 6,4 4,3	0,06 0,06 0,02 0,06	0,6 1 0 0
MY P3 Cont	61,3 60,5 38,2	8,5 10,8 28,3	30,2 28,7 33,5	8,3 8,6 8,6	1,36 1,53 1,04	2,0 8,7 80,0	133 117 114	423 263 658	3,8 2,7 30,8	0,13 0,05 0	0,4 0,7 2,1
MY P4 Terraza	59,4 60,0 59,3 61,2 64,3	13,6 11,6 2,6 9,8 17,6	27,0 28,4 38,1 29,0 18,1	8,4 8,7 8,8 8,8 8,8	0,48 0,42 0,58 0,65 0,53	2,2 3,2 3,6 4,1 9,7	125 121 160 129 107	558 514 533 677 377	7,5 4,5 8,4 7,3 7,3	0 0,1 0,01 0,02 0,06	2,9 0,4 0,8 0,8 0,2
MY P5 Terraza	69,0 63,1 37,3	9,7 16,4 28,1	21,3 20,5 34,6	8,6 8,6 8,7	1,43 1,71 1,34	24,7 29,0 67,6	236 205 141	570 362 556	6,7 6,4 46,7	0,04 0,01 0,01	0 1,7 0,2
MY P6 Terraza	67,7 65,6 51,6	7,8 9,2 7,6	24,5 25,2 40,8	8,6 8,6 8,6	1,34 1,41 1,52	19,4 22,0 24,0	171 156 150	343 407 406	5,6 4,6 7,3	0 0,01 0	10 0,4 0,6
MY P7 Terraza	48,9 50,5 51,0 52,1 66,2 69,5	5,7 8,8 9,8 7,5 8,7 15,2	45,4 40,7 39,2 40,4 25,1 15,3	8,7 8,7 8,8 8,8 8,8 8,8	0,85 0,37 0,51 0,49 0,62 0,35	5,4 7,4 5,6 6,3 9,1 20,4	291 113 131 131 121 78	779 414 504 533 457 423	0,9 2,9 4,8 2,9 4,6 3,6	0,13 0,15 0,08 0,15 0,14 0,14	0 2,6 0,4 0,5 0,6 4,3
MY P8 Terraza	63,9 62,6 52,5	13,3 10,8 9,6	22,8 26,6 37,9	8,5 8,2 8,3	0,35 0,55 0,48	1,5 2,1 2,0	82 68 79	528 204 392	3,8 3,6 3,7	0 0,06 0,02	0,4 0,4 0,6
C4-(40-50)	50,8	9,2	40,0	8,2	0,65	1,7	91	245	8,6	0,01	0,8

Tabla 1. Resultados analíticos obtenidos de las muestras del sitio arqueológico Molle Yaco.
Table 1. Laboratory results from the samples of Molle Yaco archaeological site.



Fig. 4. Sitio arqueológico Molle Yaco: (a) Terrazas agrícolas prehispánicas; (b) líneas de piedras; (c) despedres.

Fig. 4. Molle Yaco Archaeological site: (a) Prehispanic agricultural terraces; (b) stone lines; (c) despedres.

Análisis de componentes principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado a toda la muestra en conjunto mostró que es posible distinguir dos grupos de perfiles de suelo, los que pertenece a Yasyamayo y aquellos pertenecientes a Molle Yaco (Fig. 7a-c). Las diferencias son mayores entre las unidades geomorfológicas que aquellas introducidas por la manipulación humana de las áreas. El gráfico obtenido solo agrupa el 51,17% de las observaciones debido a que la muestra tiene gran dispersión con muy poca correlación entre las variables; este tema se abordará más adelante nuevamente (Fig. 7a).

Muestra/ prof (cm)	%Arena	%Limo	%Arcilla	pH	%MO	Ca ppmx10 ⁶	P ₀ ppm	P ₀ ppm	Fe ₀ ppm	Mn ₀ ppm	Cu ₀ ppm
Control											
C1-(0-10)	61,3	10,2	28,5	8,5	0,79	16,5	175	363	0,9	0,05	0,6
C2-(10-20)	43,7	21,3	35,0	8,7	0,76	69,7	73	560	23,8	0,03	0,4
C1-(0-12)	63,8	8,9	27,3	7,9	0,53	1,4	113	512	7,3	0,06	0,6
C2-(12-24)	62,1	8,1	29,8	8,4	0,7	2,8	101	229	9,3	0,06	1
C3-(24-26)	62,3	10,5	27,2	8,4	1,09	2,7	106	345	6,4	0,02	0
C4-(26-30)	52,4	9,6	38,0	8,3	0,63	3,0	70	482	4,3	0,06	0
C1-(0-5)	61,3	8,5	30,2	8,3	1,36	2,0	133	423	3,8	0,13	0,4
C2-(5-20)	60,5	10,8	28,7	8,6	1,53	8,7	117	263	2,7	0,05	0,7
C3-(20-40)	38,2	28,3	33,5	8,6	1,04	80,0	114	658	30,8	0	2,1
C1-(0-10)	59,4	13,6	27,0	8,4	0,48	2,2	125	558	7,5	0	2,9
C2-(10-20)	60,0	11,6	28,4	8,7	0,42	3,2	121	514	4,5	0,1	0,4
C3-(20-30)	59,3	2,6	38,1	8,8	0,58	3,6	160	533	8,4	0,01	0,8
C4-(30-40)	61,2	9,8	29,0	8,8	0,65	4,1	129	677	7,3	0,02	0,8
C5-(40-50)	64,3	17,6	18,1	8,8	0,53	9,7	107	377	7,3	0,06	0,2
C1-(0-22)	69,0	9,7	21,3	8,6	1,43	24,7	236	570	6,7	0,04	0
C2-(22-35)	63,1	16,4	20,5	8,6	1,71	29,0	205	362	6,4	0,01	1,7
C3-(35-60)	37,3	28,1	34,6	8,7	1,34	67,6	141	556	46,7	0,01	0,2
C1-(0-10)	67,7	7,8	24,5	8,6	1,34	19,4	171	343	5,6	0	10
C2-(10-20)	65,6	9,2	25,2	8,6	1,41	22,0	156	407	4,6	0,01	0,4
C3-(20-35)	51,6	7,6	40,8	8,6	1,52	24,0	150	406	7,3	0	0,6
C1-(0-10)	48,9	5,7	45,4	8,7	0,85	5,4	291	779	0,9	0,13	0
C2-(10-20)	50,5	8,8	40,7	8,7	0,37	7,4	113	414	2,9	0,15	2,6
C3-(20-30)	51,0	9,8	39,2	8,8	0,51	5,6	131	504	4,8	0,08	0,4
C4-(30-40)	52,1	7,5	40,4	8,8	0,49	6,3	131	533	2,9	0,15	0,5
C5-(40-50)	66,2	8,7	25,1	8,8	0,62	9,1	121	457	4,6	0,14	0,6
C6-(50-60)	69,5	15,2	15,3	8,8	0,35	20,4	78	423	3,6	0,14	4,3
C1-(0-10)	63,9	13,3	22,8	8,5	0,35	1,5	82	528	3,8	0	0,4
C2-(10-28)	62,6	10,8	26,6	8,2	0,55	2,1	68	204	3,6	0,06	0,4
C3-(28-40)	52,5	9,6	37,9	8,3	0,48	2,0	79	392	3,7	0,02	0,6
C4-(40-50)	50,8	9,2	40,0	8,2	0,65	1,7	91	245	8,6	0,01	0,8

Tabla 2. Resultados analíticos obtenidos de las muestras del sitio arqueológico Yasyamayo.
Table 2. Laboratory results from the samples of Yasyamayo archaeological site.



Fig. 5. Cuenca del sitio arqueológico Yasyamayo y clasificación de pendientes.

Fig. 5. Basin of Yasyamayo archaeological site and slope classification.



Fig. 6. Sitio arqueológico Yasyamayo: (a) terrazas agrícolas prehispánicas; (b) círculos de piedra.
Fig. 6. Yasyamayo archaeological site: (a) Prehispanic agricultural terraces; (b) stone circles.

Aplicando el ACP sobre las texturas es posible observar que el mismo resultado reúne el 100% de la muestra en la representación gráfica (Fig. 7b). Así como en el caso anterior el Factor 1 es el que agrupa más estrechamente los perfiles sobre el eje vertical, siendo las variables dominantes arena y limo. De acuerdo con esto es posible deducir que Molle Yaco posee texturas más arenosas que aquellas de Yasyamayo que evidencian mayor cantidad de limo. Por el contrario, la aplicación del ACP a las variables químicas no permite detectar tendencias (Fig. 7c).

Tomando cada unidad geomorfológica por separado se estableció que los perfiles naturales son más parecidos entre sí que aquellos antropizados, se presentan más próximos en el gráfico que reúne el 63,94% de la variabilidad (Fig. 7d-f). Estos perfiles tienden a tener más Ca, Fe_d, y limo, mientras que los agrarios, aunque más variables, tienden a ser limo-arcillosos. Con excepción de los perfiles MY-P6 y MY-P7, los perfiles naturales contienen mayor concentración de nutrientes (Fig. 7f).

Los resultados de ACP de Yasyamayo (Fig. 7g-i) muestran que los perfiles naturales son más arenosos (Fig. 7h) y tienen menor concentración de nutrientes que los agrícolas (Fig. 7i), aunque estos perfiles presentan alta variabilidad a juzgar por la dispersión en el gráfico. El ACP considerando solo las texturas permite apreciar la misma tendencia reuniendo el 99,99% de la muestra. En la búsqueda de evidencias en la distribución de nutrientes se observa que los perfiles naturales poseen mayor %MO pero menos concentración de micro nutrientes disponibles. Así como en Molle Yaco, la variabilidad entre los perfiles agrarios es mayor que entre los naturales (Fig. 7g y 7h).

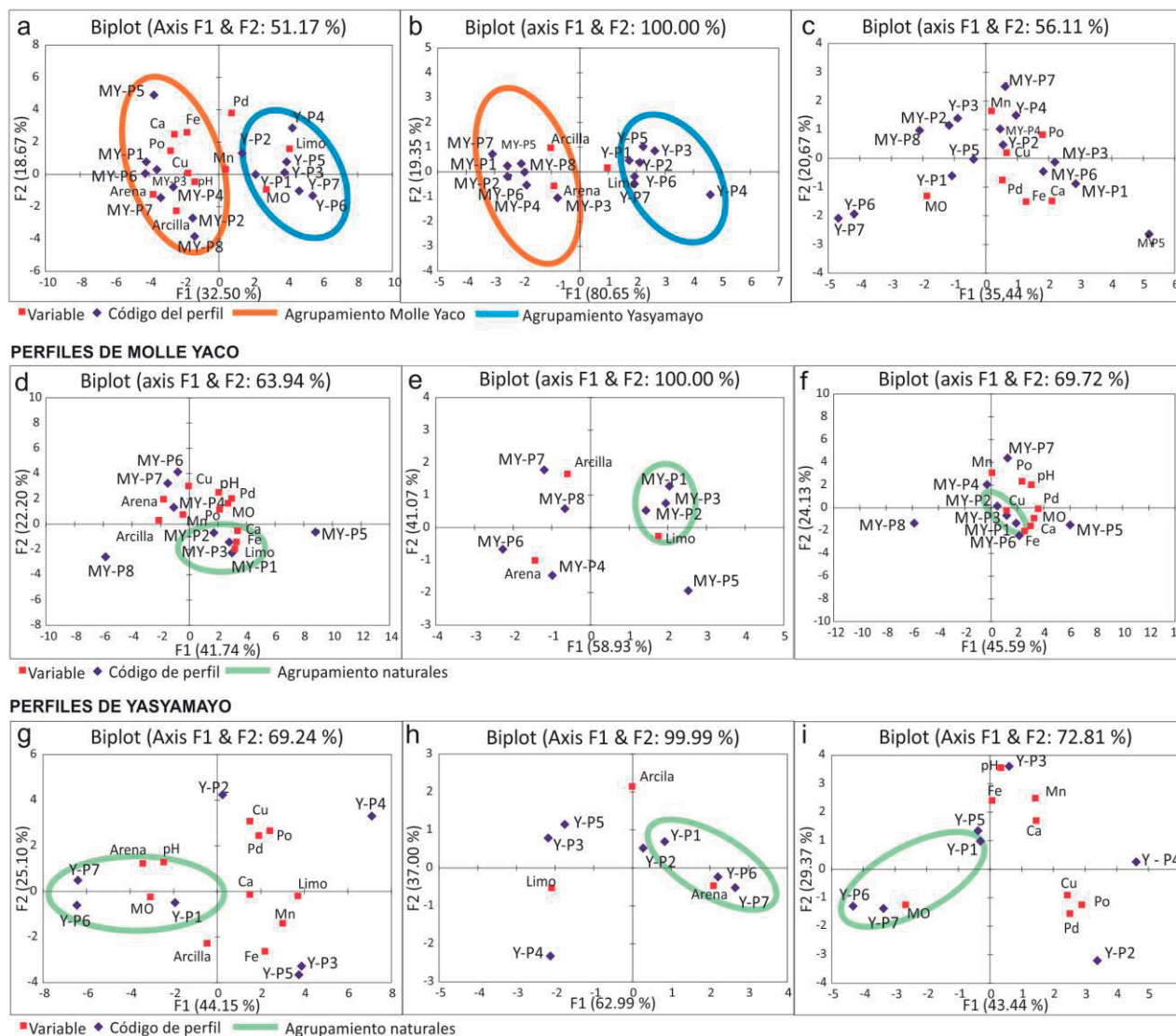


Fig. 7. Biplots obtenidos tras el ACP. Todos los perfiles (a) todas las variables; (b) textura; (c) componentes químicos. Molle Yaco (d) todas las variables; (e) textura; (f) componentes químicos. Yasyamayo (g) todas las variables; (h) textura; (i) componentes químicos.

Fig. 7. Biplots obtained after PCA. All profiles (a) all variables; (b) texture; (c) chemical components. Molle Yaco (d) all variables; (e) texture; (f) chemical components. Yasyamayo (g) all variables; (h) texture; (i) chemical components.

DISCUSIÓN

Las características constructivas de las paredes de las terrazas son similares en ambos sectores. Aunque en el primer caso las terrazas están colmatadas y el cuerpo de suelo de la terraza alcanza toda la pared aguas arriba, mientras que en Yasyamayo las paredes son por lo menos 30 cm más altas que el cuerpo del suelo. En algunos casos las superficies agrícolas se infirieron por la presencia de la única capa con edafización mínima que normalmente está enterrada y localizada aguas arriba próxima a la base de la pared.

El aumento de la tasa de sedimentación puede deberse a tres factores. En primer lugar, de acuerdo a los antecedentes, Molle Yaco es un abanico aluvial, geoforma de origen fluvial con alta selección de sedimentos. Considerando la energía del sistema y la capacidad de carga de los ríos en el área, las arenas fueron los primeros sedimentos en depositarse y los limos y arcillas se depositaron aguas abajo hacia el sector medio y bajo del piedemonte. Yasyamayo es producto de un proceso de flujo de detritos, constituido por materiales provenientes de las laderas y de la parte alta de las montañas. Siendo flujos de alta competencia con matriz limosa y bloques de tamaño diverso. Estos resultados también son reflejados por el análisis textural de ACP.

En segundo término, las pendientes dominantes de Molle Yaco son mayores que las de Yasyamayo generando erosión más intensa y por lo tanto agradación más rápida detrás de los muros de contención.

En tercer término, de acuerdo a los antecedentes (Sampietro Vattuone et al., 2012) los asentamientos de Molle Yaco son más tempranos que los de Yasyamayo y fueron abandonados debido a un período de aridización regional producido en los inicios del segundo milenio de la Era Cristiana, como ha sido definido por Peña Monné et al. (2015). A partir de este momento es muy probable que las terrazas fueran abandonadas deteniéndose su mantenimiento.

Un rasgo estructural que se encontró solo en Molle Yaco son las líneas de piedras. No se realizaron excavaciones o muestreos y es evidente la falta de potencia en los depósitos asociados a las mismas. En relación a su funcionalidad existen experimentos llevados a cabo en El Sahel que demuestran la eficiencia de este tipo de estructuras para disminuir el escurrimiento superficial mejorando la infiltración de agua, también reducen el transporte de sedimento fino reteniendo limos y arcillas (Zougmore et al., 2002).

Sullivan (2000), analizando los alineamientos de piedra dispuestos perpendiculares a la pendiente en las tierras altas del Sudoeste Norteamericano, de características similares a los de nuestra área de estudio, determinó que fueron efectivos para impedir el escurrimiento y favorecer la retención de sedimentos ayudando a generar una superficie agrícolas más propicia. Los resultados geoquímicos caóticos impidieron explicar el efecto de la agricultura de secano sobre la fertilidad aunque demostró que los suelos no estaban agotados antes del abandono. Esta variabilidad, inducida por manipulación humana, también está presente en nuestros resultados. La extensión del muestreo probablemente permitirá establecer algunas tendencias.

Caria et al. (2010) presentaron los resultados fisicoquímicos de lo que denominaron andenes agrícolas en la Quebrada de Los Corrales. Aunque de acuerdo a los datos presentados no es posible determinar si el cuerpo de suelo de las estructuras agrícolas fue rellenado

manualmente. Este sector está localizado sólo unos pocos kilómetros al sur de nuestra área de estudio. Desafortunadamente, dada la escasa consistencia en la presentación de los resultados solo podemos apreciar que éstos tienen alta variabilidad al igual que los nuestros. A diferencia del caso que se está analizando, la fundación de los muros fue realizada con una capa de gravas.

En relación con evaluaciones de fertilidad llevadas a cabo en el Noroeste Argentino, Ogas et al. (2006) establecieron en Las Juntas, Los Varela y Los Talas, tres sitios arqueológicos del valle de Ambato (Catamarca), que las terrazas agrícolas favorecieron la presencia de horizontes superficiales más profundos con alto porcentaje de arcillas y biodisponibilidad de bases tales como Ca, Mg y K, probablemente vinculado con el enriquecimiento en arcillas.

Algunos perfiles agrarios presentan horizontes enterrados. Es probable que la construcción de los muros de las terrazas favoreciera en algunos casos la estabilidad del sistema y la retención potencial de agua permitiendo una edafización mínima.

De acuerdo a los ACP, las actividades humanas sobre las tierras de laboreo agrícola introdujeron variabilidad en la manifestación de las variables consideradas. En el caso de Molle Yaco la biodisponibilidad de nutrientes está en general disminuida en los sectores agrícolas mientras que en Yasyamayo la situación es inversa.

En relación a las plantas cultivadas y sus necesidades agronómicas no hay duda de que los suelos de la zona son especialmente pobres. Aunque los análisis fisicoquímicos obtenidos por Korstanje y Cuenya (2008) y Williams et al. (2008) no son comparables de manera directa, ellos muestran, junto a los resultados obtenidos por Arreguez et al. (2010) y Cano (2011) cuales son los cultivos preferidos en el área. En el valle Calchaquí medio, Williams demostró que frente a condiciones ambientales similares a las de nuestra región, en tierras de labranza de secano (inferidas como tales a partir de la falta de diatomeas y *Chrisophyceae*) se registra un notorio descenso en la cantidad de materia orgánica en el sustrato. Dada la abundancia de granos de almidón en las muestras es probable que la especie más cultivada fuera la papa. La producción fue realizada con el agregado de estiércol de camélidos. La sistematización del espacio agrario comenzó hacia el 1240 ± 40 AP (773-887 cal AD; Beta 232251) (Williams et al., 2008). La presencia de granos de almidón no identificados se debe probablemente a la práctica de cultivos asociados o rotación, práctica que compensó algunas deficiencias ambientales (Williams et al., 2008).

CONCLUSIONES

Los sitios arqueológicos analizados se encuentran en la vertiente occidental de Cumbres Calchaqués un sector con un altísimo déficit hídrico, condicionado en buena medida por la sombra de lluvias que genera la propia sierra. El sitio arqueológico Yasyamayo se encuentra ubicado sobre un glacis de nivel 2 de edad pleistocena, compuesto por materiales de flujo de detritos que descendieron desde la sierra a través de una extensa cuenca que se interna profundamente en las Cumbres Calchaqués. El sitio arqueológico Molle Yaco posee mayor extensión y se encuentra asentado sobre abanicos aluviales formados por pequeñas cuencas de exposición Oeste. Estos abanicos pertenecen al nivel 3 identificado en la zona y se formaron durante el Holoceno medio, dada la presencia de una capa de cenizas volcánicas cuya situación estratigráfica permite asimilarla a la datada en ca. 4200 AP presente en la región. Esta capa de tefras aparece en ciertos sectores donde las incisiones de los arroyos que bajan de la sierra la dejan expuesta.

Ambos sitios presentan terrazas agrícolas, sin embargo las características constructivas son levemente diferentes. Hasta ahora no ha sido posible encontrar líneas de piedras en Yasyamayo y solo las terrazas de Molle Yaco se presentan totalmente colmatadas.

En Molle Yaco prevalecieron las condiciones erosivas, como puede verse en la textura de los perfiles agrarios y la agradación de las terrazas producida por el transporte de distintos tipos de sedimentos desde pendiente arriba. La composición de los abanicos aluviales y sus pendientes los hacen susceptibles a la erosión.

Las intervenciones humanas sobre las tierras de laboreo introdujeron alta variabilidad en los valores de los diversos nutrientes considerados en ambos casos. Sin embargo, Molle Yaco muestra un descenso en la concentración de nutrientes de las terrazas respecto de los valores no antropizados. Por el contrario, los perfiles de control de Yasyamayo mostraron mayor porcentaje de materia orgánica mientras que en los perfiles agrícolas este componente disminuyó aumentando la biodisponibilidad de micronutrientes, probablemente debido a condiciones ambientales creadas por los muros de contención de las terrazas. La presencia de materiales texturalmente más finos hace posible esta biodisponibilidad frente a la degradación de la materia orgánica.

Retomando el concepto de fertilidad expuesto anteriormente, se puede observar que si bien los valores absolutos de ciertos nutrientes son bajos, los suelos no están agotados. Las diferencias más profundas entre un sitio y el otro están dadas por la textura y vinculadas a la génesis de las unidades geomorfológicas. Las texturas más finas de Yasyamayo favorecen la retención de

micronutrientes y la biodisponibilidad aún en el caso de que el uso agrario disminuya la cantidad porcentual de materia orgánica.

La construcción de terrazas agrícolas puede tener efectos positivos o negativos sobre la tierra de cultivo dependiendo del ambiente y las actividades agronómicas. En este caso se presentan dos situaciones opuestas. La comparación entre los perfiles de Molle Yaco mostró que las prácticas agrícolas empobrecieron las tierras de labranza, mientras que en Yasyamayo se dio la situación inversa.

Considerando los requerimientos agronómicos de los cultivos identificados en la región en sitios contemporáneos y las características ambientales de nuestra área de estudio se puede inferir que la única especie que pudo tener un desarrollo razonable sin irrigación con las características pedológicas expuestas es la quínoa (*Chenopodium quinoa*). Sin embargo, el cultivo asociado de especies y el riego pudieron compensar las deficiencias impuestas por el ambiente mejorando las posibilidades productivas.

La disponibilidad de agua del suelo es el factor más limitante en nuestra área de estudio. De acuerdo a las reconstrucciones paleoambientales existentes hasta la fecha, esta fue particularmente escasa durante la transición entre el primer y segundo milenio, siendo el piedemonte de Cumbres Calchaquies el más afectado regionalmente. Es probable que el desarrollo del regadío contribuyera a mitigar este déficit.

Agradecimientos

A la Comunidad India de Amaicha del Valle, especialmente al delegado Omar Avalo que nos acompañó y ayudó durante las tareas de campo. Al Arq. Luis Moya por su apoyo logístico. Parte de la investigación se realizó entre las actividades de una Ayuda para Profesores Visitantes de CONICET del año 2015 y fue financiada por PIP 0030 CONICET, PICT 0490 ANPCyT (Argentina), PIUNT 26 G550.

BIBLIOGRAFIA

Arreguez, G.A., Gramajo Bühler, C.M., Oliszewski, N., 2010. Utilización de recursos vegetales alimenticios en sitios arqueológicos de altura. El caso de Cueva de los Corrales 1 (El Infiernillo, Tafí del Valle, Tucumán, Argentina). *La arqueometría en Argentina y Latinoamérica*, pp. 211-218.

- Aschero, C., Ribotta, E., 2007. Usos del espacio, tiempo y funebria en El Remate (Los Zazos, Amaicha del Valle, Tucumán), en: Arenas, P., Manasse, B., Noli, E. (Ed.), *Paisajes y Procesos Sociales en Tafi del Valle*. Tucumán. Argentina. Ediciones Magna, pp. 79-94.
- Cano, S.F. 2011. *Utilización de recursos vegetales y subsistencia en el valle de Santa María durante el período de Desarrollos Regionales: un caso de estudio en el sitio El Pichao (STucTav 5)*. Tesis de grado inédita. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Caria, M.A., Oliszewski, N., Gómez Augier, J.P., Pantorrilla, M., Gramajo Bühler, M., 2010. Formas y espacios de las estructuras agrícolas prehispánicas en la Quebrada del Río de los Corrales. *Arqueología de la Agricultura: casos de estudio en la región andina argentina*, en: Korstanje, M. A., Quesada, M. (Ed.), *Arqueología de la Agricultura: casos de estudio en la región andina argentina*, Ediciones Magna, pp. 98-119.
- Cigliano, E., 1961. Noticia sobre una nueva industria precerámica en el valle de Santa María (Catamarca): el Ampajanguense. *Anales de Arqueología y Etnología* 16, 169-179.
- Cigliano, E., 1968. Panorama general de las industrias precerámicas en el Noroeste Argentino. *XXXVII Congreso Internacional de Americanistas* 3, 339-344.
- Denevan, W. M., 1980. Tipología de configuraciones agrícolas prehispánicas. *América Indígena* 40. Instituto indigenista interamericano, México.
- Dewis, J., Freitas, F., 1984. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. *Boletín de suelos de la FAO* 10. USA.
- Fiske, G.H., Subbarow, Y., 1925. The colorimetric determination of phosphorous. *Journal of Biological Chemistry* 66, 375-400.
- Foth, H.D., 1990. *Fundamentals of soil science*. 8th edition. John Wiley & Sons.
- González, O., Tchilinguirian, P., Mon, R., Barber, E., 2000. *Hoja Geológica 2766-II, San Miguel de Tucumán*. Boletín 245. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, 1:250.000. Argentina.
- Hocsman, S., Somonte, C., Babot, P., Martel A., Toselli, A., 2003. Análisis de materiales líticos de un sitio a cielo abierto del área valliserrana del NOA: Campo Blanco (Tucumán). *Cuadernos* 20, 325-350.
- Korstanje, M.A., Cuenya, P., 2008. Arqueología de la agricultura: suelos y microfósiles en campos de cultivo del valle del Bolsón, Catamarca, Argentina, en: Korstanje, M. A., Babot, M. P. (Ed.), *Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de Otros Microfósiles*. BAR International Series S1870. USA, pp. 133-148.
- Martínez, J.G., Mauri, E.P., Mercuri, C., Caria, M.A., Oliszewski, N., 2013. Mid-Holocene human occupations in Tucumán (Northwest Argentina), *Quaternary International* 307, 86-95.
- yssen, J., Poesen, J., Gebremichael, D., Vancampenhout, K., D'aes, M., Yihdego, G., Govers, G., Leirs, H., Moeyersons, J., Naudts, J., Haregeweyn, N., Haile, M., Deckers, J., 2007. Interdisciplinary on-site evaluation of stone bunds to control soil erosion on cropland in Northern Ethiopia. *Soil & Tillage Research* 94, 151-163.
- Ogas, R., Pernasetti, O., Agüero, J., González, M. E., Watkins, P., Gómez Bello, C., Salas, M., Kriskausky, N., 2006. Evaluación de la fertilidad de los suelos de las terrazas arqueológicas de la cuenca alta del sistema Pirquitas. *Revista del CIZAS* 7, 37-46.
- Oliszewski, N., Martínez, J.G., Caria, M.A., 2000. Ocupaciones prehispánicas en una quebrada de altura: el caso de Cueva de Los Corrales 1 (El Infiernillo, Tafi del Valle, Tucumán). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 33, 209-221.
- Peña-Monné, J.L., Sancho-Marcén, C., Sampietro-Vattuone, M.M., Rivelli, F., Rhodes, E.J., Osacar-Soriano, M.C., Rubio-Fernández, V., García-Giménez, R., 2015. Environmental change over the last millennium recorded in the Cafayate Dune field (NW Argentina). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 438, 352-363.
- 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*. Laboratorio de Geoarqueología, UNT, Tucumán, pp. 23-63.
- Peña Monné, J.L., Sampietro Vattuone, M.M., Maldonado, M.G., Cano, S., Aguirre, M.G., 2016. Contexto geomorfológico y problemas de conservación en el sitio arqueológico El Pichao (Valle de Santa María, Noroeste Argentino), en: Sampietro Vattuone, M.M., Peña Monné, J.L. (Eds.), *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes*. Laboratorio de Geoarqueología, UNT, Tucumán, pp. 165-184.
- 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*. Laboratorio de Geoarqueología, UNT, Tucumán, pp. 213-242.
- Pietragalla, V., Corso, M.L., 1998. *Proyecto de evaluación de la degradación de tierras de zonas áridas (LADA). Informe de avance a escala local*. Secretaría de Medio Ambiente de la Nación. Argentina.
- Rivolta, G., 2005. Nuevos avances en las prospecciones arqueológicas en la Quebrada de Los Cardones. *Cuadernos* 29, 81-94.
- Rivolta, G., Salazar, J., 2007. Los espacios domésticos y públicos del sitio Los Cardones (valle de Yocavil, provincia de Tucumán). En *Procesos sociales prehispánicos en el sur andino*, en: Nielsen, A. E., Rivolta, C., Seldes, V., Vázquez, M., Mercolli, P. (Eds.) *La vivienda, la comunidad y el territorio*. Editorial Brujas, Córdoba, pp. 123-142.
- Roldán J. 2004. Impacto agrícola generado por los asentamientos prehispánicos Tafí (Valle de Tafí, Tucumán Argentina). Tesis de grado inédita. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Roldán, J. 2014. Biogeoquímica de suelos agrícolas prehispánicos en los valles Calchaquíes (Tucumán-Argentina). Tesis Doctoral. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Repositorio Institucional y Centro de Documentación Digital de la Universidad Nacional de Tucumán (RIUNT). <http://www.repositorio.unt.edu.ar/handle/11327/131>
- 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. Argentina*, pp. 60-69.
- Roldán, J., Sampietro Vattuone, M.M., Neder, L., Vattuone, M.A., 2008. Efectos Antrópicos de uso de suelos durante el Formativo en el valle de Tafí (Tucumán – Argentina). *Chungará* 40, 161-172.
- Roldán, J., Sampietro Vattuone, M.M., Neder, L., Vattuone, M.A. y Maldonado, M.G., 2009. Caracterización cultural y funcional de estructuras arqueológicas (El Potrillo, Tucumán, Argentina). *Comechingonia* 12, 15-30.
- Roldán, J., Maldonado, M.G., Urquiza, S., Vattuone, M.A., Sampietro Vattuone, M.M., 2016. Suelos antrópicos vs. Naturales: La Costa 2 (Valle de Tafí-Tucumán). *Arqueología* 22. En prensa.
- Sampietro Vattuone, M.M., Neder, L., 2011. Quaternary landscape evolution and human occupation in northwest Argentina. *Special Publication 352*. Geological Society of London, pp. 37-47.
- 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, 36-44.
- Sampietro Vattuone, M.M., Perea, C., Maldonado, M.G., Roldán, J., Neder, L., 2012. Asentamientos formativos de la vertiente occidental de Cumbres Calchaquíes y su vinculación con las construcciones paleoambientales existentes (Tucumán – Argentina). *VI Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Argentina*, pp. 93-102.
- Sampietro Vattuone, M.M., Roldán, J., Maldonado, M.G., Lefebvre, M.G., Vattuone, M.A., 2014. Agricultural suitability and fertility in occidental piedmont of Calchaquíes Summits (Tucumán, Argentina). *Journal of Archaeological Science* 52, 363–375.
- Sampietro-Vattuone, M.M., Peña-Monné, J.L. en prensa. Holocene paleoenvironmental evolution in the Tafí Valley (NW Argentina): Climate change and human intervention. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Sandor, J., 2006. Ancient agricultural terraces and soil, en: Warkentin, B.P. (Ed.), *Footprints in the Soil: People and Ideas in Soil History*. USA, pp.: 505-534.
- Sayago, J.M., Collantes, M.M., Toledo, M.A., 1998a. Geomorfología, en: Gianfrancisco, M., Puchulu, M.E., Durango, J., Aceñolaza, F. (Ed.), *Geología de Tucumán*. Tucumán, pp. 241-258.
- Sayago, J.M., Neder, L., Puchulu, M.E., 1998b. Suelos, en: Gianfrancisco, M., Puchulu, M.E., Durango, J., Aceñolaza, F. (Ed.), *Geología de Tucumán*. Tucumán, pp. 275-286.
- Somonte, C., 2007. Espacios persistentes y producción lítica en Amaicha del Valle, Tucumán, en: Arenas, P., Manasse, B., Noli, E. (Ed.), *Paisajes y Procesos Sociales en Tafí del Valle*. Ediciones Magna. Argentina, pp. 79-94.
- Sosa, J., 1996-97. Teledetección arqueológica en Amaicha del Valle (Tucumán): la ocupación Formativa. *Cuadernos* 17, 275-292.
- Sosa, J., 1999. Teleprospección arqueológica en Amaicha del Valle (Dpto. Tafí del Valle, Tucumán). *XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina* 3, 358 – 360.
- Strecker, M. R. 1987. *Late Cenozoic landscape in Santa María valley, Northwestern Argentina*. Tesis doctoral. Inédita. Cornell University. USA.

- Sullivan, A. P., 2000. Effects of small-scale prehistoric runoff agriculture on soil fertility: The developing picture from upland terraces in the American Southwest. *Geoarchaeology* 15 (4), 291-313.
- Tapia, M. E., Fries, A. M., 2007. *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO.
- Tapia, M. E., 2000. *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. 2da Edición. FAO.
- Toselli, A., Rossi, J., 1998. El basamento metamórfico-ígneo de las Sierras Pampeanas de la Provincia de Tucumán, en: Gianfrancisco, M., Puchulu, M.E., Durango, J., Aceñolaza, F. (Ed.), *Geología de Tucumán*. Tucumán, pp. 47-56.
- Vancampenhout, K., Nyssen, J., Gebremichael, D., Deckers, J., Poesen, J., Haile M., Moeyersons, J., 2006. Stone bunds for soil conservation in the northern Ethiopian highlands: Impacts on soil fertility and crop yield. *Soil & Tillage Research* 90, 1-15.
- Walkley, A., Black, A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37, 29-38.
- Williams, V., Korstanje, M.A., Cuenya, P., Villegas, M.P., 2010. La dimensión social de la producción agrícola en un sector del Valle Calchaquí Medio, en: Korstanje, M. A, Babot, M. P. (Ed.), *Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de Otros Microfósiles*. BAR International Series S1870. USA, pp. 178-207.
- Zougmore, R., Gnankambary, Z., Guillobez, S., Stroosnijder, L., 2002. Effect of stone lines on soil chemical characteristics under continuous sorghum cropping in semiarid Burkina Faso. *Soil & Tillage Research* 66, 47-53.