

# PAUTAS CONSIDERADAS EN UN DISEÑO EXPERIMENTAL PARA REMEDiar BIODETERIROS

Guillermo Rolón<sup>1</sup>; Mariana Romiti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CONICET / CRIATIC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, guillerolon02@gmail.com

<sup>2</sup> Programa Manejo de Recursos Culturales – Administración de Parques Nacionales, mromiti@apn.gov.ar

**Palabras clave:** *Centris muralis*, revoques, patrimonio cultural, fibra vegetal, intemperismo

## Resumen

En las regiones semiáridas de Argentina, los deterioros y biodeterioros son problemas que afectan de manera incesante a las edificaciones con tierra. Su impacto es más significativo cuando estos procesos, al ocurrir en forma simultánea, entran en sinergia. Esta situación se observó en tres edificaciones construidas con muros de adobe dentro del Parque Nacional Lihué Calel, en la provincia argentina de La Pampa. El biodeterioro es desencadenado por abejas nativas. Teniendo en cuenta estudios previos sobre el biodeterioro causado por abejas de la especie *Centris muralis*, el objetivo del trabajo consiste en informar sobre las condiciones locales y los antecedentes considerados para la elaboración de un diseño experimental de elementos constructivos con tierra. En una etapa posterior, se busca contribuir al diseño de un plan de intervención para cada una de las edificaciones mencionadas. Se procedió a elaborar un registro del biodeterioro de las tres construcciones en cuestión y se contrastó esta información con experiencias y observaciones previas. Se recolectaron diversas tierras dentro del área protegida y se tomaron muestras de adobes de cada una de las construcciones. Estas muestras fueron evaluadas mediante pruebas de campo y, posteriormente, se analizaron en laboratorio aspectos como textura y fracción arenosa, contenido de fibra vegetal y materia orgánica, pH y caracterización de arcillas. Los datos obtenidos indican que el material del adobe procedente de la construcción menos afectada por biodeterioro y mejor conservada es el que presenta valores de contenido de arcilla y fibra vegetal más elevados. Los adobes son ricos en material orgánica y las tierras colectadas pobres lo que indica la incorporación intencional de la misma. Los análisis de laboratorio confirmaron los datos de pruebas de campo respecto a la tierra más adecuada para emplear por su contenido de arcilla. Se presenta el diseño experimental propuesto. Estas tareas se enmarcan en el proyecto "Conservación y manejo del patrimonio cultural vinculado al poblamiento histórico en las Sierras de Lihué Calel", llevado adelante por la Administración de Parques Nacionales.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Contexto de trabajo

En las regiones semiáridas de Argentina, los deterioros y biodeterioros son problemas que afectan de manera incesante a las edificaciones con tierra; su impacto es más significativo cuando estos procesos, al ocurrir en forma simultánea, entran en sinergia. Esta situación se observó en tres edificaciones construidas con muros de mampostería de adobe dentro del Parque Nacional Lihué Calel (PNLC), en la provincia argentina de La Pampa. En este caso, el biodeterioro al que se hace mención es desencadenado por abejas nativas, conocidas localmente como "abejorros blanco" o "bum bum", pertenecientes a la especie *Centris muralis*. Esta especie fue identificada como un agente de biodeterioro muy agresivo para las estructuras de tierra que se ubican en la eco-región de Monte de Sierras y Bolsones (Rolón; Cilla, 2012). Este insecto tiene el hábito de nidificar en barrancas naturales o en muros de tierra. Debido a esta acción, la abeja es responsable de una gran remoción de tierra que efectúa para construir las celdillas y pasillos de los nidos. Con cada nueva temporada de nidificación, la cantidad de celdillas construidas se incrementa debilitando la unión de la parte exterior del muro con el resto de la pared. Luego, la acción de lluvias y vientos provoca colapsos parciales de este sector del muro y quedan expuestas las estructuras de los nidos. Cuando esto ocurre, se acelera el proceso de deterioro por intemperismo. Sin embargo, este

colapso no desalienta la acción de nidificación y el proceso de deterioro, lejos de detenerse, va incrementándose progresivamente y con ello el daño global.

En el marco del proyecto “Conservación y manejo del patrimonio cultural vinculado a distintas etapas de poblamiento histórico en las sierras de Lihué Calel” encarado por el Programa Manejo de Recursos Culturales de la Dirección Técnica de Conservación, de la Administración de Parque Nacionales de Argentina (APN), se está efectuando un abordaje interdisciplinario de este fenómeno con el fin de arribar a un protocolo de intervención destinado a remediarlo. Siguiendo la Política de Manejo de Recursos Culturales adoptada por la APN (2001), el proyecto marco cuenta con tres líneas de acción vinculadas al manejo de recursos culturales: investigación –en este caso con la revisión de documentos históricos en diversos archivos (nacionales, provinciales y locales)–, la intervención física de los recursos culturales históricos y la participación de la población local sumando su conocimiento sobre el poblamiento de la zona y el uso que se le habría dado a determinados espacios y/o construcciones.

## 1.2 Valoración de los recursos culturales afectados

El “Puesto del 11” (RC 684)<sup>1</sup> está compuesta por dos edificaciones, una pequeña vivienda rural y un galpón<sup>2</sup> (figura 1), varios elementos vinculados al abastecimiento de agua como dos molinos de viento, un tajar, dos bebederos y tres tanques australianos<sup>3</sup>; también se incluyen otros elementos ordenadores del espacio, como alambrados para corrales y forestaciones alineadas con tamariscos y eucaliptus. Todos estos elementos se extienden en una superficie aproximada de 66.000 m<sup>2</sup> y aportan información sobre el uso del territorio, el conocimiento constructivo del momento y sobre la tipología edilicia del equipamiento agroindustrial de la época.

La forma de ocupación y uso del territorio implementado en esta unidad productiva podrían ser considerado como representativo de un proceso político y social de asentamiento de poblaciones inmigrantes en la zona que se vio favorecido luego de la invasión y exterminio de las poblaciones indígenas. Este proceso, que se dio principalmente entre fines del siglo XIX y principios del XX, se desarrolló simultáneamente al período del auge del modelo ganadero ovino (Moroni, 2005; López Rasch, 2008; Lluch, Ledesma, 2009)<sup>4</sup>.

En general, se ha prestado poca atención a este tipo de edificaciones debido a sus características arquitectónicas modestas. Sin embargo, la conservación de este tipo de construcciones es de vital importancia debido a que son los restos materiales que darían cuenta de algunas actividades productivas de la época. Asimismo, cabe señalar que el área protegida del PNLC no conserva otra estructura similar en cuanto a morfología y tipo constructivo<sup>5</sup>.

Las dos edificaciones señaladas están construidas con muros de mampostería de adobe y cubiertas de chapa acanalada. El galpón presenta planta rectangular con una superficie de 146,16 m<sup>2</sup>. Presenta techo a dos aguas con 4,10 m de altura en la cumbre y 3,25 m en los bordes de los aleros. Está dividida internamente por una pared de modo tal que se dispone de dos espacios con entradas independientes y vinculados internamente. Por registros existentes e información de los pobladores locales se sabe que esta construcción fue utilizada desde principios del siglo XX para actividades del manejo del ganado ovino;

---

<sup>1</sup> Registro Nacional de Recursos Culturales – Reglamento para la conservación del patrimonio cultural en jurisdicción de la Administración de Parques Nacionales (aprobado por Resolución HD 115/2001).

<sup>2</sup> Existen otras dos viviendas más que son contemporáneas y que no están asociadas a la instalación productiva.

<sup>3</sup> Estanque artificial circular, habitualmente de chapa.

<sup>4</sup> También se están realizando consultas propias de documentos históricos en el Archivo Histórico Provincial, Profesor Fernando Araújo, el Archivo del Registro de la propiedad del inmueble y la Dirección General de Catastro. Santa Rosa, La Pampa.

<sup>5</sup> Romiti, M., Rolón, G. (2016). Relevamiento del galpón del 11. Programa Manejo de Recursos Culturales. Dirección Nacional de Conservación de áreas protegidas. Informe para la Administración de Parques Nacionales. Buenos Aires, Argentina. Informe manuscrito posible de consultar.

actualmente no cumple su función original. A unos 30 metros se localiza la pequeña vivienda rural, de planta rectangular con 12,81 m<sup>2</sup>.



Figura 1. Puesto del 11: a) Galpón; b) Vivienda rural (acervo de los autores)

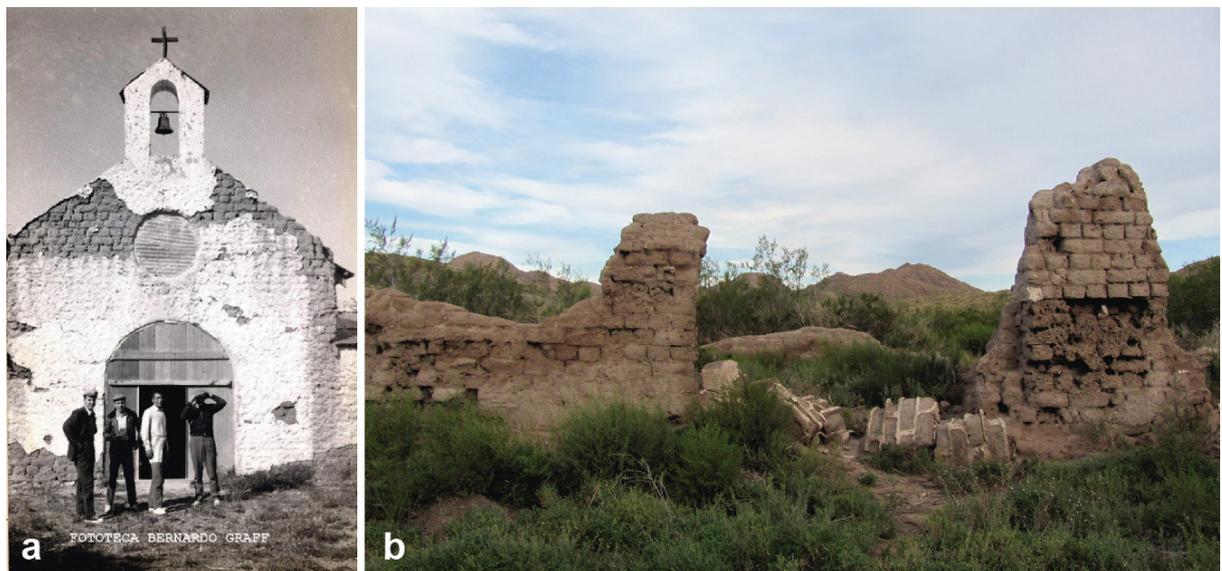


Figura 2. La Casona: a) foto histórica tomada desde el patio interno con vista de la capilla que se encontraba dentro de la vivienda (1957) (Colección Héctor Perrin Domecq); b) estado actual (acervo de los autores)

Por otro lado, la Casona (RC N° 332) fue una vivienda propiedad de la familia Gallardo de lo que hoy se conservan sus muros en un estado muy avanzado de deterioro (figura 2). Fue ocupada entre 1943 y 1965, y habría estado compuesta por unos 14 ambientes (habitaciones, cocina, despensa, caballería y capilla, entre otros) junto con un patio interno. Presentaba una superficie aproximada de unos 960 m<sup>2</sup>. Los materiales con los que se resolvieron los muros son mamposterías de adobe y cimientos de piedra asentadas con mortero de cemento. Según el material fotográfico<sup>6</sup>, las cubiertas fueron de chapa acanalada. Los restos de revoques que se preservan dan la pautan de que habrían sido a base de cemento. Se conservan restos de los dinteles de madera, presumiblemente de caldén. Algunos de los ambientes presentan tanto subdivisiones internas (con paredes más angostas) como también pequeños hogares localizados en algún vértice. Este recurso cultural se encuentra abierto a visitación, siendo uno de los senderos interpretativos más visitados del área protegida (Molinari; Romiti)<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Fototeca del Archivo Histórico Provincial, Profesor Fernando Aráoz - Colección Héctor Perrin Domecq. La Pampa.

<sup>7</sup> Molinari, R. (1994). Informe: Lihué Calel: antecedentes para el Plan de Manejo de los recursos culturales. Departamento de investigación, Dirección de Conservación y Manejo. Administración de Parques Nacionales. Buenos Aires, Argentina. Informe manuscrito posible de consultar. Romiti, M. (2015). Informe: Evaluación del estado de conservación del recurso cultural "La Casona" (RC N° 332). Programa Manejo de Recursos Culturales.

### 1.3 Ambiente y estado de conservación

El PNLC se encuentra en el sector central de la eco-región de Monte de Llanuras y Mesetas. El ambiente se caracteriza por ser cálido y seco, donde el tipo de vegetación dominante está compuesto por la estepa arbustiva alta de comunidades de jarillas (*Larrea* spp.) junto con bosques de Caldén (*Prosopis caldenia*). Las precipitaciones se dan en un gradiente este-oeste que va de entre 80 mm a un máximo próximo a los de 300 mm anuales. Sin embargo, en PNLC los registros propios marcan, para los últimos 6 años, valores de entre 400 a 670 milímetros anuales. La estación seca dura hasta un máximo de nueve meses y las lluvias tienden a distribuirse regularmente a lo largo del año pero siendo más recurrentes en el invierno (Burkart et al., 1999).

En el año 2015 se dio comienzo a la instancia de evaluación del estado de conservación e identificación de las principales patologías que estarían afectando a La Casona, al mismo tiempo que se implementaron una serie de medidas preventivas – corte de vegetación y refuerzos en muros con riesgo de colapso – que permitan minimizar los daños hasta tanto se cuente con un plan de intervención (Romiti)<sup>8</sup>. Posteriormente se evaluó que el desmelado fue implementado de manera abrupta en el sentido que se despajaron sectores que estaban siendo “protegidos” por la vegetación al menos de la acción de la incidencia solar; y posiblemente también de la acción de las abejas. Con esta experiencia los siguientes cortes comenzaron a ser realizados en los sectores puntuales donde el ejemplar esté en contacto directo con la estructura. Posteriormente, durante el transcurso de abril de 2016, se realizó el registro arquitectónico y de deterioros y biodeterioros de las construcciones del Puesto del 11, y se profundizaron los relevamientos en La Casona. Se observó que las mamposterías de adobe de las tres edificaciones presentan deterioros con diferentes estados de avance, pero con incidencia del biodeterioro en el proceso general y el riesgo de colapso inminente de numerosos sectores. La inspección visual reveló que los muros de mampostería de adobe de La Casona son los más afectados por el deterioro general y por el biodeterioro por anidación. Presumiblemente, estos adobes presentan las tasas de degradación más aceleradas. El galpón del Puesto del 11 se observó con un nivel de deterioro intermedio, pero con biodeterioro semejante al presente en La Casona. Sin embargo, en esta construcción se observó una intensa actividad de anidación de las abejas durante la segunda campaña de trabajo en noviembre. Finalmente la vivienda rural es la construcción mejor preservada presentando escasa incidencia de anidación de abejas.

Diseñadas y efectuadas las intervenciones de urgencia para prevenir nuevos colapsos, se acordó desarrollar un plan de investigación para abordar en primera instancia la problemática específica del biodeterioro dado el aún escaso conocimiento al respecto.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo consiste en presentar las pautas consideradas y describir el diseño experimental destinado a evaluar las condiciones en las que se produce el biodeterioro por anidación de *Centris muralis*.

En la actualidad no existen protocolos conocidos para remediar el biodeterioro de construcciones con tierra producido por abejas, en especial por la especie señalada. Esta situación radica en la escasa investigación sobre el presente problema, dejando numerosos interrogantes sin responder como, por ejemplo, si ciertos tipos de suelos son más susceptibles a ser biodeteriorados que otros. Sin embargo, investigaciones previas (Rolón; Cilla, 2012) permiten suponer que un aspecto clave en el abordaje de la problemática estaría asociado a variables estructurales de las argamasas de tierra empleadas como por ejemplo, el contenido de fibra y la textura.

---

Dirección Nacional de Conservación de áreas protegidas. Administración de Parques Nacionales. Buenos Aires. Informe manuscrito posible de consultar.

<sup>8</sup> Op. Cit. Informe manuscrito posible de consultar.

En base a estas presunciones se plantean las hipótesis de trabajo: a) el incremento en el contenido de fibra vegetal y la cohesión de las tierras empleadas en las construcciones existentes desalienta la anidación de abejas *Centris muralis* en estructuras de tierra nuevas que se elaboran con ella, b) el incremento de la fracción arcilla en las tierras de las construcciones existentes mejora la cohesión en argamasas nuevas.

Los objetivos planteados para contrastar las hipótesis son:

1. Localizar y caracterizar las fuentes de tierras con mayor contenido de fracción arcilla dentro del PNLC.
2. Elaborar argamasas de tierras mejoradas y estabilizadas con materiales naturales que resulten compatibles con las tierras utilizadas en las construcciones a conservar.
3. Producir adobes y revoques con las argamasas elaboradas para la construcción de muros experimentales.
4. Construir muros de mampostería de adobe, con y sin revoque, para ser expuestos a la acción del biodeterioro y del intemperismo durante el lapso de dos años, en coincidencia con al menos dos períodos de lluvia y de anidación de abejas *Centris muralis* y evaluar su respuesta.
5. Computar las tasas de degradación por biodeterioro de los muros en cada caso.

### 3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En una segunda campaña de campo, durante noviembre de 2016 y con el trabajo conjunto de los agentes de área protegida, se procedió a identificar distintas fuentes de aprovisionamiento de tierras potencialmente utilizables en la etapa experimental y, posteriormente, en la intervención de las estructuras construidas en tierra. Se colectaron un total de nueve muestras de tierras, complementándose con cuatro muestras de material de adobe de distintas construcciones, tres de las construcciones a conservar y una cuarta de una construcción demolida (figuras 3 y 4).

Tras colectar las tierras, se realizaron ocho pruebas *in situ* (brillo, test del vidrio<sup>9</sup>, exudación, caída de la bola, lavado, cinta, cordón y resistencia seca) siguiendo las indicaciones del instructivo de prácticas de campo (Neves et al., 2009). La evaluación general arrojó la presencia de dos tierras arcillosas, tres tierras arcillo limosas y el resto eran tierras limo arcillosas o areno limosas. En función de la evaluación general, fueron descartados tres tierras y el resto fue preparado para realizar diversos análisis en laboratorio (tablas 1 y 2).



Figura 3. a) reunión con personal del PNLC evaluando los tipos de tierra y su aplicación; dos sectores de muestreo de tierras: b) Tajamar del Puesto del 11; c) Tajamar cerrado.

<sup>9</sup> El test del vidrio no se incluye en la tabla debido a que no fue registrado.

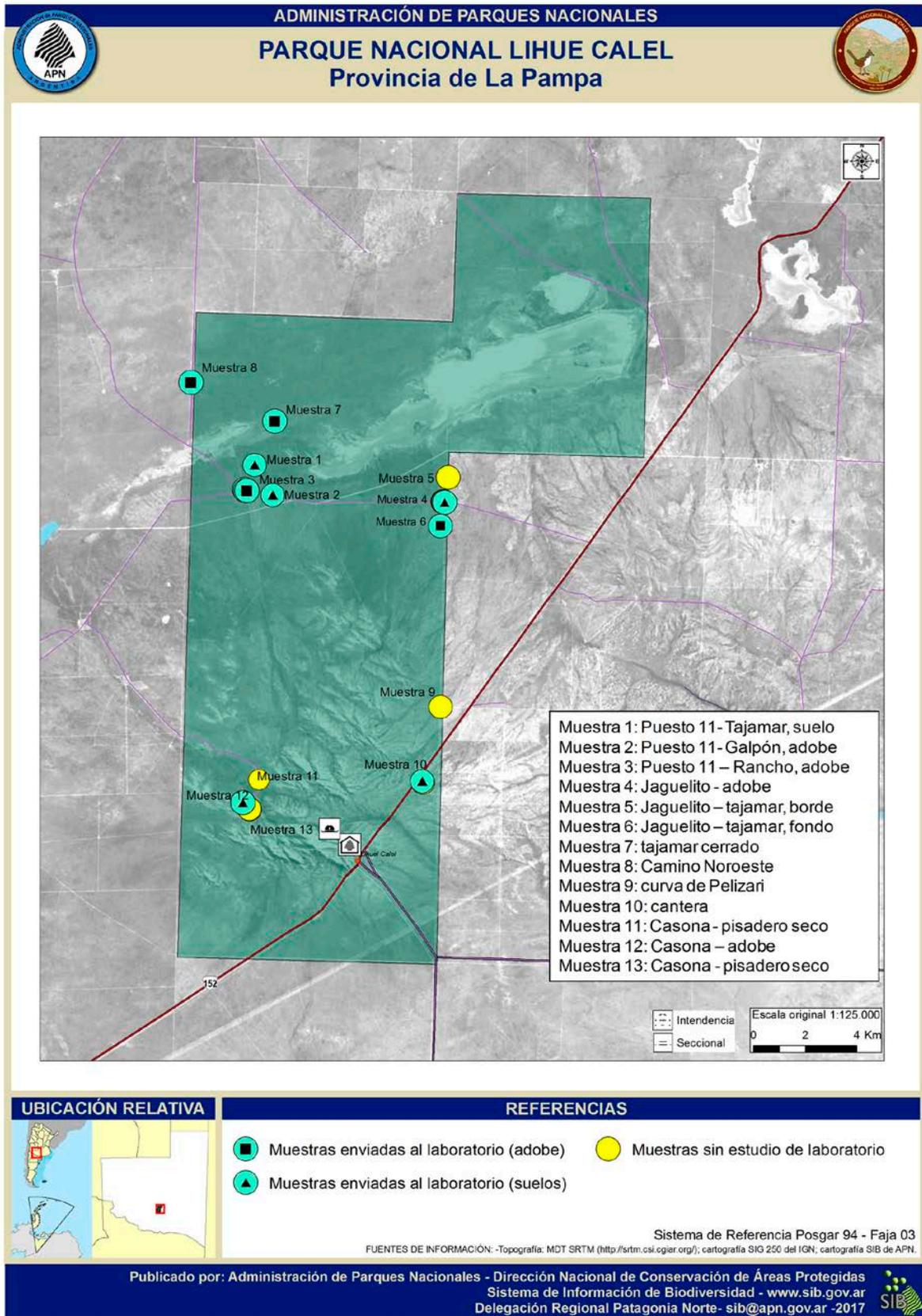


Figura 4. Ubicación del PNLC y sectores de muestreo de tierras (Fuente: APN)

Tabla 1. Pruebas de campo

Muestra	Brillo	Exudación	Caída bola	Lavado	Cinta	Cordón	Res. Seca	Eval. general
A Tajamar Puesto 11	Opaco	Lenta	Se esparce poco	pegajoso	Mediana 12,0 cm	Suave	Mediana +++	Arcillo limoso
	L	LA	AL	A	AL	AL	AL	
B Adobe Gaplón Puesto 11	Opaco	Lenta	Se esparce	Poco pegajoso	Corta 10,5 cm	Suave	Mediana ++	Limo arcilloso
	L	LA	LA	LA	AL	AL	AL	
C Adobe Vivienda Puesto 11	Opaco	Rápida	Se esparce poco	Poco pegajoso	Mediana 12,0 cm	Suave	Mediana +	Limo arcilloso
	L	LAre	AL	LA	AL	AL	LA	
D Adobe Vivienda Jagüelito	Opaco	Lenta	Se esparce poco	Nada pegajoso	Corta 9,5 cm	Suave	Mediana ++	Limo arcilloso
	L	L	AL	LAre	L	AL	AL	
E Borde Tajamar Jagüelito	Poco brillante	Rápida	Se esparce	No se realizó	No se formó	No se realizó	Baja	Areno limoso
	LA	A	A	-	A	-	A	
F Fondo Tajamar Jagüelito	Brillante	Muy lenta	No se esparce	Pegajoso	Larga	No se realizó	Grande +	Arcilloso
	A	A	A	A	A	-	A	
G Tajamar cerrado	Poco brillante	Muy lenta	No se esparce	Pegajoso	Larga	Duro	Grande ++	Arcilloso
	LA	A	A	A	A	A	A	
H Camino Noroeste	Poco brillante	Lenta	Se esparce poco	Poco pegajoso	Larga	No se realizó	Grande +	Arcillo limoso
	LA	LA	AL	LA	AL	-	AL	
I Curva de Pelizari	Brillante	Rápida	Se esparce poco	Poco pegajoso	Mediana 11,0 cm	Suave	Mediana +	Limo arcilloso
	AL	AreL	L	LA	AL	AL	LA	
J Cantera	Poco brillante	Muy lenta	No se esparce	Poco pegajoso	Larga	Duro	Mediano +++	Arcillo limoso
	LA	A	A	LA	AL	A	AL	
K Pisadero La Casona	Opaco	Rápida	Se esparce	Poco pegajoso	No se formó	No se realizó	Mediana +	Limo arenoso
	L	Are	LAre	LA	A	-	LA	
L Adobe La casona	Poco brillante	Rápida	Se esparce poco	Algo pegajoso	Corta 9,0 cm	Suave	Mediana +	Limo arcilloso
	LA	A	L	LA	L	AL	LA	
M Pisadero húmedo La Casona	Brillante	Lenta	Se esparce	No se realizó	Corta 9,0 cm	Suave	Baja	Limo arenoso
	LA	LA	LAre	Are	L	AL	Are	

Referencias: A: arcilloso, AL: arcillo limoso, Are: arenoso, AreL: areno limoso, L: limoso, LA: limo arcilloso, LAre: limo arenoso.

### 3.1 Difracción de rayos X

Este estudio se realizó para identificar los tipos de arcilla que están presentes en alguna de las tierras del área de estudio. Debido a que existe poca variabilidad en la composición mineralógica de las arcillas, el estudio se realizó sólo para cuatro tierras. Las muestras enviadas a laboratorio fueron las siguientes: Tajamar Puesto 11 (A), Fondo Tajamar Jagüelito (F), Tajamar cerrado (G), La Casona adobe (L). Los resultados indican la misma composición mineralógica entre las muestras analizadas con presencia de esmectitas, cloritas e illitas. Sólo en el caso de la muestra de Tajamar cerrado, debido a la buena cristalización de la muestra, fue posible cuantificar y los valores indicaron una composición 65% de illita, 20% de esmectita y 15% de clorita, con impurezas de cuarzo, feldespato y calcita.

Tabla 2. Análisis de laboratorio

Muestra	Granulometría			pH	Materia orgánica	Indice de plasticidad	Cont. fibra (adobes)
	Arena %	Limo %	Arcilla %				
A Tajamar Puesto 11	48	20	32	Liger. ácido	Pobre	Arcillas de baja plasticidad	–
	Franco arcilloso			6,49	1,17%	4%	
B Adobe Gaplón Puesto 11	48	22	30	Neutro	Rica	Arcillas de mediana plasticidad	1,35
	Franco arcilloso			6,79	3,85%	15%	
C Adobe Vivienda Puesto 11	42	22	35	Neutro	Rica	Arcillas de mediana plasticidad	1,47
	Franco arcilloso			6,60	3,54%	15%	
D Adobe Vivienda Jagüelito	46	24	30	Neutro	Moder. pobre	Arcillas de baja plasticidad	0,32
	Franco arcillo arenoso			7,35	1,54%	20%	
E Borde Tajamar Jagüelito	Se descartó			–	–	–	–
				–	–	–	–
F Fondo Tajamar Jagüelito	32	12	54	Liger. alcalino	Rica	Limos y suelo orgánicos de baja plasticidad	–
	Arcilloso			7,41	3,16%	16%	
G Tajamar cerrado	36	12	52	Moder. alcalino	Extrem. pobre	Arcillas de mediana plasticidad	–
	Arcilloso			8,33	0,48%	19%	
H Camino Noroeste	64	4	32	Muy fuerte. alcalino	Extrem. pobre	Arcillas de baja plasticidad	–
	Franco arcillo arenoso			9,06	0,58%	17%	
I Curva de Pelizari	Se descartó			–	–	–	–
				–	–	–	–
J Cantera	52	10	38	Moder. alcalino	Moder. pobre	Arcillas de baja plasticidad	–
	Arcillo arenoso			8,00	1,23%	13%	
K Pisadero La Casona	Se descartó			–	–	–	–
				–	–	–	–
L Adobe La casona	50	28	22	Moder. alcalino	Extrem. rica	Arcillas de mediana plasticidad	0,69
	Franco			8,28	4,23%	28%	
M Pisadero húmedo La Casona	Se descartó			–	–	–	–
				–	–	–	–

### 3.2 Granulometría

El análisis granulométrico se realizó según el método de Bouyoucos para determinar los tenores de arena, limo y arcilla y clasificar el tipo de tierra por medio del diagrama textural. Este estudio confirmó la presencia de las tierras arcillosas que fueron identificadas en las pruebas de campo: Fondo Tajamar Jagüelito (F) y Tajamar cerrado (G) con 54% y 52% de contenido de fracción arcilla respectivamente. Las tierras procedentes de las construcciones existentes, por su parte, se concentran en los límites entre tierras franco, franco arcillosa y franco arcillo arenosa. En general, las tierras han presentado valores reducidos en la fracción limo.

### 3.3 pH real

Los valores de pH se obtuvieron por el método potenciométrico con una relación de tierra / agua de 1:2,5. Los resultados indican que las tierras obtenidas de las construcciones dan suelos entre neutros para aquellas del Puesto del 11 (B y C) y Jagüelito (Dd) y

moderadamente alcalino para el correspondiente a La Casona (L). Las tierras arcillosas son entre ligeramente alcalina (F) y moderadamente alcalina (G)<sup>10</sup>. Por otra parte, la tierra procedente del Tajamar del Puesto del 11 (A) da levemente ácido pero muy próximo al valor neutro de las tierras usadas en las construcciones. Solo la tierra procedente del Camino Noroeste (H) da muy fuertemente alcalina.

### 3.4 Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica se calculó mediante el método de Walkley y Black. Los resultados<sup>11</sup> indican que las tierras de las construcciones del Puesto del 11 (B y C) y La Casona (L) son ricas y extremadamente ricas en contenido de materia orgánica; la tierra arcillosa procedente del Fondo Tajamar Jagüelito (F) también se presentó rica en presencia de materia orgánica; el resto de las tierras fueron entre pobres y extremadamente pobres.

### 3.5 Índice de plasticidad

Para la determinación de la plasticidad de los suelos se tomó como referencia la norma IRAM 10.501 (índices de Atterberg) y el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) para clasificarlos. Cada muestra se analizó por cuadruplicado y el valor final se obtuvo promediando las medidas individuales. Los valores confirmaron que de las tierras arcillosas disponibles, Fondo Tajamar Jagüelito (F) resulta una tierra orgánica de baja plasticidad en tanto que Tajamar cerrado (G) es una tierra con arcillas inorgánicas de mediana plasticidad. En cuanto a las tierras extraídas de los adobes de las construcciones a intervenir corresponden todos a suelos con arcillas de mediana plasticidad. El resto de las tierras contienen arcillas de baja plasticidad (figura 5).

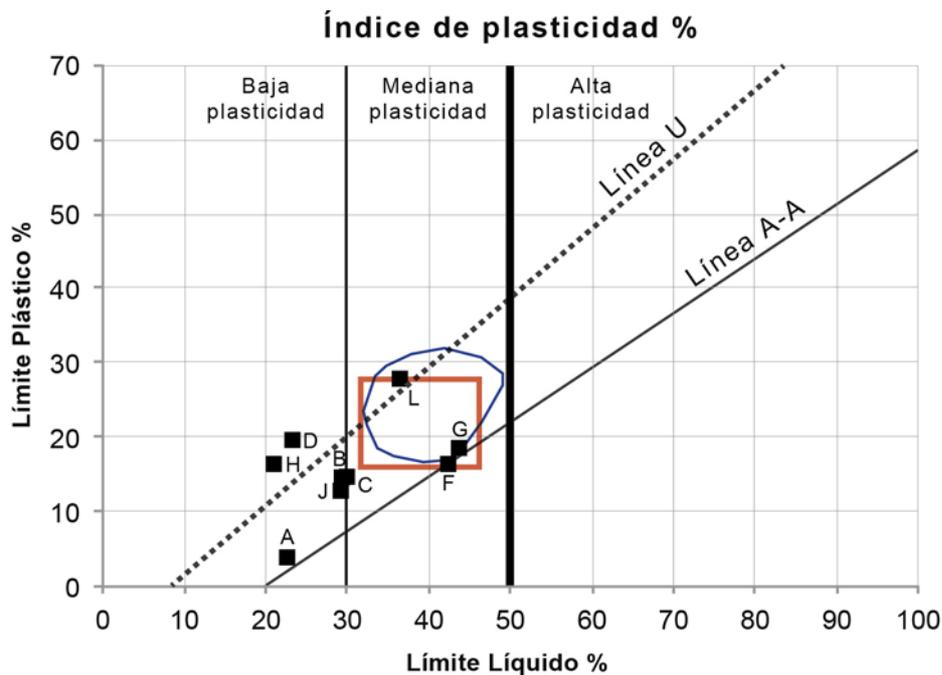


Figura 5. Índices de plasticidad de muestras analizadas (los números indican las muestras). Rectángulo rojo: sector de índices de plasticidad sugerido por Jiménez y Cañas (2007). Polígono azul: sector de índices de plasticidad propuestos por Houben y Guillaud (1994) para adobes.

<sup>10</sup> Clasificación adoptada del tipo de suelo en función de su pH: extremadamente ácido:  $\text{pH} \leq 4,5$ , muy fuertemente ácido:  $4,5 < \text{pH} \leq 5$ , fuertemente ácido  $5 < \text{pH} \leq 5,5$ , medianamente ácido:  $5,5 < \text{pH} \leq 6$ , Ligeramente ácido:  $6 < \text{pH} \leq 6,6$ , neutro  $6,6 < \text{pH} \leq 7,3$ , medianamente básico  $7,3 < \text{pH} \leq 7,8$ , básico  $7,8 < \text{pH} \leq 8,4$ , ligeramente alcalino  $8,4 < \text{pH} \leq 9$ , alcalino  $9 < \text{pH} \leq 10$ , fuertemente alcalino  $> 10$ .

<sup>11</sup> Clasificación adoptada del tipo de suelo en función del contenido de materia orgánica: extremadamente pobre  $< 0,6 \%$ , pobre  $0,6 - 1,2 \%$ , moderadamente pobre  $1,21 - 1,8$ , medio  $1,81 - 2,4$ , moderadamente rico  $2,41 - 3,0$ , rico  $3,1 - 4,2$ , extremadamente rico  $> 4,21$ .

### 3.6 Contenido de fibra vegetal

El contenido de fibra, asumiendo una acción de incorporación intencional, se realizó sobre las cuatro muestras provenientes de adobes y con tres réplicas por cada una. El valor final se obtuvo promediando las mediciones parciales. El procedimiento consistió en disolver la muestra de adobe en un vaso de precipitación con agua y recoger el material vegetal tanto por flotación como por filtrado en un tamiz N° 40 (0,425 mm). El material colectado se secó en estufa hasta peso constante y luego se computó la relación entre peso seco de la muestra sobre peso seco de material vegetal separado. Los valores indican agregado de material vegetal en todos los casos. Los valores más bajos corresponden a adobe Jagüelito y adobe de La Casona. Los valores más altos, por su parte fueron para los adobes del Galpón y de la Vivienda de Puesto del 11.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Características de las tierras disponibles

El estudio previo de las muestras mediante pruebas de campo y análisis de laboratorio permitieron conocer en profundidad las tierras con las que cuenta el área protegida. De esta manera, cuatro tierras de un total de nueve fueron descartadas luego de que los resultados de las pruebas de campo evidenciaran material poco cohesivo. Los análisis de laboratorio, por su parte, arrojaron tierras muy distintas entre sí. Sólo las muestras procedentes de Fondo Tajamar Jagüelito (F) y Tajamar cerrado (G) contenían valores de la fracción arcilla en porcentajes elevados (54% y 52% respectivamente) que podían interesar para el diseño experimental. Por otra parte, la muestra de material de adobe de La Casona, que presenta las condiciones de mayor fragilidad frente a intemperismo, contiene el menor porcentaje de fracción arcilla de toda la serie (22%). Incluso, las muestras de las posibles fuentes de aprovisionamiento – Pisadero La Casona (K) y Pisadero húmedo La Casona (M) – habían sido descartadas con las pruebas de campo por detectárselas limo arenosas.

Analizando los valores de plasticidad de las muestras, se pudo observar que aquellas procedentes de los adobes del Puesto del 11 – (B) y (C) – se encuentran próximas y por fuera de los límites inferiores sugeridos por algunos autores como valor adecuado para esta técnica constructiva (Houben; Guillaud, 1994; Jiménez; Cañas, 2007)<sup>12</sup>; en contraste, la muestra de adobes de La Casona (L) se ubica próxima al límite medio pero, en este caso, por dentro de los valores señalados (figura 5). Según el gráfico, la primeras dos muestras corresponden a suelos con arcillas de baja plasticidad en tanto que la última muestra procede de un suelo de mediana plasticidad. Continuando con estas observaciones, las muestras de Fondo Tajamar Jagüelito (F) y Tajamar cerrado (G) se encuentran en un sector de arcillas de mediana plasticidad y en el límite interno de lo aconsejable. Sin embargo, se presenta una diferencia sustancial entre la primera, que presenta un rico contenido de materia orgánica (3,16%), y la última que, por el contrario, es extremadamente pobre (0,48%) en este aspecto. Este dato permite sugerir que, para el suelo procedente del Tajamar cerrado, la plasticidad responde a la presencia de la fracción arcilla, en tanto que el suelo procedente de Fondo Tajamar Jagüelito se debería, en parte, al contenido propio de la materia orgánica.

De lo anterior se desprende que, en caso de escogerse el suelo del Tajamar cerrado para la intervención, el agregado de fibra vegetal colaboraría para estabilizar este suelo frente a posibles retracciones por secado; retracciones que son de muy probable ocurrencia si se tiene en cuenta que el análisis de DRX arrojó la presencia de al menos un 20% de esmectitas en la fracción arcilla.

---

<sup>12</sup> Jiménez y Cañas (2007), luego de una revisión y análisis de distintas recomendaciones, sugieren que suelos adecuados para la construcción con tierra, en general, son aquellos comprendidos por valores de índices de plasticidad entre 16% y 28% y valores de límite líquido entre 32% y 46%. Por otra parte, y específicamente refiriéndose a la técnica de adobe, Houben y Guillaud (1994) consideran un sector levemente más restringido dentro del sector demarcado por los autores citados anteriormente.

Respecto a la materia orgánica en particular, se sabe que su presencia incrementa la plasticidad del suelo favoreciendo la absorción de mayor cantidad de agua durante el amasado del barro. Este fenómeno se debe a que la materia orgánica tiene una alta capacidad de absorción de agua y su hidratación se completa antes que se inicie la formación de la película alrededor de las partículas minerales que provocan el efecto de plasticidad. En consecuencia, frente a la presencia de materia orgánica, el paso de la condición de friabilidad a la de plasticidad de un suelo se produce con un contenido relativamente elevado de agua. Este aspecto se aprecia observando los ricos índices de materia orgánica de las muestras B (3,85%) y C (3,54%) y sus correspondientes índices de plasticidad (14,80% y 14,88% respectivamente) en contraste con los correspondientes valores de la muestra 1. Al mismo tiempo la extrema riqueza de materia orgánica de la muestra de adobes de La Casona (L) permite explicar el elevado valor de plasticidad aún cuando presenta el menor valor de fracción de arcilla de toda la serie.

Jiménez y Cañas (2007) señalan que los suelos con contenidos elevados de materia orgánica deberían desecharse porque podrían causar inestabilidades indeseables. Esta es la razón por la que frente a dos suelos arcillosos como son las muestras (F) y (G), el menor contenido de materia orgánica del segundo resulta decisivo. Por otra parte, la presencia de materia orgánica en abundancia constituye un factor negativo para la resistencia de un material a base de tierra por dos aspectos: por un lado incrementa la cantidad neta de agua requerida para hacer plástico un suelo durante su amasado que luego de evaporada provoca el incremento de la porosidad; por otro lado, la materia orgánica, al ser susceptible de degradación, también aportaría porosidad al desaparecer. Si se toma en cuenta que las mezclas de barro deberán incorporar fibra vegetal para el diseño experimental, y que este material agregado constituye fuente de materia orgánica, partir de un suelo con valores ricos en materia orgánica no parece ser lo adecuado.

En línea con lo discutido hasta el momento, los datos surgidos del análisis del contenido de fibra vegetal en las muestras de los adobes de las construcciones a intervenir permite contrastar en parte las hipótesis formuladas. Los resultados revelaron que los valores obtenidos están correlacionados con los estados de conservación e intensidad de biodeterioro por anidación de las abejas. Es así que el valor máximo de contenido de fibra vegetal se identificó en la muestra de adobe procedente de la vivienda rural (C), seguido por un valor inferior en la muestra del galpón (B) y finalizando, con valores muy bajos en las muestras de La Casona (L). Sin embargo, en todos los casos, los valores resultan inferiores a los reportados en un trabajo previo (Rolón; Cilla, 2012) para muestras de adobes, tanto biodeteriorados como no biodeteriorados.

Por último, y tomando como referencia el valor de pH de las muestras de adobe se observa que aquellas con valores neutros – (B), (C) y (D) – son menos afectados por los efectos del intemperismo local a diferencia de la que la única que tiene valor alcalino (L). Es posible que se esté frente a la presencia de suelos salinos donde abunde cloruro de sodio. Sin embargo, aún está pendiente de abordaje el tema de la salinidad de estos suelos.

## 4.2 Diseño experimental

Con el objetivo de evaluar las condiciones en las que se produce el biodeterioro por anidación de *Centris muralis* fue preciso arribar a un diseño experimental que contemple las variables, contenido de fibra vegetal y porcentaje de fracción arcilla, presumiblemente asociadas a este proceso.

El experimento consiste en construir y exponer tres muros de mampostería de adobe próximos a las construcciones biodeterioradas por un período de dos ciclos de anidación. Dos de los muros se ubican en el sector del Puesto del 11 y el tercero en el sector de La Casona. Los muros se construyen con aparejo a soga, cada uno con un tipo de mezcla denominados de la siguiente manera: M1, M2 y M3. La tabla 3 presenta los materiales y las mezclas adoptadas en cada una de ellas. Las tierras empleadas para las mezclas procederán del Tajamar cerrado (G), de la tierra desmoronada de los muros de La Casona (L) y de la tierra del muro desmoronado del galpón del Puesto del 11 (B). La fibra vegetal

empleada es pasto de alguna de las siguientes especies que están presentes en el PNLC: paja blanca (*Jarava ichu*), paja (*Nassella tenuissima* o *Pappophorum caespitosum*) (Prina *et al.*, 2015). La paja obtenida es cortada en segmentos de 4 a 5 cm antes de ser empleadas. Los muros apoyan directamente sobre el terreno y sus caras están orientadas en dirección N-S. Para cada muro se prepara 56 adobes: 18 sin paja y 38 con paja. El muro es dividido en cuatro franjas de acuerdo con el esquema presentado en la figura 6.

Tabla 3. Mezclas de tierra para adobes de los muros experimentales.

Ubicación	Mezcla	Materiales	Proporción en volumen	cantidad de adobes
La Casona	M1	tierra de La Casona : tierra de Tajamar cerrado : pasto cortado (fibra vegetal)	2 : 1 : 0	18
			6 : 3 : 1	38
Puesto del 11	M2	tierra del Puesto del 11 : pasto cortado (fibra vegetal)	1 : 0	18
			3 : 1	38
	M3	tierra Puesto del 11: tierra Tajamar cerrado: pasto cortado (fibra vegetal)	2 : 1 : 0	18
			6 : 3 : 1	38

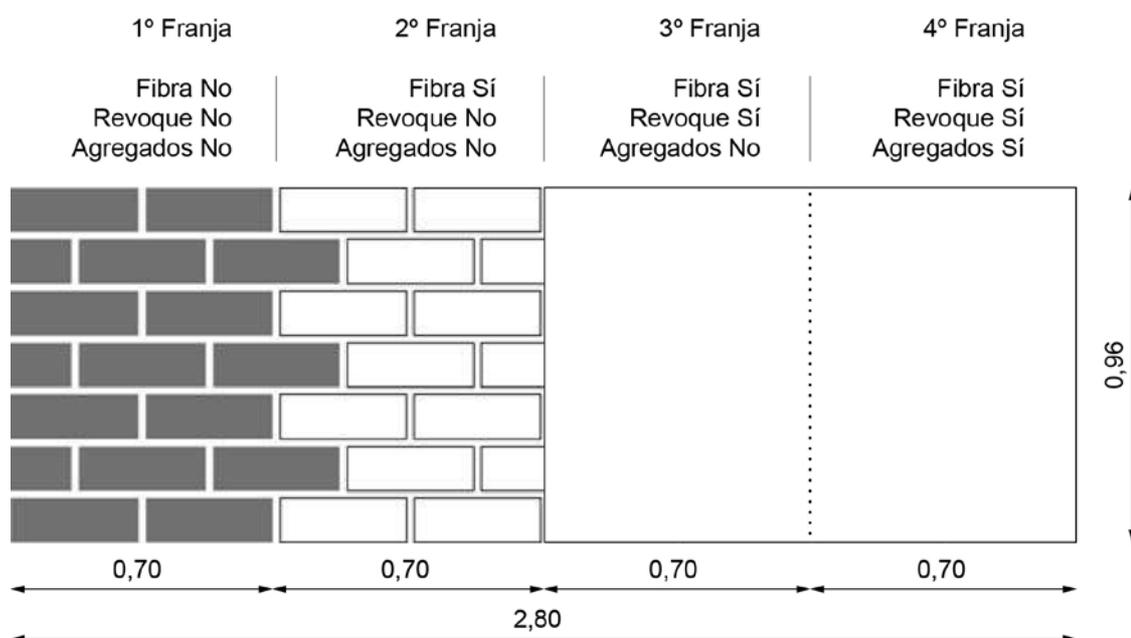


Figura 6. Esquema de construcción de muros experimentales, idéntico para cada uno de los tres tipos de suelos seleccionados: M1, M2 y M3. En gris adobes sin fibra vegetal, en blanco adobes con fibra vegetal; en blanco total, adobe con revoque con y si agregado

Sobre los muros ejecutados, se realizarán tres tipos de revoques en función de los tres tipos de mezclas de tierras que se evalúan (M1, M2 y M3). A las tres mezclas se le incorpora bosta de caballo<sup>13</sup> en una relación 4:1. Se emplea pasto cortado en segmentos más pequeños (2 cm aproximadamente) y mucílago de chupasangre (*Opuntia penicilligera*) o

<sup>13</sup> El uso de la bosta o estiércol de caballo se introduce en este trabajo con el objetivo de incorporar un entramado de fibra vegetal más pequeño que el pasto cortado y evaluar su desempeño en la remediación del biodeterioro. Esta cuestión no fue informada debidamente en el documento original y originó un llamado de atención y una discusión interesante por parte del Comité Científico. A raíz de la importancia de los comentarios indicados por el Comité, se considera necesario informar a los lectores sobre ello: se señaló que la manipulación de estiércol fresco sin el empleo de equipamiento de protección individual pone al operario frente al riesgo de accidentes que podrían propiciar el contraer enfermedades como el tétano debido a la presencia de *Clostridium tetani* en el ambiente. Por otra parte, el Comité señala que no se encuentra de todo comprobada mediante investigaciones científicas las ventajas del uso del estiércol que le son atribuidas a su empleo, alentando, por lo tanto, a que las mismas puedan ser abordadas.

penca (*O. sulphurea* var *pampeana*) (Prina et al., 2015). Para cada mezcla se realizan dos clases de revoques: uno de ellos sólo con agregado de bosta de caballo (R1a, R2a y R3a) y el otro (R1b, R2b y R3b) sumándole el pasto cortado y el mucílago. Las mezclas de tierra para los revoques son presentadas en la tabla 3.

Tabla 3. Mezclas de tierras para revoque de los muros experimentales

Ubicación	Materiales	Mezcla	Proporción en volumen
La Casona	tierra de La Casona: tierra del Tajamar cerrado: bosta de caballo: pasto cortado (fibra vegetal): mucílago	R1a (3º franja)	4:2:1,5:0:0
		R1b (4º franja)	4:2:1,5:1:1
Puesto del 11	tierra de Puesto del 11: bosta de caballo: pasto cortado (fibra vegetal): mucílago	R2a (3º franja)	4:1:0:0
		R2b (4º franja)	6:1,5:1:1
	tierra de Puesto del 11: tierra del Tajamar cerrado: bosta de caballo: pasto cortado (fibra vegetal): mucílago	R3a (3º franja)	2:2:1:0:0
		R3b (4º franja)	3:3:1,5:1:1

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

El diseño experimental presentado está actualmente en ejecución. Los aspectos vinculados específicamente al intemperismo no están contemplados de manera directa en el diseño, pero podrán ser monitoreados. Sin embargo, el procedimiento de monitoreo aún está pendiente de diagramación. La precisión en el contenido de fibra en relación al volumen de tierra empleado es aproximado y se espera realizar pruebas para poder precisarlo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración de Parques Nacionales – APN (2001). Política de manejo de recursos culturales. Dirección Nacional de Conservación. Buenos Aires, Argentina.
- Burkart, R., Bárbaro, N., Sánchez, R., Gómez, D. (1999). Ecorregiones de la Argentina. Buenos Aires, Argentina: Administración de Parques Nacionales,.
- Houben, H.; Guillaud, H. (1994). Earth construction – a comprehensive guide. London, UK: ITDG Publishing
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2007). IRAM 10.501 – Geotecnia. Determinación del límite líquido (LL) y del límite plástico (LP) de una muestra de suelo. Índice de fluidez (IF) e índice de plasticidad (IP). Buenos Aires, Argentina.
- Jiménez Delgado, M. C., Cañas Guerrero, I. (2007). The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. *Construction and Building Materials* 21, 237–251.
- López Rasch, J. C. (2008). Propiedad privada, legislación y control social en el Territorio Nacional de La Pampa (1882c.-1894). Reflexiones preliminares. Trabajo presentado en las 3as Jornadas de Historia de la Patagonia. San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Lluch, A., Ledesma, L. (2009). Comentarios sobre la estructura agraria y la evolución de la ganadería. En: Salomón Tarquini, C., Laguarda, P., Kus, C. (editores). *Puelches: una historia que fluye junto al Salado*. Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, Argentina.
- Moroni, M.(2005). La incorporación de los territorios nacionales en el proceso de consolidación del estado argentino. El caso del territorio de la Pampa Central. *Andes* 16. Universidad Nacional de Salta. Salta.
- Neves, C., Faria, O.B., Rotondaro, R., Cevallos, P.S., Hoffmann V., M. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. Disponible en <http://www.redproterra.org>.
- Minke, G. (2008). Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Fin de Siglo Editorial, Montevideo, Uruguay

Prina, A., Muiño, W., González, M., Tamame, A., Beinticinco, L., Mariani, D., Saravia, V. (2015). Guía de Plantas del Parque Nacional Lihué Calel. Viñón 7, Santa Rosa, Argentina

Rolón, G., Cilla, G. (2012). Adobe wall biodeterioration by the *Centris muralis* Burmeister bee (Insecta: Hymenoptera: Apidae) in a valuable colonial site, the Capayán ruins (La Rioja, Argentina). *International Biodeterioration & Biodegradation* 66:33–38.

## AGRADECIMIENTOS

Son parte de este trabajo los agentes del conservación del Parque Nacional Lihué Calel: Eduardo Godoy, Lara Colaselli, Marían Mirabelli, Miguel Díaz, Miguel Romero, Miguel Herbsommer, Javier Guanchul, Raúl Sepúlveda, Florencia Stefanazzi y Nicolás Katuchín. Agradecemos a la Lic. Mariana Lipori, del Sistema de Información de Biodiversidad de la APN, por el diseño del mapa con las muestras de suelos. A la Dra. Margarita do Campo por sus sugerencias respecto a los resultados de Difracción de RX. Al Ing. Carlos Alderete por su asesoramiento respecto de los interrogantes surgidos por los índices de plasticidad. El estudio es financiado con fondos propios de la APN. Finalmente agradecemos profundamente a los evaluadores de la Comisión Científica por sus correcciones, sugerencias y discusiones.

## AUTORES

Guillermo Rolón, doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología (FFyL-UBA, Argentina), maestro en restauración y gestión integral del patrimonio construido (UPV/EHU, España), arquitecto (FADU-UBA, Argentina), investigador adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATiC; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Mariana Romiti, licenciada por la Universidad de Buenos Aires en Ciencias Antropológicas con orientación en arqueología. Agente de conservación del Programa “Manejo de Recursos Culturales” de la Dirección Nacional de Conservación de Áreas Protegidas de la Administración de Parques Nacionales.