





**D. JUAN FRANCISCO HERNÁNDEZ DÉNIZ, SECRETARIO DEL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**CERTIFICA:**

Que el Consejo de Doctores del Departamento en su sesión de fecha 4 de noviembre tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la Tesis Doctoral titulada **"LA PIEL DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA. SUSTANCIAS NATURALES AL SERVICIO DE LA RESTAURACIÓN DE SUPERFICIES DEL PATRIMONIO VERNÁCULO EDIFICADO"** presentada por la doctoranda Dña. Isolina Díaz Ramos y dirigida por el Doctor D. Francisco Ortega Andrade.

Y para que así conste, y a los efectos de lo previsto en el Artº 6 del Reglamento para la elaboración, defensa, tribunal y evaluación de tesis doctorales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria, a 4 de noviembre de dos mil quince.



Fdo.: Juan Francisco Hernández Déniz





UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
Departamento de Construcción Arquitectónica

## UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Departamento: Construcción Arquitectónica  
Programa de doctorado: Restauración y Rehabilitación Arquitectónica.  
Investigación, Tendencias e Innovaciones

### Título de la Tesis

LA PIEL DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA. SUSTANCIAS NATURALES AL SERVICIO DE LA RESTAURACIÓN DE SUPERFICIES DEL PATRIMONIO VERNÁCULO EDIFICADO

Tesis Doctoral presentada por D<sup>a</sup> Isolina Díaz Ramos

Dirigida por el Dr. D. Francisco Ortega Andrade

El Director,

Fdo.: Francisco Ortega Andrade

La Doctoranda,

Fdo.: Isolina Díaz Ramos

Las Palmas de Gran Canaria, a 9 de Noviembre de 2015



LA PIEL DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA  
SUSTANCIAS NATURALES AL SERVICIO DE  
LA RESTAURACIÓN DE SUPERFICIES DEL  
PATRIMONIO VERNÁCULO EDIFICADO

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR ISOLINA DÍAZ RAMOS  
DIRECTOR DE TESIS: DR. FRANCISCO ORTEGA ANDRADE

Departamento de Construcción Arquitectónica

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad  
de Las Palmas de Gran Canaria

2015



*De las cavernas, hemos avanzado hasta los techos de hojas de palma, de ramas y cortezas, de lino tejido y estirado de hierbas y paja, de tablas y tejamaniles, de piedras y tejas. Finalmente, no sabemos ya qué es vivir al aire libre, y nuestras vidas son domésticas en más aspecto de lo que pensamos. Del hogar al campo hay una gran distancia. Sería bueno, tal vez, que pasáramos más días y noches sin obstrucción alguna entre nosotros y los cuerpos celestes, que el poeta no hablara tanto bajo techo, o el santo no morase allí por tanto tiempo.*

Henry David Thoreau, 1817-1862



## RESUMEN

La utilización de sustancias naturales o biopolímeros para mejorar los revocos de tierra ha sido frecuente debido a sus cualidades favorecedoras de dureza, impermeabilidad y rechazo a los insectos, entre otras.

Pese a la aparición de productos de origen industrial, las prácticas tradicionales de embarrado han conseguido perpetuarse, efectuándose mayoritariamente entre comunidades de países en vías de desarrollo. Sin embargo, se conocen pocas reseñas acerca de su empleabilidad, debido a que la transmisión del saber-hacer se ha realizado entre los pueblos de manera oral.

Por ello, esta tesis consiste en el estudio y análisis de los biopolímeros empleados en la mejora de los morteros de acabado realizados en barro. Consta de dos partes: una teórica y otra práctica.

La primera se centra en el estudio, recopilación y clasificación de los biopolímeros utilizados a lo largo de la historia, a través del análisis de la literatura y del trato directo con sus actores, siguiendo con su ordenación según las pautas marcadas por la química orgánica que los divide en prótidos, glúcidos y lípidos.

La segunda consistente en la consolidación superficial de un muro de tapial con una sustancia de procedencia local. Para ello se realizó la caracterización de tierras locales con las que se ejecutó una batería de probetas a ser ensayadas con látex de la especie *Euphorbia balsamífera*.

Una vez aplicado el biopolímero en el muro original, se procedió a su examen a través de métodos científicos de análisis, como las espectroscopias Infrarroja, Raman, FTIR y SEM, junto a la Difracción de Rayos X y las Microscopías estereoscópica y óptica.

Los resultados han permitido, por un lado, la determinación de la capacidad consolidante de la euforbia, y por el otro, la localización de un total de cuarenta y tres biopolímeros empleados actualmente en la mejora de los embarrados.



*A mis padres, Nicolás Díaz y Carmen Ramos  
y a Jose, por supuesto*



## *Agradecimientos*

El mayor de los agradecimientos a todos quienes, directa o indirectamente, me han ayudado en la realización de esta tesis, especialmente al Dr. Francisco Ortega Andrade, por su seguimiento constante; al Dr. Daniel Edgardo Vedoya y el equipo del ITDAHu en Argentina; a Hubert Guillaud, Director científico de CRATerre en Francia y al grupo que lo conforma, y al profesor Luis Fernando Guerrero Baca, de la Universidad Autónoma de Xoximilco en Méjico, y al Arquitecto Fernando Cardoso, de la Universidad Federal de Viçosa en Brasil, muchas gracias a todos por la ayuda y las facilidades prestadas.

De igual modo, agradecer al Decano de la Facultad de Ciencias Moulay Ismail de Mequinez, el Señor Faycal Qafssaoui, por permitir la ejecución de ensayos en el LASAM y, evidentemente, al Dr. Mustapha Haddad, director del mismo, y al equipo humano implicado, por su calurosa acogida en el centro.

Muchas gracias al químico Livio Ferrazza, por su valiosa interpretación de los resultados.

Gracias a Cristina Valencia por sus ilustraciones, a Josefina Agustín por sus correcciones del capítulo IV; a los biólogos Águedo Marrero y Víctor Montelongo por sus aportaciones, junto al bioquímico José Luis Eloira; a Lucía Quintana por sus lecciones de maquetación y al Obispado de Canarias -a Don José Lavandera y a Maite Aldunate-, por facilitar el acceso a la Casa del Deán.

Muchas gracias a todos.



# Contenidos

<b>0. PREFACIO</b>	i
0.1. Formación universitaria y vocación científica e investigadora	iv
0.1.1. Cursos de Doctorado - Estancia en el Atlas Medio Marroquí	iv
0.1.2. Diploma de Estudios Avanzados - Estancia en la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble en Francia	vi
0.1.3. A la búsqueda de ideas - Estancia en la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) en Argentina	viii
0.1.3.1. Primera idea: El Impenetrable y su diversidad	ix
0.1.3.2. Las sustancias naturales como temática definitiva	xii
0.1.4. Proyecto de tesis - Gran Canaria	xiv
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	1
I.1. Descripción de objetivos	3
I.2. Preguntas de investigación	4
I.3. Justificación	5
I.4. Criterios de utilidad: beneficiarios	10
I.5. Viabilidad de la investigación	12
I.6. Deficiencias en el conocimiento del problema	13
<b>II. HIPÓTESIS Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b>	15
II.1. Hipótesis	16
II.2. Método de investigación	17
II.2.1. Investigación documental	17
II.2.2. Trabajo de campo	21
II.2.2.1. Elección de la sustancia orgánica a ensayar y consolidación de probetas	22
II.2.2.2. Caracterización de tierras y realización de probetas	24
II.2.2.3. Ensayos sobre las probetas, consolidación del tapial y analítica	25
II.2.2.4. Instrumentación empleada	26
<b>III. ESTADO DEL CONOCIMIENTO</b>	29
III.1. Lo vernáculo, ¿la tendencia del futuro?	30
III.2. Las enseñanzas de lo vernáculo a través del estudio del mantenimiento comunitario del “bios”	33
III.2.1. Prácticas tradicionales de revestimiento de monumentos en África Occidental	34
III.2.1.1. La tumba de Askia Mohamed en Gao, Malí	35
III.2.1.2. La gran mezquita de Djené, Malí	37
III.2.1.3. Las grandes mezquitas de Tombuctú	38
III.2.1.4. Los <i>Telukaky</i> de Camerún y Chad	39

III.2.2. Asunción de tareas por género en la conservación de revestimientos de edificios públicos y privados	41
III.2.2.1. El palacio de Na-Yiri en Kokologho, Burkina Faso	41
III.2.2.2. Las <i>Takientas</i> de Koutammakou, Togo	44
III.2.2.3. Navrongo, Ghana	45
III.3. Nociones esenciales	49
III.3.1. Morteros	49
III.3.2. El barro: aglomerante de morteros históricos	51
III.3.3. Revestimientos de barro o embarrados	52
III.3.3.1. Nomenclatura	54
III.3.3.2. Funcionalidad	57
III.3.3.3. Cualidades	58
III.3.3.4. Formas de aplicación	59
III.3.4. Composición y estabilización de suelos	60
III.3.4.1. Métodos y procesos	61
III.3.5. Consolidación y adhesión de superficies	64
III.4. Estado del arte. De lo investigado	67
III.4.1. Sustancias orgánicas de origen vegetal y animal empleadas en la restauración y conservación del patrimonio	67
III.4.1.1. Adhesión y consolidación superficial con glútenes y gomas vegetales	68
III.4.1.2. Consolidación estructural con <i>saliva de cupim</i> , tierra de termiteros	71
III.4.1.3. Ensayos de estabilización en masa con compuestos orgánicos	73
III.4.2. Consolidación y adhesión de pieles con productos químicos	74
III.4.2.1. Esteres de silicio en la consolidación de muros y suelos de yacimientos arqueológicos	75
III.4.2.2. Esteres de celulosa en morteros de inyección	79
III.4.2.3. Látex sintético en la mejora de la durabilidad de los morteros tradicionales	80
<b>V. DE LA ALQUIMIA A LA QUÍMICA DE LAS SUSTANCIAS NATURALES</b>	<b>85</b>
IV.1. Terminología empleada	86
IV.1.1. Polímeros	88
IV.1.2. Procesos físicos y químicos de la materia	90
IV.1.2.1. Diferencias entre cambio físico y cambio químico	91
IV.2. Clasificación de los compuestos orgánicos	92
IV.2.1. Proteínas: adhesivos naturales	93
IV.2.1.1. Proteínas simples	95
IV.2.1.1.1. Proteínas fibrilares	96
IV.2.1.1.2. Proteínas globulares	96
IV.2.1.2. Proteínas complejas	97

IV.2.1.2.1. Fosfoproteínas	97
IV.2.1.2.2. Cromoproteínas	98
IV.2.2. Glúcidos o azúcares: generadores de resistencia	98
IV.2.2.1. Azúcares sencillos u homopolisacáridos	100
IV.2.2.1.1. Osas o monosacáridos	100
IV.2.2.1.2. Ósidos	101
IV.2.2.2. Azúcares mixtos o heteropolisacáridos	102
IV.2.3. Lípidos: hidrofugantes tradicionales	103
IV.2.3.1. Glicéridos	104
IV.2.3.1.1. Triacilglicéridos	105
IV.2.3.1.1.1. Grasas líquidas: aceites	106
IV.2.3.1.1.1.1. Aceites secantes	107
IV.2.3.1.1.1.2. Aceites no secantes	108
IV.2.3.1.1.2. Grasas sólidas	108
IV.2.3.2. Céridos o ceras	109
IV.2.3.3. Estéridos	110
IV.2.3.3.1. Resinas naturales	110
IV.2.3.3.1.1. Clasificación de las resinas naturales	111
IV. 2.3.3.1.2. Cualidades de las resinas naturales	114
IV.3. Formas de aplicación: disolución, dispersión o emulsión	115
IV.3.1. Disolución	116
IV.3.2. Dispersión coloidal	118
IV.3.3. Emulsión	119
IV.3.3.1. Tensoactivos o emulsionantes	119
IV.4. Líquidos disolventes	120
IV.4.1. Penetración o migración	120
IV.4.1.1. Interacciones superficiales	121
IV.4.1.2. Capilaridad y tensión superficial	123
IV.4.1.3. Viscosidad	123
IV.4.2. Evaporación	124
IV.4.2.1. Magnitudes físicas de la evaporación	124
IV.4.2.1.1. Presión de vapor saturante ( $P_v$ )	124
IV.4.2.1.2. Punto de ebullición ( $P_e$ )	125
IV.4.2.1.3. Calor latente de evaporación ( $C_{LV}$ )	126
IV.4.2.2. Etapas de evaporación de los disolventes	126
IV.4.2.2.1. Retención muy fuerte	127
IV.4.2.2.2. Retención fuerte	127
IV.4.2.2.3. Retención media	127
IV.4.2.2.4. Retención débil	127
IV.5. Recapitulación	128
<b>V. ASPECTOS PRÁCTICOS: ELECCIÓN DEL COMPUESTO ORGÁNICO</b>	129
V.1. Las euforbias	130
V.1.1. La <i>Euphorbia Balsamífera</i> o Tabaiba dulce	133

V.1.2. Usos y propiedades	137
V.1.3. Método de extracción	139

<b>VI. ASPECTOS PRÁCTICOS: CARACTERIZACIÓN DE TIERRAS Y CONSOLIDACIÓN DE PROBETAS</b>	143
VI.1. Selección de tierras y metodología previa a los ensayos	145
VI.2. Descripción y ejecución de ensayos	146
VI.2.1. Actividad química: ensayo de olor	147
VI.2.2. Ensayos de granulometría: examen visual, tacto, lavado de manos, mordedura, brillo y botella	147
VI.2.2.1. Examen visual	149
VI.2.2.2. Tacto	149
VI.2.2.3. Lavado de manos	150
VI.2.2.4. Mordedura	151
VI.2.2.5. Brillo / luminosidad	152
VI.2.2.6. Ensayo de la botella	152
VI.2.3. Ensayos de plasticidad: rollo, exudación, cordón, luminosidad/brillo y cinta	155
VI.2.3.1. Rollo	155
VI.2.3.2. Ensayo de exudación o sacudida	156
VI.2.3.3. Test del cordón	157
VI.2.3.4. Ensayo de la cinta	158
VI.2.4. Ensayos de cohesión: pastilla, lavado de manos y rollo	159
VI.2.4.1. Ensayo de la pastilla	159
VI.2.4.2. Lavado de manos y rollo	160
VI.2.5. Ensayos de resistencia: cordón	161
VI.2.6. Ensayo de retracción: pastilla	161
VI.3. Tabla explicativa	162
VI.4. Resultados y conclusiones	166
VI.5. Ejecución de probetas	167
VI.6. Tratamiento de consolidación superficial de probetas	168
VI.6.1. Elección de disolventes	169
VI.6.1.1. Etanol o alcohol etílico. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	169
VI.6.1.2. Xileno o xilol. $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	170
VI.6.2. Consolidación superficial	170
VI.6.2.1. Observaciones	172
VI.7. Ensayos sobre las probetas	173
VI.7.1. Comportamiento ante la humedad: ensayo de succión sin presión	173
VI.7.1.1. Realización del ensayo	174
VI.7.1.2. Observaciones	175
VI.7.2. Comportamiento ante las acciones mecánicas: ensayo de resistencia superficial a la abrasión	177
VI.7.2.1. Realización del ensayo	178
VI.7.2.2. Observaciones	180
VI.7.3. Discusión	180

<b>VII. LA CASA DEL DEÁN, CONSOLIDACIÓN DEL TAPIAL HISTÓRICO CON LÁTEX DE <i>EUPHORBIA BALSAMÍFERA</i></b>	183
VII.1. La Casa del Deán: patrimonio vernáculo de enorme valor	185
VII.2. Descripción del tapial	189
VII.3. Estado de conservación	194
VII.3.1. Propuesta de intervención	198
VII.4. Tratamiento de consolidación superficial y toma de muestras	204
VII.5. Métodos instrumentales de análisis	206
VII.5.1. Ensayos en la Facultad de Ciencias, Universidad Moulay Ismail de Mequinez	208
VII.5.1.1. Espectroscopia Raman	208
VII.5.1.1.1. Resultados	209
VII.5.1.2. Espectroscopia de Infrarrojos (IR)	210
VII.5.1.2.1. Resultados	210
VII.5.1.3. Difracción de Rayos X (DRX)	212
VII.5.1.3.1. Resultados	213
VII.5.2. Ensayos en el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales	214
VII.5.2.1. Microscopía electrónica de barrido (SEM)	214
VII.5.2.2. Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	215
VII.5.2.3. Microscopía óptica y microscopía esteroscópica	216
VII.5.2.4. Informe efectuado	216
VII.5.3. Discusión de resultados	223
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	225
VIII.1. Conclusiones de la investigación documental	225
VIII.2. Conclusiones del trabajo de campo	227
VIII.3. Recomendaciones acerca de la extracción y uso del látex de <i>Euphorbia balsamífera</i> y de la ejecución de probetas	229
VIII.4. Futuras líneas de investigación	231
<b>IX. ANEXOS</b>	233
<b>ANEXO I. TAXONOMÍA DE LAS SUSTANCIAS NATURALES</b>	235
<b>ANEXO II. TABLAS DE DISOLVENTES</b>	327
<b>ANEXO III. ESTANCIAS INTERNACIONALES: ARQUITECTURA Y CLIMA</b>	347
<b>BIBLIOGRAFÍA COMENTADA</b>	381
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	391



## Prefacio

---

La formación recibida en el campo de la conservación y restauración de Bienes Culturales en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, fueron generando en mí diversas inquietudes desde muy temprano.

Durante el período de estudios, se hacía especial hincapié en la valoración y conservación de monumentos, realzando los valores que poseían las obras patrimoniales bajo un punto de vista histórico, material, de rememoración, etc. En este ciclo, eran inculcados los conceptos de belleza estética, puesta en valor y reconocimiento de nuevas formas plásticas y estilísticas.

Por aquel entonces, la monumentalidad o historicidad de los edificios en la esfera de la arquitectura, así como la transgresión o conceptualización en el campo de estudio de la pintura o escultura, fueron los factores predominantes que otorgaban una mayor o menor categoría a este tipo de bienes.

Sin embargo, algo innato me llevaba a considerar las obras arquitectónicas y plásticas menos “excepcionales” pero quizás más originales por su capacidad de reflejar una pureza primigenia, manifestada a través de la simplicidad de formas y materiales, lugar donde residía su auténtica belleza.

Me refiero, evidentemente, a la arquitectura vernácula local



*Figura 0.1. Rosiana, Gran Canaria. (Procedencia gráfica: Ramos del Pino, J.).*

y propia de cada pueblo, acompañada de su artesanía como expresión artística de una comunidad (*Figura 0.1*).

Las prácticas ancestrales y humildes, producto de una cultura constructiva local, que hoy gusta denominar desarrollo sostenible del hábitat, son costumbres que perviven en la actualidad, mayoritariamente, en los países en vías de desarrollo.

Ya en la década de los 60 del pasado siglo, la Carta de Venecia (Congreso Internacional de Arquitectura y Técnicos de Monumentos Históricos, 1964) se encargaba de ampliar el concepto de “Monumento”, junto a los múltiples traslados de este documento en las reuniones sucesivas de Roma (Brandi & De Angelis D’Ossat, 1972), la Convención de Granada (Estados Miembros del Consejo de Europa, 1985), o los principios de Cracovia (Conferencia Internacional “Cracovia 2000”, 2000).

La noción de monumento histórico comprende tanto la creación arquitectónica aislada, como el ambiente urbano o paisajístico que constituya el testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa o de un acontecimiento histórico. Esta noción se aplica no sólo a las grandes obras, sino también a las obras modestas que con el tiempo hayan adquirido un significado cultural.

Congreso Internacional de Arquitectura y  
Técnicos de Monumentos Históricos, 1964

Pese a ello, estos conceptos quedan hoy en día algo aletargados en las Universidades, en lo referido al reconocimiento, estudio y valoración de este tipo de acervos, renuentes a ser incluidos en el currículo académico junto a todo el repertorio de estudios que conlleva esta temática.

## **0.1. Formación universitaria y vocación científica e investigadora**

### **0.1.1. Cursos de doctorado - Estancia en el Atlas Medio Marroquí**

Las inquietudes acumuladas en el desarrollo de mi carrera me llevaron a seguir el curso de doctorado ofertado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria denominado “La Restauración y la Rehabilitación Arquitectónica. Investigación, Tendencias e Innovaciones”, impartido durante el bienio 2008 - 2010 y dirigido por el apreciado Catedrático, director de esta tesis, Francisco Ortega Andrade.

En él fueron tratados temas referentes tanto a la conservación y rehabilitación de patrimonio monumental como modesto.

Los cursos de doctorado concluirían con un trabajo de investigación consistente en el estudio y análisis del estado de conservación de un edificio singular, lo que influiría definitivamente en el tema de estudio de mi tesis doctoral.

La elección de la Casa del Deán como edificio histórico a investigar, situada entre las calles Pelota y Herrería del barrio de Vegueta en Las Palmas de Gran Canaria, albergaba entre sus muros una grata sorpresa: una fabulosa pared de tapial, edificada en el siglo XVI; un lienzo perfectamente realizado en tierra apisonada, estabilizada con cal en tongadas de tierras de diferentes espesores, que se ha mantenido impecable a lo largo de los siglos.

En este período, obtuve una beca denominada “Ayuda para la formación de jóvenes profesionales de la cultura”, promovida por la Dirección General de Políticas e Industrias Culturales del estado español, que me permitió realizar una estancia en la

localidad de Aït Ben Haddou, situada en el Atlas Medio marroquí, en unión a un equipo de técnicos pertenecientes al Instituto Valenciano de Conservación y Restauración en el año 2009.

Esta práctica nos permitió adentrarnos y conocer, de primera mano, las técnicas constructivas en tapial y adobe que continúan ejerciéndose en la actualidad en esta comunidad bereber. En este mágico entorno, el alarife local Mohammed Hosni, *in memoriam*, nos ofreció toda su sabiduría, maestría y presencia pese a estar en el mes de Ramadán, tratándose por tanto de un aprendizaje único e inolvidable (*Figura 0.2*).

Las experiencias extraídas de los entornos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Marruecos fueron redactadas y publicadas en diversos medios.



*Figura.0.2. Mohammed Hosni, alarife de Aït Ben Haddou, en un momento de sus enseñanzas. (Procedencia gráfica: Alonso, I.).*

Aquella primera aproximación a un edificio de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria y su posterior análisis, daría lugar en el año 2011 a la publicación por parte del Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias del libro “Vegueta y edificaciones emblemáticas”, en el que fue presentado una compilación de los trabajos realizados por los alumnos del programa de doctorado.

Anteriormente, en el año 2010, fue expuesto en el seno del 6º Seminario de Arquitectura de Tierra en Portugal y 9º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra en Coimbra, la práctica de trabajo efectuada en Marruecos bajo el título “Aprendizaje de la técnica tradicional del adobe en los pueblos bereberes aplicada a la Conservación y Restauración del Ksar de Aït Ben Haddou” (Díaz-Ramos, 2013).

### 0.1.2. Diploma de Estudios Avanzados - Estancia en la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble en Francia

Una vez finalizados los cursos de formación doctoral, determiné continuar en la línea de las arquitecturas de tierra y elegí como temática a investigar para obtener el Diploma de Estudios Avanzados (DEA), el tapial.

Con el objetivo de profundizar y mejorar mis conocimientos sobre las arquitecturas de barro, solicité una plaza en el Centro Internacional de la Construcción con Tierra (CRATerre), perteneciente a la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble, en Francia, para la realización de la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible”.

De esta manera, durante el curso académico 2010 - 2011, realicé

una estancia educativa en este centro a la vez que desarrollaba el trabajo de investigación para obtener el DEA.

Los estudios en CRATerre me han permitido ampliar y aplicar conocimientos intelectuales al saber empírico asociado a las construcciones vernáculas ejecutadas en barro.

La enseñanza multidisciplinar a través de su variado equipo de profesores, dividiendo la cátedra en tres grandes e importantes ejes en torno a la tierra como son: arquitectura (la tierra como material de construcción), hábitat (construcción y vivienda) y patrimonio (culturas constructivas y valorización), pusieron en relieve un carácter netamente científico a los conocimientos etnográficos que sostenía hasta ese momento.

En CRATerre se nos brindó la oportunidad de tocar mucha y variada tierra, se nos permitió jugar con su textura, color y olor y atribuirle adjetivos y denominaciones desconocidas por mí hasta ese momento; la experiencia práctica en sus talleres y laboratorios acompañaba la parte empírica con la científica, constituyendo un aprendizaje completo (*Figuras 0.3 y 0.4*).

Por otro lado, el intercambio de saberes y ejercicios con otros estudiantes procedentes de diferentes lugares del mundo como Japón, Chile o Argelia, entre otros, supuso un enriquecimiento a la hora de observar la materia tierra y generar vínculos con otras miradas.



*Figuras 0.3. y 0.4. Preparación del Festival de Arquitecturas de tierra "Grains d'Isère" 2012, organizada por CRATerre. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

### 0.1.3. A la búsqueda de ideas - Estancia en la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) en Argentina

Tras la obtención del DEA con la pesquisa denominada “Las arquitecturas de tierra. El tapial: desarrollo tecnológico de una tradición constructiva”, me fue otorgada por la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) una beca de investigación entre los años 2011 y 2013.

Dicha ayuda, perteneciente al programa “Becas para españoles para estudio de postgrado, doctorado e investigación en Universidades y centros superiores extranjeros de reconocido prestigio en países de Ayuda Oficial al Desarrollo” (BOE número 168, 14 de julio de 2011), me ha permitido conocer la realidad constructiva actual del hábitat que emplea la tierra cruda o barro como material de construcción en Argentina, país donde realicé la pasantía.

El Instituto Tecnológico para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu), perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), dependiente de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) en la ciudad de Resistencia, Chaco argentino, fue mi lugar de trabajo.

En el ITDAHu, bajo la atenta dirección del estimado Doctor Arquitecto Daniel Edgardo Vedoya, fue realizada una investigación denominada “Estudio y conservación del hábitat tradicional en tierra cruda en la región del nordeste argentino (NEA) y su aplicación constructiva actual”, cuyos principios fueron publicados en las *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales* de dicha universidad en el año 2011. (Díaz-Ramos, 2011).

### 0.1.3.1. Primera idea: El Impenetrable y su diversidad

El tiempo pasado en el Chaco ha sido determinante en la elección de la temática a investigar en mi tesis doctoral, ya que me permitió viajar, observar y apreciar, como ocurrió en el Atlas Medio marroquí, los modos y técnicas constructivas locales realizadas en tierra cruda o barro, en las que, junto a las prácticas colectivas de construcción de la vivienda, prima la utilización de los recursos naturales que el medio inmediato brinda (*Figura 0.5*).

El interior del Chaco, una vasta extensión de tierra que alberga a las originarias etnias *wichí*, *qom* y *mocoví*, junto a los criollos y emigrantes de procedencia europea asentados desde el siglo XIX en la región, contiene una amalgama de viviendas realizadas

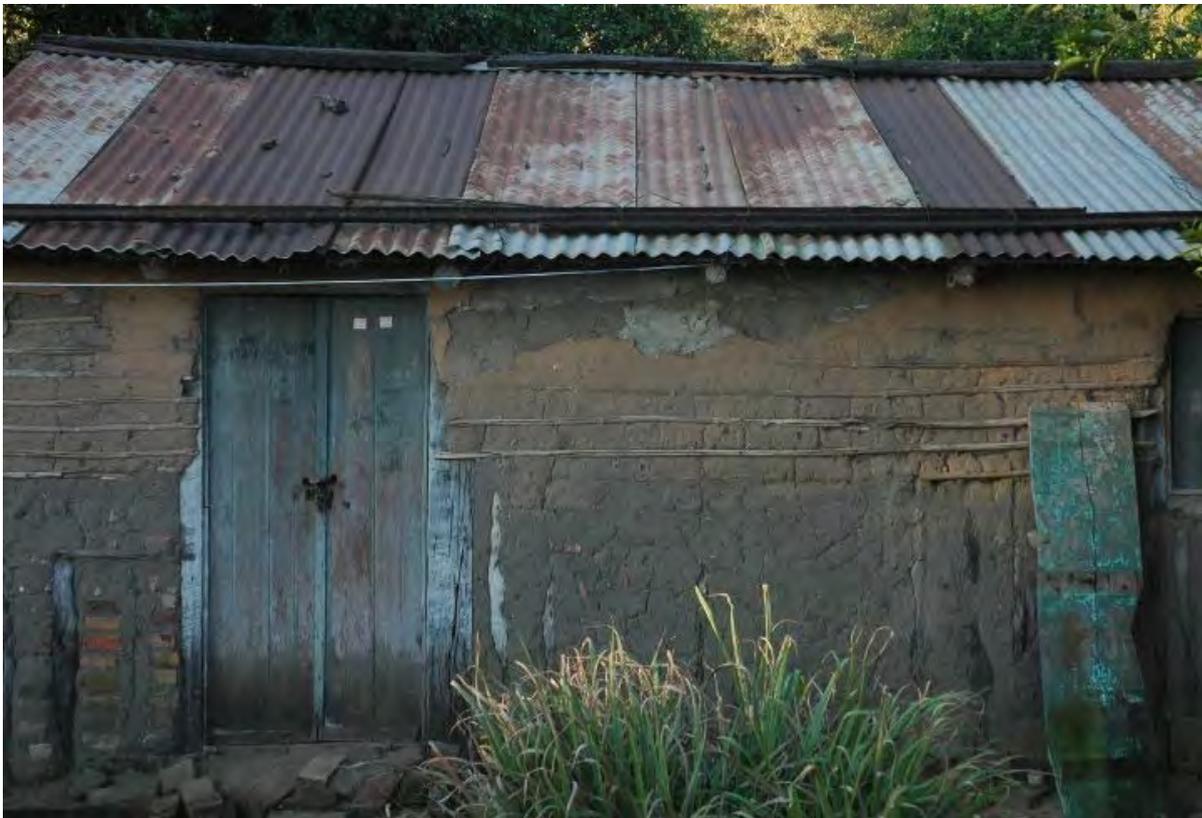


*Figura 0.5. Vivienda popular situada en la localidad chaqueña de Vedia, realizada bajo la técnica constructiva del enchorizado. (Procedencia gráfica: López, N.).*

<sup>(1)</sup> Sistema constructivo perteneciente a las “técnicas mixtas”, en el que son combinados elementos vegetales tales como maderas, hojas y fibras de árboles para la realización de una trama o armazón, que se embute posteriormente con tierra amasada con agua y otras sustancias.

tanto en tierra cruda bajo la técnica local del *enchorizado*<sup>1</sup>, como a arquitecturas que emplean ladrillos de tierra cocida, planchas metálicas y otros materiales de construcción introducidos en la región procedentes del viejo continente.

Lo que resultaba alarmante en las construcciones de barro era la ausencia de revoco en sus muros, lo que permitía apreciar la estructura de entramado inicial, efectuada con troncos de árboles y fibras vegetales. Estos huecos en el edificio favorecían sobremanera la presencia y anido de la *vinchuca*, insecto nocturno que se establece en los orificios o partes poco transitadas de los edificios, lo cual comenzó a generarme conciencia sobre la importancia del revoco, al tratarse de un elemento favorecedor de la higiene en la lucha contra los parásitos molestos e insalubres (*Figura 0.6*).



*Figura 0.6. Vivienda situada en Puerto Tirol, Chaco, en la que se aprecia la ausencia de embarrado. (Procedencia gráfica: López, N.).*

## PREFACIO

La zona descrita, situada en el Gran Chaco Americano, se corresponde con una inmensa llanura de clima subtropical con gran variedad de vegetación que va desde la jungla a la sabana, pasando por bosques extensos cuya tala indiscriminada pone en peligro el ecosistema de la zona y del monte que lo alimenta. A esta gran área se la denomina “Impenetrable”.

En este territorio, localizado en el noroeste de la provincia del Chaco, se han dado y continúan proliferando abundantes casos de infección entre los locales por el *Tripanosoma Cruzi*, popularmente conocido como vinchuca o *chinche gaucha*, insecto noctívago que con su picadura produce la enfermedad de Chagas-Mazza.

Según la Organización Mundial de la Salud, esta dolencia afectó en el año 2010 a diez millones de personas en América del Sur (OMS, 2015).

La asociación del mal de Chagas a las construcciones de tierra es bastante frecuente, tratándose de una creencia errónea ya que se ha comprobado que la enfermedad no se produce a causa de los materiales de construcción, sino por la falta de mantenimiento de los revocos, suelos o cubiertas de la vivienda (Diario Norte, 2010). Para que el parásito no encuentre un lugar donde anidar, es indispensable la ausencia de grietas y huecos en la construcción.

Por todo lo expuesto, me propuse en un primer momento una investigación cuyo cometido fuese la búsqueda de un buen revestimiento térreo -liso y duradero-, a través de la adhesión de diferentes aditivos naturales y locales que ayudase a prevenir la afección de Chagas, una enfermedad para la que no existe cura en la actualidad.

Ello me condujo a la detección de los posibles aditivos de procedencia animal o vegetal localizables en la zona de trabajo

y empleados tradicionalmente en la realización de revocos. La vasta extensión de territorio a la que me refiero, su lejanía y difícil acceso desde los núcleos urbanos principales, junto a la precaria economía local, genera un problema a la hora de obtener los materiales de construcción que comúnmente se encuentran en los mercados especializados, situados por lo general en áreas con otro grado de desarrollo tecnológico.

En efecto, se trataba de rescatar y analizar los aditivos vegetales y animales con el objetivo de que cada población pudiese encontrar en su propio medio y paisaje los agregados que mejor se adaptasen a sus propias necesidades.

Sin embargo, la amplitud de esta investigación venía restada por el tiempo que la autora disponía para ejecutarla, pues la beca de la AECID tocaba a su fin.

A medida que iba profundizando en los productos locales, decidí ir ampliando las sustancias de estudio a otros ámbitos fuera del entorno Impenetrable, lo que me fue conduciendo a un cambio en la temática primigenia, dando prioridad al conocimiento previo y profundo de la mayor cantidad de productos de procedencia orgánica empleados en los revocos térreos a través de la historia, antes de partir hacia sus futuras aplicaciones.

#### 0.1.3.2. Las sustancias naturales como temática definitiva

La suma de ingredientes heterogéneos, como la ciencia de la restauración y los materiales, la rehabilitación y restauración arquitectónica, junto a las prácticas empíricas del saber vernáculo, han ido definiendo progresivamente la idea de la tesis a realizar, consistente en el estudio de las sustancias de origen natural u

orgánico que componen los morteros de acabado realizados en tierra cruda.

El uso de compuestos orgánicos como savias de plantas, colas animales, leche, etc. en la práctica tradicional de enfoscado o embarrado, ha sido una actividad habitual que continúa realizándose actualmente entre las comunidades de países en vías de desarrollo.

Las cualidades que poseen las materias orgánicas para conferir a los revocos propiedades como impermeabilidad, aislamiento y rechazo a los insectos, entre otras, ha favorecido su empleo a lo largo de los siglos (*Figura 0.7*)

Sin embargo, cuando se desea profundizar sobre el funcionamiento y aplicación de estas sustancias, se carece de fuentes escritas precisas, ya que el saber hacer de las prácticas constructivas



*Figura 0.7. Sustancias naturales empleadas comunmente en la mejora de embarrados. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

tradicionales ha pervivido, como se ha esbozado al comienzo de este texto, por transmisión oral.

Por todo ello, la perspectiva fundamental bajo la que se enmarca esta investigación proviene básicamente del mundo de las artes y la restauración. El apoyo bibliográfico principal de esta pesquisa se basará, como se ha indicado, en la consulta de tratados de arte y restauración debido a que la mayoría de las fuentes que tratan las sustancias a analizar provienen del mundo de la pintura.

Esta literatura describe con mayor rigor este tipo de sustancias, empleadas con frecuencia en las artes pictóricas hasta bien entrado el siglo XVII, momento en el que surge la pintura al óleo y provoca el desuso de estos materiales. Hasta ese momento la utilización de huevos, gomas, ceras, caseínas, etc. era bastante frecuente en la historia del arte.

La idea de Matteini & Moles (2001a) “quizás la tecnología antigua no estaba tan desprovista de medios como nos es dado creer...” conlleva una profunda reflexión sobre el empleo de las sustancias tradicionales, su durabilidad y modos de envejecimiento.

#### 0.1.4. Proyecto de tesis - Gran Canaria

A mi regreso de la Argentina, con una idea ya madura sobre la investigación a realizar, retomé el contacto con el Departamento de Construcción Arquitectónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria donde el Profesor Ortega Andrade aceptó ser mi director de tesis y me incorporó al Grupo de Investigación Arquitectura, Paisaje y Patrimonio, coordinado por el Doctor Arquitecto Juan Manuel Palerm Salazar, Catedrático del Área de Proyectos Arquitectónicos.

“La Restauración y Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico” es una de las líneas de investigación en la que el grupo investigador desarrolla y continúa en una amplia investigación encaminada a velar por la conservación del Patrimonio Artístico e Histórico, entendiendo al edificio como un documento cultural recibido del pasado que no debe morir, y que demanda de nuestra sociedad su conservación y legado para disfrute de las siguientes generaciones.

Bajo este postulado, fue efectuado en el año 2002, un taller de recuperación e investigación de técnicas tradicionales en tierra cruda por el profesor Carlos Guigou, cuya experiencia quedó reflejada en la ejecución de diversas estructuras (*Figura 0.8*) y en la edición de un libro que recoge dicho trabajo (Guigou, 2002).

Varias e interesantes tesis doctorales han sido presentadas por este grupo de investigación. En ellas han sido recuperados elementos del paisaje insular, como en “La arquitectura del viento en Canarias : los molinos de viento, clasificación, funcionalidad y aspectos constructivos”, defendida por Víctor Cabrera García en el año 2009, o “El lagar y la prensa del vino en la historia de Gran Canaria. Tipos, funcionalidad y restos arqueológicos”, de F. Javier Solís Robaina, en 2012, o la recientemente presentada “Los



*Figura 0.8. Estructura situada en el exterior de la Escuela de Arquitectura de la ULPGC, testigo de la experimentación con tierra cruda llevada a cabo por el Departamento de Construcción arquitectónica. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Hornos de cal en Gran Canaria. Historia, evolución y tipología” de Jorge Manzano Cabrera.

Todas ellas indagan en aspectos técnicos, en la formación y estimación de valores e investigación de técnicas y modos de actuación para la conservación de estos patrimonios.

De similar factura es este trabajo de tesis doctoral, basado -como se ha esbozado anteriormente- en el estudio de materiales y técnicas procedentes de las culturas constructivas vernáculas en las que se emplea la tierra cruda como material de construcción, a través del estudio y análisis de las sustancias orgánicas que componen los embarrados tradicionales.

El conocimiento e investigación de las prácticas de revoque se transforma, por tanto, en un viaje hacia las distintas culturas constructivas efectuadas en tierra cruda. Así, desde África hasta América serán analizados los productos de naturaleza orgánica que mejoran las propiedades de los embarrados.

Este diálogo intercontinental tiene su núcleo en Canarias, entendida como plataforma que anida diferentes influencias ejercidas por estos continentes, sin dejar de mirar, evidentemente, hacia Europa.

Por todo lo descrito, esta tesis pretende invitar a un viaje, una vuelta al mundo a través de cuarenta y tres sustancias que nos descubran, junto a sus propiedades y usos, entornos, paisajes y saberes tradicionales, así como su posible aplicación en el contexto actual en la conservación y mantenimiento de la piel o revoco del hábitat vernáculo y, por qué no, en la realización de nuevas propuestas de arquitectura contemporánea.

## Planteamiento del problema

---

La historia del arte y de la arquitectura muestran a lo largo de la historia espacios comunes en lo referido al tratamiento de soportes.

Bien sea una tela o lienzo, una madera o un muro, la mayoría de las superficies necesitan de una imprimación y una posterior protección.

El tipo de sustancias empleadas en las primeras prácticas provienen del entorno inmediato al emplazamiento de la obra: colas de origen animal, gomas vegetales, caseínas, aceites y resinas, entre otras.

Esta última piel o capa, aplicada por lo general de manera afectuosa a modo de protección, pátina o decoración, nos acerca a un mundo muy interesante concerniente a la interacción de las sustancias orgánicas con los componentes de la obra y su respuesta ante los agentes externos.

Se trata de prácticas muy antiguas con una clara procedencia empírica, que se han manifestado y perpetuado a lo largo de los tiempos a través de los oficios tradicionales.

Sin embargo, el rápido avance tecnológico acontecido en las sociedades industrializadas a partir del siglo XIX, ha dado lugar

a una pérdida de memoria con respecto a las labores atávicas, transmitidas en su mayoría de forma oral.

Ello se aprecia en prácticas inadecuadas de conservación efectuadas sobre patrimonios vernáculos, en los que se abusa de cementos y hormigones en las reparaciones de los revestimientos de tierra, mostrando de esta manera que la interacción química entre los nuevos materiales con los de factura histórica son totalmente incompatibles (*Figura I.1*).

Entonces, si se quisiera recuperar el pasado constructivo propio hoy en día, junto a un esfuerzo por recordar y preguntar a los mayores para que expliquen -nuevamente de manera oral- sus conocimientos, se procedería además a un traslado a los países en vías de desarrollo donde se continúa trabajando y aplicando una tecnología apropiada, comprensible y con rostro humano



*Figura I.1. Vivienda en tapial con inadecuadas reparaciones. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

(Schumaker, 1983: 34).

Modernidad y tradición, olvido y memoria, sociedad industrializada y “tercer mundo”. ¿Será posible encontrar un espacio común donde la convivencia entre estas dicotomías sea viable?

## **I.1. Descripción de objetivos**

El objetivo principal de esta investigación reside en traer a la luz las sustancias de naturaleza orgánica presentes en las técnicas tradicionales de ejecución de embarrados y difundir su validez en el ámbito actual.

Como objetivos específicos, se debe determinar si los compuestos orgánicos objeto de estudio son transportables a los trabajos de conservación y restauración de revocos del patrimonio construido en tierra.

Se pretende localizar el máximo número de elementos naturales empleados por el hombre a lo largo de la historia, independientemente de la procedencia de la sustancia y de la zona climática donde ésta se encuentre.

Evidentemente, unas materias tendrán un uso masivo en una determinada parte del globo, mientras que en otras zonas del planeta serán empleadas otras totalmente diferentes. Incluirlas a todas en este trabajo enriquecerá el conocimiento acerca de la manipulación, función, modo y frecuencia de uso de estas materias.

Una vez localizados todos los elementos de estudio, clasificar los mismos constituirá un objetivo específico necesario. En un primer momento se debe conocer la procedencia y características de la sustancia, para poder sistematizarla posteriormente.

Esto permitirá precisar los modos de envejecimiento y alteraciones que puedan sufrir los compuestos orgánicos a lo largo del tiempo, previendo así futuros problemas de conservación.

Junto al conocimiento de la estabilidad de las sustancias empleadas en los embarrados, otro de los objetivos específicos de esta pesquisa será conocer adecuadamente las propiedades de los aditivos y señalar sus beneficios.

Se pretende, de esta manera, llenar el vacío de conocimientos existente respecto al uso y bondades de las sustancias naturales empleadas en la tradición constructiva.

Finalmente, ensayar y experimentar con una sustancia natural aplicada como consolidante de superficies de tierra, a fin de iniciar una investigación acerca de las materias locales susceptibles de estudio, será otro objetivo específico a desarrollar.

## **I.2. Preguntas de investigación**

Con anterioridad al inicio de esta tesis doctoral, ya habían surgido diversas preguntas formuladas a raíz de estar en contacto directo con diferentes culturas constructivas locales, como son los casos de Aït Ben Haddou en Marruecos, y Santa Ana de los Guácaras, en Argentina (*Figuras I.2 y I.3*).

Las cuestiones más relevantes surgidas en este tiempo son planteadas a continuación:

- ¿Cuáles son las sustancias empleadas en la construcción vernácula actual en los países en vías de desarrollo para la mejora de los revocos térreos?

- ¿Podrían ser empleadas estas sustancias en la conservación del patrimonio modesto de las sociedades más industrializadas?
- ¿Bajo qué criterios podrían resultar de uso factible hoy en día?
- ¿Cuál sería el modo óptimo de tratamiento, manipulación, mezclas y aplicación de estas sustancias en el ámbito de la restauración?
- ¿Qué efectos podría producir en nuestra sociedad moderna la reintroducción de las técnicas y procedimientos constructivos del pasado?

### I.3. Justificación

El empleo y modificación por parte del hombre de sustancias extraídas del medio natural es conocido desde épocas prehistóricas. Estas materias han sido utilizados tanto en la ornamentación de cuevas, viviendas o refugios, en los procesos de momifica-



*Figuras 1.2. y 1.3 Edificios vernáculos procedentes de Ait Ben Haddou, en el Atlas Medio marroquí y Santa Ana de los Guácaras en la provincia argentina de Corrientes. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

ción en el antiguo Egipto, como en la creación de perfumes e industria cosmética actuales.

Su uso continuado entre las comunidades en vías de desarrollo ha sido una actividad habitual debido a las cualidades que poseen estas sustancias para conferir propiedades óptimas allá donde se aplican.

El carácter oral y empírico sobre el que se ha basado la práctica del saber constructivo vernáculo ha sido estudiado en su mayoría por la antropología, recibiendo innumerables connotaciones folclóricas. En la actualidad se asiste a la falta de un conjunto de conocimientos y saberes precisos acerca de las sustancias naturales empleadas en la tradición.

Por ello, conocer de manera profunda la composición, procedencia y modos de aplicación de las sustancias estudiadas, ayudará a conformar un corpus de saberes precisos acerca de las bondades de los compuestos de naturaleza orgánica y sus posibles aplicaciones actuales.

El estudio de los métodos constructivos tradicionales, aún vigentes en la actualidad en el ámbito de pequeñas comunidades, tal como se muestra en el Anexo III, son un vivo ejemplo de lo que puede aportar lo vernáculo a las sociedades industrializadas: formas y modos constructivos de antaño que dan respuesta a problemas actuales, como pueden ser la sustentabilidad y ecología del hábitat, entre otros (*Figuras I.4 y I.5.*).

Durante las temporadas pasadas en estos territorios, la doctoranda ha podido comprobar lo apropiado del uso de las sustancias orgánicas en las prácticas de revoco de edificios tradicionales; prácticas en las que, al igual que las técnicas pictóricas antiguas, utilizan las materias que el medio ambiente brinda, dando lugar a una arquitectura bella, respetuosa con el entorno y sostenible con el medio ambiente y el planeta.

Estas prácticas y los materiales empleados en ellas, no distan mucho de los que en un pasado ya olvidado fueron utilizados en Canarias, cuyo aprendizaje y transmisión se produjo, al igual que en las comunidades mencionadas anteriormente, de manera oral.

No es ajeno que el Archipiélago tiene muchas cosas en común con las zonas donde la investigadora ha realizado estancias de investigación, por lo que se considera que la arquitectura vernácula isleña soportaría muy bien revestimientos de este tipo, proporcionando una solución sustentable a los problemas de conservación de las edificaciones localizadas en las zonas rurales actuales.

Entonces, ¿por qué estas técnicas no han pervivido en nuestro territorio?

La llegada de la sociedad del bienestar ha producido el paulatino olvido de las técnicas constructivas tradicionales, quedando nuestros campos despoblados, mostrando hoy auténticas ruinas de unas edificaciones que, pese a su abandono o malas prácticas de conservación, permanecen bellas y dignas como lo fueron en el momento de su creación.

Hábitats en cuevas, casas construidas en piedra con la ayuda de morteros de tierra y alpendres hermosos se sostienen aún, a la espera de ser re-descubiertos y re-habitados nuevamente en orden con el entorno (*Figura I.6*).

Lo acontecido en Canarias, venía



*Figuras I.4 y I.5. Pequeñas comunidades situadas en el noroeste argentino: Uquía y Yavi. En ellas aún se mantienen vivas las prácticas constructivas tradicionales. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

ocurriendo en el continente europeo desde mucho antes: en el siglo XIX, en pleno auge de la Revolución Industrial, comienzan a proliferar en el mercado de la construcción productos novedosos y químicamente complejos, lo que ha ido propiciando de manera progresiva el reemplazamiento de las sustancias empleadas en la tradición por los agregados de procedencia industrial.

Esta necesidad de nuevos materiales se ve incrementada tras las guerras mundiales debido a la necesidad de reconstruir los países involucrados en las mismas, lo que favorece un rápido avance en la creación de nuevos productos de factura industrial.

Por todo lo expuesto, se hace necesario rescatar y justificar la eficacia de estas materias a través del uso de una argumentación científica que de validez a los métodos de trabajo tradicionales.

En el ámbito europeo, el tema de esta investigación encaja



*Figura I.6. Hábitat vernáculo en la isla de Gran Canaria. (Procedencia gráfica: Ramos, J.).*

perfectamente dentro de uno de los objetivos estratégicos planteados en el programa Horizonte 2020. El estudio de las grandes cuestiones que afectan a los ciudadanos europeos, como es el área propuesta para una vida mejor: clima y materias primas, produciendo resultados dirigidos a resolver problemas concretos de los ciudadanos, como la transición hacia una economía eficiente y baja en emisiones de carbono.

Por otro lado, bajo una perspectiva más globalizada, al situarnos en las previsiones de crecimiento de la población mundial, se estima que para el año 2050, es decir, en apenas treinta y cinco años, una cifra de nueve mil millones de personas habitarán el planeta. Esta cantidad es preocupante. Se sabe que los recursos naturales de los que el hombre ha hecho un uso indiscriminado hasta ahora, escasean. Existe, pues, la necesidad de buscar soluciones poblacionales a cuestiones tan básicas como la alimentación o el cobijo.

Desde numerosos organismos internacionales se está buscando ya una solución a esta situación. La conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Río de Janeiro en el año 2012, Río+20, concluyó en la necesidad de llevar a cabo en la actualidad prácticas de desarrollo sostenible en su documento *El futuro que queremos* (Naciones Unidas, 2012).

*The International environment house* (IEH), organización surgida en el año 1971 en Ginebra, Suiza, en el seno del Programa de las Naciones Unidas por el Medioambiente, *United Nations Environment Programme* (UNEP), tiene por objetivo promover sinergias y animar la colaboración de diferentes organizaciones no gubernamentales en el campo del medioambiente y el desarrollo sostenible tanto en países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo.

Por otro lado, en la esfera de los trabajos de conservación y restauración de bienes tanto muebles como inmuebles, ha surgido

en los últimos años de profesión una inquietud extendida entre los propios restauradores en lo relativo a la toxicidad, procedencia y costos de los materiales que son empleados a diario en esta labor.

La protección de la piel y de las vías respiratorias en el desarrollo del oficio genera incomodidades que acaban repercutiendo tarde o temprano en la salud.

En el plano de la obra, el exceso de químicos, sus elevados costos y la dificultad de envío de muchos de estos productos a determinadas zonas geográficas, genera igualmente un abanico de problemas a la hora de enfrentarse a trabajos de restauración y conservación de un Bien.

Todo esto es una pequeña muestra de la necesidad cada vez mayor de trabajar con productos de conservación de menor agresividad para quien los manipula, más benignos y en concordancia con la obra sobre la que se aplican y con el medio ambiente.

#### **I.4. Criterios de utilidad: beneficiarios**

La investigación llevada a cabo se considera de utilidad ya que en ella se pondrá de manifiesto los beneficios que aportan las sustancias naturales empleadas en la construcción tradicional y sus posibilidades de uso en el momento actual.

La relevancia social que puede aportar esta pesquisa consistirá, como se ha mencionado en el párrafo anterior, en el aumento del conocimiento y aporte de validez científica acerca del uso y aplicación de los compuestos orgánicos empleados en la tradición constructiva, acercándose a un pasado no tan lejano en el que el hombre convivía de manera sostenible con el medio.

Beneficiarios de los resultados que brinde esta investigación serán los usuarios o propietarios de la arquitectura rural, vernácula e histórica, ya que se les brindará una herramienta con la que conservar sus bienes y que además les permitirá beneficiarse de un hábitat saludable y económico, permitiendo la comprensión empírica acerca de los materiales que componen el edificio.

Otra población favorecida por esta pesquisa será el colectivo de restauradores del patrimonio vernáculo construido, ya que ayudará en la realización de un trabajo alternativo, sin el aporte de sustancias o materias costosas -venidas del exterior- y nocivas para la salud de quien las aplica.

Disponer, además, de un informe de sustancias inocuas con las que trabajar en la reparación de los morteros térreos presentes en el hábitat tradicional, es una herramienta de trabajo necesaria desde hace mucho tiempo.

Todo ello tendrá además repercusión en la realización de prácticas óptimas de conservación y rehabilitación del patrimonio construido, ejecutadas de una manera que aseguran la durabilidad de los materiales y la sostenibilidad ambiental.

Los revocos de tierra contribuyen a embellecer estéticamente y a dotar de nobleza los soportes sobre los que se aplican. Con ello, las implicaciones prácticas de este trabajo darían solución al problema del mal uso de los materiales que son empleados en la actualidad en la rehabilitación del patrimonio modesto, que no sólo afean el edificio y, por ende, el paisaje, sino que repercuten en la salubridad del hábitat.

Esta pesquisa pretende aportar un grano de arena al problema de sustentabilidad presente en un archipiélago como el Canario, donde la autosuficiencia y el respeto al medio a través de prácticas sostenibles de rehabilitación y cuidado del entorno son necesarias.

Finalmente, se pretende que la utilidad metodológica de esta investigación confluya hacia el estudio y uso de los aditivos naturales, logrando con este trabajo ampliar conocimientos e introducir mejoras en la forma de experimentar con las sustancias orgánicas.

## **I.5. Viabilidad de la investigación**

La financiación durante dos años por parte de la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) ha hecho posible una buena parte de este estudio en lo referido al tratamiento de ideas de investigación a través de los diferentes viajes realizados en el nordeste argentino con el objetivo de llevar a cabo la investigación denominada *Estudio y conservación del hábitat tradicional en tierra cruda en la región del nordeste argentino (NEA) y su aplicación constructiva actual*.

Junto a este recurso financiero, el equipo humano implicado, proveniente del Instituto Tecnológico para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu), a través de su director el Dr. Arquitecto Daniel Edgardo Vedoya, ha facilitado en todo momento el aporte humano y tecnológico de esta labor.

Posteriormente, en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, la buena dirección del Catedrático Ortega Andrade ha hecho posible la conformación de la investigación presentada.

La obtención de la ayuda económica “Programa de apoyo a PFC, TFT y Tesis doctorales en el ámbito de la Cooperación Internacional para el Desarrollo”, otorgada por el Centro Universitario de Cooperación Internacional al Desarrollo (CUCID) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ha hecho posible la ejecución de ensayos de caracterización

de suelos en el *Laboratoire de Spectrométrie des Matériaux et Archéomatériaux* (LASMAR), perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Universidad Moulay Ismaïl de Mequinez, en Marruecos.

Paralelamente, la colaboración con el químico Livio Ferrara, perteneciente al Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, ha facilitado la realización de la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), fundamental en la parte práctica de esta tesis.

## **I.6. Deficiencias en el conocimiento del problema**

El interés inicial de esta investigación consistía en la realización de diferentes probetas a ser ensayadas con varias sustancias orgánicas para poder demostrar su eficacia. Esta idea tuvo que ser desechada posteriormente por dos motivos fundamentales:

1. Imposibilidad de realizar los análisis de laboratorio pertinentes en el Departamento de Geotecnia y Cimientos de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la ULPGC, debido a la merma de espacio de sus instalaciones, en uso por los estudiantes.
2. Motivos de tipo económico, ya que aunque existen laboratorios especializados en la isla de Tenerife, la ausencia de financiación que facilitara este traslado ha imposibilitado la ejecución de los mismos.

Por ello, se hizo necesario reducir notablemente tanto la cantidad de sustancias como de probetas a ser ensayadas, y a realizar una parte de los análisis de manera doméstica, por lo que son ofrecidos unos índices aproximados.



## II

### Hipótesis y método de investigación

---

Esta tesis trata de acercarse al conocimiento y comprensión de las sustancias empleadas en el saber constructivo vernáculo para trasladarlo al ámbito actual en lo referente a la recuperación de revocos de tierra.

Procura ampliar el conocimiento existente acerca de los aditivos de naturaleza orgánica empleados tradicionalmente en la mejora de los embarrados y mostrar la valía de estas sustancias para ser utilizadas en el campo de la restauración del patrimonio edificado en la actualidad.

Como se ha podido constatar, existen lugares en el globo en los que aún se conservan las técnicas vernáculas de construcción con tierra. Estos lugares, pertenecientes a comunidades localizadas mayoritariamente en países en vías de desarrollo, atesoran un tipo de arquitecturas que, pese a ofrecer un demostrado confort térmico, a ser realizadas bajo un aprovechamiento respetuoso de los recursos naturales y a mantener vivo el saber-hacer tradicional consolidado a lo largo de la historia, poseen injustas connotaciones de pobreza incluso entre sus propios usuarios, debido principalmente al rápido y feroz avance de la industria de la construcción y al concepto de modernidad y riqueza inherente a esta.

## II.1. Hipótesis

Llegados a este punto, la hipótesis que se origina de la parte teórica de este trabajo parte de las siguientes reflexiones.

Existe una realidad propia en la construcción histórica que ha dado respuesta a las exigencias funcionales frente a los problemas del clima y a las adversidades del hábitat, resolviendo estos problemas con el uso de sustancias locales y naturales con resultados similares a los que hoy resuelve la química orgánica e inorgánica en la tecnología actual y avanzada.

Especificando aún más sobre esta reflexión, cabe plantearse que, si el uso de aditivos orgánicos (engrudos, aceites, lácteos, resinas y gomas, entre otros) se continúan aplicando con óptimos resultados hoy en día en la mezcla de revocos de barro entre las comunidades de países en vías de desarrollo, entonces esas mismas sustancias podrían ser de aplicación y beneficio en los trabajos de consolidación de revocos de patrimonios vernáculos realizados en tierra.

En este ámbito se puede pues, plantear una hipótesis general teórica: las sustancias naturales son capaces de mejorar las cualidades de los revocos aplicados sobre los muros de las arquitecturas de barro.

Partiendo de la anterior hipótesis general, se hace necesaria operativizarla de manera que la misma adquiriera un carácter práctico y científico. Así pues, la hipótesis de trabajo o experimental será la siguiente:

El látex de *Euphorbia balsamífera* puede actuar como sustancia consolidante de superficies de tierra.

Para validar las hipótesis presentadas, esta tesis recopilará,

clasificará y describirá las sustancias mayormente empleadas a lo largo de la historia a través de un extenso estudio documental por un lado, y experimentará con una materia de procedencia local, aplicándola en la consolidación superficial de un muro de tapial erosionado, por el otro.

## **II.2. Método de investigación**

Como se ha disertado, el verdadero objeto de esta tesis consiste en el estudio de las sustancias orgánicas empleadas en la tradición vernácula para poder determinar las posibilidades que ofrecen de ser empleadas en trabajos de restauración de arquitecturas de tierra, y ser ensayadas en procesos de consolidación de superficies.

La metodología a emplear para tal fin se divide en dos fases claramente diferenciadas: una primera fase o investigación documental y una segunda fase, totalmente experimental, denominada trabajo de campo.

### **II.2.1. Investigación documental**

El método de investigación seguido en esta etapa se encuadra dentro de un marco cualitativo descriptivo, encontrándose entre la búsqueda de lo documental y lo empírico.

Éste último punto se refiere al contacto contraído tanto con la materia de estudio como con las personas que la trabajan, tratándose por lo tanto de un método deductivo.

Un primer contacto con constructores locales procedentes de Argentina y Marruecos, mostraron de primera mano la utilización de determinadas sustancias, así como el saber hacer de las prácticas tradicionales de construcción con barro de la misma forma que ellos lo aprendieron: oralmente.

El constante ensayo-error realizado a través de los tiempos, no ha logrado otorgar la valía pertinente a estas fórmulas, posiblemente por la desvirtuación que ha sufrido este saber en las últimas décadas proveniente de las influencias externas, amén de otros factores.

Seguidamente, con el objetivo de localizar el mayor número de materias posibles, a la experiencia propia en el terreno, se anexiona además los elementos encontrados en la revisión bibliográfica, en la que han sido consultadas numerosas fuentes escritas.

La bibliografía analizada en un primer momento, procede de la Biblioteca General y de la Biblioteca de Arquitectura de la Universidad Nacional del Nordeste, en Resistencia, Argentina.

Paralelamente, se ha consultado la obra publicada en la web del Centro Internacional de Investigación con Tierra, CRATerre, referida toda ella a prácticas constructivas con este material en diversas partes del mundo.

Finalmente, en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se ha efectuado un meta-análisis de las fuentes bibliográficas disponibles, utilizando para ello el tesoro de la ULPGC, Faro, a comienzos del mes de noviembre de 2013.

Fueron empleados los siguientes términos de búsqueda:

- Arquitectura de tierra
- Arquitectura de barro

- Revocos de tierra
- Revocos de barro
- Revestimientos de tierra
- Revestimientos de barro
- Revoques de tierra
- Earthen plasters
- Natural stabilizers earthen architecture
- Consolidación muros de tierra

Tras esta exploración, fueron seleccionadas un total de setenta y dos referencias. La mayor parte de ellas se corresponden con artículos publicados en congresos o conferencias; son éstos los que muestran en su mayoría experiencias prácticas acerca de esta temática.

En menor cantidad se han encontrado tesis doctorales y de maestría, unas pocas publicadas en la red, y otras brindadas amablemente por profesores tutelares de los trabajos de sus alumnos.

El tema de las sustancias naturales queda relegado igualmente a escasos apartados en capítulos de libros, en los que apenas tienen importancia y es abordado con poca profundidad y coherencia, en la mayoría de los casos.

La suma de todas las fuentes primarias, amplió de manera importante el número de sustancias recopiladas hasta ese momento de manera oral.

Finalmente, disponiéndose de una base de datos de sustancias utilizadas con fines estabilizantes de los revocos de tierra, se recurrió a otras fuentes secundarias que estudiaban el comportamiento propio de los adyuvantes; esta literatura provenía mayoritariamente de la especialización de las artes, la conservación y restauración del patrimonio, así como de la farmacopea.

Este tipo de textos, obras de cabecera en el desarrollo de la profesión del restaurador, han sido de gran ayuda a la hora de entender a la propia materia, su procedencia y extracción, sus modos de deterioro y de envejecimiento.

Una vez analizada la bibliografía disponible, se procedió a la ordenación de los compuestos orgánicos objeto de estudio.

La complejidad de este tipo de sustancias viene dada por su composición, ya que se trata de mezclas heterogéneas de carbono, oxígeno e hidrógeno junto a otros componentes que dan lugar a productos de estructura complicada.

Una forma de categorización que determinaría las propiedades y características de los elementos de análisis bajo un punto de vista químico, junto a su procedencia animal, vegetal o mineral, así como su grado de miscibilidad en agua, consistió en su clasificación en prótidos, glúcidos y lípidos.

Este punto de vista químico ayuda a determinar características comunes y opuestas de las materias de estudio, dejando fuera de la clasificación los ácidos nucleicos.

El procesamiento de toda la información obtenida, ha hecho posible la confrontación de un cruce de conocimientos sobre la materia de estudio, desembocando finalmente en el Anexo I de esta tesis que, a modo de fichas, amplía la información acerca de las sustancias empleadas en la tradición global, ofreciendo sus modos de uso adecuados.

Precisar además que la investigación propuesta se centrará en los métodos de estabilización heterogéneos expuestos en el apartado II.3.4.1 del Estado del Conocimiento.

Por ello, esta tesis se ocupará del estudio de las sustancias estabilizantes por consolidación y por impermeabilización,

dejando fuera de la investigación los procesos de estabilización por fricción, es decir, las fibras de procedencia animal o vegetal.

Abarcar la variedad de fibras empleadas históricamente, tales como algas, estiércol, o cáscaras de cereal, que confieren al edificio unas cualidades térmicas ejemplares, constituyen toda una línea de investigación paralela. Es por ello por lo que se ha decidido no incluirlas en esta investigación.

## II.2.2. Trabajo de campo

La Casa del Deán, vivienda doméstica edificada en el siglo XVI, único ejemplo de arquitectura urbana en tapial conocido hasta este momento en Las Palmas de Gran Canaria, ha sido el punto de partida para llevar a cabo la parte experimental de esta tesis.

Por ello, se extrajo inicialmente unos gramos de tierra del tapial histórico a fin de que ayudase a su caracterización, para poder conformar posteriormente una batería de probetas de granulometría lo más similar posible al original.

El diseño experimental de la investigación práctica ha consistido primeramente en la determinación del compuesto orgánico con el que efectuar las pruebas de consolidación; luego se localizaron y caracterizaron las tierras con las que realizar las probetas y finalmente, tras la determinación de la proporción de consolidante a emplear, se procedió a efectuar la consolidación superficial sobre un fragmento de tapial original, que posteriormente sería analizado con instrumental de laboratorio. De esta manera se podrá corroborar la capacidad consolidante de la materia empleada.

### II.2.2.1. Elección de la sustancia orgánica a ensayar y consolidación de probetas

Siguiendo la línea de esta tesis, que parte no sólo del estudio de las materias orgánicas empleadas tradicionalmente en la mejora de los revocos de barro, sino en el empleo de sustancias locales susceptibles de ser empleadas en la conservación de superficies, se procedió a la localización de compuestos orgánicos en el ámbito insular que reuniesen características apropiadas para ser empleados como consolidantes, es decir: que poseyesen propiedades adhesivas.

Para ello, se centró la atención en el ámbito de las resinas y gomorresinas.

En un primer momento, se consideró el empleo de plantas de la familia de las *Agavaceae*, ya que en la parte teórica fueron localizadas experiencias de ensayos con jugo de ágaves americanos en tareas de conservación de muros de tierra (Romero, 1990), así como con otras especies procedentes de la familia de las *cactaceae* (Hoyle, 1990; Martínez-Camacho, Vazquez-Netrete, Lima, Lara & Bosch, 2007).

Trasladar esta idea al ámbito local consistiría en el ensayo con jugos procedentes de *piteras*, voz canaria para designar a los ágaves, llegando al propio aloe vera o pita sábila, así como con las *tuneras* o nopales, especies todas ellas introducidas desde el continente americano y ampliamente extendidas en Canarias.

Esta primera idea quedó desechada debido a que ya se habían efectuado ensayos favorables con este tipo de sustancias, y una de las pretensiones de esta tesis además consistía en innovar.

La constatación del uso de plantas procedentes de la familia de las *euphorbiaceas* empleadas en la estabilización de embarrados

hizo que se planteara el uso de dos variantes de esta familia, de notable presencia en el Archipiélago Canario.

La *Euphorbia Canariensis* o cardón, empleada en el ámbito insular para embarbascar los peces, es decir, verter su látex venenoso en el agua para atontar al animal y de esta manera poder pescarlo fácilmente, y la *Euphorbia Balsamífera* o tabaiba dulce, empleada por los antiguos como goma de mascar (Viera y Clavijo, 1982), fueron las especies que resultaron más atractivas debido a sus cualidades y usos atávicos.

Con el objeto de asegurar la capacidad consolidante de estas sustancias, se entró en contacto con biólogos procedentes del Jardín Botánico Viera y Clavijo, en Las Palmas de Gran Canaria, quienes proporcionaron amablemente una vasta información y contactos para mejor conocer las características de las plantas seleccionadas.

La posterior entrevista con el equipo de investigadores del Departamento de Bioquímica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, fue determinante en la elección de la *Euphorbia balsamífera* como sustancia consolidante debido a su benignidad frente a la *Euphorbia canariensis*.

Finalmente, fueron localizados sendos tabaibales en el norte de la isla con la ayuda de herramientas web de localización del Cabildo de Gran Canaria y del Gobierno de Canarias.

Dado que esta tesis hace especial hincapié en las disoluciones líquidas, se ha requerido la consulta de las propiedades y cualidades de los disolventes orgánicos, quedando estos datos recogidos en el Anexo II de la presente tesis, desde donde fueron seleccionados los solventes apropiados en los que diluir el biopolímero recolectado.

Fueron empleados en la consolidación dos tipos de solventes:

uno perteneciente a la familia de los alcoholes, y otro a la de los hidrocarburos aromáticos.

La aplicación de la sustancia consolidante fue efectuada por aspersión, en proporciones del 5, 15 y 25%.

#### II.2.2.2. Caracterización de tierras y realización de probetas

Tras la realización del ensayo de la botella, que permite determinar la granulometría presente en el tapial de la casa del Deán, fue necesario encontrar una tierra lo más similar posible a la original con la que efectuar la batería de probetas.

La inexistencia de una cantidad importante de tierra tanto en los alrededores de la vivienda como en el interior de la misma, obligó a búsqueda de un nuevo suelo con el que trabajar.

Los criterios de búsqueda planteados se basaban en la extracción de una tierra lo más próxima al edificio, ya que las empleadas originariamente en construcción se extraían del propio emplazamiento donde se situaba la vivienda. La cantera debía proceder de un lugar que no estuviese contaminado, es decir, sin construcciones ni trabajos agrícolas en los alrededores, para que estuviese en un estado lo más puro posible.

Un suelo con estas características fue localizada en el Barranco Guiniguada, a un kilómetro de la Casa del Deán.

Tras los ensayos de caracterización de esta nueva tierra, se encontraron notables diferencias con la empleada para el tapial, por lo que hubo que asemejarla a la original con el añadido de arena.

Posteriormente, fueron ejecutadas un total de siete probetas sobre un molde metálico de unas dimensiones de 14 x 14 x 4 centímetros.

### II.2.2.3. Ensayos sobre las probetas, consolidación del tapial y analítica

Una vez secas y tratadas las probetas, fueron sometidas a ensayos que determinaban su comportamiento ante la humedad y las acciones mecánicas. Aquellas que dieron mejores resultados fueron las que determinaron la elección de la proporción del consolidante y el solvente con el que continuar el trabajo.

Se determinó por lo tanto, aplicar una disolución al 15 por ciento de látex de *euphorbia balsamífera* en un hidrocarburo aromático sobre una parte erosionada de tapial.

En la ejecución de la consolidación del tapial de la Casa del Deán, se siguieron además las recomendaciones efectuadas por Martínez-Camacho (2007). La autora empleó un extracto de mucílago de nopal en la consolidación de muros de adobe en el entorno mejicano, obteniendo mejores resultados en aquellas zonas en las que se procedió previamente a la impregnación sobre el muro con una mezcla de agua alcohol, con el fin de favorecer la dispersión de la sustancia consolidante.

Pasados 16 días de la aplicación del biopolímero en el tapial de Las Palmas, se procedió a la extracción de muestras a ser analizadas en laboratorios especializados de la comunidad valenciana y Marruecos.

En ellos fueron analizadas un total de cuatro muestras a través de métodos instrumentales que determinarían tanto la capacidad

consolidante de la sustancia empleada, como la composición mineralógica de las partículas que componían el tapial.

Fueron realizados la Espectroscopía infrarroja (IR), Difracción de rayos X (DRX), Raman, microscopía electrónica de barrido (SEM), Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), Microscopía estereoscópica y Microscopía óptica.

#### II.2.2.4. Instrumentación empleada

Las herramientas necesarias para llevar a cabo el experimento han sido los siguientes:

- Cámara fotográfica Canon G10
- Web del Jardín Botánico Viera y Clavijo, a través de la cual fueron localizados los barrancos de la isla con mayor predominio de tabaiba dulce
- Web del servicio de ortografía del Gobierno de Canarias
- Látex de *euphorbia balsamífera*
- Agua destilada
- Etanol
- Disolvente xileno distribuido por Palcanarias
- Tierra procedente del Barranco Guiniguada
- Arena de médano extraída del Barranco de Tufia
- Cal
- Fichas de campo
- Botes de vidrio
- Aspersores
- Cribadores
- Moldes
- Brochas
- Colador
- Pipeta

## HIPÓTESIS Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

- Escaleras
- Lijas de grano 0, marca A. Debray FG3
- Pesas de un kilogramo
- Balanza electrónica de precisión
- Agitador magnético
- Microscopio Raman, Renishaw Ramanscope láser rojo de 632 nm
- Espectrómetro infrarrojo modelo Shimadzy IR-470
- X-Ray Generator modelo Philips, theta 14860
- Microscopio electrónico de barrido de presión variable modelo S-3400N de Hitachi Ltd. (VP-SEM)
- Espectrómetro de Bruker Corporación Vertex 70



### III

## Estado del conocimiento

---

La tendencia eurocéntrica, dominante en las sociedades industrializadas a lo largo de los últimos siglos, ha sido una de las causas del tardío estudio de las arquitecturas vernáculas realizadas en barro o tierra cruda. Las investigaciones en torno a esta temática han sido realizadas, en su mayoría, bajo una perspectiva de la antropología o de la historia. <sup>1</sup>

Ha tenido que pasar mucho tiempo hasta que se produjese un interés profundo, orientado hacia las enseñanzas que puede brindar al hombre actual, el saber constructivo tradicional.

<sup>(1)</sup> Las aportaciones de historiadores como Blier (1994) en torno al hábitat de la región batammariba en Togo, o Dethier (1982) en proyectos de valoración y conservación de arquitecturas de tierra, así como las del antropólogo Castaneda, (2014) respecto a las viviendas vernáculas del norte de Colombia, o incluso los propios arquitectos Bourdier & Trinh (2005), son imprescindibles para mejor entender el universo de las culturas vernáculas.

Tal es así, que esta observación puede ser extendida a muchos y destacados aspectos en el estudio de las artes y las humanidades: las prácticas procedentes de África, América o incluso Asia, han sido consideradas artesanías frente al arte clásico; el pensamiento que procede de los países orientales es entendido como sabiduría, mientras que si emana en territorio europeo o norteamericano se denomina filosofía. Evidentemente, la arquitectura no ha quedado fuera de este tipo de conceptos. La arquitectura mayormente estudiada es aquella que se entiende hoy día como monumental, habiendo quedado relegada a un segundo plano la doméstica, la efectuada por los pueblos para cubrir auténticas necesidades de abrigo.

En el año 1964, el Museo de Arte Moderno de Nueva York

(MOMA), inauguró una exposición completamente novedosa, que miraba de frente otros modelos y formas de ocupar el territorio. La muestra “Arquitectura sin arquitectos”, o “Arquitectura sin pedigrí”, realizada por Rudofsky (1973), exponía fotografías de viviendas vernáculas localizadas a lo largo y ancho del planeta.

Esta muestra ofrecía al espectador lo que siempre ha estado, pero que muy pocas veces ha sido mirado, al menos hasta ese momento, ya que es a partir de ahí, en la década de los 60 del pasado siglo, cuando se comienza a apreciar un cierto interés hacia las representaciones vernáculas.

<sup>(2)</sup>Término introducido por el economista alemán Erns Friedrich Schumacher (1911-1977) en su obra *Lo pequeño es hermoso*: “La tecnología de la producción masiva es inherentemente violenta, ecológicamente dañina, autodestructiva en términos de recursos no renovables y embrutecedora para la persona humana. La tecnología de la producción por las masas, haciendo uso de lo mejor del conocimiento y experiencia modernos, conduce a la descentralización, es compatible con las leyes de la ecología, es cuidadosa en su uso con los recursos escasos y se adapta para servir a la persona humana en lugar de hacerla sirviente de las máquinas.” (Schumacher, 1983: 160-161).

Las obras del ya mencionado Rudofsky, junto a otras de Oliver (1978), Rapoport (1973) o Fathy (1975), son pioneras en el estudio de las “arquitecturas de pobres” o “arquitecturas primitivas”, logrando hacer visible la arquitectura tradicional a través de la investigación y rescate del saber-hacer, constituyendo hoy en día obras claves en el estudio de lo vernáculo.

### III.1. Lo vernáculo, ¿la tendencia del futuro?

La arquitectura sin arquitectos, la vernácula, es aquella producida generalmente por familias, comunidades o por auto-constructores, siguiendo unos modelos o patrones comprobados empíricamente a lo largo de la historia. Estos modelos son los que hacen posible la identificación concreta de una determinada comunidad.

La adaptabilidad al territorio donde se encuentra emplazada la construcción, en la que son empleados los recursos naturales que el medio inmediato ofrece, contribuye a la concepción de una arquitectura sustentada en la tecnología intermedia o baja tecnología.<sup>2</sup> Por todo ello, los saberes constructivos atávicos,

profundamente conocedores de sus fortalezas y debilidades, han sido capaces de generar a través de los tiempos un perfecto funcionamiento orgánico y cooperativo de todos los elementos que constituyen el conjunto constructivo.

Esta sabiduría tradicional queda manifiesta en la Carta del Patrimonio Vernáculo Construido, que ofrece en sus consideraciones generales una serie de puntos clave para reconocer lo vernáculo edificado:

- Un modo de construir emanado de la propia comunidad.
- Un reconocible carácter local o regional ligado al territorio.
- Coherencia de estilo, forma y apariencia, así como el uso de tipos arquitectónicos tradicionalmente establecidos.
- Sabiduría tradicional en el diseño y en la construcción, que es transmitida de manera informal.
- Una respuesta directa a los requerimientos funcionales, sociales y ambientales.
- La aplicación de sistemas, oficios y técnicas tradicionales de construcción.

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, 1999

Si bien el término vernáculo tiende a ser comprendido como algo propio del pasado en el mundo industrializado, dentro del ámbito de los países en vías de desarrollo, existe aún hoy en día una arquitectura vernácula actual, realizada a través de prácticas tradicionales que han logrado perpetuarse entre las comunidades a lo largo del tiempo.

Esto es ampliamente visible en los continentes africano, asiático y en iberoamérica, lugares en los que el avance de la urbanización y la globalización se ha producido a un ritmo menor que en las latitudes industrializadas (Vellinga, Oliver & Bridge, 2007: xiii).

En este punto, cabe plantearse determinadas cuestiones que serán respondidas a lo largo de este capítulo:

1. ¿Qué puede enseñar lo vernáculo?
2. ¿Qué se puede aprender de él?
3. ¿Cómo se puede adaptar este saber constructivo al presente?

Se parte del entendimiento de que lo vernáculo es poseedor de una enorme fuente de sabiduría, que aporta muchas claves acerca de procesos de construcción comprensibles y tendentes a la creación de un futuro más sostenible y respetuoso con el entorno.

En este sentido, se ha producido recientemente una asociación entre universidades de Francia, Portugal, España e Italia con el objetivo de ampliar conocimientos acerca del patrimonio vernáculo, valorar y difundir sus capacidades, proponiendo además soluciones constructivas a través de construcciones eco-responsables y sostenibles.

El proyecto denominado “VERSUS. Lecciones del patrimonio vernáculo para una arquitectura sostenible”, establece unos objetivos y metodología para la observación y análisis de la arquitectura vernácula, enfocando los tres pilares de la sostenibilidad<sup>3</sup> de la siguiente manera:

<sup>(3)</sup>Los tres pilares de la sostenibilidad, descritos en el Informe Brundtland (1987), son el Crecimiento económico, la Inclusión social y el Equilibrio medioambiental. Posteriormente, en el marco de la Cumbre Mundial de Líderes Locales y Regionales celebrada en la Ciudad de Méjico en el año 2010, se añadió la Cultura como cuarto pilar del desarrollo sostenible.

- Medioambiental: este pilar trata de la capacidad de intervención humana para reducir e incluso evitar el impacto adverso de los edificios sobre un medio ambiente sensible a los cambios. Esta intervención humana es capaz de integrarse en la naturaleza y prestar atención a las características bioclimáticas del lugar, controlar la producción de contaminación y los desechos, preservar la salud y prevenirnos de los impactos de los riesgos naturales.
- Sociocultural: en el sentido de pertenencia e identidad, de

desarrollo personal y comunitario. Se trata de un intento de reunir todos los efectos positivos que observamos en la arquitectura vernácula en términos sociales y culturales, tales como la protección de los paisajes culturales, la transmisión de las culturas constructivas, la capacidad de suscitar la creatividad, el reconocimiento de los valores culturales (tangibles e intangibles), así como de favorecer la cohesión social.

- Socioeconómico: se trata de la capacidad de reducir los esfuerzos invertidos en el proceso de construcción, de mejorar su rendimiento, del mantenimiento de los edificios y de todas las aportaciones que contribuyen a mejorar las condiciones de vida. Aquí, el concepto de esfuerzo y trabajo viene a sustituir la idea de coste, especialmente en situaciones donde no existen sistemas de capital intensivo. Las soluciones vernáculas promocionan una mayor autonomía, estimulan la actividad local, optimizan los esfuerzos de creación, prolongan la vida útil de los edificios y fomentan la economía de los recursos.

ENSAG-CRAterre, 2014: 8

### **III.2. Las enseñanzas de lo vernáculo a través del estudio del mantenimiento comunitario del “bios”**

En su escrito “Teoría de la restauración”, Baldini (2002) sostiene que un monumento puede presentar a lo largo de su existencia tres etapas vitales, relacionadas con su grado de deterioro.

El estado de destrucción o *thánatos* se refiere a la ruina; este estado se puede producir bien por el abandono de la obra, o por acontecimientos violentos como pueden ser los fenómenos naturales, guerras, etc.

La prolongación de la vida de la obra o *bios*, se refiere las prácticas de conservación o mantenimiento que garantizan la perpetuación del objeto preservándolo de daños posibles.

El último estado planteado por Brandi es el que él denomina *heros*, siendo al que se llega a través de los trabajos de restauración de un Bien.

[...] mientras que el mantenimiento es imprescindible, inaplazable, inevitable y necesario, dado que gracias a él se prolonga la vida de la obra de arte evitando su rápido “thánatos”, prolongando lo más posible su “bios” y evitando modificar arbitrariamente su “heros”.

Baldini, 2002: 8

### III.2.1. Prácticas tradicionales de revestimiento de monumentos en África Occidental

De especial interés en esta investigación son las acciones llevadas a cabo en la parte más occidental de África. En esta parte del continente, las prácticas comunitarias de conservación del hábitat vernáculo han sido profusamente investigadas durante la última década por estudiosos procedentes del ámbito europeo, siendo CRATerre en Francia quien ha editado una cantidad importante de escritos acerca de esta temática.

En el noroeste de África existen numerosos ejemplos tanto de monumentos de carácter público como viviendas privadas que han llegado al momento actual gracias a las prácticas comunitarias de conservación ejercidas sobre ellos. Estas intervenciones, realizadas con el objetivo de perpetuar las obras a través del bios, son realizadas en su mayoría con una periodicidad anual por las personas de mayor edad, encargados de tutelar las tareas de

reparación de los muros de los edificios.

Los saberes referidos a este tipo de prácticas, transmitidos de manera oral de padres a hijos, o de mayores a jóvenes, son un orgullo para quienes los ostentan, obteniendo entre su comunidad el rol de persona sabia, o incluso portadora de poderes mágicos, al tratarse del transmisor de los saberes del pasado hacia el presente o el futuro.

Estos magos o alarifes locales se encuentran en Malí, donde las tareas de conservación de sus monumentos más emblemáticos son dirigidas por ellos.

En Camerún son ellos igualmente los encargados de revestir los muros de las viviendas comunitarias.

### III.2.1.1. La tumba de Askia Mohamed en Gao, Malí

La tumba de Askia, mandada a construir por el monarca Askia Mohamed en el año 1495 se encuentra en Gao, Malí. Durante su viaje de regreso procedente de la Meca, al pasar por Egipto, el soberano quedó impresionado ante la belleza de las pirámides y ordenó la construcción de su propio mausoleo, con enormes influencias del Egipto faraónico, donde sería enterrado a su fallecimiento.

El edificio se proyectó por el arquitecto granadino Abu-Ishaq Es Saheli, quien realizó la torre piramidal junto a la cual se encontraba originariamente la sala de oración de los hombres.

Con esta construcción, Gao adquiere la importancia propia de la capital del imperio Shonghoy, transformándose junto a su vecina Tombuctú en centros intelectuales y religiosos de enorme

influencia.

Las relaciones culturales y comerciales con África del Norte, Oriente Medio y Europa generarían una edad de oro que se prolongaría hasta fines del siglo XVI, momento que coincide con el abandono de las rutas transaharianas por la afluencia de las rutas marítimas, así como las frecuentes guerras con sus vecinos marroquíes, quienes llegan a invadir una parte del Imperio.

La tumba de Askia ha llegado a la actualidad gracias a las labores de conservación que han sido llevadas a cabo a través de los siglos.

Al tratarse de un monumento vivo, que se ha desarrollado en conjunción con las demandas de sus usuarios, ha sufrido cambios desde el momento de su creación hasta la actualidad (*Figura III.1*).



*Figura III.1. Vista aérea de la Mezquita de Gao, con la tumba de Askia en el centro, tras las últimas intervenciones realizadas en el siglo XX. (Procedencia gráfica: Joffory, T).*

Así, en el siglo XX, se encerró el conjunto en una planta cuadrada, y se le añadió además justo en frente a la mezquita, la casa de oración femenina, quedando el monumento funerario en medio de ambos (Togola, Sanogo & Joffroy, 2005: 13).

Los alarifes de la región han conseguido mantener entre los pobladores un rol mágico, siendo los portadores de los conocimientos de técnicas arquitectónicas ancestrales, e involucrando a toda la población de Gao, que colabora activamente en las prácticas de conservación cada vez que el mausoleo lo requiere (*Figura III.2*).



*Figura III.2. Trabajos colectivos de reparación de superficies. (Procedencia gráfica: Joffroy, T).*

Las labores de mantenimiento de la tumba de Askia se realizan mediante la aplicación de una capa de revoque de tierra de arrozal mezclada con la paja de arroz cortada (Gandreau, Delboy & Joffroy, 2012: 40).

El acceso a todas las partes del monumento es facilitado por los troncos de madera que sobresalen de la construcción, ya que sirven de andamio facilitador de la tarea del embarrado (Togola et al., 2005: 13).

La tumba de Askia Mohamed ha sido inscrita en el año 2004 en la lista de patrimonio de la humanidad por la UNESCO.

### III.2.1.2. La gran mezquita de Djené, Malí

Otro ejemplo de monumento vivo, es la gran mezquita de Djené, en Malí, construida en el año 1240 (*Figura III.3*).



*Figura III.3. Vista general de la Gran Mezquita de Djené, en Malí. (Procedencia gráfica: Joffroy, T).*

Se trata de una obra de envergadura mayor que la tumba de

Askia, predominando en este edificio la verticalidad. Posee los característicos troncos de madera en el exterior del edificio para poder realizar las tareas de conservación de su fachada.

Esta tipología arquitectónica es bastante común en Malí, donde son aprovechados los recursos de sus bosques y la calidad de sus tierras y plantaciones para la construcción de los monumentos más representativos de su patrimonio.

### III.2.1.3. Las grandes mezquitas de Tombuctú

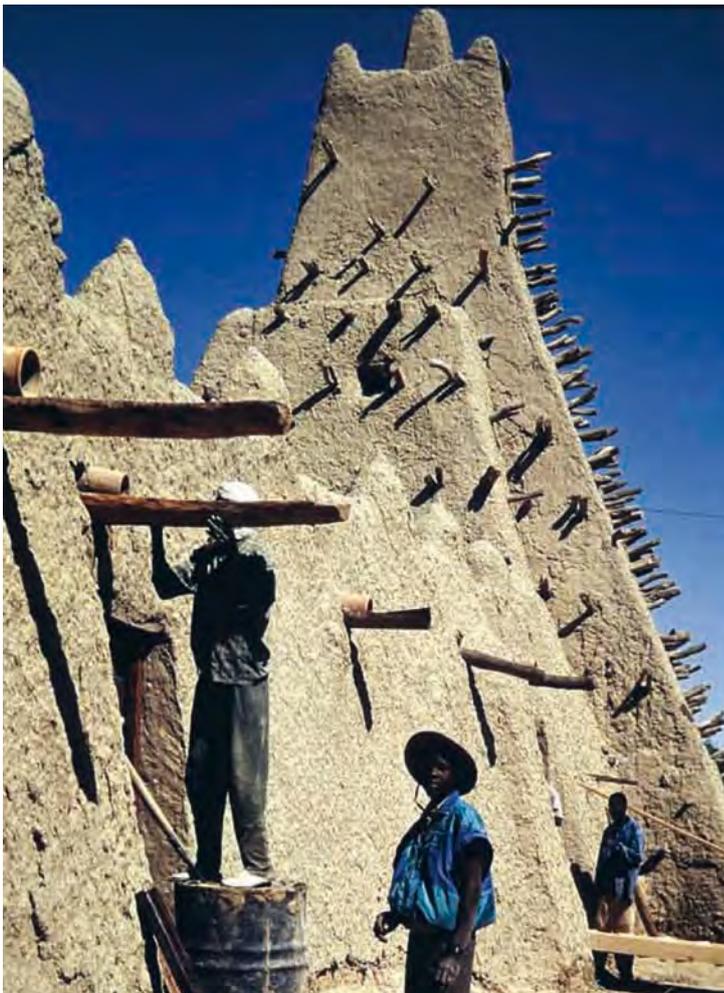


Figura III.4. Trabajos de reparación de muros de la mezquita de Sankoré, Tombouctú. (Procedencia gráfica: Joffroy, T.).

De similar factura a la gran mezquita de Djené, en el centro del país, se encuentran las Grandes Mezquitas de Tombouctú (Figura III.4).

Tombouctú, uno de los primeros lugares clasificados patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, en el año 1993, posee tres grandes mezquitas: la mayor de todas, o la mezquita de los viernes *Djingarey Berre*, proyectada por el ya mencionado Abu-Ishaq Es Saheli, se sitúa al oeste de la ciudadela; Sankoré, al noreste de la villa, fue edificada en la época mandinga entre 1325 y 1433 y en el centro de la ciudad queda la mezquita de menor tamaño, *Side Yahia*, construida en el año 1400.

Originariamente, Tombuctú albergaba además dieciséis mausoleos en honor a los santos protectores de la ciudad, testigos de la edad de oro de la dinastía Askia en el Sahel.

Estas construcciones han sido modificadas a lo largo de los tiempos a medida que surgían necesidades de ampliación de los espacios, como ya ocurrió con la tumba de Askia, en la vecina Gao.

El almuédano avisa a la comunidad de Tombuctú cada tres o cuatro años del comienzo de las obras de conservación de sus mezquitas, que se organizan entre dos corporaciones de alarifes justo antes de la estación lluviosa (Gandreau et al., 2012: 39).

La sociedad se ve inmersa entonces en las tareas de conservación y reparación de los revocos de sus monumentos, estando dirigidas desde la sombra por los miembros de la población de mayor edad.

El revoco del minarete es la tarea final de esta labor, recibiendo un tratamiento superficial consistente en la mezcla de polvo de hojas de baobab, que conferirán a la superficie una mejor resistencia a la intemperie. Esta tarea es realizada por cuatro alarifes elegidos, trabajando cada uno de ellos en cada una de las caras del alminar.

El embarrado es aplicado con la mano, dejando los trazos de los dedos sobre la superficie (Ould & Joffroy, 2005: 24).

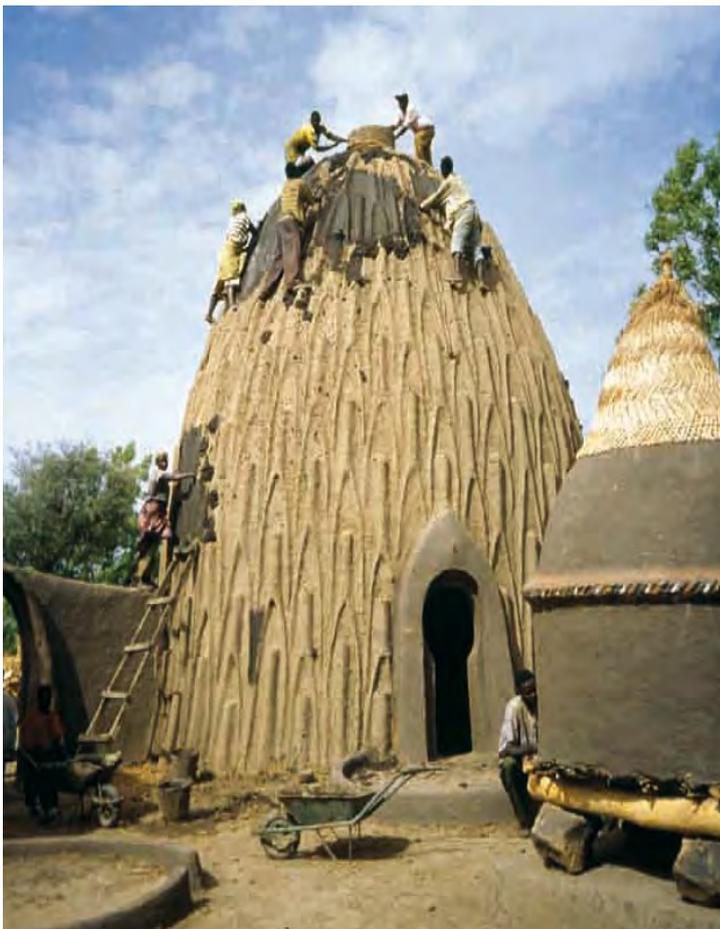
#### III.2.1.4. Los Telukaky de Camerún y Chad

En África Central, el territorio Mousgoum, entre Camerún y Chad, es conocido por sus *Telukaky*, en singular *Teluk* (Nelson, 2007: 16), o *casas obús*. Esta última denominación fue dada a su

hábitat doméstico por los primeros exploradores en acudir a la zona en el siglo XIX (*Figura III.5*).

Se trata de unas impresionantes viviendas de planta circular de un diámetro aproximado de 5 metros y una altura de 8. Estas dimensiones pueden ser debidas a la necesidad de protección contra los incendios, bastante frecuentes en la estación seca, o ante otras tribus guerreras (Eloundou, 2005: 81).

La abertura de la cubierta de un teluk permite tanto la evacuación del humo del interior como la ventilación del recinto. Durante la estación de lluvia, este orificio es cerrado con una especie de sombrero realizado con un entramado de fibras vegetales a modo de las piezas realizadas en cestería.



*Figura III.5. Tareas de reparación y reposición de embarrado de un Teluk. A la derecha del mismo se observa un granero de menor tamaño, con la cubierta de cestería. (Procedencia gráfica: Jamin, F.).*

sombrero realizado con un entramado de fibras vegetales a modo de las piezas realizadas en cestería.

Las casas obús de Camerún son construidas de forma agrupada, en un espacio que contiene alrededor de quince elementos, entre los que se halla el granero, el primer edificio en construirse.

Elaboradas con tierra arcillosa llevada a estado húmedo, ésta es mezclada con una hierba local denominada por los nativos *sousouki*, hasta obtener una consistencia cremosa. Posteriormente le añaden estiércol de cabra.

La mezcla se deja pudrir aproximadamente nueve días, humectándola de cuando en

cuando. Esta preparación estará lista cuando la hierba cortada empleada en la masa de revoco apenas se aprecie en la misma. En este momento, se podrá proceder a la elevación de los muros a través del moldeado manual directo del suelo plástico (ibidem, 85).

Sobre ellos, se va realizando unos altos relieves con forma de “Y” dispuestos alternativamente. Estos elementos sirven de apoyo o andamiaje en las posteriores tareas de conservación de los revestimientos.

El mantenimiento y conservación de los revocos le corresponde a las mujeres, quienes lo preparan con una tierra fina extraída de las proximidades del río Logone y lo mezclan con estiércol de vaca. Si las paredes se encuentran muy degradadas, le añaden a la tierra aceite de pescado (ibidem, 86).

### III.2.2. Asunción de tareas por género en la conservación de revestimientos de edificios públicos y privados

Existen otros lugares del África Occidental en los que las mujeres son las comisionadas de proteger y decorar las superficies de sus hogares, transmitiendo todo su saber hacer a las mujeres más jóvenes de sus comunidades. Buenos ejemplos de ello son Burkina Faso y Togo.

#### III.2.2.1. El palacio de Na-Yiri en Kokologho, Burkina Faso

En Kokologho, Burkina Faso, los trabajos de conservación

efectuados para la prolongación del bios de su monumento principal, el palacio de Na-Yiri, construido en el año 1940, se realiza a través de prácticas de reposición de revocos. (*Figura III.6*).

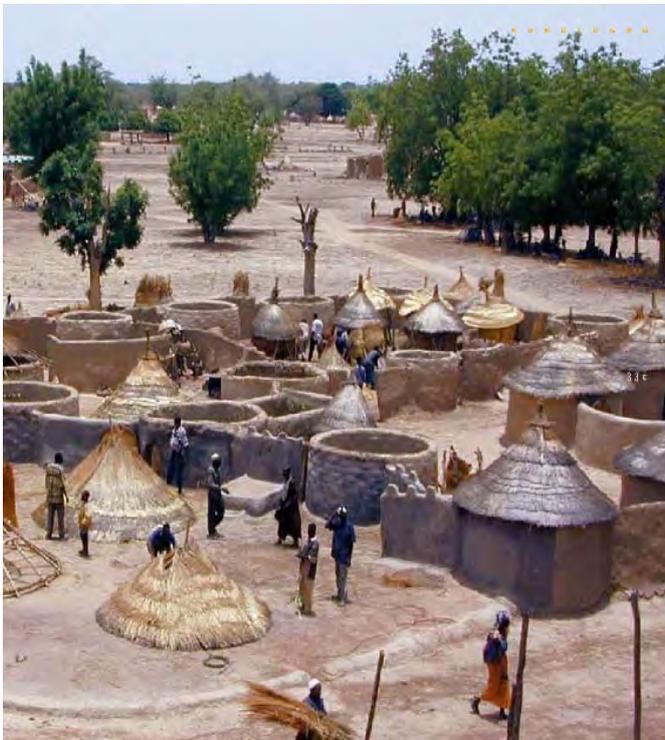
Esta labor es efectuada por las mujeres de las zonas colindantes, quienes se reúnen en el lugar y se dividen en grupos de trabajo una vez al año (*Figura III.7*).

<sup>(4)</sup>“El material de base de los revoques es una tierra arenosa-arcillosa de granulometría homogénea bastante fina [...]”.

Este encuentro es propicio para organizar la fiesta del Ran-Gnougá, a la que acude toda la comunidad durante la estación seca (Napon & Rakotomamonjy, 2005: 7).

La tierra, firmemente triturada es mezclada con agua de amasar hasta que adquiera la plasticidad del barro. Seguidamente, se le

Una de las sustancias estabilizantes más empleados tradicionalmente en las prácticas de embarrado de esta región es el jugo del fruto del algarrobo. Se utiliza comúnmente el producto obtenido tras la decocción de sus vainas (Oumarú et al., 2005: 24).



*Figura III.6. Vista general del poblado durante las tareas de reparación de viviendas. (Procedencia gráfica: Joffroy, T.).*

El modo de proceder en las tareas de revestimiento de muros en Burkina Faso es el siguiente:

Le matériau de base des enduits est une terre sablo-argileuse à granulométrie homogène et assez fine [...].

La terre, finement concassée est mélangée à de l'eau et pétrie jusqu'à ce qu'elle acquiert sa plasticité comme dans le cas de la bauge. Ensuite, elle est additionnée à la bouse de vache, pétrie à nouveau avec apport d'eau jusqu'à ce que le mélange soit à la limite de liquidité. La bouse de vache permet à l'enduit d'acquérir sa dureté rapidement une fois mis en œuvre. En

outre, elle limite les fissures de l'enduit et rend les argiles peu sensibles à l'absorption d'eau et donc au phénomène de gonflement et de retrait. [...].

[...]. Le mur ainsi enduit est laissé à sécher pendant quelques jours avant d'être aspergé à l'aide d'un faisceau de paille fine d'une solution résultant de la macération de néré (Parkia Bigloboza) de couleur rougeâtre.

La solution comme l'indique son appellation est obtenue par macération de la coque du fruit néré. [...]. Le jus est recueilli et aspergé sur l'enduit à deux ou trois reprises à un ou deux jours d'intervalle [...]. Cette opération permet la formation d'un film étanche qui colmate les fissures et rend la surface ainsi traitée étanche à l'eau de ruissellement. Le film protège aussi les grains de sable de l'arrachement. [...].<sup>4</sup>

Kéré, 1995: 34

añade estiércol de vaca, se amasa nuevamente con el añadido de agua hasta que la mezcla esté en su límite líquido. El estiércol vacuno permite al revoco adquirir la dureza rápidamente una vez puesto en obra.

Además, limita las fisuraciones del mismo, volviendo las arcillas poco sensibles a la absorción del agua y por tanto al fenómeno de hinchazón y contracción [...].

[...] El muro así revocado se deja secar durante varios días antes de ser rociado con la ayuda de un manojo de paja fina de una solución resultante de la maceración de algarrobo (Parkia Bigloboza) de color rojizo.

La solución, como indica su nombre, es obtenida por maceración de la cáscara del fruto del algarrobo [...]. El jugo es recogido y rociado sobre el revoco por dos o tres veces de uno a dos días de intervalo [...]. Esta operación permite la formación de una película estanca que tapona las fisuras y vuelve la superficie así tratada estanca al agua por chorreo. La película protege también los granos de arena del desgarre. [...]” (trad.a.).



Figura III.7. Trabajos de reparación y reposición de embarrado efectuados por las mujeres de la comunidad. (Procedencia gráfica: Joffroy, T.).

### III.2.2.2. Las Takientas de Koutammakou, Togo

Koutammakou se encuentra clasificado por la UNESCO en la categoría de Paisaje Cultural desde el año 2004.

En este entorno de Togo, han sabido confluir de manera armónica el hombre con la naturaleza (*Figura III.8*).

Lo ocupan los *Batammariba*, grupo étnico que se agrupa en construcciones de planta circular rodeadas por una cerca, denominadas *takienta*. Estas construcciones parecen fortificaciones, pequeñas torres que recuerdan a los castillos o fortalezas europeas.

Los hombres de la comunidad, afincados en la zona desde el siglo XVI, construyen y modelan a mano las takientas hasta la intervención final de los trabajos de revoque, que son efectuados por las mujeres de la comunidad, siendo las de mayor edad quienes transmiten todos sus conocimientos a las más jóvenes.

La bosta de vaca se emplea como estabilizante de las tierras a revocar. A ella le suman igualmente el producto obtenido de la decocción de cortezas de algarrobo, que brinda a las construcciones un característico color rojizo. Es muy popular además la manteca de carité, que torna los muros estancos ante las exposiciones a la intemperie (*Figura III.9*).



*Figura III.8. Panorámica de takientas y paisaje cultural de Koutammakou. (Procedencia gráfica: Joffroy, T.).*

Las capas de revoco son aplicadas con un espesor bastante fino, quedando visibles todas ellas (Blier,1994: 14; Joffroy & Djan-guenane, 2005: 27).

Une bonne finition de l'enduit est importante à la fois esthétiquement (c'est-à dire spirituellement, les deux étant toujours liés) et fonctionnellement. Ace sujet, les constructeurs batamaliba énoncent clairement que la beauté « dépend à la fois de l'architecte et e ceux qui font l'enduit. S'il sait bien comment construire la maison et si la femme (de la maison) connaît bien son travail, on dira que la maison est belle quand on passe devant », et dire « qu'elle l'a bien arrangée » veut dire que « la maison durera longtemps ». <sup>5</sup>

Bourdier & Trinh, 2005: 62

<sup>(5)</sup> “Una buena realización del revoco es importante tanto estética como funcionalmente. Por ello, los constructores batamariba advierten con claridad que la belleza “depende a la vez del arquitecto y de aquéllas que realizan el revoque. Si el primero sabe bien cómo construir la vivienda, y la mujer (de la casa) conoce bien su trabajo, se dirá que la vivienda es bella al pasar por delante”, y dirá “que ella la ha arreglado bien”, lo que quiere decir que “la casa durará mucho tiempo” (trad. a.).

### III.2.2.3. Navrongo, Ghana

Cada año en el norte de Ghana, antes de la estación de lluvias, entre los meses de marzo y abril, las mujeres de más edad de Navrongo se reúnen a decorar las viviendas de planta circular típicas de los barrios de la etnia *Nakana*, enseñando todo su saber a las más jóvenes.

Previamente, durante los primeros meses del año, son los hombres quienes se han reunido



Figura III.9. Reparación de revocos. (Procedencia gráfica: Joffroy, T.).



Figura III.10. Decoración de superficies efectuada por las mujeres Navrongo. (Procedencia gráfica: Kuami, M.).

en las tareas de construcción de nuevas viviendas, realizando revocos conformados por una mezcla de estiércol de vaca y tierra.

Cow dung is always used in the plaster composition. The women collect the cow dung still fresh and let it soak in water for several days to preserve its strength as a binder and stabiliser. The mixture is sifted to remove the excess of fibers as needed.<sup>6</sup>

Abadom, Taxil, Kwami, Moriset & Savage, 2004: 15

Las mujeres emplean en la coloración de las viviendas pigmentos naturales que son finalmente protegidos a través de la decocción de vainas de algarroba, que vuelven los revestimientos impermeables (Figura III.10).

Con el objetivo de prolongar el bios de estos murales, las mujeres aplican cada año sobre los revestimientos una decocción de *dawa-dawa*, una hierba local que permite una vida útil de las superficies decoradas de cinco años (Kwami & Taxil, 2005: 77).

<sup>6</sup>“El estiércol de vaca se utiliza siempre en la composición de los revocos. Las mujeres colectan el estiércol aún fresco y lo dejan reposar en agua por bastantes días para conservar su fuerza, como aglutinante (aglomerante) y estabilizante. La mezcla es tamizada para eliminar el exceso de fibras necesarias” (trad. a.).

Se trata no sólo de una expresión artística, sino de una forma más de proteger los revocos de tierra de estas construcciones, en las que:

The action of smoothing and polishing compacts the surface and makes it more resistant to wathering. The final surface treatment (*dawa-dawa* decoction) helps to render the decorated surfaces impermeable thus protecting both the paintings and structure.<sup>7</sup>

Abadom et al., 2004: 13

Muchas de las obras presentadas han logrado salvarse del thanatos gracias a las tareas de conservación practicadas a lo largo de los siglos por los miembros de mayor edad de la comunidad que, de manera atávica, han sabido transmitir todos sus conocimientos a las nuevas generaciones.

La única acción que ha permitido la supervivencia de tantas obras y que se llama “mantenimiento”. Esta acción, precisamente por tratarse de mantenimiento, o conservación no “incidente”, debe ser realizada si no se quiere que la obra desgastada se desgaste aún más.

Baldini, 2002: 12

Resulta ejemplarizante el sentido de valoración del patrimonio de estos pueblos y la conciencia colectiva acerca de la importancia de perpetuar los bienes a través de la conservación de sus edificios más emblemáticos.

Paralelamente, la valoración de estas prácticas por organismos internacionales, como las emprendidas por la UNESCO, han contribuido a su salvaguardia.

Las figuras de protección han reconocido el valor internacional de estas actividades, símbolos de la riqueza cultural de los pueblos y representativas del desarrollo sostenible.

Sin embargo, se encuentran casos en los que la acción del thanatos, o destrucción del patrimonio no se ha podido evitar. Tal es el caso de las casas obus en Camerún, o los santuarios de santos de Tombuctú, que no han podido sobrevivir a la destrucción total.

En el caso de Camerún, los telukaky comenzaron a desaparecer a comienzos del siglo XX. Las constantes migraciones de los mousgoum debido a epidemias de cólera y a la opresión de otras

<sup>(7)</sup> “La acción de alisado y pulido compacta la superficie y la vuelve más resistente a las salpicaduras de lluvia. El tratamiento superficial final (decocción de dawa dawa), ayuda a impermeabilizar las superficies decoradas, protegiendo a ambas: pinturas y estructura” (trad. a.).

culturas africanas, así como de las colonias francesas o alemanas, fueron los factores determinantes de sus traslados. Esto les hizo comenzar a simplificar sus viviendas, realizadas en la actualidad con adobes y cubiertas de paja, mucho más fáciles de construir y mantener que las casas obus o telukaky, que llevan un período de construcción entre 3 y 6 meses (Nelson, 2007: 16).

Por otro lado, en los mausoleos de los Santos Musulmanes de Tombuctú, la mano del hombre ha puesto fin a estos bienes clasificados Patrimonio de la Humanidad cual si una catástrofe medioambiental hubiese ocurrido en la zona. El ataque yihadista ejercido sobre la ciudad en el año 2012, sometió estos bienes a ruinas, bajo el argumento de que la veneración a los santos es un acto de idolatría (Apollonj, 2014: 5).

Este paseo por las prácticas constructivas tradicionales aún vigentes en el África Occidental, son una pequeña muestra que pretende dar respuesta a algunas de las cuestiones planteadas en el punto II.1. de este capítulo.

Lo vernáculo construido muestra la necesidad e importancia de la valoración del patrimonio y conocimiento de las prácticas tradicionales para emprender tareas de conservación óptimas en el mismo.

De él se puede aprender que un Bien necesita de un cuidado y reparación constante en el tiempo: para que una obra se mantenga con vida a lo largo de los años, ésta debe ser conservada, arreglada con regularidad.

Y por último, la forma de adaptación de estas prácticas a una sociedad mayormente industrializada, se pueden resolver con un uso sostenible de los recursos medioambientales disponibles. Cada territorio ofrece por sí solo, de manera gratuita, las sustancias o materias necesarias para emprender la recuperación del patrimonio a muy bajo costo.

### III.3. Nociones esenciales

Este apartado de la investigación pretende establecer y definir los conceptos y términos que son empleados en esta tesis, con el objeto de llegar a una mayor comprensión de la temática de estudio.

#### III.3.1. Morteros

Bajo una perspectiva generalista, el término mortero abarca en la actualidad todos aquellos materiales empleados en trabajos de albañilería (Ontiveros-Ortega, 2001: 79).

Aún así, Barahona profundiza en la expresión de la siguiente manera:

Se denominan morteros a las mezclas preparadas en frío a partir de conglomerantes, áridos y agua, que son sometidas a un batido intenso, hasta alcanzar el estado pastoso. Las mezclas así preparadas adquieren al cabo de cierto tiempo, la resistencia de una piedra más o menos dura. [...] puesto que se aplican en estado semilíquido, penetran con facilidad entre los poros e intersticios de los materiales llegando a constituir al solidificarse un único elemento.

Barahona, 2000: 57

Un conglomerante es aquella materia que endurece a través de un proceso químico o fraguado. Los más comúnmente empleados en la historia de la construcción han sido el yeso, las cales y los cementos.

El tipo de conglomerante empleado en la realización de un mortero, le otorgará una denominación u otra (*Tabla III.1*).

Dependiendo del grado de untuosidad de la argamasa, éstos se pueden preparar en forma de lechadas, morteros, pastas u hormigones. La técnica de aplicación es variable igualmente, pudiendo ser proyectado -jaharrado-, aplicado en capas delgadas -tendido-, o a mano, con la ayuda de las herramientas propias para tal fin.

Los morteros pueden contener igualmente aditivos, o sustancias de procedencia orgánica y origen animal o vegetal, junto a sustancias minerales. Tradicionalmente, se le ha añadido además fibras animales o vegetales (Alejandre-Sancuez, 2002: 48).

Los morteros se aplican en una sucesión de capas: la primera de ellas, la más próxima al muro, se denomina *enfoscado*, y la última, que se suele colorear, bruñir o presentar un acabado especial, *revoco* (Barahona, 2000: 23). Esta última capa, antes de recibir el acabado final, ha de ser *fratasada*.

El fratasado es por tanto, la última acción realizada sobre un revoco para otorgarle su máxima planeidad (Espuga, Berasategui & Gilbert, 1999: 47). Evidentemente, esta operación se lleva a cabo con una herramienta denominada *fratás* (Hoz, Maldonado & Vela, 2013: 117).

<i>Conglomerante</i>	<i>Árido</i>	<i>Denominación</i>
Cemento + cal	Arena	Bastardo
Cal hidráulica	Arena	Hidráulico
Yeso + cal	Arena	Estuco
Cemento; cemento + cal	Arena	Enfoscado
Cal	Arena	Jaharrado
Yeso	Arena	Enlucido, guarnecido
Anhidrita	Arena	Mortero de anhidrita

*Tabla III.1. Denominación de morteros según su conglomerante. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

El espesor del mismo gira en torno a los 20 mm como máximo y 15 milímetros como mínimo en paramentos exteriores. Los revocos de interior generalmente presentan un espesor entre 15 y 10 mm (Reichel, Hochberg, Köpke & Rojals, 2007: 32).

Ahora bien, ¿qué ocurre con aquellos morteros realizados en trabajos de albañilería en los que no se emplea un conglomerante en la argamasa?

En el marco de la construcción vernácula, los morteros empleados para revocar o unir los materiales de construcción, como pueden ser los adobes, o incluso en la arquitectura histórica, aquella que empleó la piedra o la tierra cruda, se ha utilizado tradicionalmente un aglomerante<sup>8</sup> que, mezclado con agua, fibras y algún aditivo, obtenía similares cualidades cementicias y de dureza: el barro.

### III.3.2. El barro: aglomerante de morteros históricos

El barro o la arcilla es el componente más fino de la tierra. Está compuesto por micropartículas laminares de tamaño inferior a 0,004 milímetros, siguiéndole en tamaño de granos los limos, entre 0,004 - 0,625 milímetros y finalmente las arenas, de 0,0625 hasta 2 mm.

La arcilla es el producto resultante de la degradación de rocas como la arenisca, granito, pizarra, o gneis, entre otras. Se encuentra constituida por diferentes minerales, prevaleciendo los silicatos y aluminatos hidratados combinados con óxidos metálicos como el Hierro, Manganeso y Calcio, entre otros.

Se diferencian entre sí por la composición de las hojas o láminas que las componen. Según el tipo de lámina, la carga de la misma

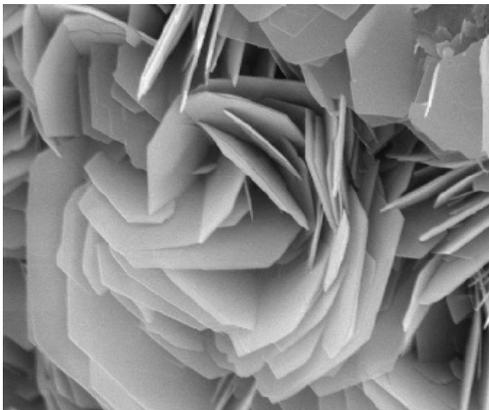
<sup>(8)</sup> Por aglomerante se entiende aquella sustancia con propiedades coloidales en la que no se produce ninguna reacción química durante su proceso de secado y endurecimiento.

y los tipos de iones existentes entre sus hojas, conformarán uno u otro tipo de barro.

Las arcillas se expanden en presencia de agua, y se retraen durante el proceso de secado, lo que tiende a originar fisuras.

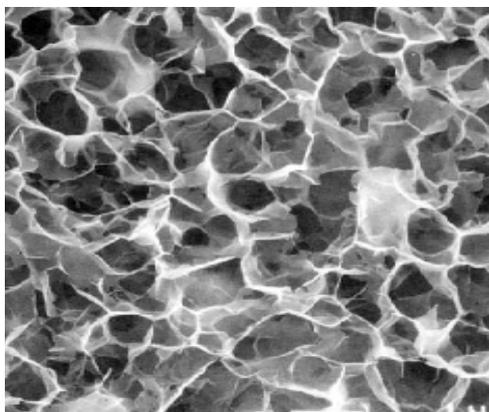
Las más abundantes son la caolinita (Al y Si), la esmectita o montmorillonita (Mg y Al) y la illita (Si y Mg). La primera abunda en suelos tropicales, mientras que la última procede de climas templados.

El mineral dominante en una arcilla determinará su mayor o menor modificación de volumen, hinchamiento, la cohesión, sensibilidad al agua y capacidad de intercambio de iones, entre otros (Fontaine & Anger, 2009: 28).



Según esto, la caolinita absorbe poca cantidad de agua, resultando la esmectita muy expansiva (Reichel et al., 2007: 43). (Figura III.11).

### III.3.3. Revestimientos de barro o embarrados



En el ámbito de las arquitecturas de tierra o arquitecturas de barro, a la acción de revocar o revestir un muro se le denomina embarrar o enlodar. En la península ibérica, a esta acción se le llama igualmente trullar (Hoz et al., 2013: 199). Otros términos similares son *guarnecer*, *revestir*, *repellar*, o *jaharrar*.

Figura III.11. Caolinita y esmectita vistas al microscopio. (Procedencia gráfica: Fontaine & Anger, 2009: 157-158).

Un mortero de tierra o embarrado está compuesto generalmente por un aglomerante, áridos y

fibras. El aglomerante es el barro o la arcilla, encargado de proporcionar cohesión y plasticidad; los áridos añadidos son las arenas, a las que las arcillas se adhieren y se le suma además fibras, tanto de procedencia animal como vegetal, que tienen la función de prevenir la aparición de fisuras provenientes de la retracción de la arcilla durante su secado. Por último, como ligante de esta argamasa, se emplea el agua, que puede provenir asimismo de la maceración, decocción o infusión de diversas plantas. La evaporación del agua es lo que da origen al proceso de endurecimiento del barro.

Il est courant de considérer la terre comme un béton dont l'argile serait le liant. En réalité, si on observe la matière de plus près, on découvre que l'eau est le véritable liant de la terre. Les argiles sont juste des grains dont la taille et la forme particulières permettent aux forces capillaires d'être beaucoup plus importantes. <sup>9</sup>

Anger & Fontaine, 2005: 30

En las distintas tradiciones constructivas, se le añade al mortero una serie de sustancias de naturaleza orgánica con las que se mejoran las propiedades del embarrado; son los denominados biopolímeros.

Este término engloba las materias recolectadas del medio, generalmente de procedencia animal o vegetal. Los biopolímeros son, por lo tanto, aditivos que, por su capacidad de mejorar las características del suelo o la tierra, lo estabilizan. Estos conceptos serán retomados y estudiados en profundidad en el siguiente apartado.

<sup>9</sup> Es corriente considerar la tierra como un hormigón en el que la arcilla sería el ligante. En realidad, si se observa la materia más detalladamente, se descubre que el agua es el verdadero ligante de la tierra. Las arcillas son exactamente los granos cuyo tamaño y forma particular permiten a las fuerzas capilares ser mucho más elevadas (trad. a.).

### III.3.3.1. Nomenclatura

Dependiendo de la zona geográfica en la que se realice el revoco, así como del sistema constructivo adyacente al muro a revestir, el número de capas varía de manera notable, siendo lo más frecuente la aplicación de un mínimo de dos.

<sup>(10)</sup> Otro término para la primera mano de revoco es “trusilación”, descrito por el mismo autor en el “Diccionario de Construcción Tradicional”. Esta palabra es interesante ya que proviene de la voz italiana “trullisatio”, que define la primera capa de argamasa aplicada sobre el muro que va a recibir una obra al fresco.

La primera de ellas, conocida como *jaharrado* (Hoz et al., 2003: 132), es la encargada de cubrir las imperfecciones de la fábrica originaria, así como de impermeabilizar, siendo por tanto la parte más resistente del revestimiento.<sup>10</sup>

Las capas inferiores deben estar completamente secas antes de la aplicación de la siguiente mano, siendo el espesor de los estratos mayor en aquellas zonas próximas al muro, para ir disminuyendo a medida que se acercan al exterior de la pared.

Si bien la sucesión de pieles que constituyen un revoco son diferentes en cuanto a su composición y espesor, todas ellas actúan en conjunto como una unidad, siendo muy interesante la denominación francesa *systeme d'enduit* (sistema de revoco) entendida como una sucesión de capas o dermis que conforman el embarrado (Didier-Feltgen, 2005: 25).

<sup>(11)</sup> Sistema constructivo perteneciente a la familia de las técnicas mixtas o entramado, consistente en una estructura portante realizada en madera, combinada con fibras vegetales entramadas. Se denomina “bahareque” en Ecuador, “quincha” en Perú, “estanteo” o “enchorizado” en Argentina, “estaqueo” en Paraguay y “pau a pique” en Brasil. La ligereza de los muros de bahareque puede requerir de un mayor número de capas de revoque, para obtener una protección mayor.

Carazas y Rivero (2002: 18) sugieren un total de tres capas a la hora de embarrar un muro de bahareque.<sup>11</sup>

La primera debe tener un espesor de 8 a 20 milímetros, y el mortero se realiza según las siguientes proporciones: 1 parte de tierra arcillosa por dos partes de arena >5 mm y un tercio de fibra de no más de 3 centímetros de largo.

La segunda, denominada por los autores *afinado*, consiste en una delgada capa de 1 a 2 mm como sigue: 1 de tierra >2mm, por 3 o 4 de arena fina.

Y la última capa o *sellado*, se efectúa con la ayuda de una esponja en movimientos circulares sobre la que posteriormente se pasará una brocha seca en movimientos rectos.

Didier-Feltgen (2005), en su estudio acerca de los revocos de barro en el ámbito europeo, habla de un total de tres capas, cuyo espesor total constará de 10 a 15 mm. Los denomina:

- L'enduit de base:

épaisseur 8-10 mm au minimum; de plus fortes épaisseurs sont possibles;

grains de 0 à 5 mm;

souvent armé de fibres végétales;

il s'agit, par définition, d'une couche qui ne restera pas apparente mais qui est destinée à accueillir une (ou des) couche(s) de finition.

- L'enduit de finition:

épaisseur 4-8 mm; pour un enduit à surface structurée on peut faire plus épais ;

grains 0 à 2 mm;

peut être armée;

il s'agit, par définition, d'une couche ne recevant pas d'autre enduit; dans ce cas, soit une attention particulière est portée à sa texture et à sa couleur, soit il est peint (peinture à l'argile, badigeon à la chaux ou autre peinture minérale).

-L'enduit de décoration:

épaisseur 2-3 mm au maximum;

grains de 0 à 1 mm;

il s'agit d'un enduit mince à base d'argiles colorées ; c'est une couche d'un intérêt purement esthétique (couleur) ; dans le commerce, les appellations de cette couche d'enduit très mince sont variables (ex. en allemand : *Spachtelputz, Edelputz, Finishputz*).<sup>12</sup>

(12) “- Mortero base: espesor de 8-10 mm mínimo; es posible encontrarlo con un espesor mayor; granos de 0 a 5 mm; frecuentemente compuesto de fibras vegetales; se trata, por definición, de una capa que no permanecerá visible, pero que está destinada a recibir una (o varias) capas de acabado.

-Mortero de acabado: espesor de 4-8 mm; para un revoco de superficie estructural se puede hacer con más espesor; granos de 0 a 2 mm; puede estar armado; se trata, por definición, de una capa que no recibe otro mortero; en ese caso, una atención particular se lleva sobre su textura y color, si está pintado (pintura a la arcilla, enalado u otra pintura mineral).

-Mortero de decoración: espesor de 2-3 mm como máximo; granos de 0 a 1 mm; se trata de un revoco delgado a base de arcillas coloreadas; es una capa de interés puramente estético (color); comercialmente, las denominaciones de esta capa de revoque muy fina son variables (por ejemplo en alemania: *Spachtelputz, Edelputz, Finishputz*)” (trad. a.).

Didier-Feltgen, 2005: 29

Otro modo de entender el sistema de revoco, es el apuntado por Doat, Hays, Houben, Matuk & Vitoux (1979: 241-242), en el que el espesor de las pieles disminuye a partir de la segunda capa. La primera de ellas consiste en una especie de barbotina o lechada fluida de barro, que tiene como función la de generar cohesión entre la fábrica y el resto del revoco.

Estos autores atribuyen a la tradición constructiva la aplicación de un total de tres capas o más de revoco, distribuidas de la siguiente manera:

- Imprimación o mortero base. Consiste en la aplicación de un mortero bastante fluido de un espesor entre 2 y 4 milímetros. Asegura la capa de unión entre el muro y el cuerpo del revoque.
- Cuerpo del revoco. Se aplica de dos a ocho días después de la imprimación en una o dos capas que generen un espesor entre 8 y 20 mm. Otorga la planicidad y, tras un tiempo aplicado, se vuelve a alisar asegurando la compactibilidad del revoco, presionándolo para reducir las fisuras. Sobre esta superficie, se rasca formando relieves que permitan la unión con la siguiente piel.
- Capa de acabado. Posee un espesor de 3 a 6 milímetros. Se trata de una capa decorativa sobre la que pintar, bruñir, etc.

Las vastas diferencias de espesores entre los morteros presentados por estos autores, ponen de manifiesto la variabilidad de maneras de emprender un trabajo de revoco, así como la importancia de considerar el muro de base a embarrar: si se trata de un soporte flexible, como son las técnicas mixtas, requerirá la osatura de mayor protección, por los que las capas de revoco apoyadas sobre el *armazón de revestimiento* tenderán a constar de un mayor espesor (Hoz et al., 2003: 68). Sin embargo, si se trabaja sobre un paramento rígido, como es el contexto europeo

expuesto por Didier, donde abundan las construcciones ejecutadas en adobe o tapial, el revoco no precisará de un espesor mayor a 15 milímetros (*Tabla III.2*).

### III.3.3.2. Funcionalidad

El sistema de revoco o revestimiento posee dos funciones principales:

1. Protección del edificio ante los fenómenos meteorológicos y factores humanos.
2. Función estética o decorativa.

La primera de ellas y principal, es la de proteger de los agentes externos la osatura del edificio. Por agentes externos se entiende tanto las inclemencias meteorológicas, como la actuación del ser humano, así como las roturas debidas al uso del inmueble.

De igual manera, en determinados países, una de las funciones principales del revoco es la de repeler insectos dañinos o alimañas.

<i>Autor/ es</i>	<i>Denominación de pieles</i>	<i>Espesor</i>
Carazas & Rivero	-- --	8 - 20 mm.
	Afinado	1 - 2 mm.
	Sellado	-- --
Didier-Feltgen	Mortero base	8 - 10 mm.
	Mortero de acabado	4 - 8 mm.
	Mortero de decoración	2 - 3 mm.
Doat, et al.	Imprimación	2 - 4 mm.
	Cuerpo de revoco	8 - 20 mm.
	Capa de acabado	3 - 6 mm.

*Tabla III.2. Nomenclatura de pieles según autores. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

La segunda función, la estética, se consigue a través de la realización de texturas, la aplicación de color, etc.; acciones todas ellas realizadas en la capa superficial.

### III.3.3.3. Cualidades

Barahona (2000: 11-12) destaca cuatro cualidades que debe reunir un buen revoco:

1. Permeabilidad: Debe ser permeable al vapor de agua, permitiendo la salida del mismo desde el interior del muro hacia el exterior.

2. Impermeabilidad: Impedir a su vez la penetración del agua hacia el interior del muro, ejerciendo el paramento de barrera de los fenómenos externos. Los poros o partículas que conforman el mortero no deben obturarse; la variación granulométrica expresada en el apartado anterior, generada en las distintas capas de revoco, de mayor a menor tamaño, favorecen la impermeabilidad.

3. Elasticidad: capacidad de asumir los movimientos propios de la edificación, sin que éstos alteren al revoco. Esta cualidad, en el momento de la preparación del mortero, se entiende por trabajabilidad (Mingarro, 1996: 184).

4. Adherencia: tanto al muro base como entre las distintas pieles del revoco. Para favorecer la adherencia se debe generar rugosidad entre las superficies.

A estas cuatro características, se le debe añadir una más: la resistencia a la fisuración, que dependerá de la capacidad de retracción del material empleado como aglomerante. Esta

calidad determina igualmente la dureza de un revoco.

#### III.3.3.4. Formas de aplicación

Como se ha expuesto en los apartados III.2.1 y III.2.2 del presente capítulo, las prácticas colectivas de revoco ejecutadas en el centro y norte de África, se apoyan mayormente en las manos para la aplicación del embarrado al muro. Con ellas modelan, presionan y aseguran la buena adherencia de las pieles al armazón de revestimiento.

El empleo de piedras redondeadas para bruñir las superficies semi-secas o crudas y darles brillo es bastante común en las regiones africanas estudiadas.

En otros casos, la colocación del revoco plástico en el muro puede ser realizado con la ayuda de las herramientas propias de la albañilería, como llanas, fratás, trullas, badilejos, etc.

Otro modo de aplicar los revocos es por proyección, con la ayuda de máquinas de proyectar.

Las sustancias naturales que se suman a la mezcla del mortero para mejorar las cualidades del mismo, requieren en su mayor parte de una preparación previa (decocción, maceración, secado, etc.) y pueden ser aplicados en masa, es decir, dentro de la mezcla, o administrados en spray o a brocha, como protector final de la capa externa del muro.

En el ámbito europeo actual, el revoco de barro está catalogado como un material incombustible, poseedor de propiedades favorecedoras de aislamiento térmico, regulación de la temperatura ambiente, absorción y eliminación de olores, así

como una capacidad preventiva ante las alergias (Reichel et al., 2007: 43).

### III.3.4. Composición y estabilización de suelos

El suelo está compuesto por una estructura de granos de diverso tamaño, agua y aire.

Los elementos granulares y sólidos que lo componen son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas, procedentes de la disgregación y alteración de las rocas.

El agua, elemento líquido que lo conforma, proviene generalmente de la lluvia, proporcionando cohesión entre las partículas y dotándolas de solidez, mientras que el aire se encuentra entre los granos, y proviene básicamente de la descomposición de materias orgánicas. Los gases más frecuentes en la tierra son el oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno (*Figura III.12*).

Un suelo se estabiliza cuando los ingredientes que lo componen, por sí solos, no presentan la solidez y cohesión suficientes para ser empleados directamente en construcción.

Por ello, los suelos con abundante presencia de arena (arenosos), o con gran cantidad de arcillas (arcillosos), deben ser modificados, mejorando sus propiedades a través de la estabilización o adición de sustancias externas al propio suelo.

Bajo el término de arquitectura de tierra se engloba toda una serie de estructuras en las que el suelo natural es acondicionado mediante procedimientos de humidificación, transformación y secado al sol, para edificar elementos constructivos que hagan posible la habitabilidad de los espacios. La base de este proceso

tecnológico radica en la capacidad de las partículas que integran la tierra de ser alteradas mediante mecanismos muy sencillos que permiten modificar la forma del conjunto y que le confieren solidez y estabilidad fisicoquímica dentro de rangos de equilibrio específicos.

Guerrero, 2007: 184-185

### III.3.4.1. Métodos y procesos

Los autores, Bardou & Arzoumanan (1979) y Guerrero (2007), definen y agrupan los diferentes métodos de estabilización existentes. Ambas descripciones son similares en forma, resultando más precisas las expuestas por Guerrero.

		PHASE SOLIDE: TEXTURE - GRANULARITÉ						
		TERRE 3		TERRE À PISÉ TAMISÉE				
Le Tableau WCA - ESSAIS DE CORRELATIONS:	Les 3 Phases de la Matière						REMPLESSAGE	ACTION DE MECA LIQUIF PHASE GAZEUSE POROSITE: MINIMA, MAXIMA
							PRESSION	
							COMPACTATION	
		SEC - 0%	HUMIDE - 7,4%	PLASTIQUE - 14,8%	VISQUEUX - 26,7%	LIQUIDE - 35,5%		
		ETAT HYDRIQUE						
		PIIASE LIQUIDE - LIMITES INDICES						

Figura III.12. Wilfredo Carazas, autor del “Test Carazas”, ha representado de manera visual los diferentes estados de agregación de la materia tierra, donde se aprecian sus diferentes fases según la variación de la cantidad de agua y el grado de compactación de las partículas (Procedencia gráfica: Díaz, I.)

Este autor comienza por agrupar los métodos de estabilización en dos procesos que él denomina: *homogéneos* y *heterogéneos*.

Los procesos homogéneos se realizan mediante la adición de sustancias análogas al suelo seco, como son las propias arcillas o las arenas.

Los procesos heterogéneos se llevan a cabo, sin embargo, mediante la adición al suelo de sustancias ajenas a su composición, que lo estabilizan en presencia de agua. Este proceder lo divide a su vez en tres subgrupos:

1: *Estabilizantes por consolidación*. Son aquellos que complementan el trabajo de las arcillas presentes en el suelo, generando adición entre sus componentes. El más empleado históricamente es la cal. En el plano de sustancias orgánicas, nombra los biopolímeros procedentes de plantas como los cactus o las suculentas, y las sustancias proteicas extraídas del mundo animal como son los huevos, la sangre o la leche.

2: *Estabilizantes por fricción o estabilización por armazón*. Se refiere en este apartado a las fibras, de procedencia vegetal como paja, madera, sisal, o animal, como las crines o pelo animal y el estiércol. Estas materias conforman una especie de retícula que ayuda a reforzar el suelo.

3: *Estabilizantes por impermeabilización*. Su función es la de regular el contacto con el agua de las arcillas que componen los morteros de tierra para impedir alteraciones. Se ha empleado para ello históricamente repelentes de agua, como son los aceites vegetales y grasas animales.

Anger et al. (2008), profundizan aún más en este tema, analizando las operaciones de estabilización de suelos bajo la perspectiva de los procesos que se producen en las propias arcillas. Diferencian para ello dos fases, en las que se originan

reacciones heterogéneas: por un lado la dispersión de las arcillas y por el otro, la organización y unión de las arcillas con la materia orgánica.

a) *Dispersión de las arcillas.* Las plaquetas que conforman las arcillas tienen tendencia a unirse entre ellas dentro del material tierra, por lo que el proceso de dispersión se efectúa con el objetivo de romper esa tendencia a la unión y devolverles su carácter individual. Para ello, se requiere la añadidura de moléculas orgánicas que estén cargadas negativamente y vuelvan las caras positivas de las arcillas, negativas.

Con esta dispersión, para la que son empleadas moléculas de pequeño tamaño y con una fuerte densidad de carga superficial, como pueden ser la celulosa, el almidón o los taninos, se consigue disminuir la cantidad de agua precisa en la argamasa, con lo que se mejora la resistencia mecánica del material al disminuir su porosidad. Igualmente, estos aditivos favorecen el contacto entre los compuestos del mortero, por lo que la cohesión de todo el sistema aumenta.

b) *Organización y unión de las arcillas y la materia orgánica.* Este proceso favorece la cohesión del material. Para ello se emplean moléculas de gran tamaño: macromoléculas o incluso biopolímeros; aquellas más eficaces son las que poseen una carga superficial débil.

Estas moléculas tienen la capacidad de absorber, esto es: atraer y retener las arcillas y enlazarlas entre ellas. Se trata de polisacáridos, generalmente extraídos del reino vegetal, y otros prótidos como la caseína, el colágeno o la gelatina, sustancias capaces de formar geles.

Las labores oportunas de preparación de los biopolímeros antes de su empleo, tales como decocción, pudrición, remojo, mace-ración, infusión, fermentación o incluso la destilación, son las

que benefician la integración de las sustancias naturales con las arcillas, ya que durante este proceso es cuando se producen las transformaciones químicas necesarias para desestructurar y degradar la materia orgánica.

Otra manera de favorecer el proceso de organización y unión de las arcillas con la materia orgánica, se consigue mediante la adición de fibras vegetales, como ya apuntó Guerrero Baca, contribuyendo a disminuir la fisuración y a aumentar la resistencia a la tracción del material.

### III.3.5. Consolidación y adhesión de superficies

Los procesos descritos en el apartado anterior, conocidos en el ámbito de las arquitecturas de tierra como estabilización de suelos, consisten en el añadido a la masa cementicia de sustancias naturales con el fin de mejorar las propiedades del mortero, dispersando las arcillas y organizándolas para unir las finalmente con la materia orgánica.

En estas operaciones se emplean desde cales, gomas o huevos en la estabilización por consolidación, fibras que hacen una función de estabilización por fricción, o impermeabilizadores del suelo a través del añadido de aceites y grasas, generalmente aplicados en superficie.

Todas estas operaciones, realizadas a pie de obra, son las que se efectúan en el momento de revestir o reparar un muro.

Ahora bien, en trabajos de conservación y restauración del patrimonio, la terminología a aplicar es otra bien distinta.

La tarea de reposición de revocos se denomina *consolidación*

*estructural*; en ella que las sustancias naturales son aplicadas “en masa”, es decir, dentro de la argamasa.

Cuando los compuestos orgánicos se aplican en la superficie, generalmente por aspersión o a brocha con el objeto de reforzar un sólido pulverulento, se conoce como *consolidación superficial*.

Y finalmente, cuando la sustancia es añadida a un mortero de consistencia líquido-viscosa con el objeto de rellenar grietas o fisuras, a esta operación se le denomina *adhesión*.

La polifuncionalidad o empleo de un mismo biopolímero en operaciones de distinta índole, ha generado a lo largo de la historia confusión acerca de los usos adecuados de las materias, así como en la terminología a emplear, tendiendo a entender de igual manera las operaciones de consolidación y adhesión.

Un ejemplo de ello es el empleo del aceite de linaza, que ha servido de vehículo aglutinante de granos y además ha tenido funciones de adhesivo, capaz asegurar o fijar partículas a la superficie en el caso de obras plásticas (Mayer, 1993: 5), e hidrofugante en el ámbito de la conservación edilicia.<sup>13</sup>

Conviene aclarar, por lo tanto, que la consolidación de un material se realiza cuando éste se encuentra tan degradado que compromete su microestructura:

Todo material sólido o semisólido está caracterizado por una cohesión propia que por causas naturales (envejecimiento) o inducidas (tratamiento inadecuado, conservación inapropiada) puede llegar a deteriorarse y a sufrir alteraciones en su microestructura. Estos procesos de desprendimiento, además, aumentan la porosidad de los materiales, independientemente de la que ellos poseen al comienzo.

La restauración de un material desprendido se obtiene por

<sup>(13)</sup> Por hidrofugante se entiende aquella sustancia empleada para evitar la penetración de la humedad en los muros situados en el exterior de una vivienda.

impregnación de las microporosidades causadas por la degradación mediante un líquido consolidante. Al penetrar en el material objeto de la consolidación, la sustancia empleada solidifica, restableciendo un nivel de cohesión adecuado a la naturaleza del material degradado. La falta de cohesión introducida por la alteración se soluciona, pues, por medio de una sustancia auxiliar llamada consolidante, ya que sería imposible emplear el mismo material que constituye el objeto que se está intentando recuperar.

Matteini & Moles, 2001a: 272

Como indican estos autores, la sustancia empleada como consolidante se aplica en estado líquido mediante aspersion y solidifica al penetrar en la superficie a tratar, por lo que una de las características propias de los consolidantes es su capacidad filmógena, que les permite conformar una película sólida laminar durante el proceso de secado. Tradicionalmente, han sido empleadas con tales fines numerosas sustancias proteicas, así como resinas (Gómez, 1998: 264).

Cuando estos productos son capaces además de mejorar la cohesión de las capas externas, se les llama *fijativos* (ibidem: 262).

Finalmente, cuando el daño presente en el muro no afecta ni a la microestructura ni a la macroestructura (deterioro que requeriría de estucados, anclajes o refuerzos mecánicos), sino que se halla en un punto intermedio, como puede ser la fijación de elementos separados o desprendidos de un sustrato, se llevará a cabo una práctica de adhesión (Matteini & Moles, 2001a: 273).

Como se ha indicado, al poseer los adhesivos propiedades consolidantes, conlleva a confusiones en el empleo de la terminología, siendo el adhesivo una sustancia capaz de unir dos superficies entre sí, requiriendo de una determinada fuerza para su separación.

El adhesivo, a diferencia del consolidante, se emplea en conservación para llenar el espacio entre dos objetos (Horie, 1990: 71); se trata de una interfaz que no penetra en los cuerpos sobre los que se aplica, sino que sólo actúa externamente.

### **III.4. Estado del arte. De lo investigado**

Analizando los antecedentes bibliográficos publicados en los últimos 15 años, es decir, desde el año 2000 hasta la actualidad, las contribuciones más destacables acerca del problema de investigación se han ordenado y dividido en dos apartados:

- Sustancias orgánicas empleadas como adhesivos y consolidantes en la conservación y restauración de superficies.
- Consolidación y adhesión de pieles con productos químicos.

#### **III.4.1. Sustancias orgánicas de origen vegetal y animal empleadas en la restauración y conservación del patrimonio**

Una gran variedad de extractos vegetales, así como sustancias procedentes del reino animal, han sido experimentados con el fin de ser aplicados en labores de consolidación y adhesión de superficies, bien con policromía o sin ella, así como para estabilizar en masa suelos a ser empleados para embarrar.

Los trabajos que a continuación se presentan, han surgido de la necesidad de analizar, ampliar y trasladar al campo científico los

conocimientos atávicos transmitidos de manera oral, verificando de esta forma la viabilidad de trabajar con las materias locales disponibles en el entorno donde se sitúe la obra a tratar.

#### III.4.1.1. Adhesión y consolidación superficial con gomas vegetales

Investigaciones efectuadas acerca de las técnicas pictóricas de los antiguos mayas, han sacado a la luz los modos y procesos tecnológicos empleados en la realización de sus pinturas murales, siendo muy importantes para la restauración de este patrimonio en la actualidad.

Así, Vázquez de Ágredos (2004) ha llevado a cabo ensayos experimentales en los que maceró en agua un total de siete cortezas de glútenes durante un periodo de 48 horas, para posteriormente hidratar la cal en la sustancia aditiva. De esta manera, puso de manifiesto el conocimiento del hombre prehispánico del Yucatán acerca del empleo óptimo y maceración de distintas cortezas vegetales con fines aglutinantes, así como su capacidad de realizar

mezclas completamente duraderas obtenidas de la unión de cal con arcillas, pigmentos y glútenes.



Figura III.13 Nopal o tunera. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

Junto a las fuentes documentales escritas por los primeros colonos en llegar a la zona, en las que se habla del empleo de gomas de procedencia vegetal, otros ensayos de laboratorio han determinado fehacientemente el uso de la glucosa y otros monosacáridos en las pinturas murales maya

(Grimaldi, Murrai & Spirydowicz, 2002: 568).

Si bien, como se analizaba a comienzos de este capítulo, las técnicas constructivas tradicionales del África Occidental han sido profusamente investigadas, las pinturas murales de yacimientos arqueológicos tanto de la zona mejicana como peruana, han dado muchas referencias bibliográficas a su vez sobre las sustancias vegetales empleadas como adhesivos en la realización del arte pictórico de los pueblos originarios.

Por otro lado, en el ámbito de las arquitecturas de tierra, Martínez-Camacho et al. (2008), analizan las propiedades del mucílago de nopal y ensayan esta sustancia para su aplicación en la consolidación superficial de revestimientos procedentes de la Misión de Nuestra Señora del Pilar, fundada en el desierto de Sonora en el año 1608 y realizada bajo las técnicas constructivas del tapial y adobe.

En su artículo, explican el modo de proceder en la ejecución de los embarrados en el momento histórico de los aztecas en el que el jugo de nopal era mezclado con el barro, junto a la arena y el agua. A esta masa le añadían excrementos de caballo y paja de trigo. El nopal, en este caso, presenta una doble función dentro de la estabilización del suelo: es un plastificante del embarrado, y a su vez sirve como hidrorrepelente en su capa superficial (ibidem: 1125).

El modo de proceder fue el siguiente: fueron extraídas un total de cuatro muestras procedentes de los muros exteriores de la Misión.

La primera de ellas se correspondía con una zona que se encontraba en buen estado de conservación; la segunda se extrajo de una zona erosionada del muro; la tercera se localizaba en una zona en la que se había aplicado mucílago de nopal directamente sobre la pared y, finalmente, la última de ellas era similar a la anterior, pero

antes de impregnar el mucílago, se procedió a humectar el muro con agua-alcohol con el fin de reducir la tensión superficial.

Fueron realizados diferentes ensayos de caracterización en un laboratorio especializado. Los resultados obtenidos muestran un mejor comportamiento del mucílago en la muestra en la que se impregnó el muro previamente con agua-alcohol, ya que permitió una mayor difusión del nopal en el cuerpo del adobe: las capas de mucílago ocuparon los poros pequeños de la muestra, revelando un comportamiento térmico estable en temperaturas superiores a los 200°C.

The mucilage coats the hydroxylated *adobe* small particles occupying the small pores. The thermal behaviour shows that the *nopal* impregnated material is stable up to 200°C. A non-conventional distinction among these materials is made through fractal dimension. This parameter shows the interaction strength between mucilage and pore walls. With the alcohol treatment the mucilage is incorporated in the *adobe* texture and develops an irregular surface. Without treatment the interaction is very weak.<sup>14</sup>

<sup>(14)</sup> “El mucílago cubre el adobe hidroxilado en pequeñas partículas que ocupan los pequeños poros. El comportamiento térmico muestra que la materia impregnada con nopal es estable hasta los 200°C. Este parámetro muestra la fuerza de interacción entre el mucílago y los poros del muro. Con el tratamiento del alcohol, el mucílago se incorpora en la textura del adobe y desarrolla una superficie irregular. Sin el tratamiento, la interacción es muy débil” (trad. a.).

Martínez-Camacho et al., 2008: 1132

Sin embargo, un año antes de la publicación de estos resultados, Morales (2007) se manifestaba como un acérrimo detractor de las sustancias orgánicas empleadas en la conservación de estructuras murarias, en lo referido a los trabajos de consolidación efectuados sobre los revestimientos de las ruinas de las Huacas Moche en Perú.

Queremos enfatizar que los mucílagos o sustancias orgánicas no funcionan por la fragilidad de su estructura molecular en condiciones ambientales naturales. No vale la pena insistir en algo ya demostrado por la experiencia acumulada en cuatro décadas de aplicación, por cuanto no es un material de larga resistencia al

intemperismo.

Morales, 2007: 266

El mucílago de nopal ha sido experimentado además mezclado con cales en morteros de inyección para ser empleado en la restauración de diversas pinturas murales ejecutadas sobre muros de adobe y tapial por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, en Méjico.

La capacidad de esta sustancia de disminuir la contracción del mortero, así como el aumento de su adhesividad y fluidez, junto a la capacidad de retardar el fraguado, han hecho factible la presentación de resultados favorables que promueven el empleo del mucílago de nopal en trabajos de restauración del patrimonio (Pérez, 2009: 59).

#### III.4.1.2. Consolidación estructural con *saliva de cupim*, tierra de termiteros

Pereira (2008) expone en su artículo los beneficios de las secreciones salivares de la termita u hormiga blanca quien, durante el proceso de masticación de los gránulos que componen el suelo donde se hallan sus propios desechos fecales, genera una tierra muy rica por sus propiedades cementantes (*Figura III.14*).

Evidentemente, este resultado variará según el tipo de suelo, la especie de termita y la dieta de la misma, pero por lo



*Figura III.14. Termitero. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

general, el producto resultante consiste en una mezcla de enzimas, lignocelulosa y proteínas, entre otros muchos nutrientes, que enriquece sobremanera la mezcla producida por estos insectos, generando en el suelo una elevada microagregación de sus partículas (ibidem: 248).

Estas propiedades son conocidas y empleadas históricamente tanto en la agricultura como en la arquitectura, siendo aplicadas en Koutmmakou, Togo, donde la mezclan con paja en la construcción de sus graneros (Joffroy & Djanguenane, 2005: 25).

La saliva de cupim es un material empleado en la construcción de carreteras desde la década de los 70 del pasado siglo en Brasil. Posee además otros usos como estabilizante en obras de ingeniería y arquitectura en este país, ya que, comparado con el suelo sin estabilizar, los de termitero poseen:

- higher proportion of fine particles;
- higher concentration of organic matter and/or organic carbon;
- higher concentration of nutrients and/or exchangeable cations.<sup>15</sup>

Pereira, 2008: 249

La comercialización e industrialización de esta sustancia se ha desarrollado principalmente en Sudáfrica, habiendo incluso una producción controlada y comercializada dentro del ámbito de los productos de construcción ecológicos y sostenibles, eso sí, con un costo tres veces más elevado que el del ordinario cemento (Houben & Guillaud, 1994: 99).

Experiencias de conservación y restauración de fábricas históricas con tierra de hormigueros han sido llevadas a cabo en la ruina “Facen de Jardim”, sobre tapiales y adobes datados en el año 1693, y en la Iglesia del Rosario (siglo XVII) en Pirenópolis, Brasil.

(15) “-elevada proporción de finas partículas;

- elevada concentración de materia orgánica y/o carbón orgánico;

- elevada concentración de nutrientes y/o cationes intercambiables” (trad. a.).

En el primer caso se le adicionó a la sustancia una sal metálica, y fue empleada como impermeabilizante con muy buenos resultados.

En el segundo de ellos, fue aplicada sola, obteniendo óptimos resultados en lo referido a la cohesión y estabilidad del revoco (Pereira, 2008: 250).

#### III.4.1.3. Ensayos de estabilización en masa con compuestos orgánicos

El *Forschungslabor für Experimentelles Bauen* (FEB), perteneciente a la universidad alemana de Kassel, ha realizado numerosos ensayos acerca del comportamiento de los morteros o revocos de barro tras la adición de sustancias de procedencia orgánica.

El ingeniero Gernot Minke ha desarrollado una vasta carrera profesional en torno a las arquitecturas de barro, aportando varias publicaciones en este campo (Minke, 2014, 2011, 2010, 2009, 2005, 1994).

Su conocimiento en el habla del español le ha permitido desarrollar una carrera paralela en el ámbito de Iberoamérica, viajando por innumerables países de habla hispana y aportando sus conocimientos como conferenciante en Universidades y asociaciones de constructores. Esto ha facilitado la traducción de muchos de sus libros y cursos al idioma español.

Uno de sus últimos artículos publicados, presenta los resultados obtenidos en el FEB, Laboratorio de Construcciones Experimentales, referidos a los ensayos de retracción, absorción y erosión practicados sobre revoques de barro estabilizados

en masa con diversos adyuvantes de procedencia orgánica, así como otros de factura industrial comercializados en Alemania (Minke, 2011).

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con diferentes proporciones de aceite de lino, cal, cal y caseína, emulsión bituminosa y gluten con lino fueron positivos, mientras que en los que se añadió bórax y caseína, así como diversas proporciones de harina de trigo cocinada, no ofrecieron óptimos resultados (ibidem: 157).

#### III.4.2. Consolidación y adhesión de pieles con productos químicos

En los trabajos de conservación y restauración de las pieles de la arquitectura de barro han sido empleados diversos productos para la consolidación y adhesión de superficies, como silicatos, resinas acrílicas, vinilos, y emulsiones de asfalto, mezclados generalmente con cementos y cales.

En la actualidad, los consolidantes de naturaleza mineral o inorgánica como son los silicatos y fluosilicatos, ya no se emplean por las consecuencias negativas que ejercen sobre las obras durante el proceso de secado (Matteini & Moles, 2001a: 323).

Sin embargo, han ofrecido una buena respuesta otros productos, como los hidróxidos y aluminatos de metales alcalino-terrosos, ya que son de naturaleza similar a los materiales sobre los que se aplica.

Un éxito análogo están teniendo los productos sintetizados de naturaleza orgánica (polímeros, ésteres, etc.), así como los polímeros vinílicos, sustituidos en la actualidad por los acrílicos y

metacrilatos.

Este apartado presentará diversos trabajos publicados en los que han sido empleados productos químicos en trabajos de consolidación tanto estructural como superficial y adhesión de superficies.

#### III.4.2.1. Ésteres de silicio en la consolidación de muros y suelos de yacimientos arqueológicos

Los ésteres de silicio han sido profusamente empleados a lo largo de las últimas décadas en trabajos de consolidación de monumentos de piedra o en obras arquitectónicas.

Este producto fue descubierto en el año 1846, y ya en 1860 se comenzó a utilizar en la protección de piedras (Mayer, 1993: 402).

Comercializados bajo diversos nombres según la marca que los trabaje, se trata de consolidantes a base de éster etílico del ácido silícico miscibles en hidrocarburos alifáticos y alicíclicos, que poseen una óptima capacidad de penetración.

Un éster es un producto que se forma por reacción de un ácido con un alcohol. Entre los ésteres de silicio, o compuestos orgánicos de silicio, está el silicato de etilo, que se puede describir como una combinación de alcohol y sílice pura. Es un líquido transparente y volátil, con un suave olor etéreo, que recuerda al de algunos disolventes volátiles. Cuando se diluye con alcohol y se mezcla con pequeñas cantidades de agua, tiene lugar una reacción química (hidrólisis) en la que se produce alcohol y sílice hidratada. Esta última se desprende de la solución en forma de gel, o de finas partículas coloidales. [...] la humedad de la atmósfera completa la

reacción, produciéndose además cambios internos en los compuestos de silicio. El alcohol se evapora, y la sílice coloidal forma pronto un gel tenaz que, en películas finas, se seca en menos de media hora, después de lo cual se puede tocar y manejar normalmente. [...] A continuación, el gel de sílice, o sílice hidratada, se convierte lentamente en sílice pura (dióxido de silicio). Este proceso tarda de diez días a cuatro semanas.

Mayer, 1993: 402

Los ésteres de silicio han sido empleados en trabajos de consolidación de las Huacas Moche, en Perú, iniciados en el año 1991, y que continuarán hasta el 2016.

Las Huacas del Sol y la Luna, pertenecientes a la cultura chimú, son un magnífico yacimiento arqueológico que contiene los restos de la ciudad pre-incaica construida en tierra y que conserva superficies policromadas de gran valor artístico y cultural (*Figura III.15*).

El artículo de Morales (2007), expone los trabajos de conservación integral del Sitio, donde se emplearon ésteres de sílice en la consolidación de los muros de la Huaca de la Luna.



*Figura III.15. Huaca de la luna, detalle. (Procedencia gráfica: <http://www.huacasdemoche.pe>).*

En concreto, fue empleado el *Silicato de Etilo 40*, disuelto en alcohol etílico en una proporción de medio litro de silicato por uno de alcohol para las superficies de tierra.

En los lugares donde se conservaban restos de policromía original, unos temples a la cola, cuyo

aglutinante de los pigmentos fue un mucílago extraído del cactus local Sanpedro, *Trichocereus Pachanoi*, se optó por adherir la policromía mediante una solución al 3% de una resina acrílica, *Paraloid B-72*, disuelta en un solvente (Morales, 2008: 198).

Por otro lado, en la isla de Gran Canaria, en el año 2005, fue utilizado igualmente un ester de silicio en la consolidación del suelo original de la estructura muraria del yacimiento arqueológico denominado “El Roque”, localizado en Agaete (*Figura III.16*).

En dicha intervención, financiada por el Cabildo de Gran Canaria y ejecutada por la empresa Arqueocanaria S.L., se procedió a la reconstrucción de la Estructura Habitacional III, perteneciente a un conjunto de tres viviendas prehispánicas que se hallaban en estado de abandono, habiendo sufrido una de ellas la destrucción parcial de uno de sus muros por la acción de una excavadora (*Figura III.17*).

Tras una primera labor de limpieza (extracción de depósitos de arena acumulada a lo largo de los años sobre el sitio) y pre-consolidación de la superficie terrosa, un suelo apisonado situado en el interior de la vivienda, se procedió a la eliminación de restos de plantas y vegetación intrusiva del lugar, y a la aplicación de un producto herbicida en la zona circundante al yacimiento. Tras una limpieza general de las Estructuras, se procedió a la reconstrucción por anastilosis de las



*Figura III.16. Vista general del Sitio arqueológico Roque de Guayedra tras su restauración (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*



*Figura III.17. Vista aérea en la que se aprecia el derrumbe del muro. (Procedencia gráfica: Arqueocanaria S.L.).*

pedras que componían el edificio original. Fueron empleadas para ello fotografías existentes de las estructuras, efectuadas tras la primera intervención realizada sobre el conjunto entre los años 1975 y 1981, en el momento de su excavación.

Tras diferentes estudios acerca del clima, horas de radiación solar, lluvia, etc. se determinó el empleo de un silicato de etilo, comercializado bajo el nombre de *Bioestel*, para la consolidación superficial del suelo, debido a que la proximidad del yacimiento al mar, beneficiaría la penetración del producto: una de las cualidades del *Bioestel* era su aptitud para el tratamiento de

obras situadas en ambientes húmedos, favoreciendo además una rápida degradación de los agentes biodeteriorantes (CTS, 2003: 46).



Figura III.18. Proceso de consolidación del suelo. (Procedencia gráfica: Arqueocanaria S.L.).

Se efectuaron un total de tres aplicaciones por impregnación, a una temperatura de 21°C un 12 de diciembre de 2005. El producto fue disuelto en un hidrocarburo alifático al 25% en su primera aplicación, al 50% en la siguiente, y puro en la última. (Figuras III.18 y III.19).



Figura III.19. Suelo consolidado. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

Las piedras de intramuros fueron asimismo consolidadas con este producto.

Posteriormente, una vez seco, se procedió a cubrir la superficie con una malla de geotextil, depositando sobre ella árido triturado con el objetivo de proteger el suelo de las inclemencias meteorológicas y de los posibles visitantes, hasta que el lugar quedase preparado por completo para recibir

público en un futuro.

Pasados nueve años de la aplicación del producto y pese al cubrimiento del suelo, éste ya no presenta un nivel de consolidación óptimo.

#### III.4.2.2. Ésteres de celulosa en morteros de inyección

Otras sustancias químicas empleadas con éxito en operaciones de adhesión de revocos desprendidos en muros de tierra han sido los ésteres de celulosa. Concretamente, se ha estudiado uno de sus derivados, la metilhidroxietilcelulosa, comercializada como *Tylose MH300*.

Se trata de un polvo blanco inodoro soluble en agua fría e insoluble en agua caliente y disolventes orgánicos con un pH neutro. Se emplea generalmente como agente condensante de emulsiones y adhesivo en la restauración de papel, textil y documento fotográfico.

*Tylose MH300* ofreció el mejor resultado entre los ensayos efectuados con otros productos, como fueron la hidroxipopilcelulosa, otro tipo de estel, y sales sódicas como la carboximetilcelulosa, empleadas como morteros de inyección sobre edificios vernáculos de tierra en el norte de Alemania.

El objetivo de la investigación, llevada a cabo entre los años 2005 y 2007 en el seno del *Rathgen Research Laboratory* en Berlín y la Universidad de Ciencias Aplicadas de Postdam, consistía en readherir óptimamente las capas desprendidas de un revoco a través de una inyección de mortero capaz de rellenar los huecos, cavidades y grietas presentes en la superficie de la

Büderhaus, en Berlín, edificio realizado en el siglo XIX bajo la técnica constructiva *cob* <sup>16</sup>.

The main requirement for successful grouts is low viscosity combined with low water content that allows for good injectability and minimal shrinkage. In addition, the grout must have homogeneous distribution in the voids, good adhesion to the cavity surfaces, and compatible strength and water transport characteristics with the substrate. The challenge is to obtain adhesion in a material with very low tensile strength.<sup>17</sup>

Simon & Geyer, 2008: 260

<sup>(16)</sup> Voz inglesa que designa un sistema constructivo propio de los condados del sudoeste del Reino Unido, en el que la tierra es modelada y dispuesta en un espesor de 45 a 60 centímetros. El grueso de sus muros va disminuyendo a medida que crecen en altura, percibiéndose desde el interior de la vivienda una ligera inclinación del paramento.

El mortero de inyección empleado consistía en una mezcla de suelo cuyo tamaño máximo de las partículas era de 150 µm, polvo de cuarzo y Tylose MH300.

<sup>(17)</sup> “El mayor requerimiento para una exitosa lechada es una baja viscosidad combinada con un bajo contenido en agua, lo que permite una buena inyectabilidad y una mínima retracción. Además, la lechada debe proveer una homogénea distribución en los vacíos, buena adhesión a las superficies de las cavidades y características compatibles con el estrato original como fuerza y transporte de agua. El desafío consiste en obtener adhesión en un material con baja resistencia a la tracción” (trad. a.).

Las conclusiones de este trabajo fueron que el Tylose MH300 presentaba una buena inyectabilidad, así como un bajo contenido en agua y escasas fisuras al secar. Permitía además una buena adherencia a las cavidades que rellenó.

### III.4.2.3. Látex sintético en la mejora de la durabilidad de los morteros tradicionales

Francisco Javier Castilla Pascual elaboró su tesis doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid en el año 2004.

Su investigación acerca de la mejora de la durabilidad de los morteros tradicionales efectuados en barro y paja de la submeseta castellana, le llevó a investigar con emulsiones de estireno-butadieno, dado que se trataba del estabilizante que presentaba

mejor comportamiento según investigaciones realizadas con anterioridad.

El estireno-butadieno es un líquido de apariencia blanco-lechosa comercializado bajo la denominación *Sika Latex*. Se trata de una emulsión sintética que, mezclada con agua, sirve para la confección de morteros o lechadas de cemento con buena adherencia y resistencia al agua (Sika, 2014: 101).

Tras las pertinentes pruebas de laboratorio, aplicó embarrados sobre muros orientados hacia el oeste realizados en adobe, tapial y ladrillo cocido. Los enlodados fueron efectuados con diversos aditivos en distintas proporciones: barro y paja; barro y paja en disolución de agua/látex; barro y paja amasado con látex; barro, cemento y paja; barro, cemento y paja con disolución agua/látex, y finalmente barro, cemento y paja amasados con látex (Castilla Pascual, 2004: 111).

Pasado un año de su aplicación y exposición al intemperismo, el comportamiento de los embarrados fue diferente, presentando un deterioro mayor aquellos realizados sólo con barro y paja.

Sin embargo, los efectuados con la emulsión de látex sintético, sufrieron un oscurecimiento de la superficie, mayor en cuanto las proporciones de estabilizante aumentaba.

Por otro lado, la estabilización efectuada con cemento, alteró igualmente el color del revoco, en este caso aclarándolo, pero permitiendo una mayor homogeneidad del mismo.

La conclusión general obtenida tras los diversos ensayos aplicados en los revocos de barro mejorados con emulsión acuosa de Sika latex, fue una mejor capacidad de adherencia y cohesión interna que los trullados sin aditivar. De igual manera, se observó una disminución de la absorción de agua, reflejada en la resistencia a la erosión de los morteros consolidados.

Como se ha comprobado a lo largo de este capítulo, el empleo de sustancias naturales o productos químicos es un tema muy controvertido entre los profesionales de la restauración del patrimonio. Lo que sin duda es muy favorable para todos, son los estudios, ensayos e investigaciones que se han desarrollado y que se continúan realizando en torno al comportamiento de las materias susceptibles de ser empleadas en los trabajos de adhesión y consolidación de los revocos de barro.

Se ha avanzado mucho en los tratamientos de protección de los revocos con productos sintéticos. No obstante, existe un mercado muy amplio de sustancias y tratamientos que se ofertan como auténticas panaceas para acabar con problemas tan antiguos como las eflorescencias salinas, la erosión superficial y las humedades, entre otros.

Últimamente, la preocupación por el medio ambiente, ha llevado a la industria a la creación de productos ecológicos, que se comercializan como sustancias más nobles y benignas, no sólo con el entorno, sino para con quien los aplica.

La problemática que presentan todos estos materiales de nueva factura es su reciente aparición, por lo que falta por determinar más allá del laboratorio sus modos de envejecimiento, estabilidad y durabilidad a largo plazo.

Por otro lado, si se tiene en cuenta la filosofía de la obsolescencia programada, modelo vigente entre las sociedades capitalistas en las que la ley de la oferta y la demanda genera materiales sustituibles y deteriorables a corto plazo, este tipo de productos poco o nada tienen que ver con la premisa restaurativa que requiere durabilidad, permanencia y fiabilidad de las sustancias empleadas.

Por todo ello, se deduce que los compuestos de procedencia orgánica son bastante previsibles, conociéndose perfectamente sus

flaquezas y fortalezas, pues se llevan manipulando y utilizando desde hace muchísimos siglos, lo que ha permitido la mejora de sus formulaciones y metodología de uso.



## IV

### De la alquimia a la química de las sustancias naturales

---

El saber popular y tradicional que a modo de alquimia ha sabido manipular y procesar a lo largo de la historia las sustancias naturales para obtener los beneficios deseados, se transmutará en los capítulos siguientes en una ciencia experimental con la ayuda de la química orgánica.

Ésta entiende los compuestos naturales como mezclas moleculares complejas, cuya composición varía según el origen de la sustancia, el momento y la forma de su extracción, la temperatura, la humedad ambiente, etc. (Gómez, 1998: 264).

Como se explicó en el Estado del conocimiento, una misma sustancia puede acometer diversas funciones, de ahí su polifuncionalidad, y ser empleada a su vez en procedimientos diferentes. Igualmente, se debe considerar al utilizar este tipo de materias las alteraciones a las que son susceptibles cada una de ellas, ampliamente conocidas debido a su empleo a través de los siglos.

Este capítulo pretende entender la composición de los biopolímeros empleados a lo largo de la historia en la ejecución de los embarrados tradicionales y clasificarlos según su procedencia orgánica. Esto permitirá una mejor comprensión tanto de las capacidades, naturaleza y manipulación de los compuestos, así como de los aspectos físico-químicos que intervienen de las

sustancias animales y vegetales objeto de estudio.

#### IV.1. Terminología empleada

Antes de profundizar acerca de la cuestión, conviene definir brevemente la terminología general empleada en éste y los siguientes capítulos.

Un *átomo* es una partícula de pequeño tamaño que representa la unidad fundamental de la materia.

Un cuerpo, bien se encuentre en estado sólido, líquido o gaseoso, está constituido por átomos. Si los átomos que forman la materia son del mismo tipo se denominan *elementos*; éstos son representados por siglas, que responden a los símbolos químicos. Por ejemplo, el símbolo del Carbono es C.

Por otro lado, la combinación de dos o más átomos de diferentes elementos químicos unidos entre sí por un enlace químico constituyen un *compuesto químico*. Los compuestos químicos se representan mediante fórmulas químicas, en las cuales se indica la proporción en la que se combinan los elementos químicos que forman dicho compuesto. Por ejemplo, la fórmula de la glucosa es  $C_6H_{12}O_6$ .

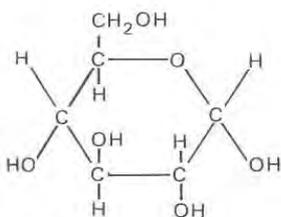


Figura IV.1.  
Representación de una  
molécula de glucosa.  
(Procedencia gráfica:  
Horie, 1990: 15.).

Los compuestos químicos se presentan en forma de molécula o cristal, dependiendo del enlace químico que une los átomos que los forman. Una gran mayoría de los compuestos orgánicos están formados por moléculas, en las cuales los átomos se unen por un enlace covalente (Figura IV.1).

Los biopolímeros estudiados en esta tesis son, por lo tanto, compuestos orgánicos constituidos por un elemento común

y fundamental, como es el Carbono (C). Otros elementos, importantes en la composición de las sustancias orgánicas son el Hidrógeno (H), el Oxígeno (O) y el Nitrógeno (N).

La suma de dos o más sustancias puras da lugar entonces a las mezclas.

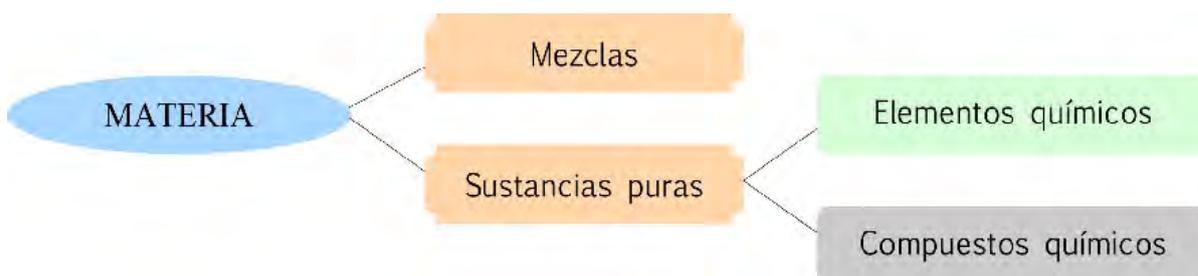
Por tanto, la materia se clasifica en sustancias puras y mezclas. Las sustancias puras, a su vez, pueden ser elementos químicos o compuestos químicos (*Figura IV.2*).

Entre las moléculas de las sustancias químicas se establecen fuerzas de atracción que las mantienen unidas. Son interacciones débiles y se denominan *enlaces intermoleculares*. Dependiendo de cuáles sean los átomos que participan en el enlace, éstos pueden ser iónico, covalente o metálico.

El tipo y fuerza de estas interacciones influyen en la mayoría de las propiedades físicas y químicas de la materia, como son la solubilidad, los procesos de adhesión y cohesión, los cambios de estado, etc.

Son las fuerzas de Van der Waals y los enlaces por puentes de hidrógeno.

Las *fuerzas de Van der Waals* se producen entre moléculas no polares, completamente simétricas, así como entre moléculas polares, no simétricas, cuyos átomos tienen diferente



*Figura IV.2. Componentes de la materia. (Adaptado de Matteini & Moles, 2002a).*

electronegatividad. Esto implica que cada uno de los átomos atrae a los electrones del enlace con distinta fuerza. El átomo que atrae con más fuerza a los electrones que participan en el enlace, queda con una carga parcial negativa, y el átomo que atrae con menos fuerza a los electrones que participan en el enlace, queda con una carga parcial positiva.

Así se producen las interacciones electrostáticas entre los polos positivos y negativos de las moléculas. La proximidad de estos dipolos puede inducir a un dipolo en moléculas no polares, que se unirán a las primeras.

Se trata de fuerzas muy débiles que determinan puntos de fusión y de ebullición bajos en las sustancias. Estas fuerzas aumentan con el volúmen molecular.

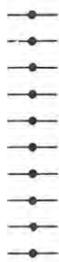
Los *enlaces de hidrógeno* se dan en moléculas en las que se enlaza el hidrógeno con flúor, oxígeno y nitrógeno, ya que estos son elementos más electronegativos y de menor tamaño, y como consecuencia crearán un dipolo fuerte, como por ejemplo el agua, como se explicará en el apartado IV.3 de este capítulo.

#### IV.1.1. Polímeros

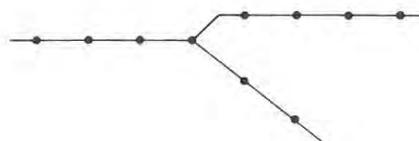
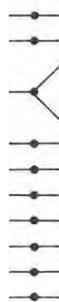
Las resinas, gomas y ceras están constituidas por moléculas relativamente grandes, aunque son pequeñas si se comparan con las que conforman los polímeros sintéticos, fabricados en la industria y en el laboratorio. Debido a ello, su uso se ha reducido enormemente en la industria actual, permaneciendo apenas la celulosa y las gomas, cuyo peso molecular es muy grande (Horie, 1990: 11).

Un *polímero* es una molécula de gran tamaño o macromolécula,

constituida por unidades moleculares similares más pequeñas. Estas pequeñas unidades se denominan *monómeros*, los cuales se unen a otros monómeros para formar un polímero en una estructura lineal o ramificada (*Figura IV.3*).



Los monómeros que se unen pueden ser iguales, como en el caso de la celulosa, que resulta de la unión de muchas moléculas de glucosa; o diferentes, como en las proteínas, que resultan de la unión de diferentes aminoácidos.



*Figura IV.3. Representación de polímeros de estructura lineal (a) y ramificada (b). (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 12).*

El proceso a través del cual se unen las cadenas de monómeros y se sintetiza un polímero se denomina *polimerización*.

Cuanto mayor sea el número de unidades de monómero que forman el polímero, mayor será su masa molecular.

Generalmente, las moléculas que conforman un polímero pueden dividirse o separarse fácilmente al ponerlas en contacto con un solvente, o derritiéndolas con la aplicación de calor. Estas últimas reciben el nombre de *termoplásticos*.

Sin embargo, cuando la unión de monómeros es lo suficientemente fuerte, resulta muy difícil disgregarlos. En un caso como este, el calor simplemente los ablandará y los solventes no los podrán disolver; lo que ocurrirá es que se hincharán y crecerán.

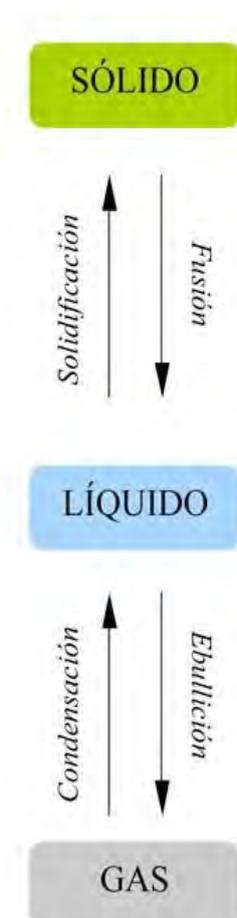
Estas fuerzas o tratamientos externos generan cambios químicos en el interior de los polímeros, lo que produce variaciones en

las propiedades de la sustancia, aumentando además su peso molecular.

#### IV.1.2. Procesos físicos y químicos de la materia

Llegados a este punto, se hace necesario recordar los *estados de agregación de la materia*.

La materia se puede presentar en forma sólida, líquida o gaseosa, y cada estado viene dado por la temperatura y presión de las sustancias, condiciones todas ellas modificables (*Figura IV.4*).



El estado de agregación de una sustancia depende de la distribución de las partículas que la componen, es decir, de las fuerzas que las unen.

De esta manera, los átomos, moléculas o iones que conforman un compuesto en estado sólido, se sitúan de manera ordenada, conformando y ocupando la totalidad del espacio en estructuras denominadas *redes cristalinas*. Esto se debe a que las fuerzas de atracción entre sus partículas son fuertes.

El estado líquido posee partículas con mayor libertad de movimiento, variando su forma según el recipiente donde se encuentren. Esto se explica porque las fuerzas de cohesión entre sus partículas son menores que en los sólidos.

Y los átomos o moléculas que componen el estado gaseoso, se hallan libres e independientes entre ellos porque las fuerzas de atracción entre las partículas son muy débiles, casi despreciables. Así, los átomos o moléculas que forman los gases están en continuo movimiento y carecen de volumen y formas propias (Matteini & Moles, 2001a: 392).

*Figura IV.4. Estado de agregación de la materia y cambios de estado. (Adaptado de Matteini & Moles, 2001a).*

#### IV.1.2.1. Diferencias entre cambio físico y cambio químico

Cuando tiene lugar un cambio físico, la naturaleza de las sustancias no se modifica. Son cambios físicos los cambios de estado o la mezcla de materias.

Por ejemplo, al evaporarse el agua y pasar del estado líquido al estado gas, continúa habiendo moléculas de agua, aunque ordenadas de manera diferente. Lo mismo ocurre en el caso de una disolución de agua y azúcar: al mezclarlas continúa habiendo moléculas de agua y moléculas de azúcar.

Sin embargo, cuando una sustancia química se pone en contacto en unas condiciones determinadas, se transforma y da lugar a otras sustancias diferentes, se trata de un cambio químico.

Un ejemplo de ello se produce en la reacción química de combustión de la glucosa: en ella, la glucosa reacciona con oxígeno y se transforma en dióxido de carbono y agua.

Por otro lado, el paso de la fase líquida, en la que la materia se encuentra en disolución, dispersión o emulsionada, a un sólido, se debe a un proceso físico, químico, o a una mezcla de ambos (Gómez, 1998: 131).

Entonces, en un proceso físico como el de la solidificación, las moléculas que se encuentran fundidas, se solidifican durante el cambio de fase o de estado. Esto ocurre con los cédidos; otras sustancias que se aplican fundidas son los asfaltos o betunes.

Sin embargo, este fenómeno no se produce en las gelatinas y colas animales, en los que primero se produce un enfriamiento previo a la evaporación del disolvente. Intervienen aquí, por tanto, los procesos físicos de la evaporación y solidificación.

Por otro lado, los procesos químicos que ayudan al secado de las sustancias naturales se producen durante los fenómenos ya descritos de polimerización de los compuestos, originándose un aumento del tamaño molecular. Este proceso ocurre sobre los aceites secantes y las resinas.

Y finalmente, el prodeso o fenómeno mixto es aquél en el que se origina la evaporación del disolvente y la polimerización. Estos procesos físicos y químicos ocurren básicamente en las emulsiones de huevo y aceite, así como en las mezclas de aceite y resina (ibidem: 130).

## IV.2. Clasificación de los compuestos orgánicos

Los biopolímeros, polímeros que forman los seres vivos, se engloban dentro de cuatro grupos: *proteínas*, *glúcidos*, *lípidos* y *ácidos nucleicos*.

Como se ha indicado, a efectos de esta tesis sólo serán estudiados los tres primeros grupos (*Figura IV.5*).



*Figura IV.5. Clasificación de las sustancias orgánicas. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

El nivel de solubilidad que posean los compuestos orgánicos o naturales, los diferencia a su vez en hidrófilos y lipófilos.

Las sustancias hidrófilas son aquellas solubles en agua, o que se pueden hinchar en contacto con la misma. Las proteínas y los glúcidos se encuentran, en su mayoría, dentro de este grupo.

Lipófilas son aquellas materias solubles o hinchables en disolventes orgánicos no polares. Los lípidos entran mayoritariamente en este conjunto.

#### IV.2.1. Proteínas: adhesivos naturales

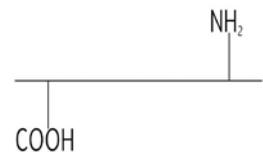
La mayor parte de las proteínas provienen del mundo animal, y han sido profusamente empleadas en la historia del arte por sus propiedades coloidales, ejerciendo de adhesivos durante mucho tiempo.

Su estructura está conformada por largas cadenas de aminoácidos ( $\alpha$ ), los cuales están formadas por un grupo amino, de carácter básico ( $-\text{NH}_2$ ) y un grupo carboxilo de carácter ácido ( $-\text{COOH}$ ). (*Figura IV.6*).

Cuando un grupo concreto de aminoácidos, alrededor de veinte, se unen por enlaces peptídicos, se produce la polimerización que da como resultado a las proteínas.

Como se observa en la *Figura IV.7*, en el enlace peptídico se une el grupo ácido de un aminoácido con el grupo amino del siguiente aminoácido.

La facilidad que poseen las proteínas para formar enlaces de hidrógeno es lo que les otorga el carácter hidrófilo que las



*Figura IV.6. Representación de un aminoácido. (Procedencia gráfica: Díaz, I.)*

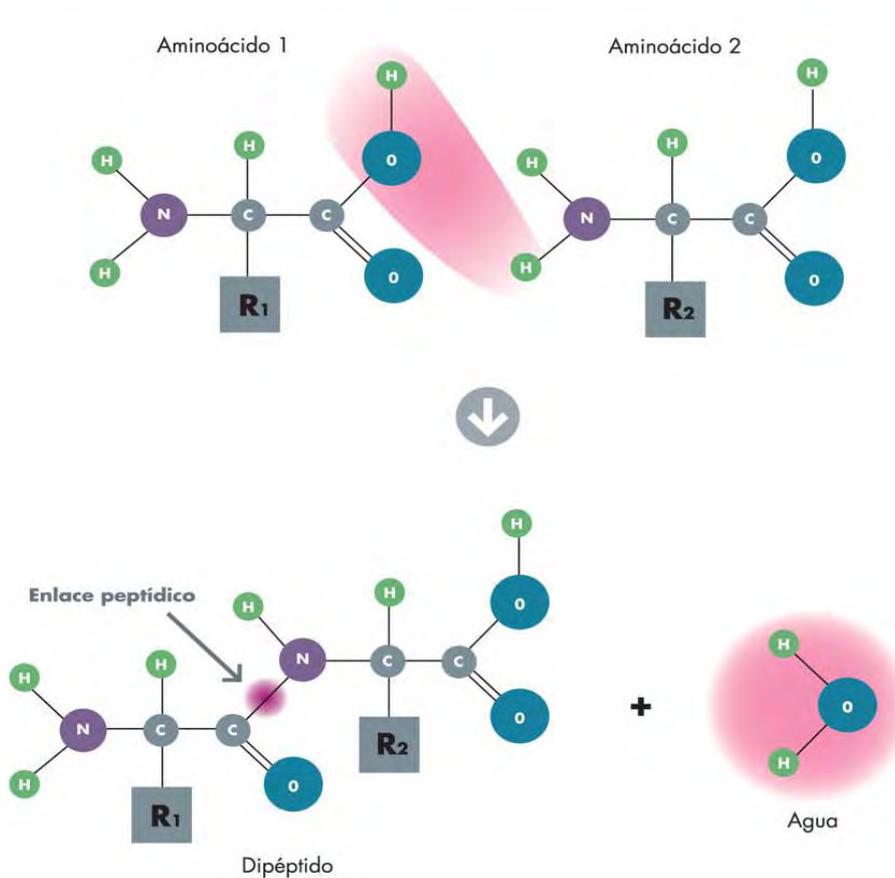


Figura IV.7. Enlace peptídico. (Procedencia gráfica: Garófano, 2011: 58).

caracteriza, por lo que son fácilmente miscibles en agua, h i n c h á n d o s e también en contac- to con la misma.

En esta fase acuosa se encuentran dis- persas las *micelas* o partículas coloi- dales dispersas en una solución, con- formando grandes agregados de mo- léculas con car- ga eléctrica similar, lo que evita la atracción entre ellas. Por ello resultan sensibles al pH de las sustan-

cias con las que se mezclan.

Bajo un punto de vista químico, las proteínas representan las sustancias más estables; sin embargo pueden ser descompuestas fácilmente debido al ataque de microorganismos, o alteradas por la acción de la luz, el calor, así como los ácidos y los álcalis, entre otros -alcohol, acetonas, formaldehído-. Estas alteraciones reciben el nombre de *desnaturalización*.

La desnaturalización de una proteína se aprecia en la disminu- ción de su solubilidad en agua, lo que puede ser positivo si la sustancia proteica se emplea como aglutinante de pinturas<sup>1</sup>, pero cuando se requiere su uso como adhesivo o consolidante, pone en peligro la reversibilidad de la sustancia.

<sup>(1)</sup> Un aglutinante es una sustancia que se emplea para unir las partículas de pigmento entre ellas y al soporte sobre el que se aplicará la pintura. A modo de ejemplo, el aceite de linaza ha sido el aglutinante mayoritariamente empleado en la pintura al óleo.

Las proteínas se aplican mayormente en forma de disoluciones o emulsiones acuosas.

Una forma de diferenciar estos biopolímeros es atendiendo a su constitución, por lo que se subdividen en dos grupos: proteínas simples y proteínas compuestas o complejas. (Figura IV.8).

#### IV.2.1.1. Proteínas simples

Las proteínas simples u holoproteínas están constituidas únicamente por aminoácidos o sus derivados, estando compuestas de una o más cadenas polipeptídicas.

Según las interacciones entre los aminoácidos, la molécula adoptará una conformación u otra.

En este grupo se encuentran las proteínas fibrilares y las proteínas globulares.

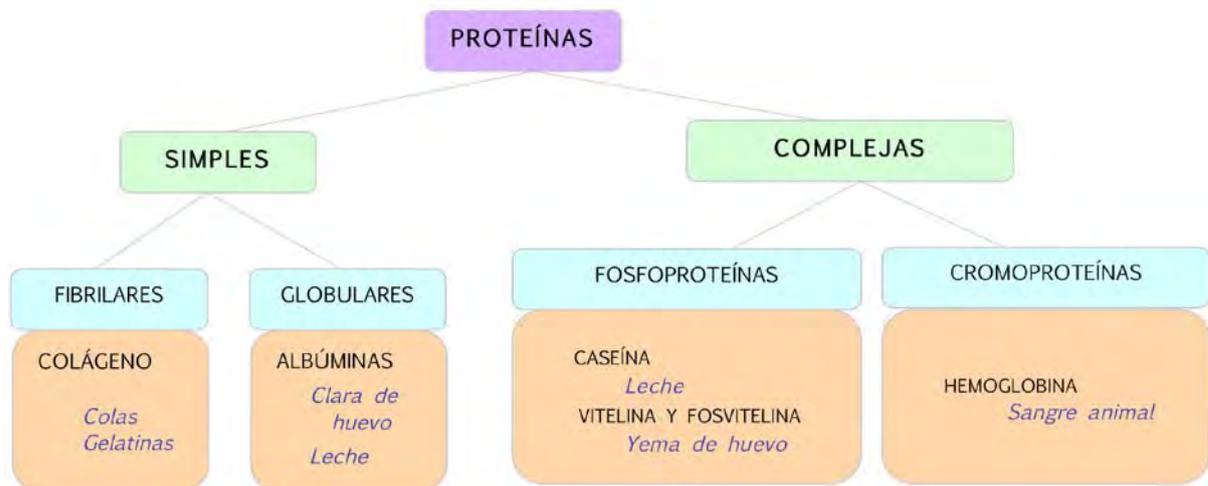


Figura IV.8. Clasificación de las proteínas. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

#### IV.2.1.1.1. Proteínas fibrilares

Las proteínas fibrilares, fibrosas o escleroproteínas son el producto de sostén en los organismos animales.

Entre ellas se encuentran el *colágeno*, que se localiza en el tejido conjuntivo, cartilaginoso y óseo (*Figura IV.9*); las *colas*, producto resultante de la disolución del colágeno hervido en agua y las *gelatinas*, que responden a una cola purificada y seca.

Otras proteínas fibrilares que se alejan de las sustancias de estudio, pero interesantes de conocer, son la *elastina*, que se encuentra en los tendones o la *queratina*, localizada en el tejido córneo, como son los cuernos, uñas, epidermis, pelos, escamas y pezuñas.

#### IV.2.1.1.2. Proteínas globulares

Las proteínas globulares o globulinas poseen forma redondeada. Estas proteínas simples tienen como mayor componente las *albúminas*.



*Figura IV.9. Vista microscópica del colágeno. (Procedencia gráfica: <http://www.colagenomd.com>).*

La propiedad más característica de las albúminas es su capacidad de coagularse con calor, como ocurre en la cocción de un huevo.

Dentro de este grupo, de interés en esta investigación se encuentran la *ovoalbúmina*, presente en la clara del huevo, o la *lactoalbúmina*, proteína

común en la leche.

En el caso de la clara de huevo, su secado se produce por evaporación de agua, a través de la formación de enlaces secundarios como son los enlaces de hidrógeno y de Van der Waals, y la desnaturalización.

Generalmente son solubles en agua y en disolventes polares.

#### IV.2.1.2. Proteínas complejas

Se las denomina también heteroproteínas, proteidos, proteínas compuestas o conjugadas.

Se trata de una holoproteína constituida por la agrupación de una proteína simple con una fracción no proteínica, componiendo una unidad molecular. La porción proteínica se conoce como apoproteína, mientras que la fracción no proteínica responde a la denominación de grupo prostético.

Las características del grupo prostético diferenciará las proteínas complejas en diferentes categorías: *cromoproteínas*, *glucoproteínas*, *lipoproteínas*, *nucleoproteínas* y *fosfoproteínas*.

Interesan en esta investigación las fosfoproteínas y las cromoproteínas.

##### IV.2.1.2.1. Fosfoproteínas

Se trata de proteínas unidas a los restos de ácido fosfórico. La

caseína de la leche y la vitelina y fosvitina de la yema del huevo son fosfoproteínas (*Figura IV.10*).

#### IV.2.1.2.2. Cromoproteínas

Las cromoproteínas poseen como grupo protéico una sustancia coloreada, por la cual reciben el nombre de pigmentos.

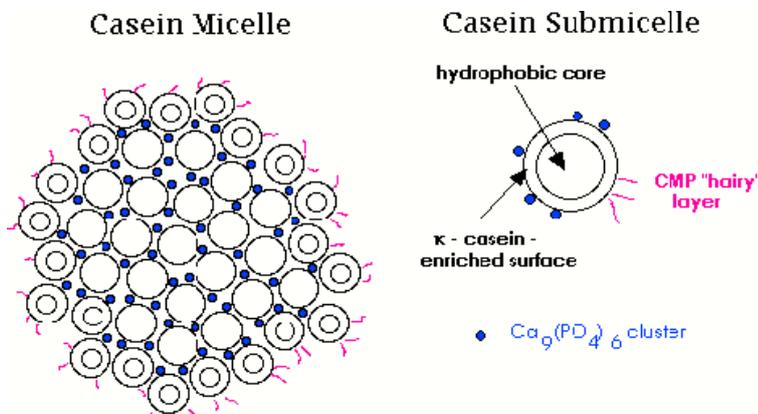
Cuando el grupo protéico de la cromoproteína es el *hemo* o *hemo*, se obtienen las hemoproteínas.

Dentro de ellas, la hemoglobina, de coloración rojiza, se encuentra en la sangre de los animales vertebrados, siendo una sustancia ampliamente empleada en los embarrados.

#### IV.2.2. Glúcidos o azúcares: generadores de resistencia

Los glúcidos o azúcares provienen en su mayoría del mundo vegetal. Se trata, junto con las sustancias protéicas, de polímeros naturales solubles en agua.

Los glúcidos son polisacáridos que resultan de la unión de muchas moléculas llamadas monosacáridos.



*Figura IV.10. Molécula de caseína. (Procedencia gráfica: <https://betovdm.wordpress.com>).*

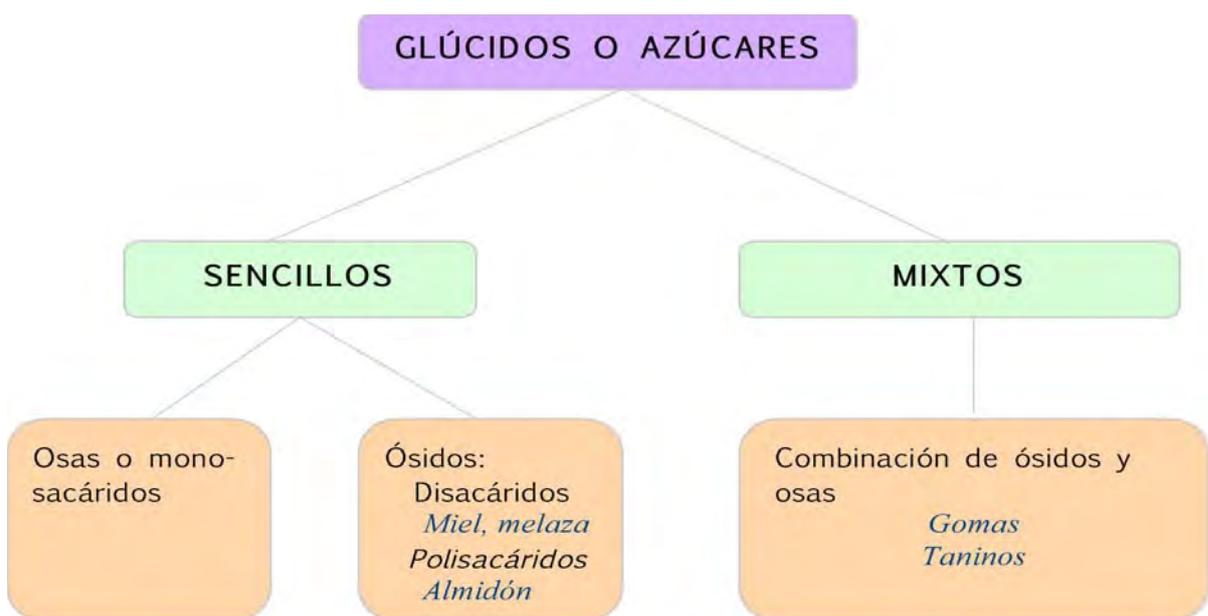
Al igual que en los protéidos, la presencia de grupos

hidroxilos en las moléculas glúcidas genera la formación de enlaces intermoleculares de hidrógeno, lo que les otorga una gran solubilidad en el agua. La presencia del enlace de hidrógeno les confiere además las propiedades adhesivas características de estas sustancias.

Asimismo, los glúcidos son fácilmente atacables por microorganismos, aunque presenten una reactividad química mucho mayor que los compuestos proteicos.

La degradación a la que son susceptibles va transformando sus componentes en fragmentos más pequeños y solubles. Han sido muy empleados históricamente como adhesivos y consolidantes, así como aglutinantes de las técnicas pictóricas al temple o la acuarela.

Con el fin de facilitar su estudio, se requiere su división en dos grupos totalmente diferentes: los azúcares sencillos u homopolisacáridos y los azúcares mixtos o heteropolisacáridos (*Figura IV.11*).



*Figura IV.11. Clasificación de los glúcidos o azúcares. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

### IV.2.2.1. Azúcares sencillos u homopolisacáridos

Los azúcares sencillos, simples u homopolisacáridos están formados por la repetición ordenada de un solo tipo de moléculas. Un ejemplo de ello es la celulosa.

Según el nivel de polimerización de los azúcares homopolisacáridos, éstos se clasifican en *osas* o monosacáridos y *ósidos*.

#### IV.2.2.1.1. Osas o monosacáridos

Dependiendo del número de carbonos que los conforman, los monosacáridos u osas, constituidos por una sola molécula, se denominan *triosas* (tres átomos de carbono), *tetrosas* (cuatro átomos de carbono), *pentosas* (cinco átomos de carbono), *hexosas* (seis átomos de carbono) y *heptosas* (siete átomos de carbono).

Cabe destacar entre las pentosas, la arabinosa y la xilosa, mientras que dentro de las hexosas se encuentran la *glucosa*, la *galactosa* y la *fructosa* (Figura IV.12).

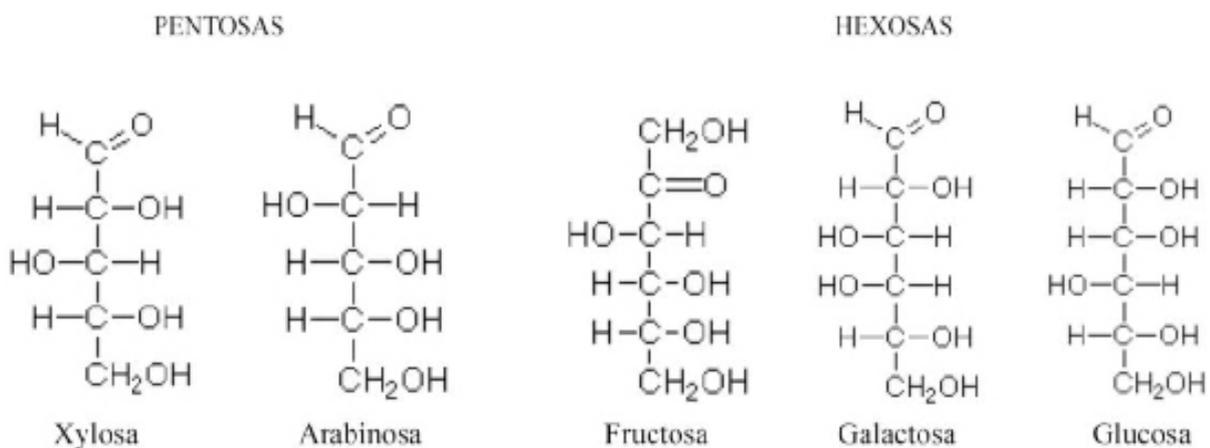


Figura IV.12. Estructura de algunos monosacáridos objeto de estudio. (Adaptado de Gómez, 1998).

#### IV.2.2.1.2. Ósidos

Los ósidos son polímeros de osas combinados entre ellos, formando de esta manera glúcidos más complejos.

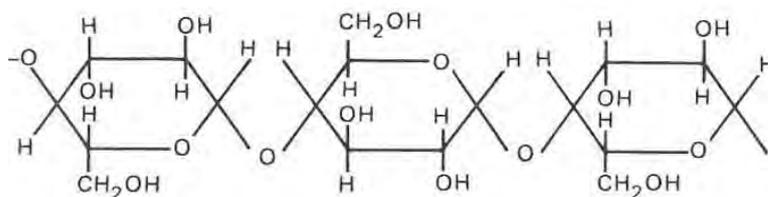


Figura IV.13. Estructura de un polisacárido: celulosa. (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 136).

Su grado de polimerización los distribuye en *disacáridos*, ósidos producto de la unión de dos monosacáridos; *trisacáridos*, conformados a partir de tres moléculas; *oligosacáridos*, contenedores de hasta diez azúcares y los *polisacáridos*, obtenidos a partir de la polimerización por condensación de un número de diez o más moléculas (Figura IV.13).

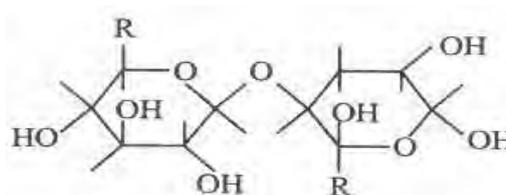


Figura IV.14. Estructura de un disacárido. (Procedencia gráfica: Gómez, 1998: 99).

Los disacáridos están constituidos generalmente por hexosas (Figura IV.14).

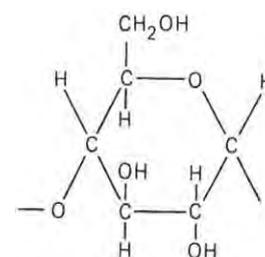


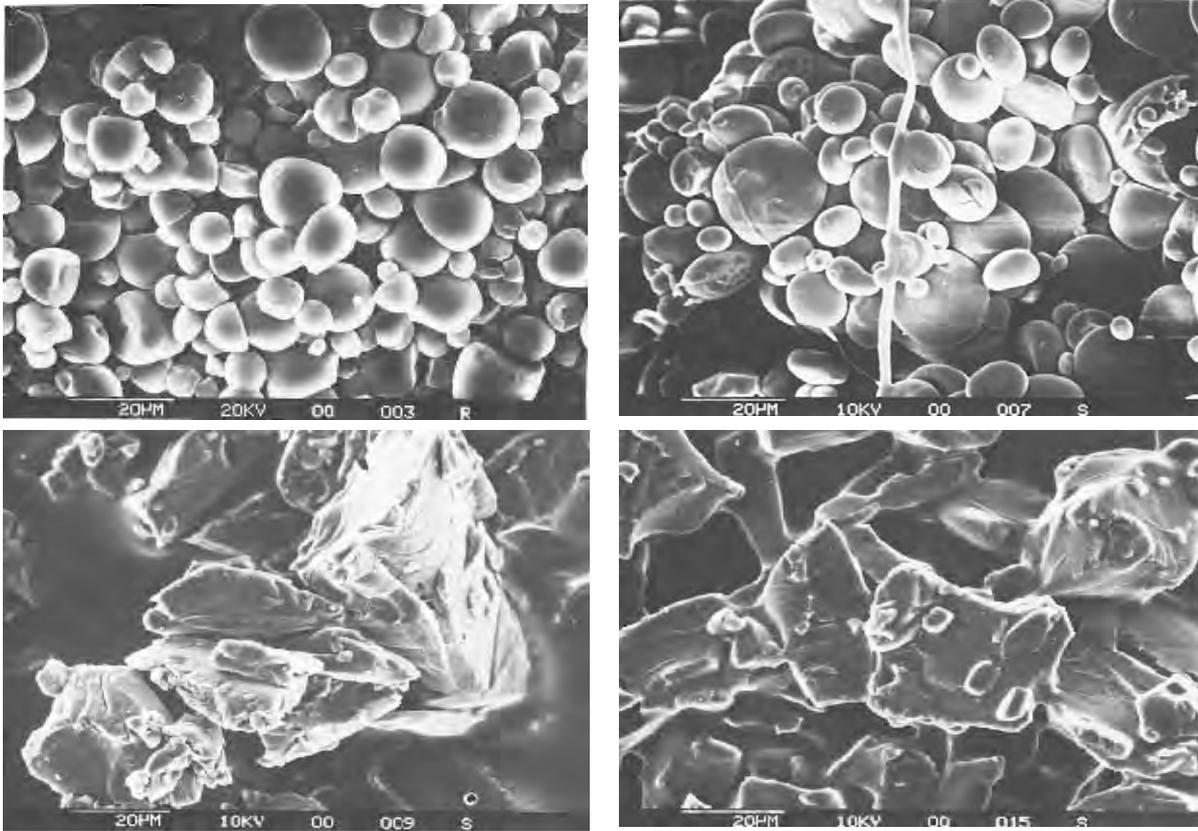
Figura IV.15. Formación del almidón. (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 135).

Entre las sustancias de estudio, se encuentra la sacarosa<sup>2</sup>, formada por la unión de glucosa y fructosa, presentes en la caña de azúcar.

Entre los polisacáridos más importantes cabe destacar los polímeros de glucosa, entre los cuales se encuentran el almidón y la celulosa. La diferencia entre ellos es que en la celulosa los monómeros de glucosa se unen formando cadenas lineales y en el almidón se unen formando cadenas ramificadas.

Los almidones, han sido los polisacáridos de uso más frecuente a lo largo de la historia (Figura IV.15). Los antiguos egipcios los empleaban hacia el año 3500 antes de Jesucristo en la fabricación de papiros, siendo con toda probabilidad a la sustancia orgánica más antiguamente manejada (Figura IV.16).

<sup>(2)</sup> La sacarosa es un disacárido formado por los monosacáridos glucosa y fructosa. Estos monosacáridos son unidades básicas de glúcidos que contienen fuerzas intermoleculares debilitadas. Debido a esta debilidad, el agua puede romper fácilmente las uniones entre los carbohidratos que componen la sacarosa y disolverlos.



*Figura IV.16. Vista al microscopio del almidón hinchado por agua (arriba), y hervido a diferentes temperaturas (abajo). (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 138-139).*

#### IV.2.2.2. Azúcares mixtos o heteropolisacáridos

Los heteropolisacáridos o azúcares mixtos están formados por la unión de diferentes unidades de monosacáridos.

Pueden estar constituidos tanto por ósidos como por osas o monosacáridos.

Los más popularmente empleados han sido las gomas y los taninos, sustancias constituidas por osas.

Las primeras contienen ácidos urónicos (glucurónico y

galacturónico), además de poseer una elevada higroscopicidad o tendencia a absorber la humedad atmosférica, mientras que los taninos contienen mayoritariamente derivados del ácido gálico (Gómez, 1998: 100). (*Tabla IV.1*).

<i>Sustancia</i>	<i>Componentes</i>	<i>Procedencia</i>
Goma arábica	Ramnosa, arabinosa, galactosa, ácido galacturónico	Especie <i>Acacia Senegal</i>
Goma de algarrobo	Manosa, galactosa	E. <i>Ceratonia siliqua</i>
Taninos	Derivados de los ácidos gálico y elágico	Orden <i>Urticales y Fagales</i>

*Tabla IV.1. Azúcares mixtos. (Adaptado de Gómez, M. 1998).*

#### IV.2.3. Lípidos: hidrofugantes tradicionales

Los lípidos son sustancias muy diversas cuyo origen proviene tanto del reino animal como vegetal. Se caracterizan todas ellas por ser untuosas al tacto y menos densas que el agua, por lo que flotan en ella.

Estos compuestos orgánicos resultan de la esterificación de los alcoholes con los ácidos grasos.

Son sustancias hidrófobas solubles en disolventes orgánicos que pueden poseer tanto el aspecto líquido de los aceites, como el sólido de las grasas o ceras.

Atendiendo a la estructura de sus moléculas, los lípidos se clasifican en simples y complejos.

De interés para esta tesis son los lípidos simples, dentro de los que se encuentran los *glicéridos*, *céridos* y *estéridos* (*Figura IV.17*).

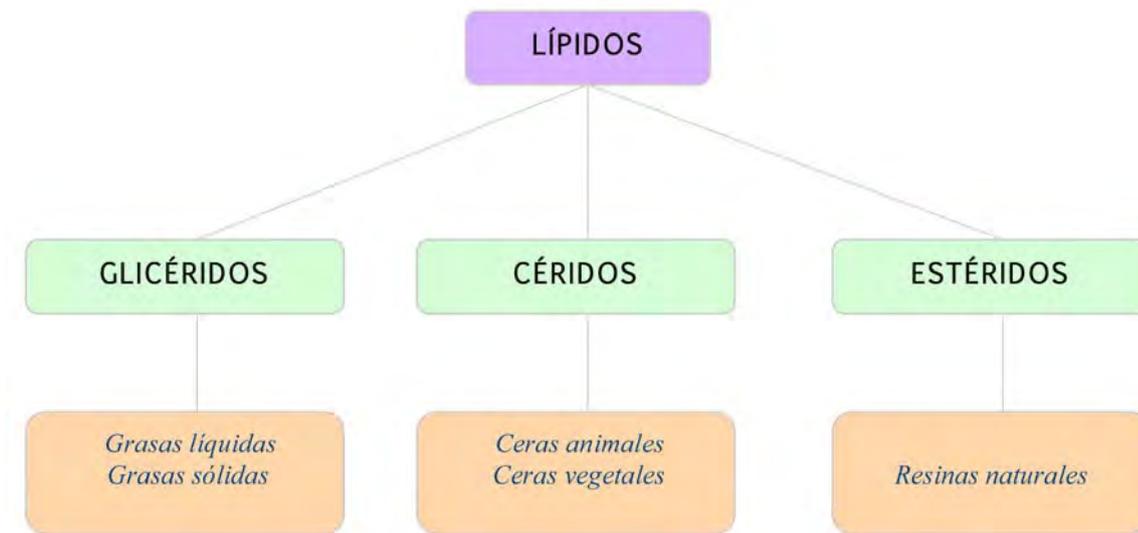


Figura IV.17. Clasificación de los lípidos. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

#### IV.2.3.1. Glicéridos

Los glicéridos están compuestos en su mayoría por ácidos grasos<sup>3</sup>. Son ésteres de glicerina o glicerol y ácidos grasos formados al esterificarse uno, dos o los tres grupos alcoholícos de la glicerina con una, dos o tres moléculas de ácidos grasos (Figura IV.18).

Según el número de ácidos grasos esterificados se diferencian tres grupos: *monoacilglicéridos*, *diacilglicéridos* y *triacilglicéridos*.

Los monoacilglicéridos se generan cuando se esterifica una sola molécula de ácido graso con un grupo alcoholíco de la glicerina; los diacilglicéridos se producen cuando se esterifican dos moléculas de ácidos grasos con dos grupos alcoholícos de la glicerina y, finalmente, los triacilglicéridos se forman cuando se esterifican tres moléculas de ácidos grasos con los tres grupos alcoholícos de la glicerina.

De todos ellos, revisten especial interés en esta investigación

<sup>(3)</sup> Los ácidos grasos son moléculas bipolares o anfipáticas formadas por una larga cadena hidrocarbonada lineal (R-COOH). Poseen un número par de átomos de carbono y una cola hidrófoba apolar, así como un grupo carboxílico en un extremo de la cadena, con una cabeza hidrófila polar de carácter ácido.

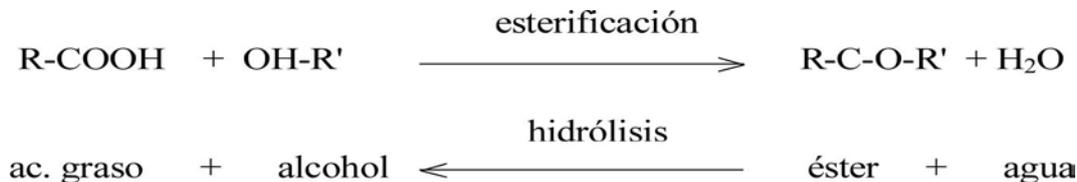


Figura IV.18. Reacción de esterificación e hidrólisis, si se produce a la inversa. (Procedencia gráfica: Agustín, J.).

los triglicéridos o triacilglicéridos, dentro de los cuales se encuentran las grasas animales y vegetales, así como los aceites.

#### IV.2.3.1.1. Triacilglicéridos

Los triacilglicéridos, los más importantes de los ácidos grasos esterificados, se forman al esterificarse tres moléculas de ácidos grasos, que pueden ser iguales o diferentes, con los tres grupos alcoholícos de la glicerina, formándose tres enlaces éster que unen a los ácidos grasos con la glicerina (grasa) y liberándose tres moléculas de agua una por cada enlace que se forma (Figura IV.19).

Las grasas son moléculas apolares y por lo tanto insolubles en agua. Esto es así porque no tienen ningún grupo hidróxilo de la glicerina libre, por ello también se las denomina grasas neutras.

Las grasas a temperatura ambiente pueden ser líquidas o sólidas.

Son líquidas cuando contienen ácidos grasos insaturados en la molécula. Se las denomina aceites, abundando en los vegetales bien en el fruto (olivo) o en la semilla (girasol).

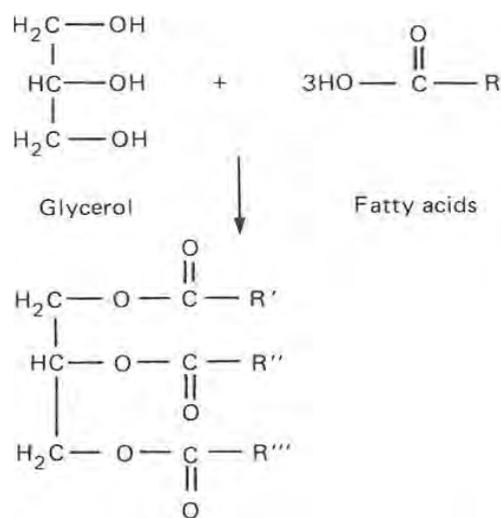


Figura IV.19. Representación de un triglicérido: esterificación de tres grupos alcoholícos (OH). (Procedencia gráfica: Horie, 2010: 151).

Las grasas sólidas predominan en los animales. Cuando los ácidos grasos son saturados <sup>4</sup>, se denominan sebos y mantecas.

#### IV.2.3.1.1.1. Grasas líquidas: aceites

Un aceite es una grasa líquida viscosa, insoluble en agua que proviene de fuentes mayoritariamente vegetales. Los aceites minerales, extraídos de la destilación de los petróleos, no presentan interés en esta investigación, dado que los más empleados en los embarrados son aquellos de origen vegetal, extraídos por lo general de la presión de nueces o semillas de plantas (*Figura IV.20*).

La cantidad y tipo de ácidos grasos que posee un aceite le confiere su capacidad de secado, siendo determinantes para ello los ácidos linolénico y linoleico.

De esta manera, se organizan las sustancias oleaginosas en aceites secantes, semisecantes y no secantes.

De estos líquidos grasos, los más empleados tradicionalmente

<sup>(4)</sup> Los ácidos grasos saturados más importantes son el ácido láurico, palmítico y esteárico. Este tipo de ácidos no poseen dobles enlaces, siendo las cadenas hidrocarbonadas que los conforman lineales.



*Figura IV.20. Semillas procedentes de plantas a las que se le extrae el aceite: lino y girasol. (Procedenci gráfica: Díaz, I.).*

como aditivos de embarrados han sido los aceites secantes, mientras que los no secantes han sido utilizados con menor frecuencia.

#### IV.2.3.1.1.1.1. Aceites secantes

Los aceites secantes se componen de una mezcla de triglicéridos de ácidos grasos insaturados<sup>5</sup> o lo que es lo mismo, ésteres de glicerina y ácidos grasos insaturados de cadena larga, con una pequeña proporción de materias inorgánicas.

De ellos, los ácidos linoleico y linolénico son los que determinan el secado por oxidación o absorción del oxígeno del aire de los aceites secantes, conformando de esta manera una película que se va endureciendo con el paso de los años, volviéndose cada vez más dura y estable.

La extracción del aceite secante se realiza a través del prensado de semillas. La materia bruta que se obtiene de la presión está compuesta, además de por los ácidos grasos libres, por determinadas proporciones de sustancias mucilaginosas y otras colorantes; son las impurezas del aceite.

El mucílago y restos de impurezas eran extraídos en la antigüedad tras un proceso de almacenamiento y reposo del líquido graso (Doerner, 1994: 66). En la actualidad, los aceites se desmucilagan o purifican empleando productos químicos durante el proceso de refinado.

El aceite con propiedades secantes de mayor uso en los revocos de tierra ha sido el aceite de lino o linaza.

<sup>(5)</sup> Los ácidos grasos insaturados más importantes son el ácido oleico, el ácido linoleico, el ácido linolénico y el ácido araquidónico.

A diferencia de los ácidos grasos saturados, éstos poseen dobles enlaces en la cadena hidrocarbonada.

#### IV.2.3.1.1.1.2. Aceites no secantes

De menor uso que los secantes, se emplean en conjunción con ellos o con la goma laca, con el objeto de dotar de flexibilidad la película protectora.

Dentro de este grupo se encuentran el aceite de oliva y el aceite de ricino.

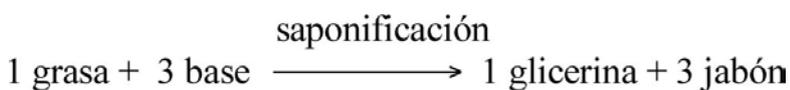
#### IV.2.3.1.1.2. Grasas sólidas

Junto a los sebos y mantecas animales, extensamente empleados en la mejora de emparedados, se suma al grupo de las grasas sólidas los jabones.

Cuando los glicéridos se tratan en caliente con bases sódicas o potásicas, generan reacciones de saponificación. En ellas se rompen los enlaces éster y se origina una molécula de glicerina y tres moléculas de jabones (*Figura IV.21*).

Los jabones son sales sódicas o potásicas de ácidos grasos. Emulsionan las grasas, las separan en pequeñas gotas e impiden que se junten.

Las moléculas de jabón presentan simultáneamente una zona lipófila o hidrófoba, que rehúye el contacto con el agua, y una zona hidrófila o polar, que se orienta hacia ella.



*Figura IV.21. Proceso de saponificación. (Procedencia gráfica: Agustín, J.).*

#### IV.2.3.2. Céridos o ceras

Son lípidos formados por la esterificación de un ácido graso de cadena larga con un monoalcohol también de cadena larga (*Figura IV. 22*).

La composición de las ceras puede variar mucho según el origen natural de cada una de ellas.

Por lo general, son sólidas a temperatura ambiente e insolubles en agua, ello hace que tengan función impermeabilizante y protectora.

Son compuestos muy inertes y, al contrario que los aceites, no sufren oxidación ni polimerización.

Se trata de una materia blanda, en un estado de agregación semisólido, muy empleada en la tradición artística en conjunción con las resinas, ya que éstas ayudan a rebajar su punto de fusión elevado (Gómez, 1998: 90).

Componen este subgrupo las ceras animales, siendo las de mayor uso la de abejas; las ceras vegetales como la de carnaúba, y las minerales, como la parafina, no habiéndose constatado el empleo de esta última en la ejecución de embarrados.



*Figura IV.22. Proceso de esterificación de un ácido. (Procedencia gráfica: Agustín, J.).*

### IV.2.3.3. Estéridos

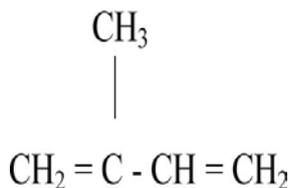
Se trata de lípidos que no contienen ácidos grasos. El tipo de alcohol presente en los estéridos es el esterol, un compuesto de estructura tetracíclica.

Los esteroides o estéridos más empleados en las técnicas tradicionales de revestimiento de muros son las *resinas naturales*.

#### IV.2.3.3.1. Resinas naturales

Las resinas naturales provienen de la exudación o sangrado de árboles de la familia de las coníferas y de algunas plantas tropicales.

Difieren en cuanto a su procedencia y composición, pero todas son mezclas orgánicas de sustancias originadas a partir del isopreno (*Figura IV.23*).



*Figura IV.23.*  
*Molécula de isopreno.*  
*(Procedencia*  
*gráfica: Díaz, I.)*

Sufren un proceso de polimerización o secado que da lugar a productos sólidos, siendo en primer lugar líquidos.

Existen dos maneras de clasificar las resinas o terpenos: siguiendo el número de átomos de carbono o unidades de isopreno, o según su origen y consistencia.

#### IV.2.3.3.1.1. Clasificación de las resinas naturales

Si se atiende al número de átomos de carbono que las conforman, las resinas naturales se dividen en:

*Monoterpenos* - Poseen un número de carbonos entre diez y quince, formados por dos unidades de isopreno. Empleados mayoritariamente como disolventes o como bálsamos en forma de líquidos viscosos. Entre ellos se encuentra el aguarrás o esencia de trementina, así como los aceites esenciales de hierbas, especias y esencias volátiles de las flores (*Figura IV.24*).

Son compuestos muy sensibles al envejecimiento y al amarilleamiento debido a los dobles enlaces

*Sesquiterpenos* - Compuestos de un número de quince átomos de carbono o tres unidades de isopreno.

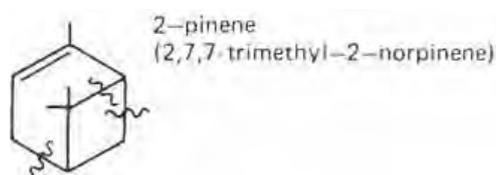
Pertencen a este grupo el aceite de trementina, el de lavanda y el aceite de romero, entre otros.

*Diterpenos* - Son los compuestos mayoritarios de las resinas duras. Formados por veinte carbonos, poseen cuatro unidades de isoprenos.

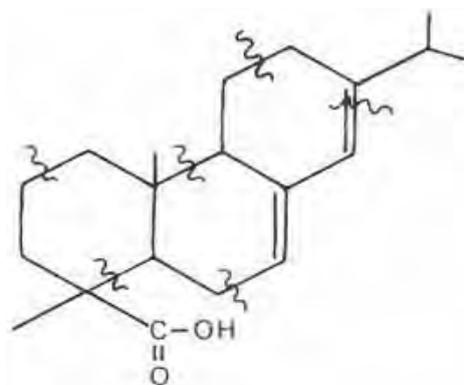
Extraídas mayoritariamente de las coníferas, se encuentran entre ellas la colofonia, trementinas y copales. Estas últimas provienen también de las plantas leguminosas (*Figura IV.25*).

*Triterpenos* - Conformados por treinta átomos de carbono o seis unidades de isopreno.

*Tetraterpenos o carotenoides* - Cuarenta es el



*Figura IV.24. Monoterpeno conformado del aceite de trementina. (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 145.).*



*Figuras IV.25. Diterpeno de la colofonia. (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 145.).*

número de átomos de carbono que poseen, es decir, están formados por ocho unidades de isopreno.

*Politerpenos o poliisoprenos* - Poseen el mayor número de átomos de carbono, tienen más de ocho unidades de isopreno. El tamaño de sus moléculas es muy grande, encontrándose en ellas el caucho natural (*Tabla IV.2*).

Nombre	Nº átomos de carbono	Unidades de isopreno
Monoterpenos	10	2
Sesquiterpenos	15	3
Diterpenos	20	4
Sestertepenos	25	5
Triterpenos	30	6
Carotenoides	40	8
Poliisoprenos (polímeros)	n	n

Tabla IV.2. Clasificación de los terpenos según el número de átomos y las unidades de isopreno.

Las resinas terpénicas están conformadas por compuestos di y triterpénicos.

Las resinas diterpénicas provienen sobre todo de las coníferas, como se anunció anteriormente, mientras que las triterpénicas provienen de las angiospermas.

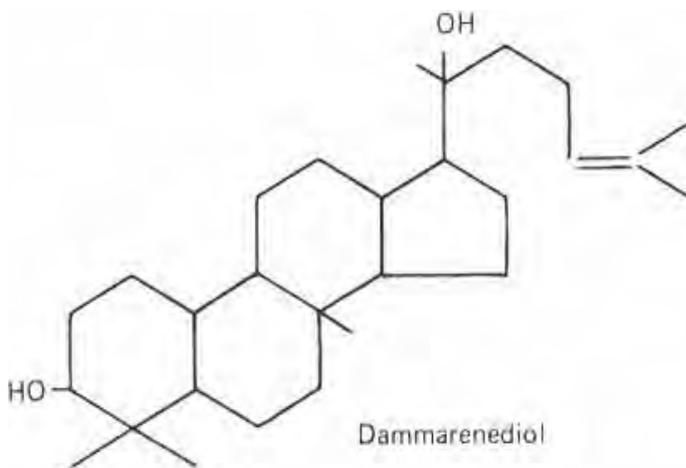


Figura IV.26. Triterpeno propio de la resina dammar. (Procedencia gráfica: Horie, 1990: 145.).

Las resinas triterpénicas más comunes son el dammar, la almáciga y el elemi. El dammar es una resina blanda, constituida por hidrocarburos poliméricos. Amarillea menos que las resinas de pino, poseyendo más facilidad para solubilizarse (*Figura IV.26*).

El aloe y las euforbias contiene triterpenos en su parte resinosa.

Por ello, estas sustancias se denominan gomorresinas, debido a que sus propiedades son similares a las de las gomas solubles en agua (Gómez, 1998: 96).

Los mono y sesquiterpenos son líquidos a temperatura ambiente, y se suelen emplear como disolventes de los di y triterpenos que aparecen sólidos.

En las resinas naturales, los mono y sesquiterpenos pueden aparecer juntos y a su vez con algunos terpenos de los otros dos grupos. Sin embargo, los di y triterpenos nunca se encontrarán juntos en la misma resina.

En base a esta propiedad, las resinas pueden dividirse en dos grandes grupos: las resinas diterpénicas, producidas en la naturaleza por árboles de coníferas y leguminosas; y las resinas triterpénicas, extraídas de árboles de angiospermas (*Tabla IV.3*).

Por otro lado, si se atiende a otra forma de clasificar las resinas según su origen y consistencia, se encuentran las oleorresinas o bálsamos, resinas, resinas fósiles y resinas animales.

De interés para esta tesis es el grupo perteneciente a las resinas, destacando la colofonia o pez griega; entre las resinas fósiles, mención especial suscitan los copales mientras que de las resinas animales, la más empleada en los embarrados es la goma laca.

<i>Denominación</i>	<i>Orden y familia</i>	<i>Género</i>	<i>Tipo</i>
Esencia trementina	<i>O. Coníferas</i>	<i>Pinus</i>	Monoterpénica
Colofonia	<i>O. Coníferas</i>	<i>Pinus</i> <i>Haploxyton</i> <i>PinusDiploxyton</i>	Diterpénica
Copal de Manila	<i>F. Araucariaceae</i>	<i>Agathis dammar</i>	Diterpénica
Aloe	<i>O. Asparagales</i>	<i>Áloe</i>	Gomorresina

*Tabla IV.3. Procedencia de algunas resinas naturales objeto de estudio.*

#### IV.2.3.3.1.2. Cualidades de las resinas

Las resinas naturales son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos y aceites.

La insolubilidad en el agua es lo que permite distinguir una resina de una goma. Sin embargo, la diferenciación con respecto a las ceras, grasas y aceites no resulta tan fácil.

De mayor transparencia que las ceras, la temperatura de reblandecimiento de las resinas es a su vez más alta, teniendo como característica además una mayor viscosidad que sus vecinas las ceras, grasas y aceites.

Muy utilizadas en la tradición en la preparación de barnices, estucos y adhesivos, comienzan a ser sustituidas por polímeros sintéticos. Aún así, se siguen empleando por su mayor reversibilidad y proximidad a los componentes originarios que conforman la materia sobre la que se aplican.

El secado de una resina se produce por la evaporación del disolvente, así como por la formación de enlaces secundarios, en los que intervienen los enlaces de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals, descritos en el apartado IV.1. de este capítulo.

Al disolver una resina en un medio, ésta emprende su proceso de secado, que será además el comienzo de su deterioro.

En contacto con el aire, las moléculas comienzan a adquirir oxígeno, por lo que se inicia el proceso de oxidación y por lo tanto aumenta su polaridad.

A la vez, se empiezan a crear grupos ácidos (COOH) que son tremendamente polares. De ahí que la resina envejecida se vuelva más polar y ácida.

El grado de envejecimiento de una resina influye en su solubilidad, disminuyendo considerablemente.

### IV.3. Formas de aplicación: disolución, dispersión o emulsión

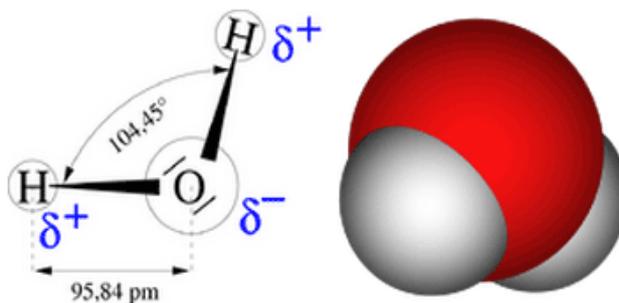
Los compuestos orgánicos empleados históricamente, han sido utilizados en forma de disolución, dispersión o emulsión, es decir, deben encontrarse disueltos o dispersos en otra sustancia para adquirir las propiedades coloidales que los caracteriza.

Como se ha visto, son miscibles en líquidos orgánicos o en agua.

El agua, disolvente de los glúcidos y prótidos objeto de estudio, es inmisible en otros disolventes orgánicos. Posee un alto poder de solubilidad debido a que puede formar enlaces por puentes de hidrógeno con otras moléculas. Esto se puede explicar atendiendo a la estructura de la molécula de agua, como se muestra en el siguiente párrafo.

El agua es un dipolo eléctrico. Esto significa que dentro de una molécula de agua se pueden distinguir dos zonas con cargas eléctricas diferentes.

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El átomo de oxígeno se une a cada uno de los átomos de hidrógeno por un enlace covalente, en el que se comparten un par de electrones (*Figura IV.27*).



*Figura IV.27. Molécula de agua. (Procedencia gráfica: <http://grupo610prepa8.blogspot.com.es/2009/11/conclusion-prado-velazquez.html>).*

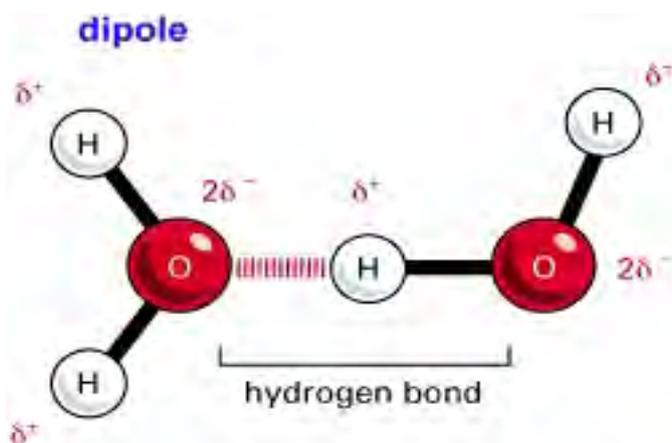
El átomo de oxígeno es más electronegativo y atrae con más fuerza a los electrones que forman el enlace covalente con cada átomo de hidrógeno. Así el átomo de oxígeno se queda con una carga parcial negativa y los átomos de hidrógeno con una carga parcial positiva. En la molécula aparece una zona de carga negativa donde está el oxígeno y una zona de carga positiva donde se encuentran los hidrógenos.

Esta estructura dipolar favorece que entre las moléculas del agua se establezcan enlaces por puentes de hidrógeno y, de esta manera, el agua se presente en estado líquido a temperatura ambiente (*Figura IV.28*).

Además, el agua es el líquido que más sustancias disuelve debido a que puede formar enlaces por puentes de hidrógeno con otras sustancias que presentan grupos polares o con carga iónica<sup>6</sup>, lo que da lugar a disoluciones moleculares. De igual modo, las moléculas de agua pueden disolver las sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas.

<sup>6</sup> Sustancias con carga iónica o grupos polares en su constitución son los alcoholes, azúcares con grupo R-OH, aminoácidos y proteínas, con grupos que presentan cargas positivas y negativas.

### IV.3.1. Disolución



*Figura IV.28. Enlace por puente de hidrógeno. (Procedencia gráfica: <http://www.ehu.es/biomoleculas/moleculas/fuerzas.htm>)*

Por disolución se entiende una mezcla homogénea de dos o más sustancias puras, en la que no es posible distinguir los componentes de la disolución a simple vista.

En ella, el componente mayoritario, denominado *disolvente* o *solvente*, no cambia de estado al producirse la disolución, llamándose el resto de los constituyentes de la disolución,

*solutos.*

Las disoluciones se pueden presentar en estado sólido (aleaciones como el acero inoxidable o el bronce), líquido o gas (como el aire).

El aspecto de una disolución es el de un líquido claro o transparente, sin sedimento.

Las disoluciones se asemejan a las sustancias puras en muchos aspectos externos. Sin embargo, su comportamiento físico-químico es muy diferente, particularmente en los cambios de fase (fusión y ebullición) sirve para diferenciarlas de las sustancias puras y para separar los componentes de la disolución. Es el caso de las resinas disueltas en esencias volátiles.

Gómez, 1998: 107-108

Entre las diferencias que existen entre una sustancia pura y una disolución, se destaca su comportamiento en los cambios de estado.

Las sustancias puras tienen un punto de fusión y ebullición característico, que se diferencia del resto. Es decir, una sustancia pura en estado líquido que se calienta, alcanza su punto de ebullición y comienza a pasar a estado de gas. Durante el tiempo que tiene lugar este cambio de estado, la temperatura no varía, se mantiene constante en la temperatura de ebullición de esa sustancia. Sin embargo, cuando se calienta lo suficiente una disolución, sus partículas comienzan a pasar al estado gas y mientras tiene lugar su vaporización, la temperatura cambia.

Por ello, los componentes de una disolución se pueden separar si se tiene en cuenta que cada uno de ellos tiene un punto de ebullición diferente y que pasarán al estado gas en momentos diferentes.

### IV.3.2. Dispersión coloidal

Una dispersión coloidal consiste en la mezcla de dos o más sustancias conformadas por pequeñas partículas bajo la consistencia de un líquido lechoso.

Se trata de un tipo intermedio de mezcla entre suspensión y solución, en la cual hay partículas dispersas que permanecen suspendidas en el medio pero no están realmente disueltas.

En un coloide, hay un componente en mayor proporción en el que se encuentra disperso otro u otros que están en menor proporción.

Los distintos coloides se diferencian en el tamaño de las partículas que están dispersas. Los componentes básicos que se hallan en los coloides son:

- La *fase dispersa o interna*, constituida por partículas como átomos, moléculas o iones incorporados o agregados. Estos pueden agruparse formando racimos o micelas, permaneciendo unidas en su interior mediante el establecimiento de fuerzas de carácter electromagnético.

- La *fase continua o externa*, normalmente fluida, es el medio o fase dispersante en el cual se distribuyen las partículas.

Las partículas coloidales tienen un tamaño diminuto, tanto que no pueden separarse de una fase dispersante por filtración.

En las dispersiones coloidales sólido-líquido, las partículas sólidas están constituidas por macromoléculas. Aquellas de interés para esta tesis son la goma arábiga, el almidón, la colofonia, y los prótidos gelatina y huevo (ídem).

### IV.3.3. Emulsión

Las dispersiones coloidales conformadas por dos líquidos insolubles entre sí dan origen a las emulsiones.

En una emulsión también se distinguen la fase dispersa y la fase dispersante. Además, las partículas que están en menor proporción se mantienen dispersas gracias a una tercera sustancia llamada emulsionante.

Un ejemplo es la mayonesa. Las partículas de aceite de la mezcla se mantienen dispersas en el agua gracias a la lecitina que se encuentra en la yema del huevo. La lecitina actúa como emulsionante; sin ella, las partículas de aceite y agua acabarían por separarse, ya que son insolubles entre sí.

El batido y la agitación se emplean para formar emulsiones por dispersión, reduciendo el tamaño de los pedazos de la materia.

Las colas y las gelatinas se disgregan espontáneamente en partículas coloidales cuando se colocan en el agua. Calentando y agitando, se acelera el proceso.

#### IV.3.3.1. Tensoactivos

Con el fin de evitar la tendencia a la agregación de las partículas que conforman las emulsiones, se les añade un tensoactivo. Éste procederá a cubrir las micelas que constituyen la emulsión con una película análoga al líquido en el que se encuentran dispersas, evitando de esta manera su atracción.

Los tensoactivos reciben a su vez el nombre de emulsionantes,

siendo necesaria para su actuación una pequeña cantidad del mismo.

#### **IV. 4. Líquidos disolventes**

Los líquidos disolventes son empleados para disolver, distribuir y diluir las sustancias naturales objeto de estudio.

Todos los disolventes orgánicos son compuestos orgánicos y son incluidos en la categoría de *compuestos moleculares*.

Las moléculas que los componen se unen entre sí a través de diferentes tipos de uniones o fuerzas que serán definitorias en su caracterización.

Aún así, los disolventes orgánicos se pueden clasificar siguiendo determinados fenómenos físicos como son: el poder de penetración o migración, la evaporación y disolución.

Para poder ser volátil, un solvente debe presentar a la vez una presión de vapor de saturación elevada, un bajo punto de ebullición y un bajo calor latente de evaporación.

##### **IV.4.1. Penetración o migración**

La capacidad de penetración o migración de un disolvente dependerá de ciertos factores, entre los que destacan las interacciones superficiales, la capilaridad y la viscosidad del disolvente.

#### IV.4.1.1. Interacciones superficiales

Se debe considerar dentro de las interacciones superficiales la humectación o mojado del fluido.

Al aplicar un líquido sobre una superficie sólida, el primero se esparcirá sobre el área de una manera u otra, según sea el tipo de líquido y la materia que conforma el cuerpo sólido.

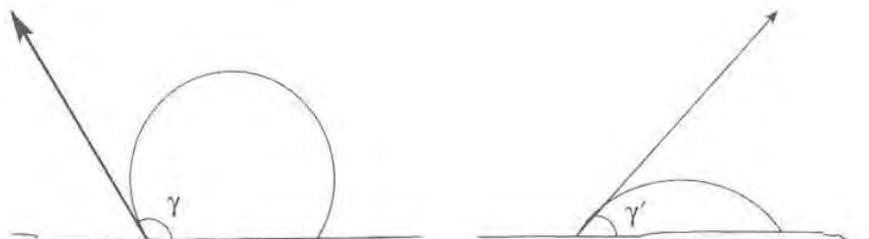
Las fuerzas de cohesión y de adhesión son las responsables de la humectación, entendida como “la capacidad de un líquido de rodear a un sólido” (Gómez, 1998: 115).

Para asegurar una buena humectación sobre un soporte, las fuerzas de atracción entre el sólido y el líquido deben ser mayores que las propias fuerzas de atracción intermoleculares del líquido.

De esta manera, los líquidos se clasifican en líquidos que mojan y líquidos que no mojan.

Los líquidos que no mojan son aquellos en los que el ángulo de contacto es mayor de  $90^\circ$ . Al contrario, los líquidos que mojan son aquellos en los que el ángulo de contacto entre la gota y la superficie no llega a los  $90^\circ$ , siendo siempre menor (*Figura IV.29*).

Si el líquido pertenece al grupo de los que mojan, se adherirá mejor a la superficie del sólido. Todos los disolventes orgánicos son líquidos que mojan.



*Figura IV.29. Representación del contacto de una gota de líquido sobre una superficie de cera y otra de vidrio. La gota de la izquierda, de forma esférica, posee un ángulo de contacto superior a  $90^\circ$ , tratándose de un líquido que no moja. La gota de la derecha posee una buena capacidad de humectación, ya que la superficie de contacto es inferior a  $90^\circ$ . (Procedencia gráfica: Matteini & Moles, 2001a: 281).*

Para que exista una buena penetración del líquido en el soporte, éste debe estar completamente limpio, es decir: libre de polvo o grasas.

Con el fin de alterar el poder de mojado de un líquido, se emplean los anteriormente mencionados *tensoactivos* o *emulsionantes*.

Un tensoactivo es un compuesto químico soluble en agua, capaz de ser adsorbido a una superficie o interfase (punto de contacto) de forma permanente. Puede igualmente cambiar la forma de actuación del líquido que lo contiene, es decir: reduce su tensión superficial.

La molécula de un tensoactivo posee una parte hidrofílica en su cabeza, y otra hidrofóbica, localizada en la cola (*Figura IV.30*).

Un tensoactivo frecuentemente empleado es el jabón. Cabe recordar que en el jabón, la cabeza polar disuelve el agua, mientras que la cola apolar disuelve la grasa.

Otro tensoactivo humectante es la hiel de buey. Los humectantes favorecen la mezcla y aumentan el contacto entre un líquido y un sólido.

Por otro lado, los tensoactivos emulgentes, como pueden ser los aminoácidos de las proteínas, presentes en el huevo, son sustancias que mantienen estable la emulsión de dos líquidos inicialmente no miscibles.



*Figura IV.30. Representación de una molécula de tensoactivo. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

#### IV.4.1.2. Capilaridad y tensión superficial

La capilaridad es un fenómeno que sufren los líquidos cuando se les hace pasar por tubos capilares de un radio muy pequeño.

La tensión superficial es descrita como “la fuerza que mantiene en contacto las moléculas de la superficie de un líquido, sobre una extensión de 1 cm.” (Masschelein-Kleiner, 2004: 12). Es una magnitud directamente relacionada con las características a nivel molecular del líquido. Viene expresada en dina/cm (*Figura IV.31*).

A mayor tensión superficial, mayor capilaridad presentará un líquido.

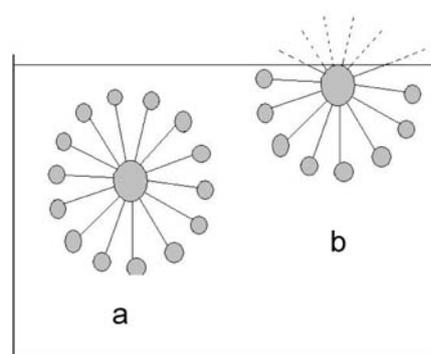
#### IV.4.1.3. Viscosidad

La viscosidad es la resistencia interna que presenta un líquido al movimiento relativo de sus moléculas.

Las dispersiones coloidales, dado el elevado tamaño de sus moléculas, son muy viscosas.

La viscosidad, medida en cP -centipoise-, es una magnitud física que indica la mayor o menor resistencia que ofrece un fluido a su desplazamiento libre a una temperatura determinada.

La mayor o menor capacidad de fluidez de este líquido dependerá de la forma de su estructura molecular, o lo que es lo mismo, de su geometría.



*Figura IV.31. Tensión capilar de un líquido. a: interacciones compensadas en el interior de la masa líquida. b: interacciones no compensadas dirigidas al exterior. (Procedencia gráfica: Masschelein-Kleiner, 2004: 16).*

Por lo tanto, a mayor avance del líquido, mayor viscosidad; a menor avance, menor viscosidad.

## IV.4.2. Evaporación

Durante la fase de evaporación de un solvente intervienen fundamentalmente fenómenos de tipo físico.

### IV.4.2.1. Magnitudes físicas de la evaporación

No todos los disolventes evaporan a la misma velocidad; el tiempo que requiere cualquier disolvente para ello se encuentra influenciado por tres magnitudes físicas que indican la mayor o menor tendencia a evaporación o volatilización, como son: la *presión de vapor saturante* ( $P_v$ ), el *punto de ebullición* ( $P_e$ ) y el *calor latente de vaporización* ( $C_{LV}$ ).

#### IV.4.2.1.1. Presión de vapor saturante ( $P_v$ )

Se trata de una medida constante y característica para cada líquido a una temperatura dada, cuya magnitud se mide en milímetros de mercurio (mm Hg).

Un líquido ubicado en un recipiente abierto o extendido en una superficie, se evapora progresivamente hasta que todas las moléculas en estado líquido hayan pasado al estado vapor.

Si se cierra herméticamente el recipiente, se establece un equilibrio entre el líquido y su vapor. Después de cierto tiempo, el vapor alcanza una presión característica para cada líquido a una temperatura determinada: es la presión de vapor de saturación, que se corresponde al número de moléculas que pasa del estado vapor al estado líquido, y a la inversa.

Mientras más elevada es la presión de vapor de saturación, más moléculas en estado de vapor existirán en un recipiente cerrado.

En un recipiente abierto, el líquido se evaporará por lo tanto mucho más rápido.

Se recomienda entonces, el uso de disolventes que posean una presión de vapor entre los 2 y 5 mm de Hg a temperatura ambiente, así como aquellos entre 1 y 20 mm Hg.

#### IV.4.2.1.2. Punto de ebullición ( $P_e$ )

El punto de ebullición de un líquido es la temperatura a la cual un líquido pasa a estado gas a una presión determinada. Está relacionado con el valor de la tensión de vapor, similar a la presión exterior del líquido.

La ebullición es, por tanto, una forma determinada de vaporización (cambio de estado líquido a gas) que se produce en toda la masa de un líquido y tiene lugar a una temperatura concreta. Al aumentar la temperatura de ebullición, aumenta también la tensión de vapor.

#### IV.4.2.1.3. Calor latente de vaporización ( $C_{LV}$ )

El calor latente de vaporización de un líquido viene definido como la cantidad total de calor suministrado para que un gramo de líquido pase a estado de vapor a temperatura constante.

Los líquidos con un  $C_{LV}$  muy alto poseen una escasa facilidad para volatizarse.

El calor latente de vaporización viene expresado en el Sistema Internacional en J/kg. También se expresa en calorías/kg.

Evidentemente, la velocidad de evaporación de un determinado solvente está fuertemente ligada a la eficacia en los trabajos de consolidación de muros.

#### IV.4.2.2. Etapas de evaporación de los disolventes

El proceso de evaporación de un solvente, una vez y se ha aplicado en una superficie, se produce en dos etapas: la primera de ellas, la más rápida y externa, es en la que el disolvente toma contacto con el cuerpo poroso sobre el que se aplica; y la segunda, mucho más lenta e interna, es aquella en la que el disolvente ha logrado penetrar en la estructura porosa y depende de su velocidad de difusión.

Siguiendo estas dos etapas o fases, el Instituto Real de Patrimonio Artístico de Bruselas (IRPA) ha clasificado los disolventes según su retención en el interior de la superficie en cuatro categorías: retención muy fuerte, fuerte, media o moderada y débil (Masshelein-Kleiner, 2004: 36-37).

#### IV.4.2.2.1. Retención muy fuerte

La evaporación del solvente es muy lenta, sin haber distinciones entre la primera y segunda etapa. Aún pasadas 24 horas, permanece hasta el 10% de la mezcla aplicada (*Tabla IV.4*).

*Retención muy fuerte*  
glicoles  
etilenglicol  
butilamina  
esencia de trementina  
ciclohexanol  
ácido acético  
ácido fórmico  
dimetilsulfóxido  
formamida

*Tabla IV.4. Grupo de solventes de retención muy fuerte. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

#### IV.4.2.2.2. Retención fuerte

La primera fase de evaporación es muy lenta, con una duración aproximada de 12 horas; en la segunda etapa se encuentra aún sobre la superficie entre un 3% y un 10% de la cantidad inicial (*Tabla IV.5*).

*Retención fuerte*  
diacetona alcohol  
alcohol amílico  
dimetilformamida  
tetrahidrofurano

*Tabla IV.5. Grupo de solventes de retención fuerte. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

#### IV.4.2.2.3. Retención media

La primera etapa transcurre en un período de tiempo entre 30 minutos y 4 horas. La segunda fase comienza con el 2 o 3% aún en la superficie (*Tabla IV.6*).

*Retención media*  
xileno,  
amoniaco,  
cetonas,  
ésteres,  
alcoholes  
agua

#### IV.4.2.2.4. Retención débil

La primera etapa finaliza a los 30 minutos y apenas queda o no queda ninguna fracción al inicio de la segunda fase (*Tabla IV.7*).

*Tabla IV.6. Grupo de solventes de retención media. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

**Retención baja**

éteres  
 benceno  
 tolueno  
 hidrocarburos clorados  
 hidrocarburos aromáticos  
 hidrocarburos halogenados  
 hidrocarburos saturados

*Tabla IV.7. Grupo de solventes de retención débil. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

**IV.5. Recapitulación**

La densidad de contenidos de este capítulo exige de una síntesis del mismo.

En él han sido clasificados los compuestos orgánicos de origen natural, diferenciándolos entre ellos según su solubilidad encontrando, por tanto, sustancias hidrófobas y lipófilas.

Al primer grupo pertenecen los glúcidos y proteínas, entre los que se encuentran las gomas, almidones y lácteos, entre otros, mientras que en el segundo grupo se hallan los lípidos, compuestos por aceites, ceras y resinas.

Los biopolímeros desempeñan muchas y variadas funciones, destacando entre ellas sus propiedades adhesivas (unión de dos superficies), consolidantes (reforzamiento de un sólido pulverulento) y protectoras (hidrofugantes).

El proceso de secado de los biopolímeros objeto de estudio viene dado por causas físicas y causas químicas.

Dentro de las causas físicas, el secado se puede producir por la evaporación del disolvente, a través de la fase externa, así como en un proceso de solidificación.

Las causas químicas responsables del secado se producen por la acción de un catalizador, a través de un proceso de polimerización.

## V

### Aspectos prácticos: elección del compuesto orgánico

---

El estudio y clasificación en el capítulo anterior de las sustancias orgánicas empleadas con mayor frecuencia en la mejora de los revocos de tierra, ha generado interés en el enfoque de la investigación hacia las materias procedentes del reino vegetal, dado que esta familia permite ampliar el trabajo a las especies locales.

Por ello, se centró en un primer momento el estudio hacia los compuestos que conforman los lípidos, resultando dentro de él muy atractivas las resinas naturales.

Como se ha indicado en el apartado metodológico de esta tesis, se han registrado ciertas referencias acerca del uso de plantas pertenecientes a la familia de las *Euphorbiaceas* en la estabilización de embarrados.

Concretamente, se conoce el empleo de gomorresinas como la *hevea brasiliensis*, popularmente conocida como caucho (Minke, 2009: 42; Stulz & Mukerji, 1993: 21), o el *ricinus communis*, aceite de ricino (Houben & Guillaud 1989: 99).

Al ser las euforbias un género de plantas bastante común en las Islas Canarias, se ha optado por profundizar en esta familia de arbustos y determinar la posibilidad de ser utilizadas como consolidantes de revocos de tierra.

## V.1. Las euforbias

Las *euphorbiaceae* o euforbias, género de plantas que poseen un látex lechoso en su interior, pertenecen a una enorme familia de más de trescientos géneros entre las que se encuentran más de siete mil especies (Departamento de Biología-Universidad de las Islas Baleares, 2007).

Se extienden prácticamente por todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta, debiendo su nombre a Euphorbus, médico griego quien, en el siglo I antes de Jesucristo, trataba al rey Juba II de Mauritania.

Oído havemos decir a nuestros padres que halló el rey Juba la hierba que llaman euphorbia, del nombre de su médico, que fue hermano de Musa, del cual diximos haver sido el divino Augusto conservado. [...]; pero dura aún hoy un libro de Juba desta hierba y de su esclarecida alabanza. Hallola en el monte Atlante, donde se ve con hojas de cardo; es tanta su fuerza que se recibe de lexos su zumo, sajándola con un palo agudo y puniendo debaxo un cuajar de un cabrito. Y ansí parece correr un humor lácteo, el cual cuando seco se cuaja; tiene forma de encienso; los que le cogen házense de vista más aguda. Es contrario a las serpientes cualquiera parte que se hieran sajada su cumbre y aplicada la medicina. Los getulos que lo cogen lo adulteran con leche de cabras, pero conócese presto al fuego porque lo que no es verdadero echa un olor enfadoso.

Plinio Segundo, 1999. Tomo II: 508

En el capítulo XII del mismo libro, Cayo Plinio Segundo vuelve a nombrar el euforbio, recomendando su uso mezclado con alcohol para la mejora de la vista.

Su látex, compuesto mayoritariamente por terpenos, ha sido

muy empleado a lo largo de la historia, bien por sus propiedades venenosas, o bien como petroplantas, debido a sus posibilidades de ser utilizadas como hidrocarburos adecuados para ser transformados en petróleo (Sánchez, 2005: 60).

En la isla de Tenerife, las euforbias se extienden desde la “Región Subtropical o de las formas africanas” hasta la “Región Mediterránea o de los cultivos europeos” según citación emitida por Philip Barrer Webb y Sabin Berthelot sobre la obra de De Buch (Webb & Berthelot, 2014: 40).

De Buch toma como punto de partida de la región de las formas africanas el nivel del mar, situando la región mediterránea en los 1200 pies; compara además esta climatología con zonas como Egipto o Barbería. Webb y Berthelot lo corrigen posteriormente, situándola hasta los 1600 pies.

Estas regiones climáticas pueden adaptarse a la isla de Gran Canaria, dada la similitud de su orografía con la vecina Tenerife.

Destacan en este entorno la *euphorbia canariensis*, “de tan noble porte, semejante, dados sus tallos en columna, a un gran candelabro o a un Cactus del Perú” (ibidem, 174).

Conocida popularmente como cardón, esta planta contiene un látex tóxico que está siendo investigado en la actualidad por sus propiedades anticancerígenos en la ULPGC. Empleado además para *embarbasca* y *pulpiar*, estos canarismos aluden a la toxicidad de su látex, siendo lanzada la leche de estas plantas al agua para atontar a los peces y poder así pescarlos con facilidad (*Figuras V.1 y V.2*).

La *euphorbia regis-jubae*, presente en territorio canario, es conocida popularmente como tabaiba morisca. Esta especie proviene del norte de África donde se conocen sus propiedades analgésicas y tóxicas. Empleada por el médico Euphorbus en el



Figuras V.1 y V.2. Vista general del *euphorbia canariensis* o cardón, y detalle de su inflorescencia. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

tratamiento de los males del rey Juba de Mauritania, explica la denominación de esta planta.

La *euphorbia obtusifolia*, higuierilla o tabaiba amarga, ya que su látex es igualmente tóxico, se diferencia de la anterior en su floración, ya que presenta su inflorescencia en umbelas compuestas o racimos, a diferencia de las simples de la tabaiba morisca (Sánchez, 2005: 61).

Ninguna de estas se debe confundir con la *euphorbia balsamifera*, conocida vulgarmente como tabaiba dulce. El látex de esta planta es el antídoto a todas las picazones o ronchas que

pueda producir el contacto con la leche tóxica de las euforbias mencionadas (Marrero, Rodríguez & Wildpret, 2000: 21).

El modo de diferenciarla de las anteriores reside igualmente en su inflorescencia, siendo ésta individual, en una sola flor de pequeño tamaño y coloración amarilla, así como en su tallo, que es rastrero y se extiende en numerosas ramas, mientras que las otras parten de un tronco central que se eleva pocos centímetros del suelo (Brenes, 2007).

La benignidad del jugo de tabaiba dulce, así como lo popular y diverso de su empleo en las Islas, a examinar en próximos apartados, ha determinado que la sustancia a utilizar como consolidante de superficies térreas sea el látex de *Euphorbia balsamífera*.

Las referencias existentes en torno a su uso como pegamento, calificándolo de “excelente liga” y “lacre de cartas”, según escrito en el año 1799 por José Viera y Clavijo en su *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias* (1982: 4), así como la experiencia práctica en la que se ha apreciado lo glutinoso de su jugo y la composición química de su látex, constituido por triterpenos como el cicloartenol y lanosterol (Pérez de Paz & Hernández, 1999: 104), han sido los factores determinantes para la elección de esta gomorresina.

#### V.1.1. La *Euphorbia Balsamífera* o Tabaiba dulce

La popular tabaiba dulce o *Euphorbia Balsamífera* debe su nombre al botánico William Aiton (1731 - 1793); Carlos Linneo (1707 - 1778) la denominaría “*Euphorbia dulcis canariensis*” debido a que la especie es natural de las Islas Canarias, aunque se extiende por el norte de África yendo desde Marruecos a la

Península Arábiga, llegando incluso a Nigeria (Sánchez, 2005: 60).

Críase con mucha abundancia en los terrenos incultos de todas estas islas, señaladamente en los que miran hacia el mar. Algunas de estas tabaibas se levantan una vara del suelo, mientras descuellan otras hasta igualarse con una higuera regular. Sus troncos son de una madera fungosa, blanca, muy liviana, con la corteza lampiña, lustrosa, pegajosa, de color cenicienta, y tan cargada de una leche espesa, glutinosa, casi sin ninguna acrimonia ni mal sabor que a la menor incisión corre en mucha copia.

Viera y Clavijo, 1982: 403

Su nombre proviene, como se ha mencionado, del médico griego Euphorbus y la acepción balsamífera deriva de los términos latinos *balsamum*, que quiere decir bálsamo, y *fer*, que indica llevar o tener.

En la isla del Hierro se la denomina *tabaiba mansa*. Otras voces en el norte del continente africano la denominan *infernae* o *fernán*, refiriéndose sin embargo una *tabaibera* en Madeira a la Opuntia, es decir, a la canaria *tunera* (Marrero et al., 2000: 20).

Como bien señala Viera y Clavijo, este arbusto que puede llegar a alcanzar los 2 metros de altura, crece y se desarrolla próximo a zonas costeras, a una cota no superior a los 200 metros sobre el nivel del mar, momento en el que comienza a aparecer en el paisaje insular la *Euphorbia Canariensis* o cardón (*Figura V.3*).

Webb & Berthelot (2014: 56) la sitúan en lo que ellos denominan Primer Clima (Inferior), de los tres climas en que dividen la geografía de Tenerife. En esta isla, la *Euphorbia balsamifera* convive con las *Euphorbias Canariensis* y *Aphylla*, junto a otras especies diseminadas pertenecientes a la *Salvia*, *Artemisa*, *Aloe*,



*Figura V.3. Vista general del arbusto conocido popularmente como tabaiba dulce, en la que se puede apreciar su tallo extenso (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

y *Heliotropum* entre otras, además de plantas naturalizadas como son los Nopales y Piteras.

Las tabaibas dulces se desarrollan en lugares donde abunda un cielo despejado y precipitaciones escasas (*Figuras V.4 y V.5*).



*Figuras V.4 y V.5. Tabaibal del Barranco de Guayedra, en el noroeste de la isla de Gran Canaria. (Procedencia gráfica: Díaz, I.)*

Predominantes tanto en las laderas marítimas de acantilados y playas arenosas así como en barrancos profundos.

El tipo de suelo donde crece es aquel que se corresponde con mantos de lava, basaltos, toba volcánica, escorias y piedra pómez en descomposición (ídem).

Respecto a su inflorescencia (*Figuras V.6, V.7 y V.8*), Viera y Clavijo la describe de la siguiente manera:

Las flores nacen solitarias en el centro de los ramilletes de hojas y (como todas las de los tímalos, o lechetreznas) constan de un cáliz, sin pedúnculo, con cuatro orejillas en el borde de color amarillo, un poco escotadas en medias lunas, y en las dos puntas de ella, un cuerpecillo globuloso, asemejándose todo el cáliz a una cruz de Caravaca; doce estambres finos; y un ovario con tres punteros rojos, partidos en dos filamentos; cuyo fruto es una baya redonda de tres celdillas, sentada sobre el cáliz, depositaria de las simientes.

Viera y Clavijo, 1982: 404

Este autor subraya que ya Plinio se refiere a la tabaiba en su descripción de las islas afortunadas:



*Figuras V. 6, V.7 y V.8. Inflorescencia y frutos de tabaiba dulce. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Que la primera se llama Embrión, con ningunos rastros de edificios; que tiene un lago en los montes, y árboles semejantes a cañaheja de la que se exprime agua; de las negras, amarga, y de las blancas, muy buena de beber.

Plinio Segundo, 1999: 298

### V.1.2. Usos y propiedades

El extendido uso doméstico y medicinal de esta planta en la tradición canaria, que ha sabido aprovechar tanto el látex como el tronco, muestra una vez más el aprovechamiento por parte de la población de los recursos locales que ofrece el entorno.

Referido a su látex, apunta Viera y Clavijo:

Esta leche, de que abundan todas las partes de este arbusto, es una goma resina, que se coagula prontamente al sol; y como entonces pierde la corta acrimonia que puede tener en su estado líquida, la suelen mascar con gusto nuestros paisanos para desalivar y fortalecer la dentadura; pero el uso que principalmente hicieron de ella los primeros europeos, se redujo a componer **una especie de lacre para cerrar cartas** mezclándola con la otra resina roja que llamamos sangre de drago. Igualmente es esta leche **una excelente liga** para prender los pájaros, y para cerrar los pezones de las ubres, cuando las cabras están cargadas de su leche propia. <sup>1</sup>

Viera y Clavijo, 1982: 404

El autor sugiere asimismo otros posibles usos del látex de tabaiba, como puede ser una vez y ha alcanzado el estado sólido, calentarlo en el fuego hasta obtener una coloración miel y una

<sup>(1)</sup> El subrayado es nuestro.

densidad similar a la del barniz; podría ser empleada esta sustancia para embadurnar las rejas de hierro y preservarlas del orín de los animales.

Propone además su uso como sellador de globos aerostáticos, disolviendo la resina en éter vitriólico “el único disolvente que no le quita la elasticidad” (ídem).

Otros autores resaltan las propiedades del látex de tabaiba como fortalecedor de encías, emoliente, salivatoria y antiinflamatoria, así como para calafatear toneles y barcos (Pérez de Paz & Hernández, 1999: 104).

Empleado también su jugo a modo de cataplasmas en el pecho para la cura de catarros, el modo de proceder era disolver su leche en aceite y untar posteriormente el líquido resultante en un paño blanco (Sabaté, 1993: 93).

El mismo autor señala además la venta de la leche de tabaiba en épocas de carestía, preparada a modo de quesitos (ibidem: 94).

Queda documentado asimismo el uso de la corteza de tabaiba con fines constructivos, empleado por los primeros habitantes de la isla de Tenerife en sus chozas:

Respecto al techo lo envigaban con sabina, gordana u otra madera, sobre el que atravesaban muy junto el enlatado de leñablanca, de balos etc., ya suelto o atado a las vigas con juncos o tomizas de tabaiba dulce, pues aunque con el tiempo se podrían ya el todo de la techumbre formaba un solo cuerpo.

Bethencourt, 1994: 408

El mismo autor señala además lo óptimo de su tronco como elemento de alumbrado:

Conservaban el fuego abrigando las brasas con ceniza en el fogón o dejando encendido un tronco de tabaiba; y cuando se les apagaba lo obtenían frotando con un palito de balo, brezo o corazón de granadillo, en una juápara de tabaiba dulce o de berode, es decir, en una ranura practicada en un gajo seco como lo hemos hecho.

Ibidem: 411

### V.1.3. Método de extracción

Las recomendaciones de extracción del látex de tabaiba, efectuadas por el investigador José Luis Eiroa, perteneciente al Departamento de Bioquímica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, han sido precisas:

1. Se debe extraer el látex de una planta que se halle en su propio ecosistema, es decir, en su entorno salvaje, donde estará más pura, ya que en la actualidad se emplean diferentes tipos de euforbias en contextos ornamentales.

Para ello, se siguió la página web del Jardín Botánico Viera y Clavijo, donde se indica de manera fehaciente zonas de tabaibales en la isla de Gran Canaria.

El servicio de ortofoto del Gobierno de Canarias, resultó de un auxilio complementario una vez y se determinaron los lugares posibles de extracción, ya que la consulta de sus mapas de vegetación y ocupación del suelo insular ayudaban a concretar dónde se encontraban las mismas.

2. El momento óptimo de extracción del látex es aquél en el que la planta se halle en su momento máximo de floración, ya que tendrá

más potencial químico tras la extracción de la masa siruposa.

La tabaiba dulce florece durante los meses de invierno, manteniendo su flor hasta mediados de año según la zona donde se halle la planta.

El empeño inicial era que el Barranco Guinguada de Las Palmas fuese el proveedor de todas las materias necesarias para realizar el experimento, es decir, la tierra y el consolidante. Por ello fue rastreado sin éxito, encontrando tabaibas dulces, pero ya bastantes secas dado que la búsqueda se realizó a comienzos del mes de junio.

Entonces se optó por localizar los arbustos que se hallasen próximos a los barrancos y costa norte de la isla, dado que en esta zona la insolación es menor, existiendo por tanto mayor posibilidad de encontrar tabaibas en flor (*Figura V.9*).



*Figura V.9. Ortofoto: localización en azul de los barrancos desde donde se extrajo el látex de tabaiba. Las zonas en marrón indican la presencia de Euphorbia balsamifera. (Procedencia gráfica: servicio ortográfico del Gobierno de Canarias (GRAFCAN)).*

Esto fue posible en dos barrancos costeros próximos entre ellos: el barranco de San Felipe, perteneciente al municipio de Santa María de Guía y el Barranco de San Andrés, en el contiguo municipio de Moya.

El modo de proceder en la extracción del látex de la planta es descrito por Sabaté:

Se hacían unos cortes en los troncos de las tabaibas y se colocaba un cacharrito que recogiera el látex. Después éste se guisaba hasta solidificarse.

Sabaté, 1993: 94

Tal como se ha indicado, se procedió al sangrado de la euforbia, realizando una incisión en su tronco y colocando bajo ella un recipiente que contuviese su jugo (*Figura V.10*).



*Figura V.10. Sangrado de la gomorresina. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Esta operación fue llevada a cabo en diferentes días, teniendo en cuenta los factores ambientales presentes en cada uno de ellos, recogidos en la *Tabla V.1.*

A medida que se iba extrayendo el látex, éste se depositaba en un recipiente de vidrio oscuro y era conservado en la nevera. En él fueron mezclados los diferentes jugos.

	<i>Barranco de San Felipe</i>	<i>Barranco de San Andrés</i>
Latitud	28° 08' 02'' N	28° 07' 53'' N
Longitud	15° 36' 17'' O	15° 34' 23'' O
Fecha extracción latex	23 de junio	29 de junio
Hora	Aprox. 18:00	Aprox. 17:00
T°C	22°C	26°C
HR	68%	74%

*Tabla V.1. Localización de las plantas y factores ambientales controlados en el momento de extracción del látex.*

## VI

### Aspectos prácticos: caracterización de tierras y consolidación de probetas

---

Si bien la pedología, ciencia que trata el estudio de los suelos, se ha dirigido principalmente hacia la edafología, geotecnia y mecánica de suelos, aún en la actualidad no existe una rama de esta ciencia que se oriente hacia el estudio de la validez de un suelo para ser empleado como material de construcción.

Por ello, han surgido en los últimos años diversos manuales que orientan sobre diferentes y sencillas pruebas a realizar sobre una tierra para determinar su eficacia en una obra, así como otras igualmente sencillas, pero que requieren de instrumental de laboratorio (Carazas & Rivero, 2002; Minke, 2014; Neves, Faria, Rotondaro, Ceballos & Hoffman, 2009; Teutonico, 1988).

Los mapas de suelos predominantes en el mundo muestran la enorme variedad de tipos existentes, clasificándolos según diversos parámetros como pueden ser la composición química y mineralógica de la roca, entre otros (*Figura VI.1*).

Las Islas Canarias se caracterizan por disponer en su territorio de siete ejemplares diferentes de suelos: leptosoles, vertisoles, andosoles, cabisoles, calcisoles, luvisoles y regosoles, siendo los más frecuentes en la Isla de Gran Canaria los suelos de tipo cambisol y leptosol.

La ciudad de Las Palmas de Gran Canaria y sus proximidades,

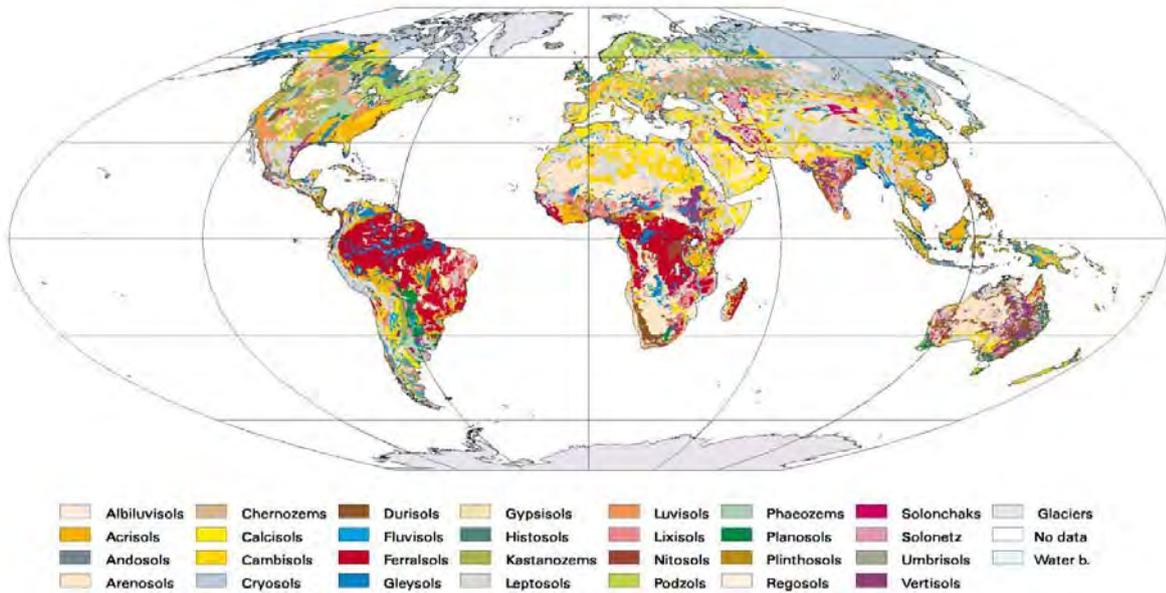


Figura VI.1. Mapa de suelos predominantes en el mundo (Procedencia gráfica: <http://www.fao.org/soils>).

presenta un suelo de tipo vertisol, altamente influenciado por el material sobre el que se ha formado originariamente (Figura VI.2).

Los vertisoles son suelos de coloración oscura, con una elevada proporción de arcilla entre sus componentes (Instituto Geográfico Nacional, 2015).

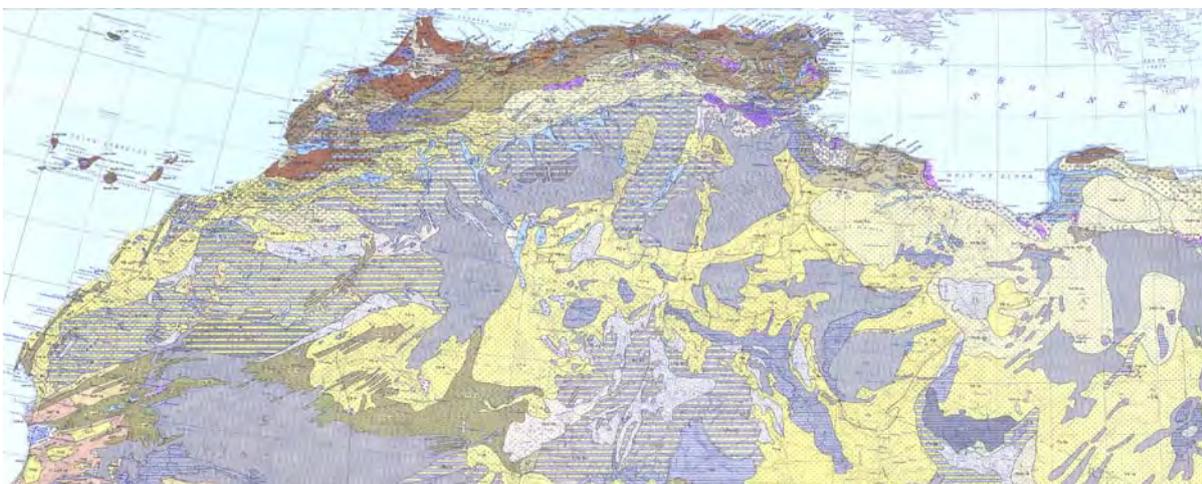


Figura VI.2. Mapa de suelos predominantes en el norte de África (Procedencia gráfica: <http://www.fao.org/soils>).

## **VI.1. Selección de tierras y metodología previa a los ensayos**

Tras la toma de una pequeña muestra de sedimentos caídos del muro de tapial de la Casa del Deán, se procedió a la ubicación de la cantera desde donde se pudiera haber extraído el material empleado para la construcción de la vivienda.

La lógica constructiva indica que la tierra empleada para tal fin fuera la localizada *in situ*, es decir, a orillas del Barranco Guinguada, a escasos metros de la costa.

La sobre-construcción actual de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria ha obligado a remontar el barranco originario alrededor de 900 metros hacia el interior desde el lugar en el que se encuentra enclavada la vivienda, dado que ésta se halla en la actualidad en una zona completamente urbanizada.

De este modo ha sido posible el hallazgo de una tierra limpia y de similares características a la original del edificio

Tras un primer examen visual, la coloración de la tierra del Guinguada se presentaba similar a la tierra empleada en la Casa del Deán, con una tonalidad marrón oscura-rojiza, por lo que se procedió a extraer muestras de la misma en zonas diferentes y próximas sí del barranco

Para la ejecución de los ensayos, se extrajo un total aproximado de siete kilogramos de tierra. Ésta sería posteriormente depositada en un recipiente y dividida a su vez en cuatro partes. Las dos partes que se encontraban opuestas dentro del mismo depósito, fueron las tomadas para los test de campo, desechándose las otras dos.

De igual manera, dado que los ensayos a realizar conducen a la

determinación de la sección granulométrica más fina de un suelo, la tierra fue tamizada en una malla de 2 milímetros (*Figuras VI.3, VI.4 y VI.5*).

## VI.2. Descripción y ejecución de ensayos

En la realización de los ensayos de campo y de sus correspondientes fichas, se ha tomado las siguientes referencias: por un lado, las obras *Construire en terre*, de Doat et al. (1979) y *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra*, de Neves et al. (2009). Por otro lado, se han aprovechado los recursos pedagógicos recibidos en la realización de la *Cátedra Arquitecturas de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible*, en el ámbito de CRATerre, perteneciente a la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble, Francia.



*Figuras VI.3, VI.4 y VI.5. Perfil y vista general desde donde se extrajo la tierra, en el Barranco Gini-guada de la capital grancanaria (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Estas pruebas, sencillas de efectuar y que no requieren de instrumental de laboratorio, son suficientes a la hora de caracterizar una tierra y determinar sus posibilidades de uso como material de construcción.

Los ensayos a acometer ayudan a determinar los parámetros de *plasticidad, cohesión, resistencia y retracción* de un suelo determinado.

#### VI.2.1. Actividad química: ensayo de olor

A través de este ensayo se obtienen datos acerca de las propiedades químicas de la materia de estudio.

El momento de extracción de la tierra es en el que más olor posee. Humedecerla, así como calentarla, ayuda a determinar la presencia de sus componentes: olor a cueva, a arcilla, a moho; este último olor determina un suelo de tipo orgánico.

La tierra del Guinguada posee un olor a limpio, a campo, a tierra en estado puro, lo que denota la ausencia de elementos orgánicos en su composición.

#### VI.2.2. Ensayos de granulometría: examen visual, tacto, lavado de manos, mordedura, brillo y botella

Este tipo de ensayos ayudan a caracterizar la fracción y tamaño de granos presentes en un suelo.

Se debe recordar en este apartado el tamaño de las partículas

que conforman un suelo, ya esbozadas en el apartado III.3.2. del Estado del Conocimiento.

Precisamente, los granos con una talla entre 2 centímetros y 2 milímetros se corresponden con las gravas; aquellos entre 2 mm y 60  $\mu\text{m}$  determinan las arenas; una medida entre 60  $\mu\text{m}$  y 2  $\mu\text{m}$  identifica a los limos, mientras que las arcillas se encuentran en medidas inferiores a los 2  $\mu\text{m}$  (*Figura VI.6*).

Se recomienda para una óptima y rápida ejecución de los ensayos de campo, proceder al cribado de la tierra en una malla de aproximadamente 2 mm, con lo que las partículas mayores de la tierra, las correspondientes a las gravas, quedan fuera de la experimentación.



*Figura VI.6. Tierra cribada en diferentes tamices, lo que permite apreciar a simple vista la sección granulométrica y porcentajes de granos constituyentes de un suelo determinado (Procedencia gráfica: Hau, S.; Alvarez, N. y Leylavergne, E.).*

### VI.2.2.1. Examen visual

Los diferentes constituyentes de una tierra pueden ser observados en un primer momento a simple vista, siendo el ojo capaz de diferenciar las partículas de mayor tamaño hasta aquellas de 0,08 milímetros. Los granos de limo y arcilla no son apreciables a simple vista.

Por otro lado, la coloración de una tierra es un indicador del tipo de suelo donde ésta se halla; de esta manera, un suelo inorgánico posee una coloración clara y brillante, mientras que las tonalidades oscuras son propias de los suelos orgánicos.

En el suelo de estudio, se observa una tierra de color marrón oscuro con tonalidades rojizas, sin materia orgánica, conformada por terrones de partículas finas, arcillas y limo, con presencia de granos gruesos como gravas y en similar medida piedras (*Figura VI.7*).

### VI.2.2.2. Tacto

La textura de una porción de tierra puede ayudar a establecer de manera rápida las partículas que la componen.

Para ello, se deposita una muestra de tierra en la palma



*Figura VI.7. Perfil del suelo desde donde se extrajo la muestra de tierra para su analítica. En la imagen se aprecia con facilidad la descripción efectuada en el examen visual. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

de la mano y se frota con los dedos. Si la mayoría de sus componentes se muestran rugosos o granulares al tacto, indica la presencia de arena; si sus partículas son rugosas igualmente, pero en menor medida, indica la presencia de limos. Y finalmente, si la muestra ofrece resistencia a la molienda, expresa la abundancia de arcilla.

En la realización del ensayo del tacto, la tierra se presenta al tacto rugosa y rasposa en un primer momento, pudiendo poco a poco aplastar los gránulos que se deshacen fácilmente en la mano y va adquiriendo una textura fina y suave.

Al presionarla entre los dedos produce un chirrido arenoso. En seco, la tierra de estudio deja un rastro de polvo al sacarla de la mano que se elimina con bastante facilidad sacudiendo las mismas.

Estos datos son indicadores de la presencia de arenas o limo en la muestra de estudio.

### VI.2.2.3. Lavado de manos

Al proceder al lavado de las manos tras haber estado tocando la tierra, el modo en que ésta se “lava” o se elimina, es igualmente un indicador de su composición.

Se ha observado que los suelos con grandes trazas de arena son fáciles de lavar, no necesitando un enjuagado copioso; los suelos limosos, sin embargo, se muestran pulverulentos, y les cuesta algo más salir, mientras que el aclarado de los suelos arcillosos es más complicado, quedando restos de coloración rojiza en la piel.

En la realización del ensayo de lavado de manos, la tierra del Guiniguada se amalgama fácilmente y se adhiere sin problemas a la piel al mezclarla con agua. Es casi jabonosa y adherente; se puede lavar con relativa facilidad.

Los granos finos parecen entonces otorgar a la tierra algo de cohesión que reacciona con el agua (*Figura VI.8*).

Estos datos indican una tierra arcillosa-limosa, casi en la misma proporción, ya que no ofrece una gran resistencia al lavado, aunque sí colorea la piel de un marrón oscuro.

#### VI.2.2.4. Mordedura

Se trata de una manera rápida y fácil de identificar la presencia de arenas, limos o arcillas en un suelo.

Se efectúa este ensayo tomando una pequeña porción de suelo, llevándolo a la boca y masticándolo ligeramente entre los dientes. Las partículas de arena rechinan y son ásperas en la boca; las de limo rozan igualmente los dientes, pero no de manera desagradable, mientras que las partículas arcillosas poseen un tacto harinoso, no rozando entre los dientes.

Durante la ejecución del ensayo, se produjo un chirrido entre los dientes sin sabor característico.

Esto indicaba la presencia de gránulos de arena o limo.



*Figura VI.8. Test de lavado de manos en el que se aprecia la coloración y cohesión de la muestra de tierra (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

### VI.2.2.5. Brillo / luminosidad

La mayor o menor traza de brillo en una muestra de tierra indica la presencia de arcillas y limos en un suelo.

Se realiza este ensayo humedeciendo una porción de tierra hasta conformar una bola, que se partirá en dos porciones con la ayuda de un cuchillo.

Posteriormente se observa la superficie de corte: si ésta presenta brillos, revela un suelo plástico-arcilloso, mientras que si la superficie es opaca, indicará un suelo con abundante limo.

En la ejecución de este ensayo, se llevó la tierra a un estado plástico y se realizó una bola con ella para partirla posteriormente en dos con un cuchillo, tal como se ha indicado.



Se apreció una superficie brillante en la parte cortada, lo que indica una tierra con presencia de arcillas (*Figuras VI.9 y VI.10*).



*Figuras VI.9 y VI.10. Aspecto brillante de la bola una vez cortada, indicadora de una tierra arcillosa (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

### VI.2.2.6. Ensayo de la botella

El análisis de *sedimentación simplificada* o ensayo de la botella permite una determinación bastante aproximada del porcentaje

de granos constituyentes de un suelo. Se puede establecer con facilidad la idoneidad de un determinado tipo de técnica constructiva a emplear con la tierra de estudio.

El modo de proceder para la ejecución del ensayo es el siguiente: se toma un envase cilíndrico de vidrio con fondo plano y una capacidad aproximada de 500 ml.

Se rellena un tercio o un cuarto de su capacidad con la tierra a analizar. Se cubre la parte restante del frasco con agua y se agita con fuerza.

Se deja reposar durante una hora sobre una superficie plana y se efectúa posteriormente una segunda agitación del preparado.

Tras cuarenta y cinco minutos, será apreciable cómo las partículas más pesadas (arena y grava) han descendido y se depositan en el fondo del vidrio, seguidas de una capa de limo, quedando la arcilla dispuesta sobre los sedimentos ya descritos. La materia inorgánica flotará en la superficie del agua.

Tras ocho horas, se procede a medir la altura total de la sedimentación, así como la de cada una de las diferentes capas, obteniendo de esta manera cada una de las proporciones de los constituyentes del suelo.

La realización del test de la botella ha sido efectuado con muestras procedentes de la Casa del Deán (Muestra 1) y del barranco Guiniguada (Muestra 2).

*Muestra 1. (Figura VI.11).* Presencia de detritos vegetales que permanecieron en suspensión en



*Figura VI.11. Test de la botella efectuado sobre la tierra extraída de la Casa del Deán (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*



Figura VI.12. Test de la botella efectuado sobre la tierra extraída del Barranco Guiniguada (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

la superficie del vidrio.

A los pocos minutos se apreció el descenso de partículas arenosas.

La coloración del agua es amarilla, habiéndose aclarado con el paso de las horas. Esto puede ser debido a la presencia de algunos compuestos orgánicos tales como gomas, excrementos, etc.

Proporciones: 2 cm. arena; 0,2 limo y 0,3 arcilla.

Resultados: 80 % arena  
8 % limo  
12 % arcilla

*Muestra 2.* (Figura VI.12). Presencia de detritos vegetales que permanecieron en suspensión en la superficie del vidrio.

En este caso, tardaron mucho más tiempo en descender las partículas arenosas que en la muestra 1, encontrándose por lo tanto en menor proporción.

Aún pasadas las 8 horas de decantación de las partículas, se siguen mostrando difusas.

Proporciones: 0,1 cm. arena; 1,1 limo y 1,3 arcilla.

Resultados: 4 % arena  
44 % limo  
52 % arcilla

### VI.2.3. Ensayos de plasticidad: rollo, exudación, cordón; luminosidad / brillo y cinta

La plasticidad de un suelo determina la sensibilidad del mismo al agua.



*Figura VI.13. Realización del rollo con la medida específica para el ensayo: 20 centímetros (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

#### VI.2.3.1. Rollo

Para la ejecución del ensayo del rollo, se debe llevar la muestra de suelo a un estado hídrico plástico y se deja reposar la mezcla por un período de una hora.

Tras el reposo, se realiza un cordón o cinta de aproximadamente 20 mm de diámetro y 200 mm de largo (*Figura VI.13*).

Deslizar la cuerda por el borde de una mesa hasta que se rompa y caiga la parte que se encuentra en el aire.

Si el largo del rollo roto es inferior a 80 mm. indica una tierra arenosa; si la rotura se encuentra entre los 80 y 120 mm, revela una tierra arcillosa. De obtener una rotura superior a esta medida, indica un suelo con exceso de arcilla.

Tal como se ha indicado, tras llevar la tierra de estudio a un estado plástico y dejarla en reposo durante una hora, se efectuó un rollo sobre una superficie plana con la ayuda de las manos de alrededor 20 centímetros de largo por 2 de ancho.

Al pasarlo por el borde de una mesa, éste se rompió a los doce



centímetros (Figuras VI.14, VI.15 y VI.16).

Esta medida de rotura indica que la tierra de estudio es arcillosa.

### VI.2.3.2. Ensayo de exudación o sacudida

Figuras VI.14, y VI.15. Test del rollo que permite detectar una buena calidad de tierra para la construcción de tapial, debiendo romper para ello entre los 80 y 120 mm. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).



Figura VI.16. Resultado del test del rollo en el que la muestra analizada ha roto a los 120 mm: tierra óptima para ser empleada en tapial. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

Modelar una bola de dos o tres centímetros de diámetro y comenzar a pasarla de una mano a otra. Estas sacudidas harán salir el agua de la muestra a la superficie, mostrando a partir de ese momento la bola un aspecto brillante, mate o graso.

Seguidamente, se presiona la mitad de la bola entre los dedos pulgar e

índice, observando el comportamiento de la muestra. La *Tabla VI.1* muestra la interpretación de resultados.

En la realización del ensayo de exudación, se procedió a pasar la bola de tierra en estado plástico de mano en mano, fueron necesarias más de treinta sacudidas para obtener un aspecto brillante en la bola.

Tras la presión de la misma, ésta apenas presentó fisuras, permaneciendo estable.

La reacción muy lenta hasta obtener una superficie brillante indica un tipo de tierra arcillosa.

### VI.2.3.3. Test del cordón

Prueba a realizar en caso de que el ensayo de exudación haya dado como resultado una reacción muy lenta o lenta.

Tomar una porción de tierra y añadirle agua hasta que sea posible la realización de un cordón de un diámetro de 3 mm sobre una superficie plana. Si se rompe antes de llegar a esta medida y es imposible la ejecución del cordón por más agua que se le agregue, indica que el suelo carece de arcilla.

Si por el contrario, se puede efectuar y obtener el cordón, se realiza nuevamente una bola con el mismo, presionándola entre los dedos índice y pulgar.

Si la bola es dura y no se fisura, indica un suelo con abundante presencia de arcillas; si es semi-dura, es decir, se fisura con facilidad, se tratará de una buena tierra para la construcción: una tierra areno-arcillosa o limo-arcillosa.

<i>Nº sacudidas</i>	<i>Reacción</i>	<i>Presión</i>	<i>Tipo de tierra</i>
5 - 10	Rápida	Tonalidad mate Desmoronamiento	Arena fina o limo grueso
20 - 30	Lenta	Sin desmorone Permanece estable	Limo ligeramente plástico o arcilla limosa
+ 30	Muy lenta	Superficie brillante	Arcillosa

Tabla VI.1 Identificación del comportamiento de la muestra.



Una bola frágil indicará abundancia de limo o de arena, mientras que una con característica esponjosa revelará un suelo orgánico, no recomendable para la construcción.

Dado que el ensayo de exudación sobre la tierra Guiniguada ha dado una reacción muy lenta, se procede a efectuar el ensayo. Tras la realización del cordón sin rotura, se ejecutó una bola que, tras la presión entre los dedos pulgar e índice, presentó fisuras. Esto determina un suelo de fracción limo-arcillosa (*Figuras VI.17 y VI.18*).

*Figuras VI.17 y VI.18. Ensayo del cordón en el que se aprecian las fisuras en el borde de la bola. (Procedencia gráfica: Díaz, I.)*

#### VI.2.3.4. Ensayo de la cinta

Este estudio es complementario al test del cordón.

Para su ejecución, se debe llevar una muestra de tierra a un estado plástico y se efectúa un rollo de aproximadamente 15 mm de diámetro. Se rueda sobre una superficie plana hasta conformar una cinta lo más larga posible.

Disponer la cinta en la palma de la mano, y con cuidado ir aplastándola entre los dedos a lo largo de la muestra hasta que se rompa (*Figuras VI.19 y VI.20*).



*Figuras VI.19 y VI.20. Ensayo de la cinta; determina la plasticidad de un suelo. (Procedencia gráfica: Díaz, I.)*

Observar el largo de la cinta: si se rompe sin llegar apenas a los 10 cm, indica un suelo limo-arcilloso o areno-arcilloso; si se pueden efectuar cuerdas de entre 25 y 30 cm sin rotura, refleja un suelo que contiene mucha arcilla.

En la realización de este ensayo, al aplastar la cinta entre los dedos, ésta se rompió justo a la mitad, a los 15 centímetros (*Figuras VI. 21 y VI.22*).

Este resultado indica un suelo arcillo-limoso.

#### VI.2.4. Ensayos de cohesión: pastilla, lavado de manos y rollo

Por cohesión se entiende la fuerza de atracción que mantiene unidos los distintos elementos que componen una muestra (Barahona, 2000: 13).

##### VI.2.4.1. Ensayo de la pastilla

Se lleva la muestra a un estado hídrico plástico y se procede a



*Figuras VI.21 y VI.22. Test de la cinta que ha dado como resultado un suelo arcillo-limoso al producirse la rotura de la cinta sobre los 15 centímetros. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

rellenar un molde de 30 mm de diámetro por 10 mm de espesor aproximadamente. Se deja secar al sol y se procede a romper la pastilla, intentando reducirla a polvo entre los dedos índice y pulgar. La lectura de resultados se muestra en la *Tabla VI.2*.

Tras la ejecución con tierra del Guiniguada y posterior secado de la pastilla, ésta no presentó fisuras, habiendo tenido una retracción de 2 mm con respecto a su molde (*Figuras VI.23 y VI.24*).

Al intentarla partir entre los dos dedos de una mano, ha presentado una resistencia a la rotura muy fuerte, teniendo por tanto que utilizar las dos manos para poder partirla, resultando aún así muy difícil.

Esto indica un suelo con abundante presencia de arcillas.

#### VI.2.4.2. Lavado de manos y rollo

Estos ensayos, ya descritos con anterioridad, ayudan igualmente a determinar la cohesión de una muestra.

Durante el lavado de las manos se puede apreciar a simple vista si los gránulos que conforman la tierra tienden a agruparse o no; con la realización del rollo, ocurre lo mismo.

<i>Resistencia a la rotura</i>	<i>Tipo de suelo</i>
Fuerte	Arcilloso
Media	Arcillo-limoso Arcillo-arenoso
Débil	Limo-arenoso

*Tabla VI.2. Interpretación de resultados del ensayo de la pastilla.*

### VI.2.5. Ensayos de resistencia: cordón

La resistencia de una materia viene dada por la durabilidad que ésta ofrece frente al desgaste por rozamiento.

El test del cordón, descrito en el apartado VI.2.3.3., ayuda a determinar la resistencia de una muestra, según la fisuración de la bola efectuada.

### VI.2.6. Ensayos de retracción: pastilla

La retracción es la capacidad de cambio de volumen de una muestra en función de su humedad.

El ensayo de la pastilla, ya planteado en el punto VI.2.4.1 de este capítulo, ayuda a determinar no sólo la resistencia a la rotura de una muestra, sino su mayor o menor pérdida de volumen durante el secado.



*Figuras VI.23 y V.24. Ensayo de la pastilla en el que se puede apreciar la retracción de la muestra al secar (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

### **VI.3. Tabla explicativa**

Los resultados obtenidos de los ensayos descritos con anterioridad ayudan a valorar el tipo de tierra que se posee, sus posibilidades de uso en construcción y su idoneidad en una determinada técnica constructiva.

Muestra además el requerimiento de estabilización de la tierra disponible, o su enriquecimiento con el aporte de otros compuestos granulares que permitan llevar el suelo de estudio a la granulometría requerida para la ejecución del sistema constructivo deseado.

La *Tabla VI.3*, presentada a continuación, almacena la interpretación de los resultados obtenidos tras los ensayos de campo.

Tras ella, se incluyen dos planillas de trabajo práctico, en las que se aprecian los resultados de primera mano tras los ensayos efectuados sobre la tierra procedente de la Casa del Deán (*Tabla VI.4*), y la tierra de estudio, denominada *Guiniguada* (*Tabla VI.5*).

TIPO DE SUELO	ENSAYO DE EXUDACIÓN	ENSAYO DE LA PASTILLA	ENSAYO DEL CORDON	ENSAYO DE LA CINTA	USOS POSIBLES
<b>SUELO ARCILLOSO O LIMOSO</b>					
Limo arcilloso	Entre rápido y lento	Débil a nula	Cordon frágil; no hace la bola	Cinta corta o imposible de hacer	Todo tipo de técnicas; en adobe, mejor estabilizar
Limoso	Entre lento y nulo	Débil a media	Cordon blando; bola frágil	Cinta corta	Evitar su uso; estabilizar
Arcillo-gravoso	Entre muy lento y nulo	Media a fuerte	Cordon semi-duro; bola con fisura	Cinta corta a larga	Tapial y ladrillos comprimidos; estabilizar
Arcillo-arenoso					
Arcillo-limoso					
Arcilloso	Sin reacción	Fuerte a muy fuerte	Cordon duro; bola sin fisura	Cinta larga	Adobe, técnicas mixtas y embarrados
Arcilla plástica					
Limo y arcilla	Lenta	Débil a media	Cordon frágil y esponjoso; bola igual	Cinta larga o ninguna cinta	No emplear
Limo y materia orgánica					
Arcilloso con materia orgánica	Muy lento a nulo	Media a fuerte	Cordon frágil o semi-duro esponjoso	Cinta corta; consistencia esponjosa	No emplear
<b>SUELO CON GRAVA</b>					
Gravo limoso; mezcla de gravas, arenas y limos	Rápido	Débil a ninguna	Cordon sin resistencia	Imposible realizar cinta	Estabilizar; añadir granos finos
Gravo arcilloso; mezcla de gravas, arenas y limo	Lento a muy lento	Media	Cordon semi-duro	Cinta corta o larga	Adobe y tapial
Grava					No emplear
<b>SUELO ARENOSO</b>					
Areno limoso	Rápido	Débil a nula	Cordon sin resistencia	Imposibilidad de realizar cinta	Estabilizar; añadir finos
Areno arcilloso	Lento a muy lento	Media	Cordon semi-duro	Cinta corta o larga	Todo tipo de sistemas
Arena					No emplear; añadir finos

Tabla VI.3. Interpretación de resultados. (Procedencia gráfica: Adaptado de Neves et al., 2009).

**PLANILLA DE IDENTIFICACIÓN DE TIERRAS**

Nombre de la tierra: DEÁN  
 Fecha de la colecta: 5 de junio de 2015  
 Profundidad:  
 Temperatura ambiente: 23°C. H.R.: 65%  
 Localización: Casa del Deán. Calle Herrería esquina Pelota. Vegueta-Las Palmas

	ENSAYO	OBSERVACIÓN	RESULTADOS	FECHA
<b>Actividad química</b>	Olor			
<b>Granulometría</b>	Vista			
	Tacto/lavado			
	Mordedura			
	Botella	2 cm arena: 80% 0,2 cm limo: 8% 0,3 cm arcilla: 12%		23 junio
		La arena se deposita rápidamente en el fondo		
<b>Retracción</b>	Pastilla			
<b>Cohesión</b>	Pastilla			
	Lavado de manos			
<b>Plasticidad</b>	Brillo			
	Rollo			
	Exudación			
	Cordón			
	Cinta			
	Lavado de manos			
<b>Resistencia</b>	Pastilla			

Tabla VI.4. Planilla de identificación de tierras: tierra Casa del Deán.

## PLANILLA DE IDENTIFICACIÓN DE TIERRAS

Nombre de la tierra: GUINIGUADA

Fecha de la colecta: 21 de junio de 2015

Profundidad: 1 metro

Temperatura ambiente: 24°C. H.R: 66%

Localización: Barranco de Guiniguada. Las Palmas

	ENSAYO	OBSERVACIÓN	RESULTADOS	FECHA
<b>Actividad química</b>	Olor	A limpio, a tierra	Inexistencia de elementos orgánicos	21 junio
<b>Granulometría</b>	Vista	Color marrón oscuro-rojizo. Presenta granos de todos los tamaños.		21 junio
	Tacto/lavado	Gránulos que se rompen con facilidad. En estado húmedo se lava con facilidad.		21 junio
	Mordedura	Chirrido sin sabor.		21 junio
	Botella	0,1 cm arena: 4% 1,1 cm limo: 44% 1,3 cm arcilla: 52%		23 junio
<b>Retracción</b>	Pastilla	No fisuras. Retracción de 2 mm.		26 junio
<b>Cohesión</b>	Pastilla	Muy fuerte	Arcillosa	26 junio
	Lavado de manos	Los granos presentan una cierta adhesión entre ellos	Limosa	26 junio
<b>Plasticidad</b>	Brillo	Presenta brillos al corte	Suelo plástico-arcilloso	26 junio
	Rollo	L1 = 20 cms L2 = 12 cms (rotura)	Arcillosa	26 junio
	Exudación	+ 30 sacudidas sin reacción	Arcillosa	26 junio
	Cordón	Semiduro; la bola fisura	Arcillo - limosa	26 junio
	Cinta	L1 = 30 cms L2 = 15 cms	Arcillo - limosa	26 junio
	Lavado de manos	Jabonosa y adherente	Limosa	26 junio
	<b>Resistencia</b>	Pastilla	Resistencia muy fuerte a la rotura	Arcillosa

Tabla VI.5. Planilla de identificación de tierras: tierra Guiniguada.

## **VI.4. Resultados y conclusiones**

Los ensayos de caracterización e identificación de la tierra procedente del Barranco Guiniguada indican que se trata de un suelo de alta plasticidad, fuerte cohesión, resistencia elevada así como con una retracción de relativa importancia.

Todo ello indica que es un suelo óptimo para ser empleado en las técnicas constructivas del tapial y ladrillos comprimidos, siempre y cuando se estabilicen adecuadamente.

Los resultados también indican la idoneidad de esta tierra en la ejecución de adobes, así como técnicas mixtas y embarrados.

Si se comparan los datos obtenidos de este suelo con los del ensayo de la botella correspondiente a la Casa del Deán, se observa la escasa proporción de arena en el Guiniguada (4%), frente a la Casa del Deán (80%).

Esto puede ser debido a la lejanía del lugar de extracción de la nueva tierra con respecto a la costa. En esta zona es más fácil obtener un suelo con abundancia de arena, según la organización de la orografía urbana.

Por ello, para asemejar lo más posible la tierra Guiniguada al original, se requirió de la estabilización de la misma a través de un proceso homogéneo, mediante la adición de arena, como ya se ha explicado en el Estado del Conocimiento, apartado III.3.4.1. Esta adición es necesaria además ya que la tierra óptima para la ejecución de un tapial debe contener variedad de gránulos, según lo indicado en el Anexo II, y a que la original de la Casa del Deán posee una proporción superior al 50%.

## VI.5. Ejecución de probetas

La tierra procedente del Barranco Guiniguada, muy rica en arcillas y limos, requirió de la adición de arena de médano procedente de Tufia, en el noreste de la Isla de Gran Canaria, con la que se realizó una mezcla a partes iguales consistente en grava, arena, arcilla y limos, a la que se le adicionó un pequeño porcentaje de cal, en torno al 5%.

Esta tierra fue mezclada y llevada a un estado hídrico húmedo para poder rellenar los moldes metálicos con los que se iban a realizar las probetas.

Los moldes poseían una dimensión de 4 x 14 x 14 centímetros. En la ejecución de las baldosas, los moldes fueron previamente humedecidos para que la materia no se quedase adherida a él, y posteriormente se colocaron las probetas sobre una superficie cubierta de la misma tierra en un terreno llano.

Fueron realizadas un total de 7 probetas (*Figura VI.25*).



*Figura VI.25. Probetas realizadas con tierra de Guiniguada estabilizada homogéneamente con arena procedente de Tufia en proporciones idénticas de gránulos. Dimensiones: 4 x 14 x 14 centímetros. (Procedencia gráfica: Díaz, I).*

A cada una de ellas se le asignó una letra según el disolvente empleado y un número correspondiente a la proporción de disolución. Por lo tanto:

E5: Etanol + 5% resina

E15: Etanol + 15% resina

E25: Etanol + 25% resina

X5: Xileno + 5% resina

X15: Xileno + 15% resina

X25: Xileno + 25% resina

S: Sin tratar

## **VI.6. Tratamientos de consolidación superficial de probetas**

Tal como se ha explicado en el *Estado del conocimiento*, la sustancia a emplear como consolidante se debe encontrar en estado líquido, lo que facilita la penetración en el sólido a impregnar, mejorando de esta manera la cohesión del material y la adhesión de las capas disgregadas.

El objeto de una consolidación es la mejora de las características de cohesión y adhesión de los materiales constituyentes de la obra, debiéndose conseguir un aumento tanto en la resistencia mecánica como en el comportamiento de la materia frente a los agentes de deterioro.

Para ello, el consolidante debe rellenar lo máximo posible los intersticios que constituyen la materia, reduciendo la porosidad sin disminuir la permeabilidad, con el objeto de facilitar la evaporación del agua. Otros requisitos que debe cumplir es que no aporte materiales dañinos, como sales o bacterias, y evidentemente, que no altere el aspecto del original.

### VI.6.1. Elección de disolventes

Si bien se ha tomado constancia de la recomendación efectuada por Viera y Clavijo (1982: 404), quien sugiere la idoneidad de diluir el jugo de tabaiba en éter vitriólico ó ácido sulfúrico para no restarle elasticidad a la sustancia, se ha optado por emplear otros disolventes orgánicos con características más benignas, como son el etanol y el xileno.

#### VI.6.1.1. Etanol o alcohol etílico. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

En primer lugar, se convino con diferentes químicos la idoneidad de la disolución del jugo lechoso en etanol o alcohol etílico dada su elevada polaridad.

Pese a lo caro del producto en el mercado, la relativa facilidad de obtención del etanol a través de un proceso de fermentación de determinados azúcares como la hexosa, determinó la inclinación hacia este compuesto.

Sin embargo, al diluir la resina en el alcohol, se produjo una reacción a través de la cual, ésta perdía su consistencia líquida, formando filamentos dispersos que se depositaban en el fondo de la solución a modo de sedimentos.

Aún así, se procedió a facilitar la mezcla del solvente y el soluto con la ayuda de un agitador magnético, que mejoró considerablemente esta primera disolución, siendo necesario además colar el producto resultante, ya que éste aún contenía trazas de la gomoresina.

### VI.6.1.2. Xileno o xilol. $C_6H_4(CH_3)_2$

Se decidió experimentar igualmente con otro disolvente que poseyese características menos volátiles que el anterior, por lo que siguiendo las propiedades de los solventes expuestas en el Anexo II, se estipuló emplear un disolvente de la familia de los hidrocarburos aromáticos, con propiedades poco polares, es decir, insoluble en agua, y con una presión de vapor entre los 2 y 5 mm Hg a temperatura ambiente, parámetros recomendables para trabajos de consolidación.

Dentro del grupo de los hidrocarburos aromáticos, extraídos del carbón mineral, el xileno ofrecía buenas propiedades.

Al contrario que lo ocurrido con el etanol, al entrar en contacto el soluto con el disolvente no se produjo ninguna reacción, dando como resultado un líquido sin partículas ni sedimentos, por lo que no fue necesaria la utilización de un agitador magnético ni su posterior colado.

### VI.6.2. Consolidación superficial

El tratamiento fue aplicado a las probetas por una de sus caras, impregnando el líquido consolidante por aspersion en cuatro tandas (*Figura VI.26*).

La primera de ellas se correspondía con una solución de agua destilada disuelta en alcohol etílico a partes iguales.

El objetivo de esta primera mano es romper la tensión superficial, facilitando de esta manera la difusión del producto consolidante que se le aplicará posteriormente (Martínez-Camacho et al.,



Figura VI.26. Proceso de consolidación de probetas. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

2008: 1126).

Las otras tres impregnaciones aplicadas sobre cada probeta consistían en la administración del líquido consolidante justo antes de la finalización de la evaporación del agua-alcohol. El consolidante se aplicó de menor a mayor concentración de soluto, para continuar favoreciendo diferentes grados de penetración y consolidación, tal como queda explicado en la *Tabla VI.6*.

Tandas	E5	E15	E25	X5	X15	X25	S						
1	A	g	u	a	+	a	l	c	o	h	o	l	0
2	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	0					0
3	5%	15%	15%	5%	15%	15%	0						0
4	5%	15%	25%	5%	15%	25%	0						0

Tabla VI.6. Número de aplicaciones y proporciones de la resina.

En las probetas tratadas, los pasos seguidos fueron los siguientes:

1. Impregnación con agua alcohol
2. Período de evaporación aproximado de 1 minuto
3. Impregnación con consolidante
4. Período de secado aproximado de 5 minutos
5. Impregnación con consolidante
6. Período de secado aproximado de 10 minutos
7. Impregnación con consolidante

Una vez consolidadas las probetas, se dejaron reposar durante tres semanas con objeto de favorecer el secado total de las probetas.

#### VI.6.2.1. Observaciones

La dificultad mayor hallada fue la difícil miscibilidad de la gomorresina en etanol, debiendo recurrir a un agitador magnético que, tras aproximadamente treinta minutos de labor, fusionó de manera tímida los dos líquidos, debiendo aún colar la mezcla antes de ser empleada.

Igualmente remarcable fue el rápido secado de la resina diluida en una proporción del 25%, independientemente del disolvente empleado.

Ésta presentaba una elevada viscosidad, por lo que se iba secando en el tubo del aspersor, llegando a obturar la salida del líquido del aparato.

De igual manera, esta viscosidad no permitía la penetración

uniforme del consolidante en la probeta tratada, formando película en la superficie.

Resaltar además que, tras la aplicación del tratamiento, las probetas presentaron un oscurecimiento inicial en su coloración; ésta se fue atenuando rápidamente a medida que el solvente se iba evaporando.

## **VI.7. Ensayos sobre las probetas**

Se determinó realizar sobre las probetas dos tipos de ensayos capaces de establecer el comportamiento de las mismas frente al agua y a acciones mecánicas.

Por ello fueron efectuados el ensayo de succión sin presión y el ensayo de resistencia superficial a la abrasión.

### **VI.7.1. Comportamiento ante la humedad: ensayo de succión sin presión**

Se efectuó primeramente el ensayo de succión sin presión, descrito por Ortega Andrade (1989: 30).

Este ensayo determina la capacidad de absorción de agua de un material poroso. Consiste en depositar sobre la probeta con la ayuda de una pipeta, una gota de agua destilada de 0,5 centímetros cúbicos de volumen. A partir de este momento, se cronometra el tiempo que tarda el material en absorberla (*Figura VI.27*).

Se debe desarrollar este ensayo a una temperatura no superior



Figura VI.27. Probetas S y X5, X15 y X25 durante los ensayos. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

a veinte grados centígrados.

Generalmente, tras la filtración de la gota de agua, desaparece el brillo de la mancha a los pocos segundos, quedando restos de tonalidad mate sobre la superficie. Es en este momento cuando se da por finalizado el ensayo, no requiriendo generalmente más de media hora en su ejecución.

#### VI.7.1.1. Realización del ensayo

La prueba fue realizada primeramente sobre las probetas ensayadas con etanol junto a la probeta sin tratar. En una segunda fase, se realizó el ensayo sobre las tres muestras restantes, aquellas consolidadas con xileno, comparándolas siempre con la probeta patrón o S.

Se aplicó una gota de agua destilada sobre las probetas, tal como indica Ortega Andrade, y se procedió a anotar los resultados,

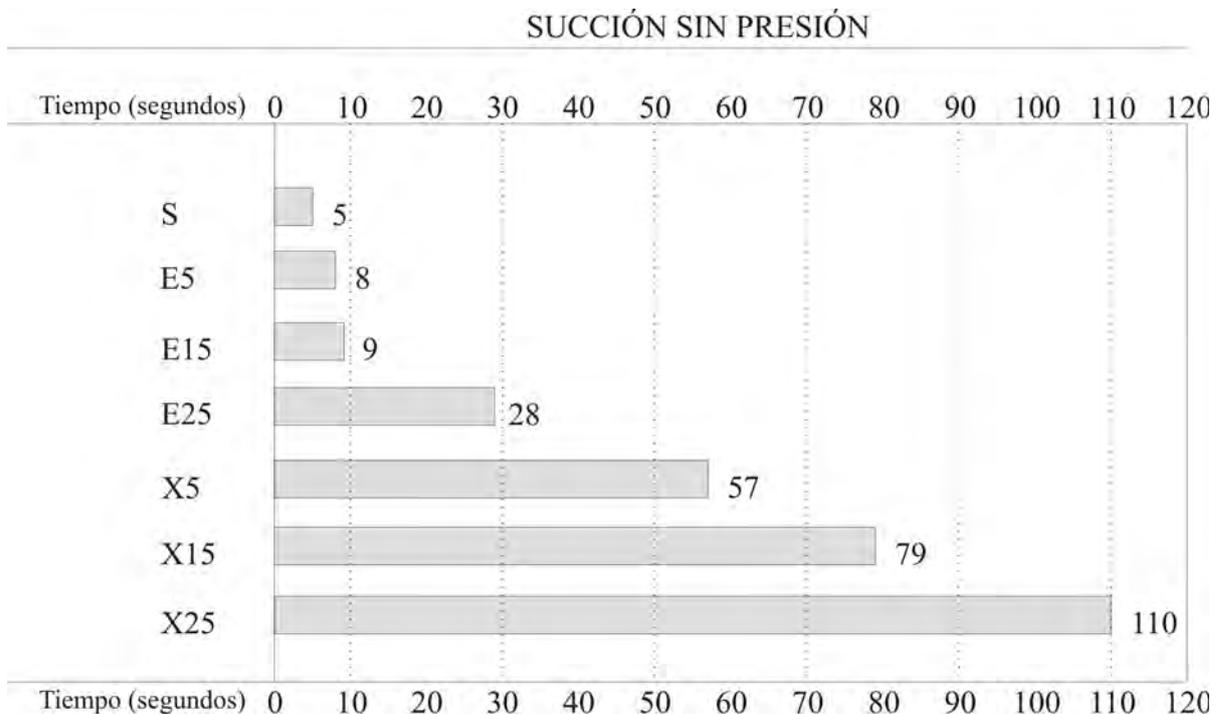
mostrados en la *Tabla VI.7.*

### VI.7.1.2. Observaciones

Las probetas ensayadas con etanol muestran una rápida pérdida de brillo, por debajo de los 30 segundos, lo que indica la rápida penetración líquido en superficie.

El diámetro de la circunferencia de la gota de agua una vez aplicada, es superior a 1 centímetro.

Esto indica la rápida dispersión en superficie del líquido que, si se compara con la probeta sin tratar, en la que ocurre lo mismo, puede indicar el escaso poder de consolidación del látex de euforbia disuelto en etanol.



*Tabla VI.7. Resultados de la prueba de succión sin presión. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Por otro lado, el tiempo de pérdida de brillo de las gotas aplicadas sobre las probetas que poseen la resina disuelta en xileno varía entre los 60 y 110 segundos.

Lo más llamativo ha sido el mantenimiento de la gota totalmente esférica en la superficie en la probeta X25, presentando un ángulo inferior a  $90^\circ$ . Esto indica que el líquido no moja la superficie (capítulo IV, página 121).

Esta gota de agua tarda en penetrar en la superficie tiempo muy superior al minuto, lo que revela la óptima capacidad hidrofugante de la resina de tabaiba aplicada en proporción 25%. Además, pierde el brillo mucho antes que las otras, lo que indica que el grado de evaporación del solvente es mayor (*Figuras VI.28, VI.29 y VI.30*).

Igualmente ha resultado interesante el diámetro producido por la gota una vez y se expandía por la superficie, siendo en la probeta S superior a 1 centímetro, mientras que en X5, X15 y X25 era inferior.



*Figuras V.28, VI.29 y VI.30. Comportamiento de una gota desde que es aplicada en superficie hasta que pierde su brillo, correspondiente a la probeta X25. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

### VI.7.2. Comportamiento ante las acciones mecánicas: ensayo de resistencia superficial a la abrasión

Uno de los heterogéneos ensayos que miden la resistencia a la abrasión de una probeta, consiste en ejercer una presión constante de dos kilogramos a través de un pincel de cerdas duras sobre la superficie a testar. Tras veinte pasadas del pincel, el material extraído es pesado (Minke, 2011: 156).

Un método más sencillo si no se dispone del instrumental citado, es propuesto por Castilla Pascual (2004, Tomo II: 112). Consiste en el empleo de un cepillo metálico o un papel de lija -no cita el grosor del grano-, al que se le coloca un peso de cinco kilogramos con el que se ejerce una presión constante al deslizarlo sobre la superficie. La cantidad de grano extraída es pesada y comparada con el resto de las muestras.

El mismo autor cita a Julián Salas Serrano, quien efectúa este ensayo sobre una muestra en estado húmeda, la cual cepilla durante noventa veces (ibidem: 113).

Las diferencias tanto de peso como de pasadas de la materia abrasiva entre el sistema alemán: dos kilogramos por veinte pasadas, y el español: cinco kilos por noventa pasadas es bastante notable.

Dado que se está trabajando con probetas a las que se les ha apenas impregnado la sustancia consolidante de manera superficial, se determina que para la realización de este ensayo bastará con las cifras ofrecidas por Gernot Minke, es decir, pasar la lija sobre la probeta un total de veinte veces. Aún así, se reducirá la presión efectuada sobre la misma a una cantidad de un kilogramo (Figura VI.31).



Figura VI.31. Proceso de ejecución del ensayo de abrasión. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

### VI.7.2.1. Realización del ensayo

La prueba fue realizada primeramente con las probetas ensayadas con etanol junto a la probeta sin tratar. Con posterioridad, se realizó el ensayo sobre las tres probetas restantes, aquellas consolidadas con xileno, comparándolas siempre con la probeta patrón o S.

Se puede observar que la mayor cantidad de granos extraídos son 4,6 gramos, correspondiente evidentemente a la probeta sin tratar (S). Le sigue la número 4 y finalmente la 5.

Los resultados de este ensayo se muestran en la *Tabla VI.8*.

A medida que se fueron extrayendo los granos de las diferentes probetas, éstos se iban distribuyendo sobre una superficie plana, a fin de apreciar de manera visual los resultados, tal como se muestra en las figuras VI.32 y VI.33.



*Tabla VI.8. Resultados de la prueba de resistencia a la abrasión. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

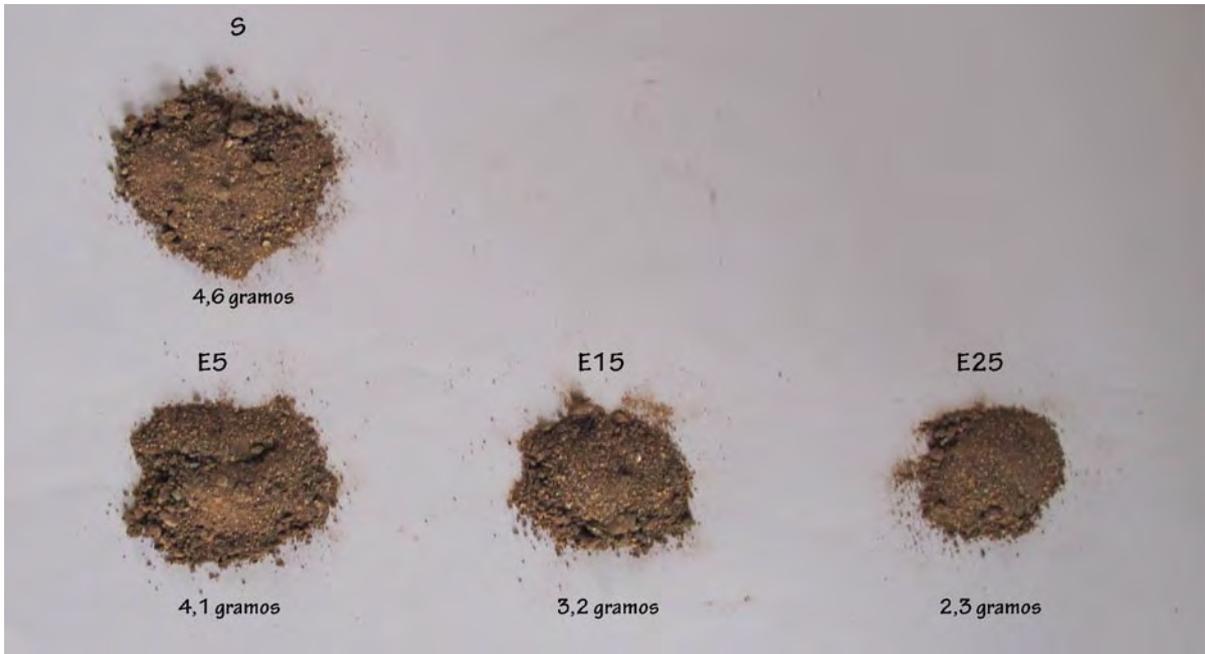


Figura VI.32. Granos extraídos a las probetas con disolución en etanol. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).



Figura VI.33. Granos extraídos a las probetas con disolución en xileno. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

### VI.7.2.2. Observaciones

Dada la sencillez de este ensayo, no se ha encontrado ninguna dificultad a la hora de su ejecución, quedando en evidencia de manera muy rápida, la proporción de látex que funciona mejor sobre las probetas ensayadas.

Evidentemente, de la probeta sin tratar (S) fue extraída una cantidad de granos muy superior al resto, un total de 4,6 gramos. Si se compara esta cifra con las probetas E5 (4,1 g.) y X5 (3,7 g.), se observa que las diferencias entre el volumen y peso de los granos correspondientes con estas probetas, en comparación con S, es muy pobre.

A partir de la disolución de la gomorresina en un 15%, es cuando se observan las diferencias, obteniendo a partir de aquí mejores resultados en aquellas efectuadas con xileno (2,6 gramos) que en las realizadas con etanol (3,2 gramos).

De esta manera se llega en la probeta X25 a una pérdida de granos muy inferior a las primeras, de apenas 1,8 gramos; lo mismo ocurre en la E25, donde la cantidad perdida asciende 2,3 gramos.

Estos resultados indican una mayor resistencia a la abrasión en aquella en la que se ha empleado una disolución de xileno en una proporción del 25%, es decir, la probeta X25.

### VI.7.3. Discusión

La dificultad de aplicar la sustancia consolidante en una proporción del 25% debido a la elevada viscosidad del líquido,

independientemente del solvente utilizado, hace que se descarten las probetas ejecutadas con la proporción mayor de consolidante, es decir, las denominadas E25 y X25, pese a que ésta proporción sea la que mejores resultados ofrece tanto en el ensayo de abrasión como en el de succión sin presión.

A su vez, se ha tomado en consideración el comportamiento de la resina al diluirla en etanol, dada la conformación de filamentos, y la necesidad por ello de batir mecánicamente la sustancia.

De igual modo, el elevado grado de volatilidad de los alcoholes, así como los resultados de los ensayos por succión y resistencia superficial a la abrasión correspondiente a las probetas E5 y E15, determinan la opción de desecharlas.

Restan entonces las probetas X5 y X15. La diferencia de resultados en ambos ensayos entre estas baldosas ponen en evidencia una mayor resistencia a la abrasión en la probeta X15 (2,6 gramos), así como un tiempo muy inferior de penetración (79 segundos) con respecto a la X5 (3,7 gramos y 57 segundos).

Por ello, se procederá a la consolidación de un fragmento de tapial original de la Casa del Deán con una disolución de látex de *euphorbia balsamifera* disuelta al 15% en xileno.

El procedimiento será igual al ejecutado en las probetas, es decir: una primera aplicación de agua y alcohol al 50%, una posterior impregnación de resina disuelta al 5% y las dos aplicaciones finales en una disolución del 15%, como se mostrará en el próximo capítulo.



## VII

### **La Casa del Deán, consolidación del tapial histórico con látex de *Euphorbia balsamífera***

---

Un estudio profundo acerca de los materiales que componen la Casa del Deán, así como su estado de conservación, fue realizado durante la ejecución de los cursos de doctorado (Díaz-Ramos, 2011a).

En esta obra se pone en evidencia que, para favorecer una buena conservación de los patrimonios vernáculos, es esencial mantener vivo el conocimiento de las técnicas constructivas tradicionales mediante el estudio de la arquitectura popular y el saber-hacer adherente a ella.

De igual manera, es incuestionable que una buena concepción, realización y mantenimiento de la construcción contribuirán a la preservación del equilibrio del edificio, lo que redundará positivamente en su conservación.

Trasladando estos conceptos a la arquitectura de barro, concretamente a la técnica constructiva del tapial, se entiende que una buena concepción viene referida a la disposición de la construcción, asegurando su protección frente al viento y la lluvia, ayudada tanto por construcciones anexas, como por la ubicación de las ventanas hacia el sur.

Toutes les maisons en terre -quels que soient les procédés de construction- sont protégées contre l'eau. Ainsi, des soubassements

<sup>(1)</sup> “Todas las casas de tierra -cualquiera que sea el procedimiento constructivo- son protegidas contra el agua. Así, los cimientos protegen la base de los muros en tapial contra las salpicaduras, escorrentías y los remontes capilares. Constituyen las “buenas botas”. Unos largos rebordes en la cubierta protegen el alto de los muros contra las lluvias, y constituyen el “buen sombrero” (trad.a.).

<sup>(2)</sup> Tradicionalmente los basamentos de este tipo de construcciones son realizados en piedra o ladrillos, variando su altura según el uso que se vaya a hacer del edificio y las condiciones climáticas del lugar donde se encuentre. En países secos el basamento suele ser de 0,25 metros de altura, mientras que en regiones lluviosas, la altura de los cimientos es de 0,55 metros aproximadamente.

<sup>(3)</sup> En los países fríos, un buen sombrero supone un tejado sobresaliente, que rebase notoriamente el muro, mientras que en las regiones cálidas se protege la cubierta con un entramado de cañas o juncos, denominado “bardaguera” (Ver Anexo II).

protègent la base des murs en pisé contre le rejaillissement, ruissellement et les remontées capillaires. Ils constituent les “bonnes bottes”. De larges débords de toitures protègent le haut des murs contre les pluies, et constituent le “bon chapeau” <sup>1</sup>.

CRATerre-ENSAG, 2004: 9

Las botas o zapatos, se encuentran en el basamento de la construcción, siendo su función la de paliar los remontes capilares producidos por la humedad del suelo <sup>2</sup>.

Los cimientos son por tanto, un elemento importante de protección del muro ante estos remontes.

El sombrero viene referido a una cubierta bien realizada, que evite el chorreo del agua de lluvia sobre el muro <sup>3</sup>.

El mantenimiento constante del techo es fundamental para prevenir cualquier deterioro sobre un muro de tapial, pues cualquier gotera existente puede ponerlo en riesgo y degradarlo rápidamente.

Una buena realización consiste en un saber-hacer empírico, aplicado a buenas prácticas en la construcción del tapial. Se trata de un aspecto ineludible en el momento de la puesta en obra de una edificación en tapial, debiendo por ello considerar la elección de una buena tierra, un pisado potente, buena unión de los diferentes materiales que componen el muro, así como la elección adecuada del emplazamiento.

Finalmente, el mantenimiento de la construcción es primordial para la protección de la estructura en tapial y del edificio entero, asegurando de esta manera la buena salud y pervivencia del Bien con el paso del tiempo.

## VII.1. La Casa del Deán: patrimonio vernáculo de enorme valor

La Casa del Deán, localizada en esquina entre las históricas calles Herrería y Pelota del barrio de Vegueta, en Las Palmas de Gran Canaria, ha sido el emplazamiento elegido para llevar a cabo la parte práctica de esta tesis.

La vivienda, construida en la primera mitad del siglo XVI como lugar de residencia del Deán Don Zoilo Ramírez, se encuentra en la actualidad en un estado de destrucción, ruina o *thánatos*, término descrito en el Estado del Conocimiento, apartado III.2., debido al total abandono que ha sufrido la edificación en los últimos años, pese a estar incluida en el Plan Especial de Protección y Reforma Interior (PEPRI) de Vegueta -Triana. Figura en la ficha 436 del dicho catálogo de protección, situándose dentro del BIC Conjunto Histórico Artístico de Vegueta. (*Figuras VII.1 y VII.2*).

La Casa del Deán es uno de los edificios vernáculos más antiguos de la ciudad. Está compuesto por dos plantas cuadrangulares sobre rasante con huerta irregular en el interior (*Figuras VII.3 y VII.4*).



*Figuras VII.1 y VII.2. Diferentes vistas de la vivienda a lo largo de los años, donde se aprecia el progresivo deterioro de la misma. (Procedencia gráfica: Archivo fotográfico de la Fedac y Díaz, I.).*

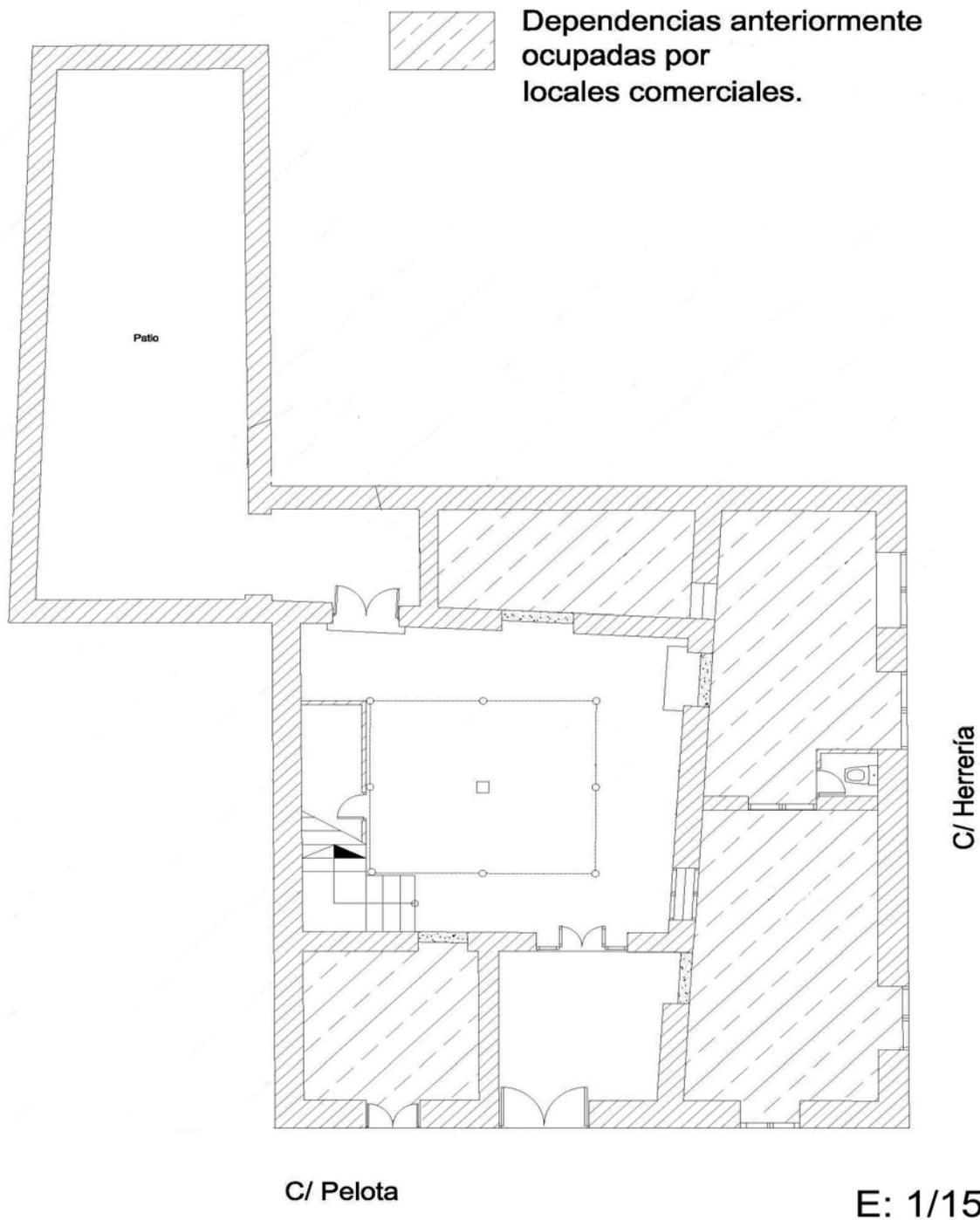


Figura VII.3. Planimetría de la Casa del Deán: Planta Baja. (Procedencia gráfica: Padrón & Trujillo Arquitectos).

SUPERFICIES Planta primera	
SUPERFICIE ÚTIL	119.75 m <sup>2</sup>
SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA	
Planta segunda	189.5 m <sup>2</sup>

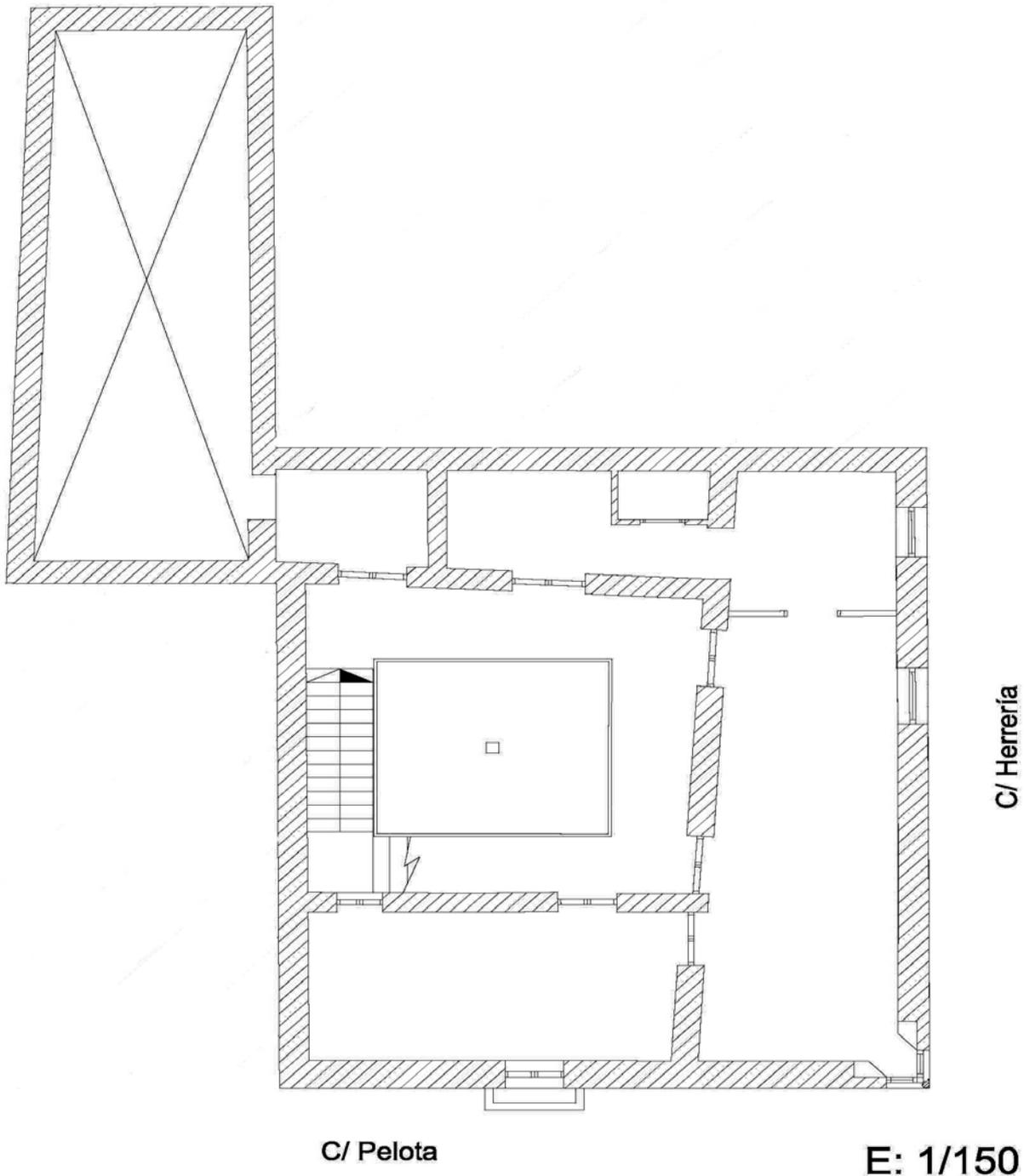


Figura VII.4. Planimetría de la Casa del Deán: planta primera. (Procedencia gráfica: Padrón & Trujillo Arquitectos).

El edificio se sitúa en el cruce de las populares calles Herrería y Pelota del histórico barrio de Vegueta, resultando singular la ventana en esquina presente en la segunda planta del inmueble.

El frontis principal de la vivienda, orientado hacia la calle Pelota, presenta una sobria portada de sillería que se prolonga hasta la segunda planta, enmarcando un balcón descubierto mixto, con antepecho de celosía y cuarterones realizados en tea (Díaz, I. 2011a: 111).

La fachada orientada hacia la calle Herrería, es característica por su portalón, alfiz y arco, elementos poco empleados en la arquitectura doméstica canaria (*Figuras VII.4 y VII.5*).



*Figuras VII.4 y VII.5. Vistas a la calle Herrería, donde se puede observar el paulatino menoscabo de la vivienda (Procedencia gráfica: Archivo Fotográfico de la FEDAC y Díaz, I).*

## VII.2.Descripción del tapial

El lienzo efectuado bajo el sistema constructivo del tapial, se encuentra dispuesta en la segunda planta de la vivienda, en la dependencia orientada hacia la calle Herrería. En la actualidad, este paramento ejerce de elemento divisorio con la vivienda contigua.

El acceso a esta sala se puede realizar a través de tres puertas provenientes de los corredores oeste-este, situados en torno al patio central.

El trazado en planta de la tapia coincide con la dirección sur-norte. El lienzo principal ocupa la totalidad del muro divisorio, desplazándose en esquina hacia la abertura localizada con el alzado orientado a la Calle Herrería, hasta el lado opuesto, en la segunda puerta de salida situada en la parte izquierda del salón (Figura VII.6).

Se centrará el estudio sobre el lienzo dispuesto sur-norte, dado que es el que conserva su estado original, encontrándose los muros dirigidos hacia el patio y la calle Herrería con gran cantidad de parches de cemento que dificultan su lectura.

Posee una altura total de 4,63 metros en su parte más elevada, disminuyendo en pendiente hacia el alzado situado en la Calle Herrería, que se encuentra a una altura de 4,46

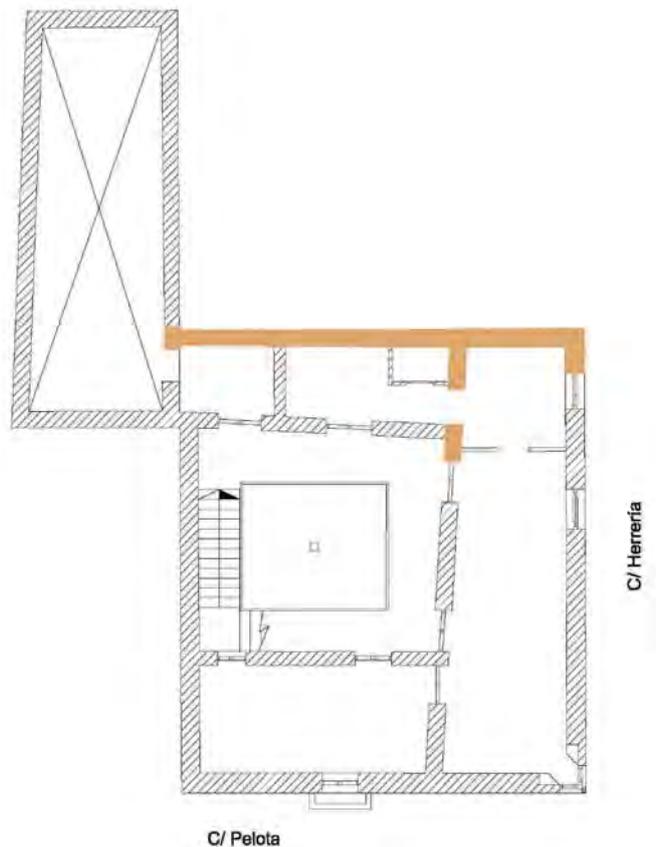


Figura VII.6. Localización del muro de tapial en segunda planta (Procedencia gráfica: Padrón & Trujillo Arquitectos).

metros.

Se desconoce si esta inclinación proviene de la propia azotea, para favorecer la evacuación de lluvias sobre las dos gárgolas que se encuentran en esta fachada, o si es producida por la cesión y desplome de la cubierta, ya que en la actualidad, la azotea es intransitable.

Presenta un basamento de 109 centímetros de altura, efectuado con mampostería ordinaria, pétreo, tomada con mortero de cal y barro (*Figura VII.7*). Sobre él se encuentra la *tapia real*, realizada con tierra en estado natural mezclada con cal, cuyos cajones se encuentran trabados con la ayuda de un mortero de cal. La *tapia* se distribuye en tres hiladas de diferentes alturas: la primera de ellas de 68 centímetros, la segunda de 78 y la última posee una elevación inferior, de 50 centímetros.



*Figura VII. 7. Zócalo realizado con piedras de diferente tamaño y mortero de cal. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Cada una de las hiladas presenta un total de tres módulos de tapia de variadas dimensiones, que van desde los 0,90 x 0,52 metros hasta los 2,05 x 0,70. El espesor del muro es de 0,65 metros.

Sobre la hilada final se halla un durmiente de madera cuyo cometido es el zunchado o refuerzo de la fábrica, sobre el que descansa otra obra de mampostería bien acordada, argamasada con barro (*Figura VII.8*).

Siguiendo la metodología descriptiva de Graciani (2008), la tapia de la Casa del Deán presenta una estructura simple o monolítica, en la que las hiladas de tapias son realizadas sin elementos verticales de refuerzo <sup>5</sup>.

No se aprecia a simple vista restos de un revoco, quedando en evidencia sobre el muro restos blanquecinos correspondientes al momento del apisonado, en el que los componentes de menor

<sup>(5)</sup> Los elementos verticales de refuerzo son descritos por Maldonado, Castilla & Vela (1997: 28) como “materiales no apisonados” que conforman las denominadas “tapias mixtas”.



*Figura VII.8. Mampostería acordada efectuada con piedras gruesas de playa y mortero de barro sobre el durmiente. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

granulometría de la mezcla, junto a la cal, eran expulsados hacia las tapialeras, originando una costra de protección claramente visible en la actualidad.

Se observa en el lienzo un total de ocho *almojayas* o *mechinales*<sup>6</sup>, correspondientes a aquellos lugares en los que se encontraban insertas las agujas. En algunos de ellos quedan restos de éstas embutidas en la fábrica (*Figura VII.9*).

Unas son de tabla plana, como las localizadas en el segundo hilo, sexto cajón (a, b y c); y otras de rollizo o circulares, localizadas en el primer hilo, octavo cajón (f).

La mayoría de ellas se encuentran rellenas con mortero de cal; no obstante, el mechinal situado en el extremo del cajón siete, está relleno de piedras (e).

La distancia entre agujas es aleatoria, encontrando algunas próximas entre ellas, con distancias de entre 0,74 y 0,98 metros, y otras más distantes, de 1,06 metros. Su posición en el muro con respecto a las juntas de cal de las tapias, reflejan un modo de proceder bastante simple, en el que tras el levantamiento de la primera hilada de cajones y su posterior desencofrado, se insertaban las agujas del nuevo tapial sobre las que se vertía una tongada de entre cinco y once centímetros de mortero de cal apisonada, favorecedor de la trabazón entre las distintas tapias, así como del refuerzo de las propias almojayas.

Estas juntas se localizan de manera evidente en el alzado, apreciando en la tapia tanto juntas verticales como oblicuas (*Figuras VII.10 y VII.11*).

Las juntas oblicuas o con inclinación, de 45°, responden a la técnica francesa del tapial (Minke, 2010: 66). Para su ejecución, la tapialera no requiere de *frontera*<sup>7</sup>, siendo por lo tanto mucho más incómodo el pisado, que además proporciona más debilidad al

<sup>(6)</sup> El Diccionario de la RAE define mechinal como el “agujero cuadrado que se deja en las paredes cuando se fabrica un edificio, para meter en él un palo horizontal del andamio”.

<sup>(7)</sup> Elemento vertical del encofrado que se emplea para cerrar los laterales de la tapialera e ir conformando los cajones.

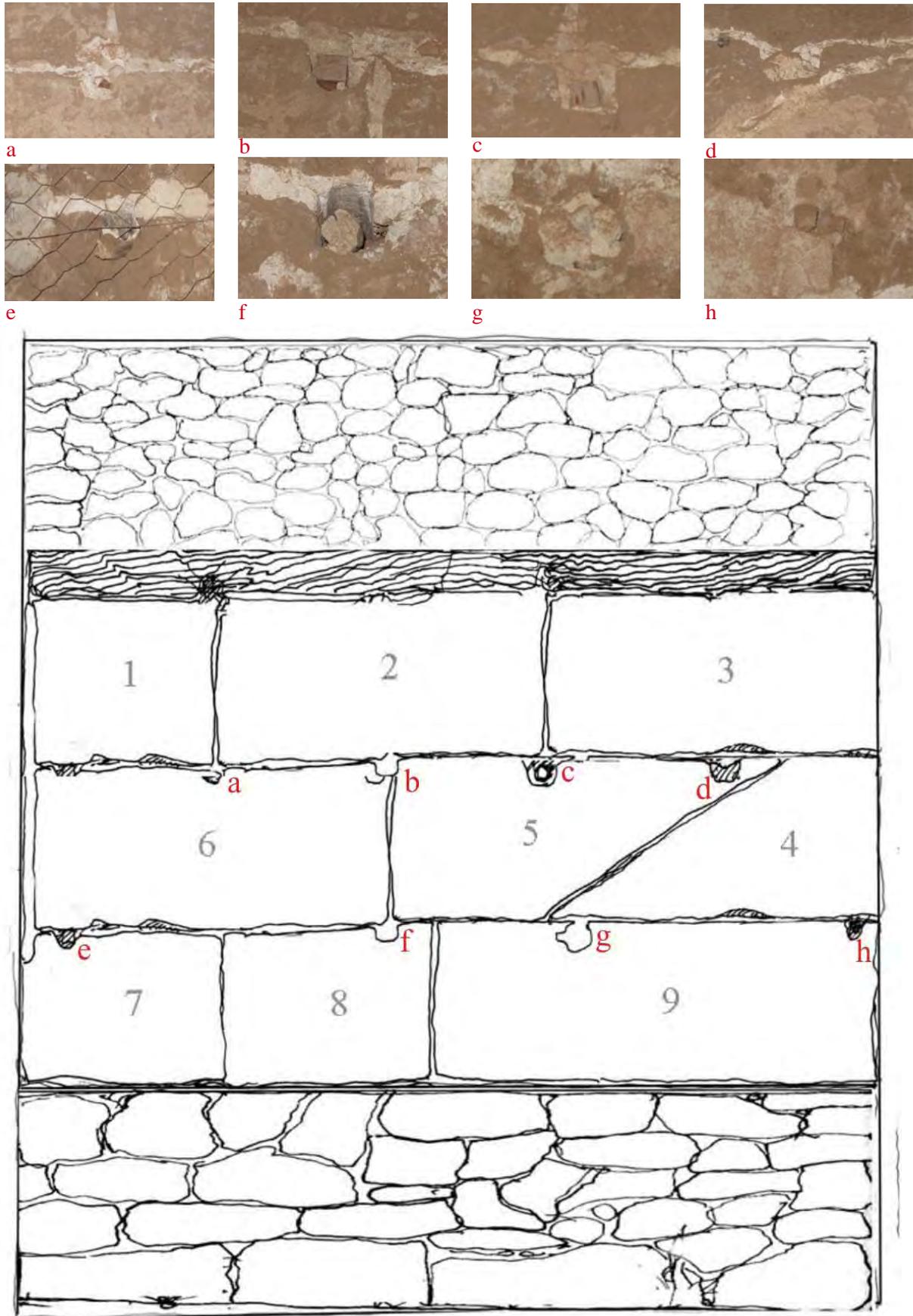


Figura VII.9. Numeración de cajones y disposición de mechinales. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

muro en esta zona.

(...) Chaque banchée se termine donc en un plan incliné; or c'est l'oeil du piseur qui le guide quand il le forme ; il voit sur les rives des banches, le mieux où il doit aboutir en montant. Il termine la longueur de ses lits, en conséquence de cette observation, et tant qu'il travaille sur ce plan incliné, il dirige son pison perpendiculairement à la ligne d'inclinaison qu'il s'est proposé<sup>8</sup>.

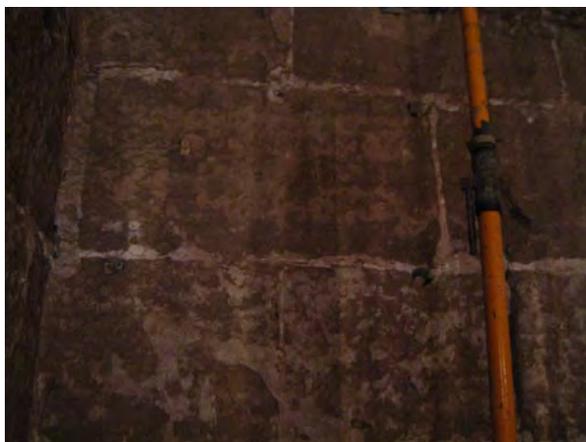
Doat et al. 1979: 22

<sup>(8)</sup> “Cada cajón se finaliza entonces en un plano inclinado; ahora bien, es el ojo del tapiador quien le guía cuando lo realiza, él ve sobre las orillas de las tapialeras, dónde mejor debe llegar ascendiendo. Finaliza la longitud de las tongadas, en consecuencia a esta observación, mientras que trabaja sobre este plano inclinado, dirigiendo su pison perpendicularmente a la línea de inclinación que se ha propuesto”

## VII.2.2. Estado de conservación

El muro de tapial de la Casa del Deán posee un óptimo estado de conservación si se tiene en cuenta su edad, más de 400 años, y se compara con el resto de los materiales que componen el edificio, en peor estado de preservación.

Esto es debido a los factores anteriormente mencionados, como una buena concepción en la orientación de la vivienda, quedando su muro de tierra protegido de las inclemencias meteorológicas al



*Figuras VII.10 y VII.11. Juntas verticales y oblicuas presentes en el mismo lienzo. (Procedencia gráfica: Arencibia, I).*

poseer una construcción anexa.

Así mismo, al estar ejecutado en segunda planta, sobre unos buenos basamentos de piedras de mampostería reforzadas con mortero de cal, no acucia de remotes capilares. Como se ha explicado anteriormente: las botas del tapial de la Casa del Deán ofrecen una buena protección al muro.

De igual manera, la zona donde se emplaza la tapia, conserva un buen sombrero que le ha protegido de la penetración del agua de las lluvias, pese a que las vigas que sostienen la cubierta se encuentran con un apuntalamiento de emergencia, encontrando zonas desfondadas que permiten la filtración de agua. Esta ha humedecido la estructura de madera, provocando el desplome de los componentes del artesanado (*Figura VII.12*).

Las alteraciones descritas se hallan afortunadamente alejadas del muro de tierra, quedando éste aún protegido ante el ataque de la



*Figura VII.12. Cubierta apuntalada debido al débil estado de conservación en el que se encuentran de algunas de las vigas sostén del entramado de madera (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

humedad.

Finalmente, se valora una buena ejecución de la pared de tapial, en la que es apreciable una amplitud de granos, un pisado competente, así como una unión más que óptima entre los materiales que conforman el muro.

La única excepción viene dada por una ruptura que recorre la pared perpendicularmente desde la unión del zócalo con la tapia, a lo largo de una extensión de 40 centímetros, recorriendo el cajón central de la segunda hilada, y finalizando igualmente en el cajón número dos de la tercera hilada. Esta ruptura en forma de grieta llega a alcanzar un ancho de 3 centímetros en su parte más degradada (*Figuras VII.13 y VII.14*).



Se localiza justo en el punto de unión de dos cajones situados en primera hilada (7 y 8). La fisura se produce por una pérdida de argamasa con la consecuente desaparición de la junta de cal que un día uniese los dos mampuestos, generándose en esta zona un quiebre.



Por otro lado, la zona del muro más próxima a la ventana exterior es la que se encuentra en peor estado debido a un proceso degradativo natural, presentando una decohesión superficial de la tapia, en la que la disminución de la unión y adhesión de los granulos que conforman el sistema constructivo ha producido un debilitamiento de sus características mecánicas originales (*Figura VII.15*).

Esta pérdida de cohesión intergranular es debida a la intervención de fenómenos atmosféricos, como la incidencia directa de las radiaciones solares y el efecto de la luz sobre el muro desprotegido, volviendo el material friable y pulverulento.

*Figuras VII.13 y VII.14. Vista general y detalle de la grieta. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Otros factores de alteración a tener en cuenta son el propio envejecimiento de la materia, con cuatro siglos de antigüedad, así como a la misma acción de la gravedad.

Junto a las causas naturales de degradación del muro, son apreciables otras inducidas: la realización en los últimos años de una intervención inadecuada, producto del desconocimiento de las técnicas tradicionales de construcción, así como del abuso de

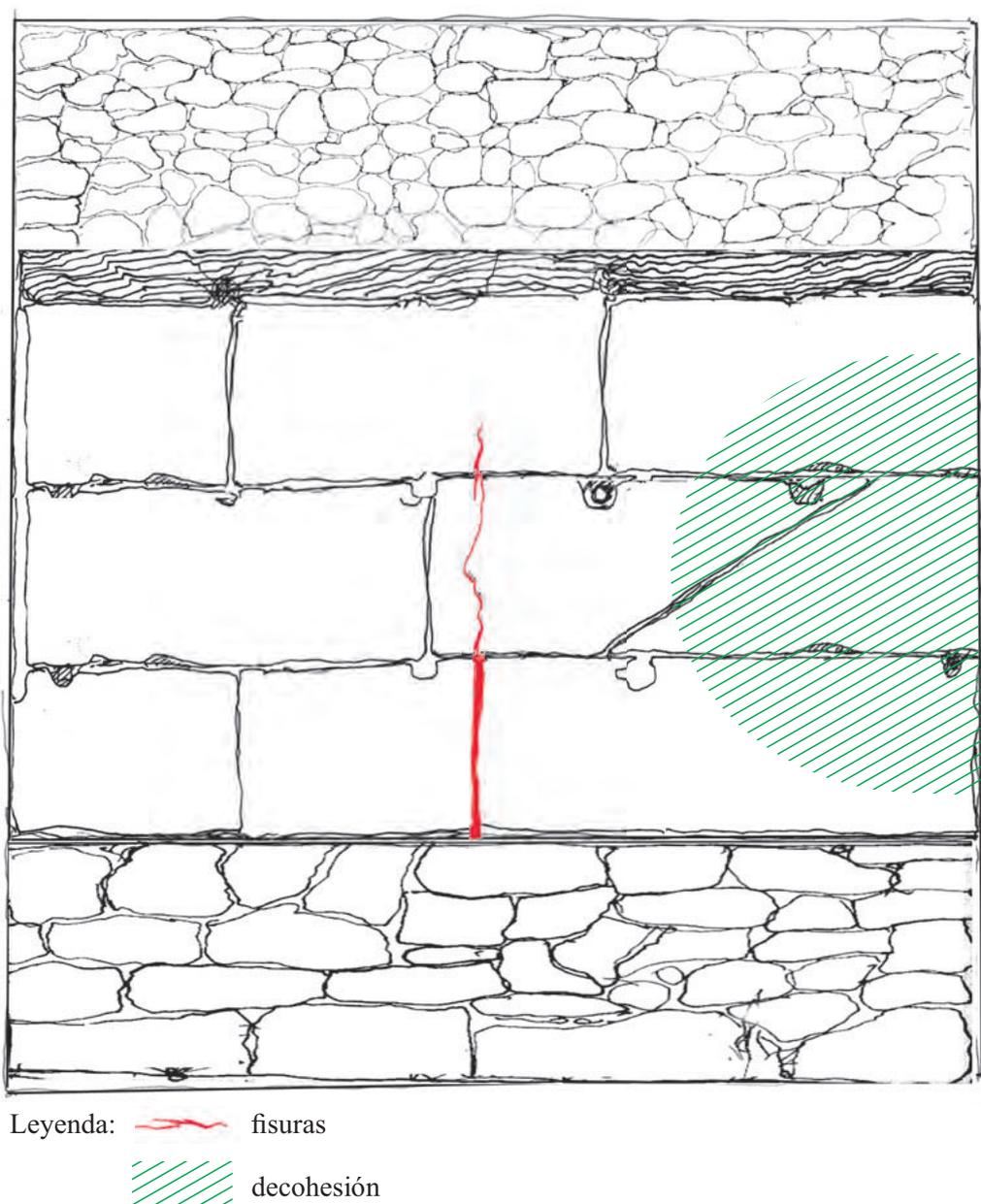


Figura VII.15. Mapa de daños en el tapial sur-norte. (Procedencia gráfica: Ortega, F.).

materiales que nada tienen que ver con los originales. Los puntos de unión de las tapias con las aberturas interiores de la vivienda, han sido reforzados con una malla metálica sobre la que se ha vertido un mortero de cemento.

Se sabe que lo idóneo en la restauración de una fábrica en tapial es la reutilización de la tierra original con la que fue concebida el muro <sup>9</sup>, revelando de esta manera que el hormigón y los cementos, debido a su dureza, no deben ser utilizados.

Se constata, una vez más, que el factor humano es el gran culpable de la degradación y desaparición del patrimonio modesto, debido no sólo a las malas prácticas de conservación del mismo, sino a la propia desidia de autoridades para acometer auténticas medidas de protección y valoración de los Bienes Públicos.

### VII.3.1. Propuesta de intervención

Se realizará un tratamiento de consolidación superficial sobre una parte del muro degradado, en aquella zona que presenta mayor erosión, según lo descrito en el apartado III.3.5. del Estado del Conocimiento.

<sup>9</sup> Se puede disponer de esta tierra en el caso de desprendimientos o derrumbes de la propia fábrica, o en zonas próximas al edificio.

Si no se encuentra la tierra inicial, la materia utilizada debe ser lo más semejante posible a la original, que podrá ser eventualmente estabilizada a la cal y apisonada para unirla a las partes existentes a través de un encofrado que la contenga.

El objeto de esta intervención es poner fin a la desagregación de la materia, paliando de esta manera el estado avanzado de decohesión interna manifestado a través del desprendimiento de los gránulos que conforman la tapia por acción de los más mínimos estímulos mecánicos.

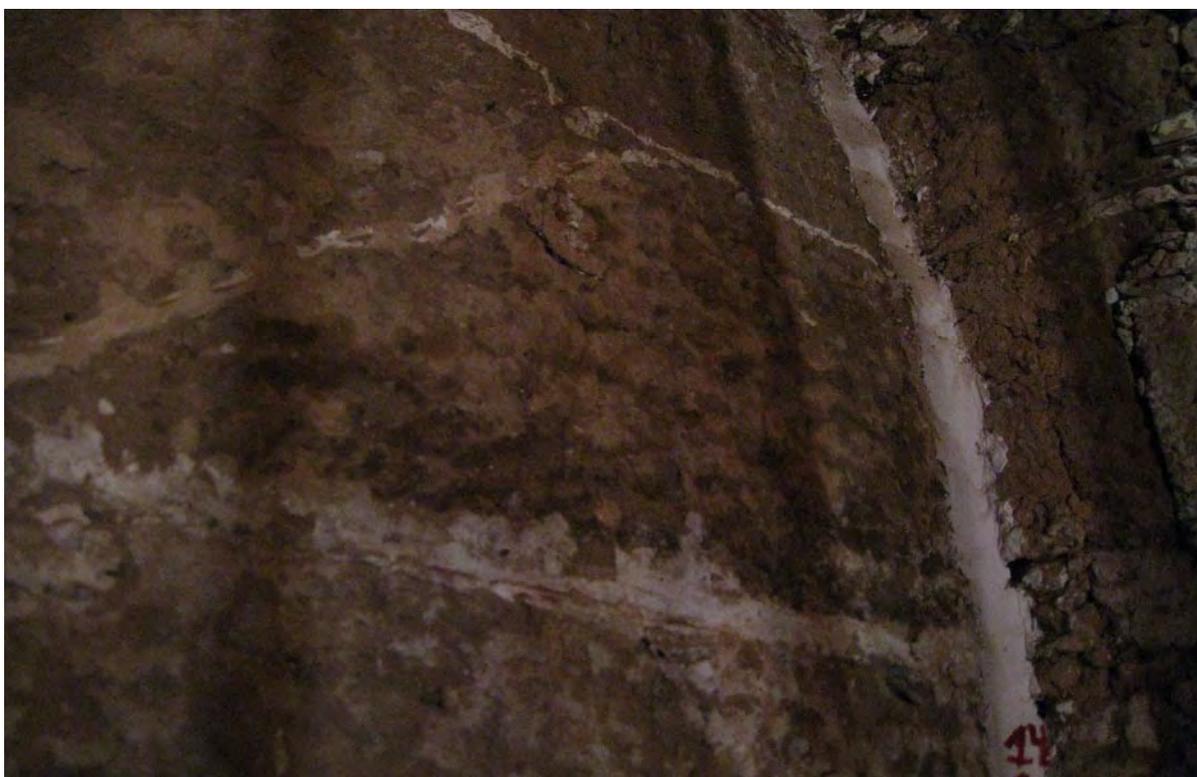
Tras la consulta del mapa de daños del lienzo, se determina realizar la consolidación en la zona sur-norte del muro correspondiente a la tapia número 4, situada en la segunda hilada, debido a que se trata de la que mayores problemas de erosión superficial

presenta (*Figura VII.16*).

Los resultados de las probetas ensayadas determinaron que la proporción de *Euphorbia Balsamífera* diluida al 15% en Xileno era la que mejor resultado ofrecía, por lo que se determinó la consolidación superficial de esta fracción de tapial en la disolución descrita.

#### **VII.4. Tratamiento de consolidación superficial y toma de muestras**

El tratamiento de consolidación superficial del cajón número 4 fue ejecutado en el medio día del día 28 de julio, de 2015 con una temperatura de 25° y una Humedad Relativa del 58%.



*Figura VII.16. Cajón sobre el que se aplicó el trabajo de consolidación, situado en la esquina derecha de la segunda hilada. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

Para ello, se procedió previamente a la limpieza de depósitos de polvo acumulado en la zona con la ayuda de una brocha de cerdas suaves, y a la impregnación por aspersión de agua destilada disuelta en etanol o alcohol etílico a partes iguales sobre el muro, con el objeto de facilitar la penetración de la sustancia consolidante en la estructura del tapial.

Antes de que secase, se impregnó el muro con una disolución bastante fluida de látex de euforbia balsamífera disuelto al 5% en xileno, intentando favorecer de esta manera la difusión del mismo en el muro (*Figura VII.17*).

Las dos siguientes manos, aplicadas una vez y se había evaporado completamente de la superficie los restos del líquido consolidante, fueron administradas en una proporción del 15%.

Una vez y se finalizó con la consolidación del cajón número 4,



*Figura VII.17. Proceso de consolidación del muro. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

se dejó actuar la sustancia sobre el muro por un período de 16 días, momento en el que se acudió nuevamente a la vivienda para extraer las muestras a ser ensayadas en el laboratorio.

En la extracción de los fragmentos a ser analizados, se siguieron las pautas marcadas por Matteini & Moles, 2001b: 25.

*a) Número mínimo de muestras.*

Fueron tomadas la cantidad mínima de muestras necesarias para llevar a cabo el estudio, extrayendo un total de cuatro micro-muestras.

*b) Dimensiones mínimas de las muestras.*

Las dimensiones requeridas por los químicos para poder llevar a cabo los análisis fueron: un centímetro cúbico para la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), y alrededor de 2 gramos para los ensayos efectuados en la Universidad Moulay Ismail de Mequinez.

*c) Máxima representatividad del problema del objeto estudiado*

Los fragmentos elegidos se encontraban en aquella zona del muro que presentaba más deterioro.

*d) Elección de los puntos de muestreo, siguiendo el criterio de optar por los menos representativos con relación al contenido expresivo de la obra.*

Junto a las muestras consolidadas, fueron tomadas otras localizadas junto a la zona tratada. Estas extracciones no dañan la lectura total del lienzo, ya que se localizan en puntos discretos de la

tapia.

e) No contaminación de la muestra, tanto durante la extracción como en el período precedente al análisis.

Cada una de las muestras extraídas fue depositada en un envase individual etiquetado para tal fin. Posteriormente, fueron cuidadosamente embaladas y enviadas a su laboratorio correspondiente.

## VII.5. Métodos instrumentales de análisis

Las técnicas de caracterización estructural llevadas a cabo sobre la materia mineral de estudio se basan en técnicas espectroscópicas y técnicas no espectroscópicas (Gómez, 1998: 198).

Ambos métodos trabajan sobre un espectro que va desde los rayos X, ultravioleta hasta el infrarrojo (*Figura VII.18*).

Los métodos espectroscópicos consisten en la aplicación de una

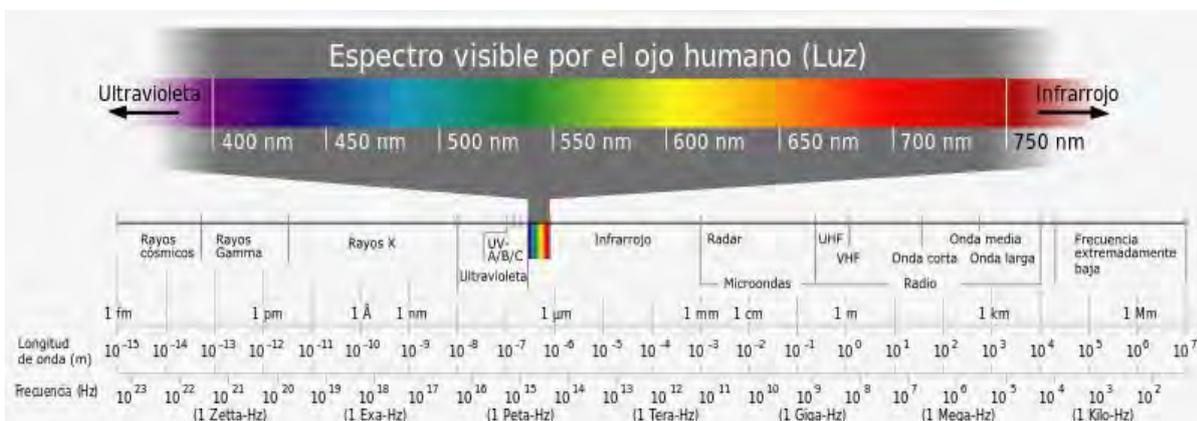


Figura VII.18. Espectros visibles al ojo humano. (Procedencia gráfica: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic\\_spectrum-es.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-es.svg)).

fuentes de energía radiante capaz de excitar las moléculas que componen la materia a analizar, a través de fenómenos como la difracción, absorción o dispersión, lo que ayuda a interpretar e identificar las moléculas y compuestos cristalinos que conforman una muestra (ibidem: 201).

Las técnicas espectroscópicas empleadas han sido Raman, Espectroscopia de Infrarrojos, Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y Microscopía electrónica de barrido, SEM.

Los métodos no espectroscópicos utilizados han sido la Difracción de rayos X, y las Microscopías estereoscópica y óptica.

Los análisis SEM, Microscopía estereoscópica, Microscopía óptica y FTIR han sido efectuados por el químico Livio Ferrazza, perteneciente al Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (IVR+C).

Seguidamente, el Raman, Difracción de rayos X y Espectroscopia infrarroja, fueron dirigidos por el Doctor Moustapha Haddad, director del *Laboratoire de Spectrométrie des Matériaux et Archéomatériaux* (LASAM) y profesor de la Facultad de Ciencias de la Universidad Moulay Ismaïl de Mequinez, en Marruecos.

#### VII.5.1. Ensayos en la Facultad de Ciencias, Universidad Moulay Ismaïl de Mequinez

La analítica efectuada en la Universidad de Mequinez se realizó entre el LASAM y el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias.

Las muestras analizadas consistían en algunos gramos

procedentes del muro de tapial de la Casa del Deán; la primera de ellas se correspondía a fragmentos de la tapia sin tratar, y la segunda muestra contenía fragmentos con tratamiento.

Fue efectuado en el seno del LASAM la Espectroscopia Raman, mientras que la Espectroscopía infrarroja y Difracción de rayos X se realizó en el laboratorio de la Facultad de Química.

#### VII.5.1.1. Espectroscopia Raman

Se trata de un método espectroscópico de absorción, empleado para identificar y localizar compuestos de estructura molecular variada conformados por pocos elementos.

Permite obtener espectros característicos de minerales a través de la exploración de la luz dispersada por la materia de estudio, al incidir sobre ella un haz de luz monocromática. La luz que muestra los cambios de frecuencia o vibraciones propios del ejemplar analizado.

Es una técnica no destructiva para la que la muestra no requiere de ninguna preparación previa.

En el LASAM se empleó un microscopio láser rojo de 632 nm marca Renishaw Ramanscope; el ensayo fue efectuado por el Dr. Mohammed El Amraoui (*Figuras VII.19 y VII.20*).

##### VII.5.1.1.1. Resultados

Los espectros obtenidos conformaban una duna en la mayoría

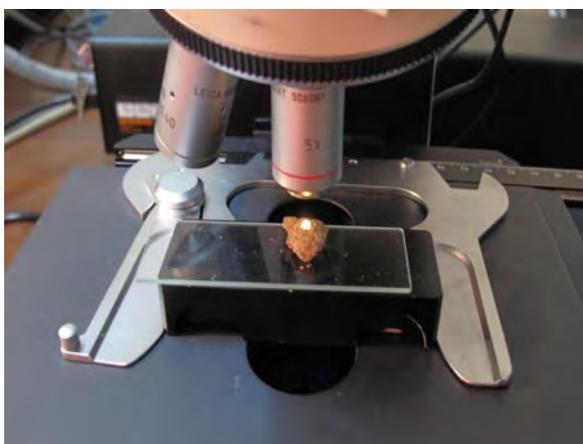
de los casos, lo que indicaba “eflorescencia”, es decir: materia orgánica presente en la muestra, con lo que su lectura se alteraba.

Otros espectros presentaban lo que el personal de laboratorio denominaba “saturación”, esto es, un espectro casi horizontal que, al igual que el anterior, indica la presencia de componentes orgánicos que impiden una lectura óptima de la muestra.

### VII.5.1.2. Espectroscopia de Infrarrojos (IR)

Técnica espectroscópica que analiza el espectro de absorción o reflexión en el rango infrarrojo del espectro electromagnético de una sustancia. De esta manera, se obtiene la identificación de los compuestos de la muestra de estudio.

Se trata de una técnica destructiva para la que la muestra requiere de una preparación previa consistente en la molienda del mineral con un agente aglomerante en un mortero de mármol (*Figura VII.21*).



*Figuras VII.19 y VII.20. Haz de luz roja apuntando a la muestra e imagen general del Espectrómetro Ramán. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

El ensayo fue llevado a cabo con un espectrómetro infrarrojo marca Shimadzy IR-470 por el Doctor Lamane (*Figura VII.22*).

#### VII.5.1.2.1. Resultados

Se muestra el espectro referente al muro de tapial sin tratar (*Figura VII.23*).



*Figura VII.21. Muestra ya triturada y preparada para su analítica. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*



*Figura VII.22. Espectrómetro infrarrojo con el que se llevó a cabo la analítica. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

En ella se observan unos picos de absorción alrededor de 1410 y 874  $\text{cm}^{-1}$ . Los silicatos los presentan aproximadamente de 1000  $\text{cm}^{-1}$ .

Los picos mayores se corresponden a los carbonatos presentes en la muestra, mientras que los inferiores muestran la presencia de silicatos, como se ha indicado.

Estos resultados señalan que la muestra se compone fundamentalmente de estos dos compuestos: carbonato de calcio con silicatos, encontrándose el primero en mayor proporción que el segundo.

#### VII.5.1.3. Difracción de Rayos X (DRX)

Método no espectroscópico de difracción.

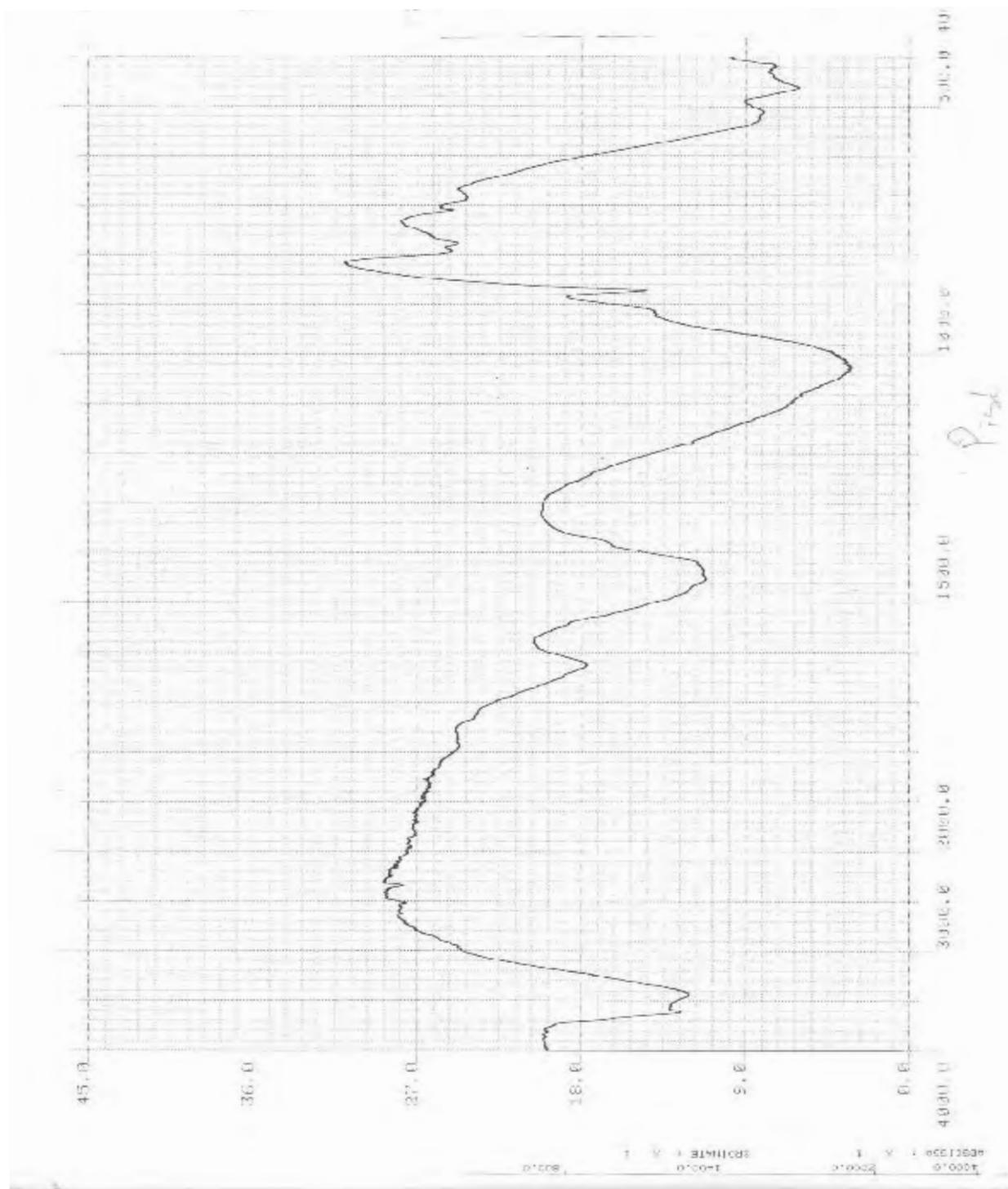


Figura VII.23. Espectro Infrarrojo de la muestra de análisis. (Procedencia gráfica: Departamento de química de la Facultad Moulay Ismail, Mequinez).

Con este instrumental se puede efectuar el análisis cualitativo de las fases cristalinas de cualquier material.

La longitud de onda de los rayos X es muy inferior a la de la luz visible y a la de los rayos UV, por lo que posee frecuencias de energía mayores.



Figuras VII. 24. Molienda de la muestra para su posterior fijación. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

Se trata de una técnica destructiva en la que las muestras sólidas se deben moler y tamizar en una medida inferior a 60 micras (*Figura VII.24*).

La cantidad mínima de muestra varía entre 0,5 y 1 gramo; ésta es depositada sobre una placa y fijada con una fina película en suspensión (*Figura VII.25*).



Figura VII.25. Fijación de la muestra. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

Efectuado a través del instrumental XRD: X-Ray Generator PHILIPS,  $\theta$ : 14860 por el profesor Bennani, en el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Moulay Ismail de Mequinez (*Figura VII.26*).

### VII.5.1.3.1. Resultados

La muestra denominada PISEHD (*Figura VII.27*), se corresponde a una fracción del muro de tapial sin tratamiento, ya que el ensayo detecta los compuestos mineralógicos y no orgánicos de una muestra.

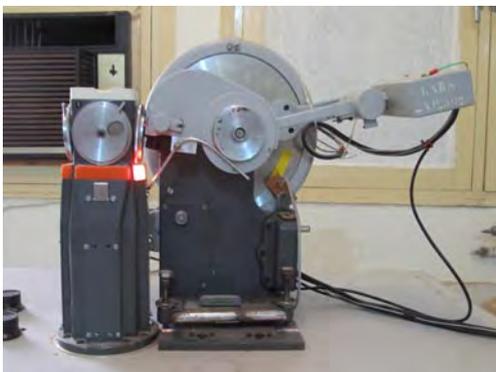


Figura VII.26. Instrumental empleado para la analítica. (Procedencia gráfica: Díaz, I.).

La identificación de los componentes se ha realizado de manera convencional, a través de la comparación entre archivos JCPDS. En el difractograma es apreciable un pico bastante

alto, cerca de los 30 theta. Este pico se corresponde con un carbonato de calcio en forma de calcita.

Los picos situados a la izquierda de 30 theta se corresponden con carbonato de calcio en forma de aragonita.

Los silicatos se encuentran en pequeñas concentraciones.

### VII.5.2. Ensayos en el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales

La necesidad de caracterizar la muestra con otro instrumental que posibilitara la determinación de la capacidad consolidante

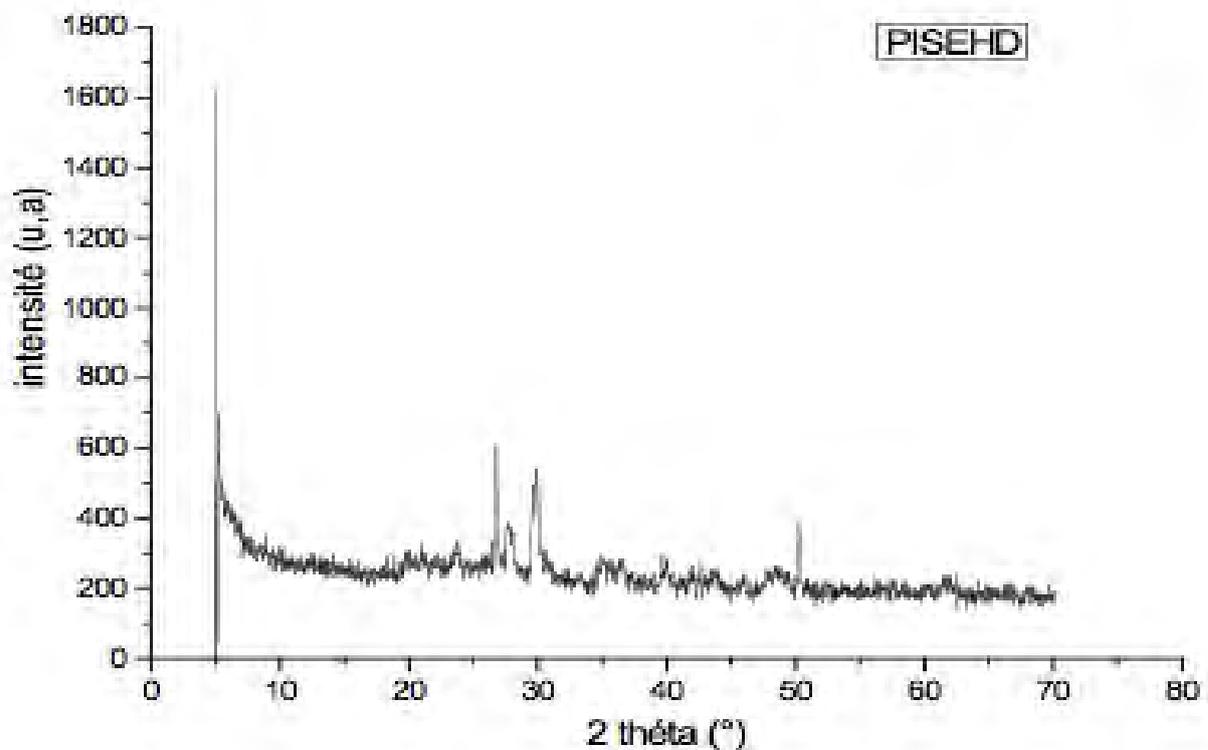


Figura VII.27. Resultado de la DRX sobre la muestra de tapial ensayada. (Procedencia gráfica: Laboratorio de química de la Universidad Moulay Ismail de Mequinez).

del látex de tabaiba sobre el muro de tapial, hizo que se requiriera una analítica SEM encargada al laboratorio perteneciente al Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Comunidad Valenciana (IVC+R).

Las muestras extraídas para tal fin fueron dos fragmentos de 1 cm<sup>3</sup> compactado, que serían enviadas por correo postal al laboratorio del IVC+R, donde el químico Livio Ferrazza efectuó la analítica.

Los métodos de análisis aplicados: la Microscopía electrónica de barrido, la Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, junto a las Microscopías esteroscópica y óptica, son presentados a continuación, mostrándose los resultados de los mismos en el dossier facilitado por el químico que los ejecutó.

#### VII.5.2.1. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

La microscopía electrónica de barrido en modalidad de electrones retrodispersados permite obtener microfotografías de tres dimensiones en blanco y negro acerca de la muestra a analizar, ampliada entre los 100.000 x y los 20.000 x.

A través de ella se obtiene información acerca de la distribución de los elementos químicos y mineralógicos que componen la muestra.

El SEM es una herramienta adecuada para obtener información detallada acerca del grado de cohesión de un material.

Se trata de una técnica destructiva para la que la muestra requiere una preparación previa consistente en el recubrimiento superficial con un material conductor, como es el oro.

En la ejecución del ensayo fue empleado un microscopio electrónico de barrido de presión variable modelo S-3400N de Hitachi LTD (VP-SEM), equipado con un espectrómetro de rayos X de energía dispersiva (EDX) de Bruker Corporation XFlash.

Las condiciones de trabajo fueron: tensión de aceleración 20 kV, tiempo de medición comprendido entre 30 y 100 s, distancia de trabajo 10 mm.

#### VII.5.2.2. Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Se trata de un método espectroscópico de absorción, empleado para identificar los materiales que componen la muestra de estudio a través de la interacción de la radiación electromagnética.

Es un método cuantitativo de análisis.

Para tal fin fue empleado un espectrómetro de Bruker Corporación Vertex 70, con un intervalo 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  con resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$ .

#### VII.5.2.3. Microscopía óptica y microscopía estereoscópica

Ambos métodos instrumentales aportan información descriptiva macroscópica acerca de la composición y caracterización mineralógica de la materia de estudio.

#### VII.5.2.4. Informe efectuado

# INFORME: ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE CONSOLIDACIÓN CON LÁTEX SOBRE ADOBE

## 1- Ficha Técnica de la obra

<b>Naturaleza de la Obra:</b>	Adobe.
<b>Atribución / Datación:</b>	-
<b>Procedencia:</b>	-
<b>Información solicitada</b>	Evaluación de la acción consolidante en adobe con látex de la especie <i>Euphorbia Balsamífera</i>
<b>Realizado por:</b>	Livio Ferrazza
<b>Fecha de entrega:</b>	Agosto de 2015

## 2. – Técnicas empleadas en los análisis

---

- Microscopía estereoscópica.
- Microscopía óptica (MO) con luz visible y luz ultravioleta.
- Microscopía electrónica de barrido con microanálisis (SEM-EDX).
- Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

## 3. – Descripción de las muestras

---

Se han analizado 2 muestras de adobe, con el fin de determinar la acción consolidante del producto a base de látex de la especie *Euphorbia Balsamífera* diluido en xileno.

Muestra	Descripción
M.1	Adobe sin tratar.
M.2	Adobe tratado con el producto a base de látex de la especie <i>Euphorbia Balsamífera</i> diluido en xileno.

Tabla 1. Descripción de las muestras analizadas.

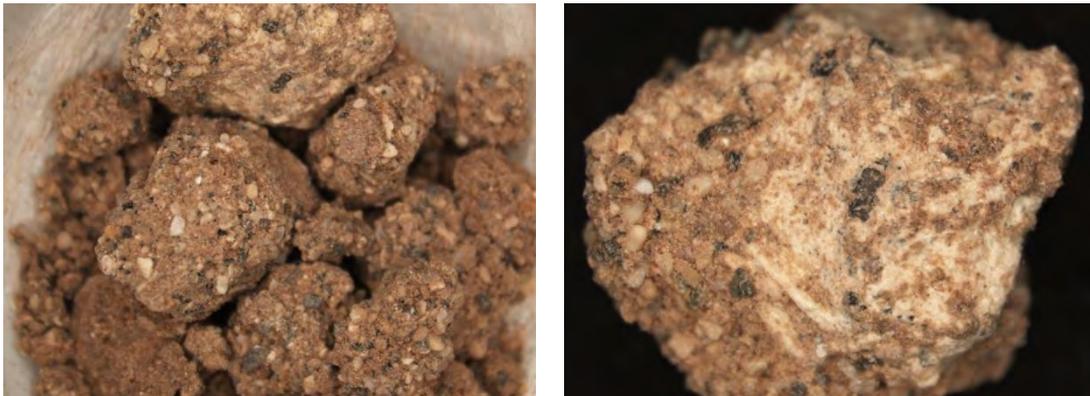


Figura 1. Imágenes de microscopía estereoscópica de los fragmentos de adobe sin tratar. Muestra M.1.



Figura 2. Imágenes de microscopía estereoscópica de los fragmentos de adobe tratados con el producto a base de látex de la especie *Euphorbia Balsamífera* diluido en xileno. Muestra M.2.

#### 4. – Resultados

---

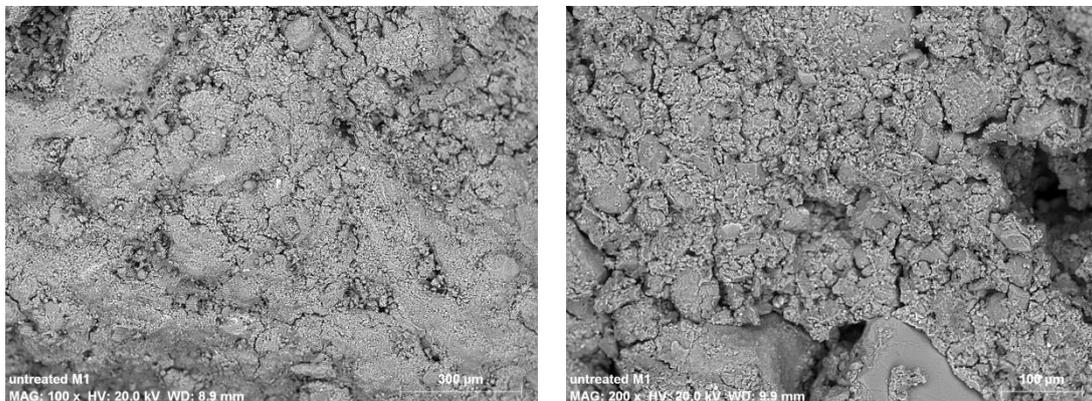
En las 2 muestras estudiadas, las observaciones mediante microscopía electrónica de barrido en modalidad electrones retrodispersados, no muestra alguna diferencia en las características de adhesión y cohesión entre los constituyentes del adobe.

En las imágenes SEM de la figura 3, se muestra las características superficiales de la muestra de adobe sin tratar respecto a las características superficiales de la muestra de adobe con tratamiento de la figura 4.

Las características de textura, porosidad, presencia de micro-fractura y separación entre constituyentes que se observan en la muestra de adobe sin tratar, resultan ser parecidas en la muestra de adobe con el tratamiento.

Es posible la presencia de residuos superficiales localizados del producto testado (evidenciado en la imagen SEM de la figura 4).

En base a estas observaciones, en los fragmentos de adobe con tratamiento, no hay una acción de adhesión y cohesión en superficie y en la estructura interna.



*Figura 3. Imágenes SEM en modalidad electrones retrodispersados de la muestra de adobe M.1 sin tratar. Se observan las características superficiales de textura, granulometría, porosidad, micro-fracturas, etc.*

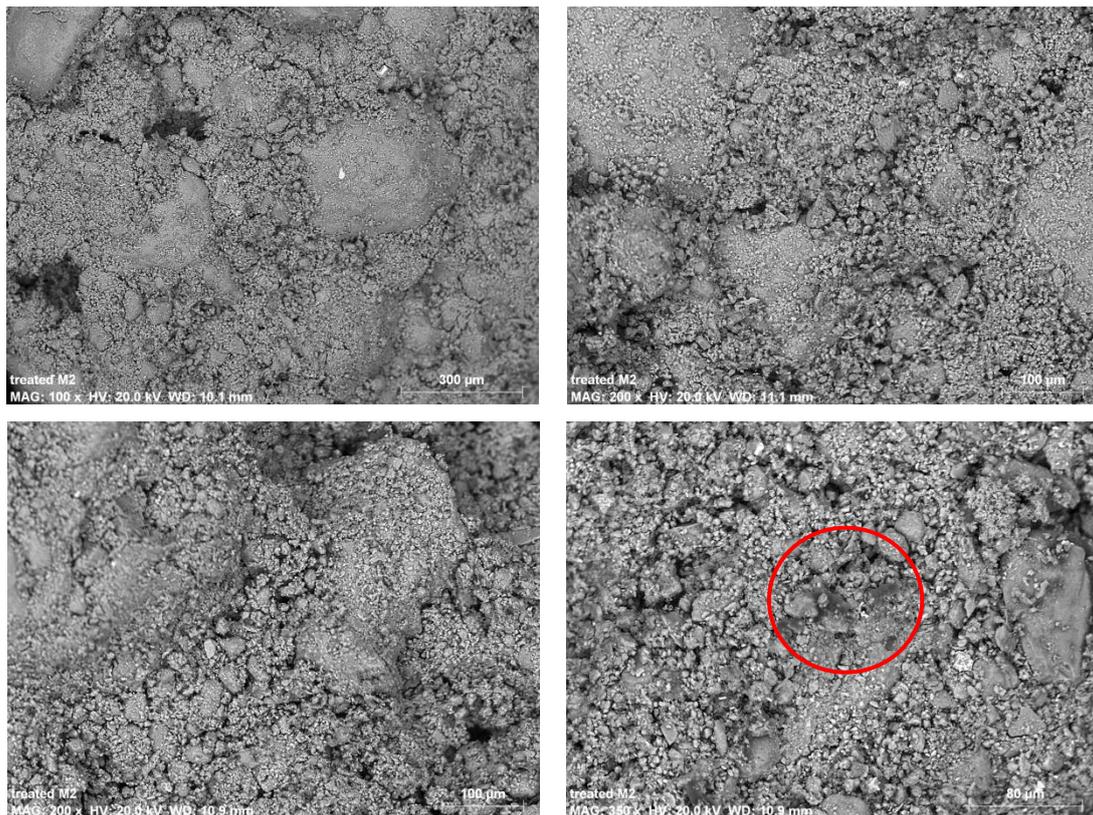


Figura 4. Imágenes SEM en modalidad electrones retrodispersados de la muestra de adobe M.2 con tratamiento. Se observan las características superficiales de textura, granulometría, porosidad, micro-fracturas, etc. Se evidencia los posibles restos del producto testado.

Los fragmentos de adobe sin tratamiento y con tratamiento, y el producto testado (látex de la especie *Euphorbia Balsamífera* diluido en xileno), han sido analizados mediante espectroscopia infrarroja (FTIR).

En los espectros de absorbancia de la figura 5 se observa de cómo el espectro del adobe sin tratar (M.1 – en rojo), coincide en la composición al espectro del adobe con tratamiento (M.2 – en azul).

Se observan los picos de absorción característicos del carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  a  $1441\text{-}1439\text{ cm}^{-1}$  y  $874\text{-}872\text{ cm}^{-1}$  y de los silicatos a  $1028\text{ cm}^{-1}$ .

En la figura 6 se muestran los espectros de absorbancia del adobe sin tratar (M.1 – en verde), del adobe con tratamiento (M.2 – en rojo) y del producto testado a base de látex de la especie *Euphorbia Balsamífera* diluido en xileno (en azul).

Se puede observar de cómo los picos de absorción característicos del producto testado no se muestran en el espectro FTIR del adobe con tratamiento.

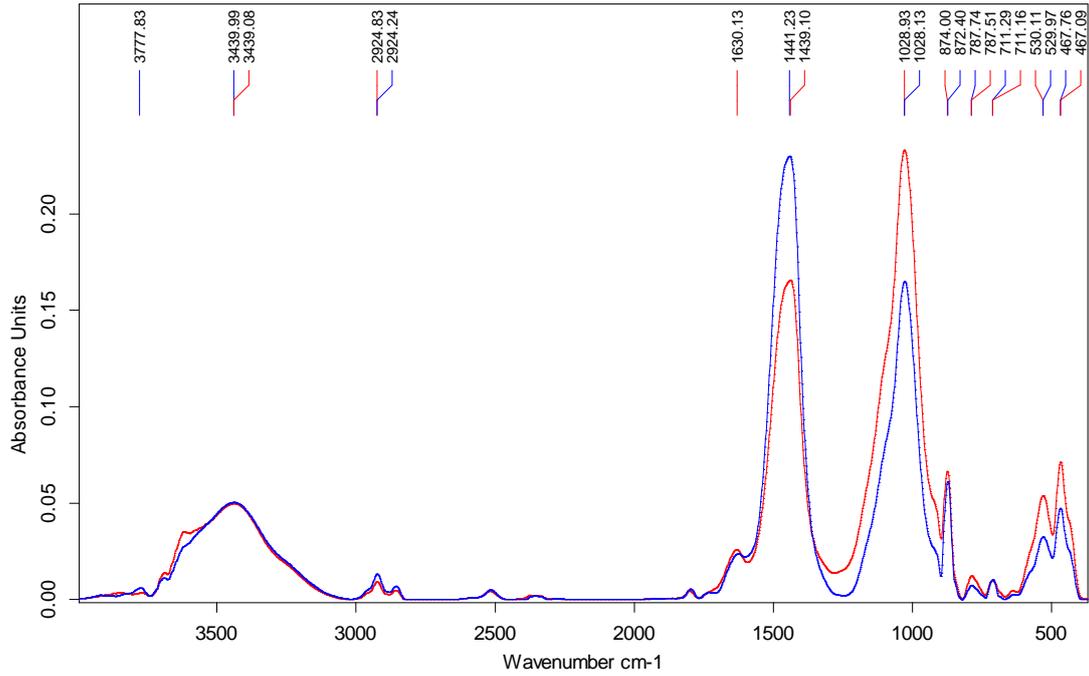


Figura 5. Espectros de Absorbancia vs número de onda mostrando las bandas de absorción del adobe sin tratamiento (en rojo) y del adobe con tratamiento (en azul).

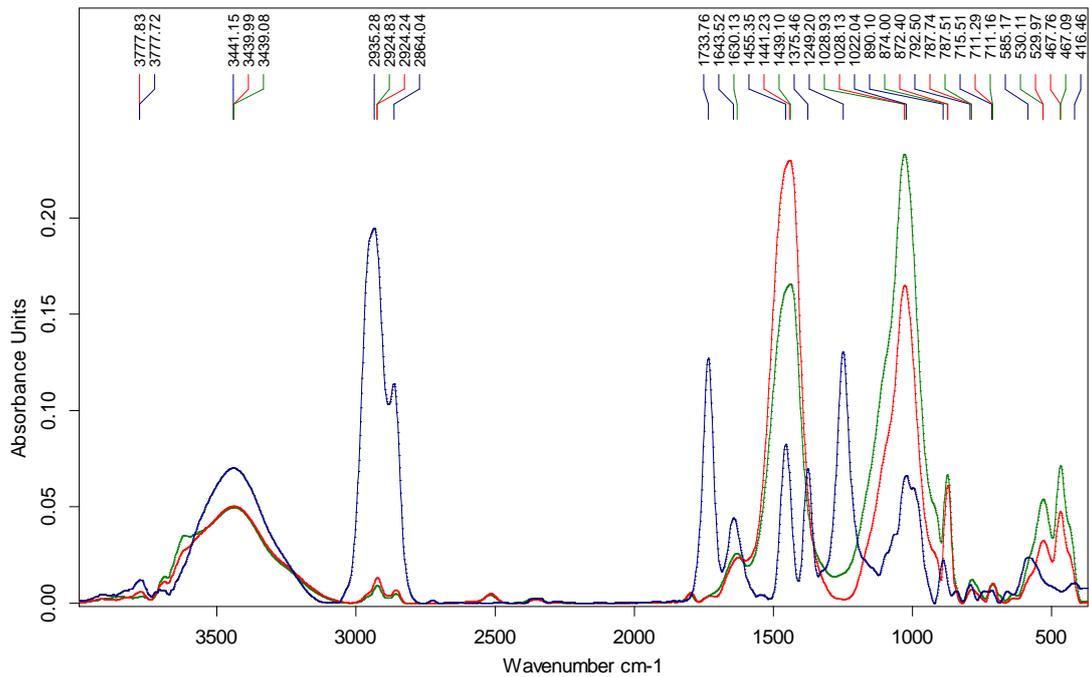


Figura 6. Espectros de Absorbancia vs número de onda mostrando las bandas de absorción del adobe sin tratamiento (en verde), del adobe con tratamiento (en rojo) y del producto testado a base de látex de la especie *Euphorbia Balsamifera* diluido en xileno (en azul).

Fdo: Livio Ferrazza

Castellón de la Plana, el 7 de septiembre de 2015

### VII.5.3. Discusión de resultados

Los espectros obtenidos en la Universidad Moulay Ismail de Mequinez muestran que el tapial de la Casa del Deán está compuesto por un elevado porcentaje de carbonato de calcio, encontrándose éste en mayor proporción que los silicatos.

No ha sido posible determinar la composición de los silicatos presentes en las muestras analizadas con el instrumental empleado debido a su baja proporción.

Por otro lado, a través de la Microscopía electrónica de barrido no se ha podido apreciar efectos de adhesión y cohesión sobre las microfisuras de la muestra.

Esto puede ser debido a la existencia de algunas variables externas que no se han podido controlar durante la ejecución del experimento.

Una de ellas ha sido la imposibilidad de encontrar un suelo lo más similar posible al original en la realización de las probetas. Extraer tierra del Guiniguada, a la que hubo que estabilizar con la añadidura de arena procedente de un lugar distante al enclave de la vivienda, así como la escasa proporción de cal sumada a las probetas, si se compara con la cantidad que muestran los resultados de la analítica, ofreció unos efectos diferentes a los de la tapia histórica.

Sin embargo, se debe resaltar que durante los ensayos de consolidación de probetas, fue claramente apreciable el efecto hidrofugante del compuesto orgánico sobre la muestra a la que se le aplicó el jugo de tabaiba disuelto al 25% en xileno.



## VIII

### Conclusiones

---

#### VIII. 1. Conclusiones de la investigación documental

Las prácticas actuales de embarrado efectuadas entre comunidades pertenecientes a países menos ricos continúan llevándose a cabo en la actualidad con éxito.

A través del estudio documental de obras que relatan los modos de proceder en estas regiones, han sido detectados y clasificados un total de cuarenta y tres compuestos orgánicos, empleados todos ellos en la actualidad en la mejora de revocos de tierra.

Muchos de ellos han sido de uso tradicional en la estabilización de revocos en el contexto europeo, como pueden ser la caseína, almidones y aceites, siendo empleadas aún en la actualidad debido a que dotan de dureza e impermeabilizan las superficies sobre las que se aplican.

Otros, de origen más exótico si se parte desde este lado del globo, se emplean con efectividad en latitudes más lejanas, como son los jugos del palo machete, el banano o el propio carité, utilizados por sus propiedades hidrofugantes.

Estos biopolímeros se encuadran en tres grupos esenciales como son los prótidos, glúcidos o azúcares y lípidos. Esta distribución,

establecida por la química orgánica, ayuda a determinar la capacidad hidrófila del propio material, así como a ofrecer indicios acerca de sus modos de aplicación en un mortero, bien en masa o bien de manera superficial.

Muestra de ello es el Anexo I, que la autora deja como documento básico de referencia a todo aquel que se quiera adentrar en el universo de las arquitecturas de tierra.

La clasificación general, funcional y descriptiva de cada uno de los compuestos orgánicos, así como el de otros datos que complementan su conocimiento, ofrecen al investigador, restaurador o constructor una herramienta como guía de trabajo.

Muchos de los extractos vegetales precisan de la decocción o maceración previa a su empleo; otras colas de origen animal se deben hidratar la noche previa a su uso, y muchas de las resinas o gomorresinas de determinadas familias de plantas se pueden preparar en disolución con un amplio rango de solventes.

El uso atávico de los biopolímeros en otros campos ampliamente investigados, como son los del mundo de las artes, ha ayudado a una mejor comprensión acerca de los modos de envejecimiento de estas sustancias, resultando por lo tanto bastante previsibles en cuanto a su modo de actuar, comportamiento y degradación.

Esto cumple con uno de los valores fundamentales a la hora de emplear una determinada sustancia como materiales de restauración: el conocimiento de su comportamiento a futuro, saber que la materia empleada no va a interferir negativamente sobre el propio material original con el que se trabaja.

Evidentemente, otro valor añadido a las sustancias naturales es el de su inocuidad, tanto para el bien sobre el que se aplica, como para el propio operario que la maneja, e incluso para el entorno, ya que no producen contaminación medioambiental al

ser sustancias biodegradables.

Todos estos datos permiten validar la hipótesis general planteada en el comienzo de esta tesis, a través de la cual queda constatado que las sustancias naturales son capaces de mejorar las cualidades de los revocos aplicados sobre los muros en las arquitecturas de barro.

Por otro lado, se ha puesto en evidencia que conocer, saber lo vernáculo y las prácticas asociadas él, ayuda a encontrar herramientas válidas para protegerlo y generar, a partir de él, nuevos conocimientos acerca de la posibilidad de aplicación de este tipo de conocimientos en trabajos de restauración de superficies del patrimonio modesto construido.

Todo ello tiene mucho sentido en el momento histórico actual, en el que la globalización se ha insertado en la mayoría de las sociedades del planeta tendiendo a homogeneizarlas. Por ello es necesario proteger lo vernáculo como una fuente de valiosa cultura y sabiduría en sí misma.

## **VIII.2. Conclusiones del trabajo de campo**

El saber científico de carácter experimental progresa tanto con la validación como con la refutación de las hipótesis propuestas por el experimentador.

En cualquiera de los dos casos, se trata de progreso científico.

La experimentación realizada a través del empleo de un biopolímero local del que se desconoce su anterior empleo en la mejora de revocos de tierra, por el que se formuló la hipótesis de trabajo: “El látex de *Euphorbia balsamífera* puede actuar

como sustancia consolidante de superficies de tierra”, ha dado un resultado negativo al testarlo en disolución con un hidrocarburo aromático en una proporción del 15%.

Sin embargo, los ensayos previos efectuados sobre las probetas, determinaron que la gomorresina empleada posee propiedades hidrofugantes al ser disuelta en el mismo hidrocarburo en proporciones superiores al 20%, concretamente en una disolución del 25%, proyectándola por aspersión tras una primera mano de agua-alcohol que actúa como tensoactivo.

Por debajo de este porcentaje, la microscopía electrónica de barrido no ha detectado acción consolidante de la tabaiba dulce sobre el muro de tapial.

A tenor de estos datos, se extrae una conclusión simple: se debe seguir ensayando la sustancia, tanto con diferentes solventes en variedad de proporciones, como con distintas formas de aplicación.

Resulta evidente, además, que los resultados obtenidos en los ensayos sobre las probetas, realizados en una atmósfera estable y controlada a una temperatura de 20° C, no son equiparables a los que puedan obtenerse en el muro original, con otras condiciones ambientales diferentes, en los que el grado de alteración superficial de los granos de la tapia, así como los constituyentes de la propia tierra, son diferentes.

Por otro lado, la ejecución del trabajo experimental llevado a cabo ha brindado diversas conclusiones presentadas a continuación:

Existe una variedad de ensayos de caracterización de una tierra que no requieren de instrumental propio de laboratorio para tal fin.

Estas pruebas domésticas ofrecen resultados fehacientes acerca

de la composición mineralógica de un determinado tipo de suelo, así como la idoneidad de ser empleado en uno o varios sistemas constructivos de tierra.

Este tipo de ensayos son necesarios debido a que otorgan un conocimiento completo acerca del material del que se dispone y de la necesidad o no de mejorarlo con el añadido de otros granos, fibras o biopolímeros.

Por otro lado, en lo referido a los compuestos orgánicos, pese a su uso atávico a lo largo de los siglos, continúa siendo necesario aún testar estas sustancias y analizar su comportamiento al ser mezclados con tierras.

Se ha presentado, por tanto, una metodología que guía en la ejecución de un experimento de este tipo. En el trabajo con un compuesto orgánico, bien haya sido utilizado extensamente o no, se requiere de una serie de pasos a seguir desde el momento de extracción de extracción y la posterior manipulación del propio material, hasta la elección del solvente en el que se va a diluir, -en el caso de ser aplicado en superficie-, y las proporciones a emplear.

### **VIII.3. Recomendaciones acerca de la extracción y uso del látex de *Euphorbia balsamífera* y de la ejecución de probetas**

Se recomienda extraer el látex de la tabaiba entre los meses de diciembre a febrero, ya que en este momento la planta estará en su máximo momento de floración, y el jugo contendrá mayores propiedades adhesivas.

Igualmente sería ideal su empleo una vez extraída la leche, es

decir, almacenarla la menor cantidad de tiempo posible.

Aunque no se conocen textos acerca del empleo del jugo de euforbias, se sabe que las resinas comienzan su proceso de deterioro una vez y se han extraído de la planta (capítulo IV, apartado IV.2.3.2.1. de esta tesis), y que determinadas gomas, como los nopales, pierden sus propiedades pasadas 48 horas de su extracción (Hoyle, 1990: 226).

En el caso de desear comprobar la capacidad consolidante de la sustancia, se recomienda ejecutar disoluciones en una variada cantidad de solventes a fin de comparar, a través de los ensayos presentados, cuáles ofrecen mejores resultados, así como diluir la gomorresina en diversas concentraciones.

En el caso de ser empleado el jugo en masa, se recomienda efectuar adiciones de menor proporción a mayor, trabajándola pura.

Y, finalmente, se aconseja tratar las probetas superficialmente a pincel, con lo que se conseguirá una mayor impregnación de la sustancia en el sustrato poroso.

Por todo ello, si se dispone de medios, se recomienda ejecutar un número elevado de probetas, obteniendo de esta manera mucha más información acerca del comportamiento del látex de tabaiba.

Dado que cada suelo comporta una granulometría diferente, es necesario efectuar sobre cada tipo de tierra a emplear en la realización de probetas, los ensayos pertinentes de caracterización expuestos en el capítulo VI de esta tesis.

#### **VIII.4. Futuras líneas de investigación**

Continuar ensayando las propiedades y comportamiento dentro de un mortero térreo de cualquiera de la enorme variedad de compuestos orgánicos empleados en la tradición, puede representar una línea a seguir tras esta investigación.

Sería ideal poder ejecutar sobre las probetas que se efectúen ensayos más complejos que requieren de un instrumental preciso, que permitan determinar la durabilidad en tiempo de estas sustancias, así como su resistencia a las inclemencias meteorológicas y otros factores.

De igual modo, determinar unas proporciones aproximadas de uso de cada biopolímero, según el tipo de suelo con el que trabaje sería otra de las líneas de investigación posibles.



*Cpgzqu*



## Anexo I

### Taxonomía de las sustancias naturales

---

La mayoría de las sociedades han utilizado en su economía doméstica hasta bien entrado el siglo XIX, jugos y resinas de plantas, almidones, así como colas proteicas, grasas y ceras, bien para reparar objetos, para enfoscar sus viviendas o en otros usos.

Como se ha indicado, la Revolución Industrial juega un papel importante en el desuso de los compuestos orgánicos, procediendo la falta de interés por estas materias mayormente entre las sociedades industrializadas. Sin embargo, en los países “pobres”, se siguen aplicando con éxito de manera extensa los biopolímeros que la naturaleza oferta.

El presente anexo tiene como fin la presentación de aquellas sustancias específicas provenientes de los diferentes grupos caracterizados en el capítulo cuatro, obtenidas y empleadas de manera local en determinadas partes del globo. Algunas de ellas llegan a ser incluso de escasa disponibilidad, lo que las lleva a un uso a título individual (Houben & Guillaud, 1994: 98).

En otros casos en los que la sustancia es de uso corriente en agricultura o en la gastronomía local, es infrecuente su uso como aditivo de embarrado. Un ejemplo de ello es el aceite de girasol, empleado frecuentemente en determinados lugares, y de uso restringido en el Chaco argentino, tal como ha informado Daniel Baradán , ya que se trata de un producto de uso alimenticio

exclusivamente.

Existe una variedad de recetas con proporciones precisas a emplear. Sin embargo, es recomendable siempre la realización de ensayos previos, adicionando la sustancia a la argamasa de menor a mayor cantidad, asegurándose en todo momento de una buena mezcla de todos los constituyentes. La cantidad a añadir debe ser modesta, a fin de que la interferencia con las arcillas sea mínima (Guerrero, 2007: 190).

Se ha comentado asimismo la polifuncionalidad de estas sustancias, siendo posible además la mezcla entre varias de ellas dentro del revoco, siendo ejemplos de ello los textos redactados por Kéré (1995) y Blier (1994), expuestos en el Estado de la Cuestión.

Evidentemente, es necesario un mantenimiento constante del revoco para que siga efectuando su labor en el edificio, siendo requerida una intervención media cada dos años (Wojciechowska, 2001: 100).

Las sustancias de estudio pueden actuar como solidificadores y aglutinantes de las partículas del suelo, imprimiendo dureza al revoco, aumentando de esta manera su resistencia a la compresión.

También son empleados algunos biopolímeros con fines impermeabilizantes, controlando la acción del agua, así como en la prevención de los movimientos de hinchazón y contracción propios de las arcillas (Wolfskill, 1963: 44).

Algunos biopolímeros otorgan elasticidad, favoreciendo la docilidad en el amasado; de esta manera se reduce la excesiva expansión y contracción del suelo, impartiendo flexibilidad y disminuyendo las fisuras.

Otros son empleados para enriquecer la mezcla en aquellos suelos con pobre presencia de arcillas e incluso por su cualidad de repelente de insectos.

Y otros actúan como emulsionantes al ser aplicados en masa; el batido o agitación de todos los componentes del revoco ayuda a acelerar el proceso de aglutinación de partículas, otorgando estabilidad a la mezcla.

Todas estas funciones y cualidades son mostradas en cada una de las fichas presentadas.

Aclarar que, en algunas de ellas, las sustancias pueden parecer repetidas debido a que han sido estudiadas tal y como aparecen en las fuentes escritas. Es decir: a unas se les otorga una denominación genérica, y a otras específica, optándose por utilizar las dos. Un ejemplo de ello se encuentra en el Copal, cuya ficha incluye a todos los copales, y el Copal de Manila, cuya ficha trata las especificidades de la sustancia en sí. Lo mismo puede ocurrir con las Resinas, englobándolas a todas en un mismo documento, y la Goma laca, en el ámbito particular de las resinas de procedencia animal.

Se muestra a continuación una ficha tipo, explicativa de los contenidos a mostrar en cada una de ellas, continuando con la presentación de las fichas relativas a los compuestos de estudio, ordenando las sustancias por orden alfabético.

## FICHA MODELO, PÁGINA 1: PARTE DOCUMENTAL

Materia:  
NOMBRE DEL  
BIOPOLÍMERO

Matière :  
NOM DU  
BIOPOLYMÈRE

Organic matter:  
BIOPOLYMER'S  
NAME

### Datos generales

<i>Origen</i>	Animal / Vegetal
<i>Clasificación</i>	Proteínas / Glúcidos / Lípidos
<i>Grupo</i>	Simples, complejas / Sencillos, mixtos / Glicéridos,...
<i>Subgrupo</i>	Globulares,... / Osas,... / Grasas,...
<i>Otras denominaciones</i>	Nombres vulgares

### Datos funcionales

<i>Extracción</i>	Denominación de la planta o animal (nombre científico)
<i>Aplicación</i>	Superficial / En masa
<i>Forma de preparación</i>	Hidratar, macerar, diluir, hervir,...
<i>Proporciona</i>	Resistencia, impermeabilidad, docilidad, ...
<i>Función</i>	Adhesiva, hidrofugante, fluidizante, ...

### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	Componentes propios de la familia de la sustancia
<i>Descripción</i>	Aspecto sólido o líquido, olor, coloración, ...
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo / Hifrófobo

### Miscelánea

Otros usos / Ampliación de la información

### Fuentes escritas

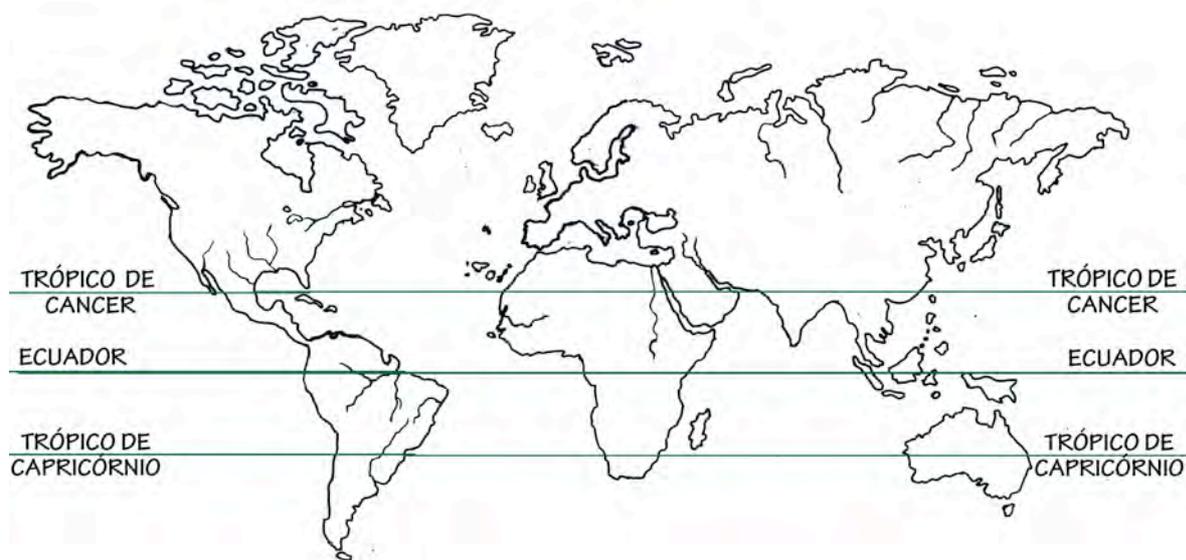
Autores de arquitecturas de barro que citan la sustancia

## FICHA MODELO, PÁGINA 2: PARTE GRÁFICA

Dibujo

Imagen

### Localización geográfica



- Uso en embarrados
- Procedencia original
- Productores actuales

Materia: ACEITE DE ALGODÓN      Matière: HUILE DE COTTON      Organic matter: COTTONSEED OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Semillas procedentes del <i>Gossypium arboreum</i> (Linneo), familia de las <i>Malvaceae</i>
<i>Aplicación</i>	Superficial. Aplicar al revoco una vez seco
<i>Forma de preparación</i>	Prensado de semillas hasta obtener el aceite. Para acelerar el proceso de secado, necesita ser cocido o hervido previamente
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante. Soluble en esencia de trementina y en hidrocarburos

---

#### Datos descriptivos

---

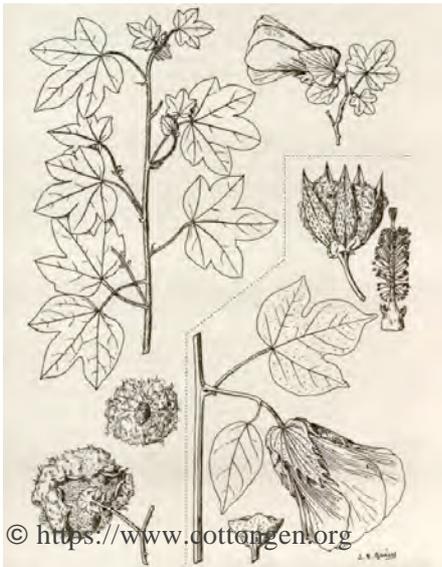
<i>Composición</i>	22,4% ácido palmítico; 3,2% a. esteárico; 21,2% a. oléico; 51% a. linólico; 0,2% a. linolénico
<i>Descripción</i>	Líquido graso, de coloración amarillo-dorado claro en su presentación comercial
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

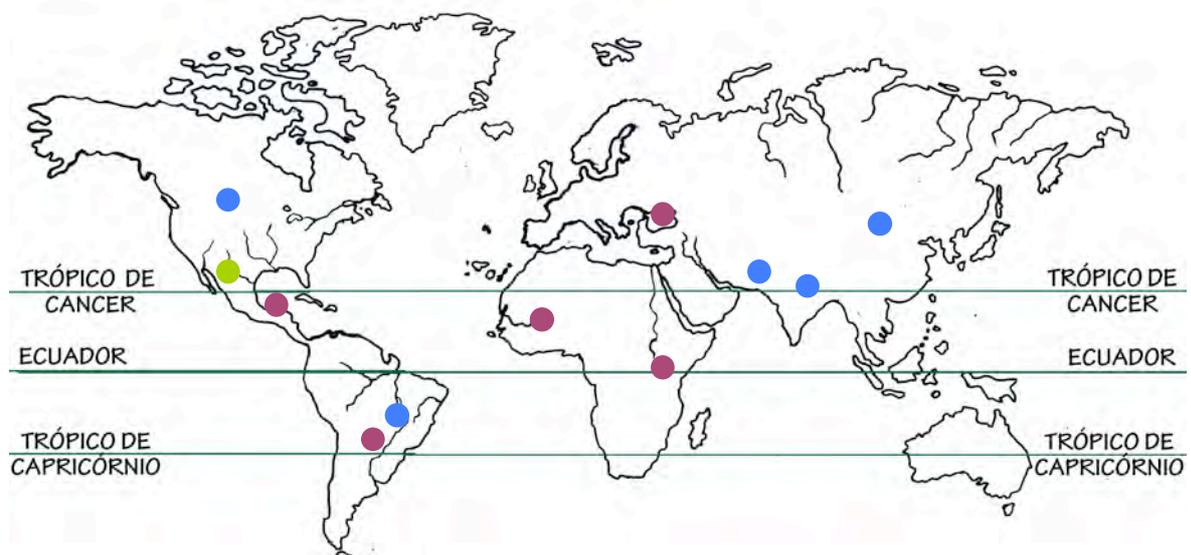
Cultivo generalmente no alimentario, a ser empleado como pesticida o biodiesel



### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Doat et al., 1979; Houben & Guillaud, 1994; Stulz & Mukerji, 1993; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE CÁÑAMO

Matière:  
HUILE DE CHANVRE

Organic matter:  
HEMP OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	Aceite de cáñamo, aceite de cañamones

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Semilla de la planta <i>Cannabis sativa</i> (Linneo), familia de las <i>Cannabaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Prensado en frío de las semillas
<i>Proporción</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	57% ácido linoleico y 19% ácido linolénico
<i>Descripción</i>	Líquido graso de color amarillo verdoso y sabor agradable
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en esencia de trementina e hidrocarburos

---

#### Miscelánea

---

Empleado en Europa como sustituto del aceite de linaza.  
Uso extendido como combustible y alimento del ganado

---

#### Fuentes escritas

---

Wojciechowska, 2001

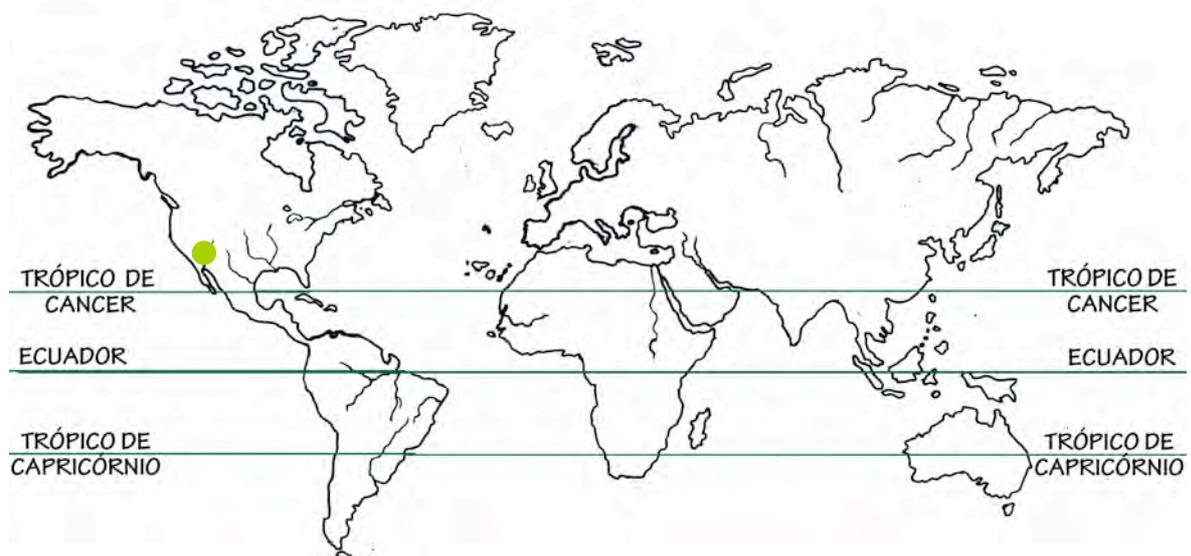


©<https://www.wikimedia.org>



©<https://www.wikimedia.org>

### Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE CEIBA

Matière:  
HUILE DE KAPOK

Organic matter:  
KAPOK OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	Aceite de capoc, aceite de guata, aceite de ceibo

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Semillas de los árboles <i>Bombax pentandrum</i> (Linneo) y <i>Ceiba pentandra</i> , familia de las <i>Malvaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Prensado en frío de las semillas
<i>Proporción</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Muy semejante al aceite de algodón
<i>Descripción</i>	Líquido graso de color transparente
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

Las semillas del árbol están recubiertas por una especie de seda, empleada como material de relleno o aislante.  
La pasta residual de la extracción del aceite se emplea como alimento para el ganado

---

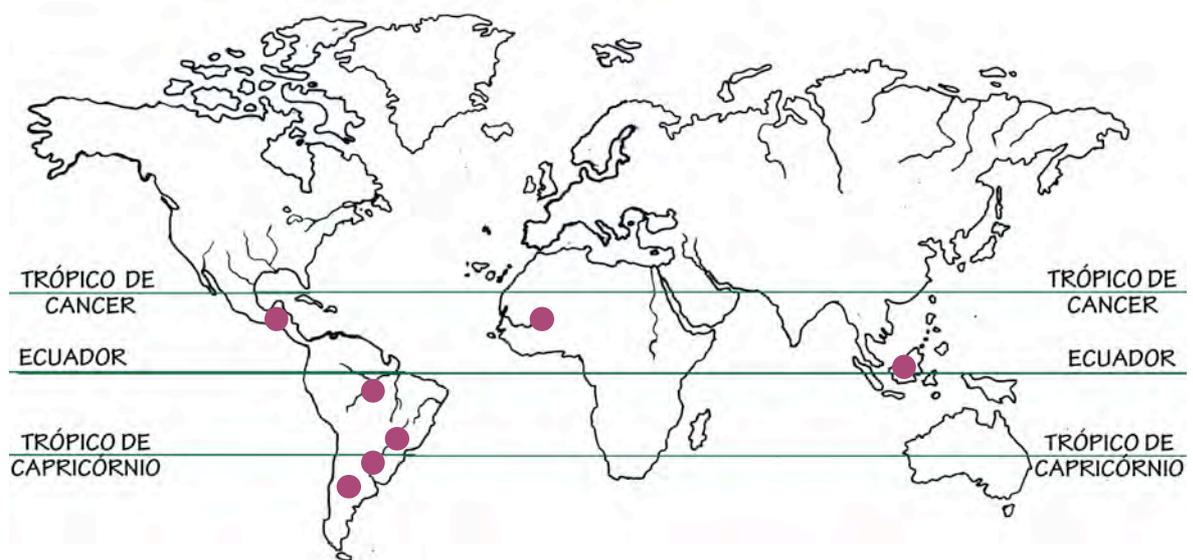
#### Fuentes escritas

---

Castilla Pascual, 2004; Didier Feltgen, 2005; Houben & Guillaud, 1994; Minke, 2009



### Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE COCO

Matière:  
HUILE DE COCO

Organic matter:  
COCONUT OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Fruto del árbol <i>Cocos nucifera</i> (Linneo), familia de las <i>Areaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Presión en frío de la pulpa del fruto
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Ácidos láurico, palmítico, esteárico y mirístico
<i>Descripción</i>	Líquido graso de coloración blanquecino en estado sólido y transparente en estado líquido
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

Por debajo de una temperatura de 25°, el aceite de coco tiene tendencia a solidificarse.

Aplicar al revoco cocido o hervido para acelerar el proceso de secado

---

#### Fuentes escritas

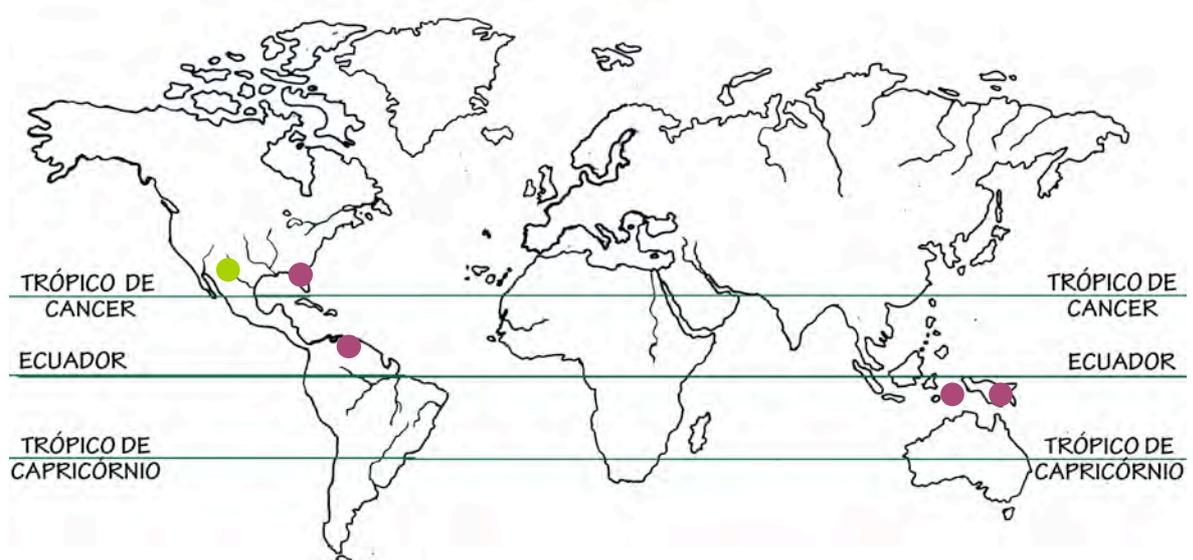
---

Doat et al., 1979; Stulz & Mukerji, 1993;  
Wojciechowska, 2001; Wolfskill et al., 1963



© <https://commons.wikimedia.org>

### Localización geográfica



Materia: ACEITE DE GIRASOL      Matière: HUILE DE TOURNESOL      Organic matter: SUNFLOWER OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	Aceite maravilla, aceite de tornasol

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Semillas procedentes del <i>Helianthus annuus</i> (Linneo), familia de las <i>Asteraceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Prensado de las semillas hasta la obtención del aceite
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	36,8% ácido linoleico; 11,2% ácido oleico; 15,6% ácido linoleico
<i>Descripción</i>	Líquido graso de coloración amarilla tenue
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en esencia de trementina y en hidrocarburos

---

#### Miscelánea

---

Empleado mayormente en la industria alimentaria y como biodiesel

---

#### Fuentes escritas

---

Guerrero, 2007; Viñuales, 1981



© <http://plantillustrations.org>

© Díaz, I.

### Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE LINAZA

Matière:  
HUILE DE LIN

Organic matter:  
LINSEED OIL

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	Aceite de lino

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Semillas procedentes de la planta <i>Linux usitatissimum</i> (Linneo), familia de las <i>Linaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie y en masa
<i>Forma de preparación</i>	Molienda y calentado al vapor de agua de las semillas
<i>Proporción</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

### Datos descriptivos

---

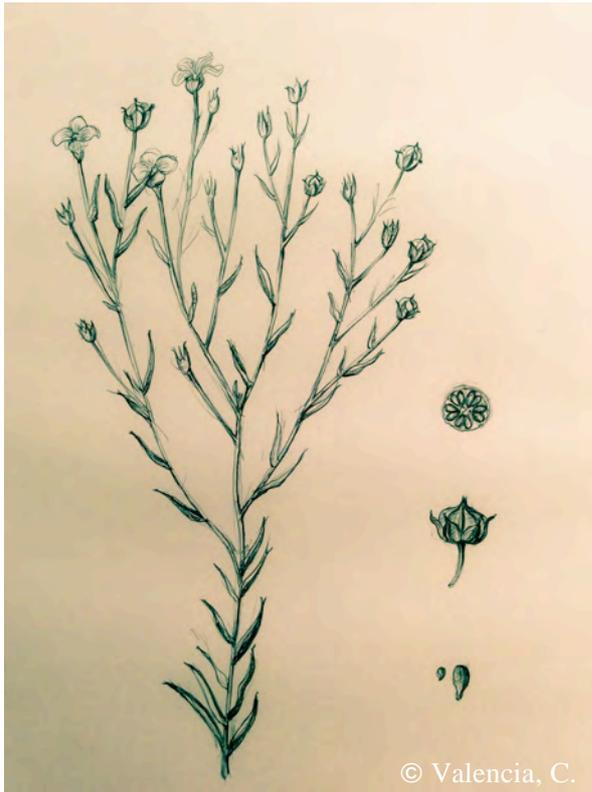
<i>Composición</i>	10% ácido palmítico, 15% a. oleico; 16% a. linoleico y 56% a. linolénico
<i>Descripción</i>	Líquido graso, de color rojizo claro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en esencia de trementina y en hidrocarburos

---

### Miscelánea

---

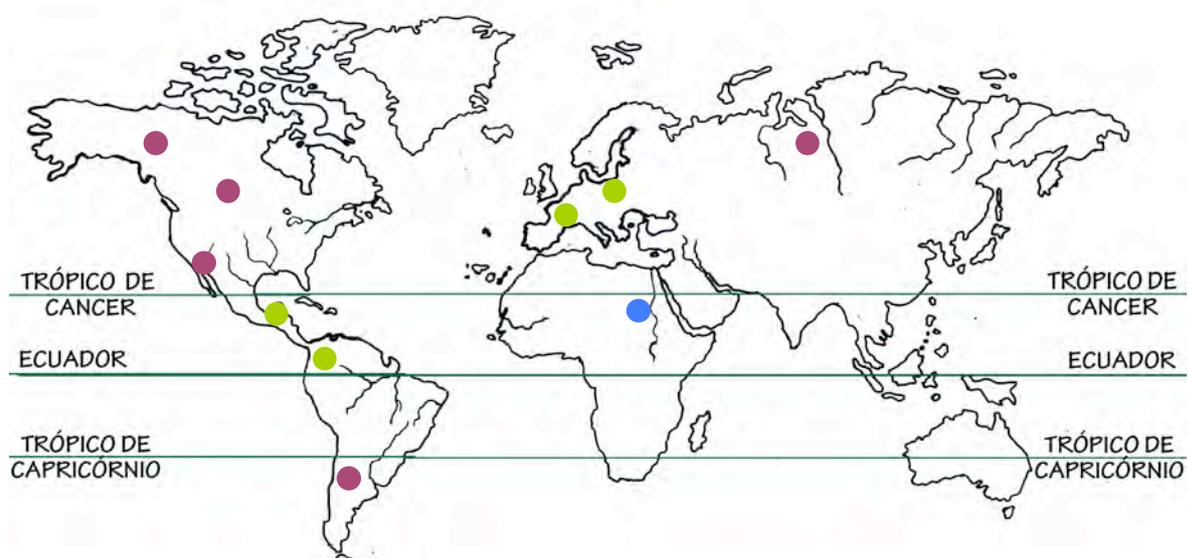
Uno de los aceites más secantes por su gran proporción de ácido linolénico: tiempo de secado entre 5 y 12 días. Nombrado en recetarios medievales, donde era muy empleado con fines decorativos y protectores. En las técnicas pictóricas del siglo XIII se usaba en emulsión mezclado con otras sustancias prótidas. Para acelerar su secado al aplicar a los embarrados, calentar previamente



### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Guerrero, 2007; Henríquez, 2010; Minke, 2014, 2009; Wojciechowska, 2001; Houben & Guillaud, 1994; Stulz, 1993

### Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE OLIVA

Matière:  
HUILE D'OLIVE

Organic matter:  
OLIVE OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites no secantes
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Fruto procedente de la planta <i>Olea europaea</i> (Linneo), familia de las <i>Oleaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Prensado del fruto de la aceituna
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante. Soluble en esencia de trementina

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	13% ácido esteárico, 69% oleico, 13% linoleico
<i>Descripción</i>	Líquido graso, olor intenso a aceituna, coloración verdosa, más oscura cuanto más puro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

En las economías más pobres, ha sido empleado el residuo del prensado de la aceituna

---

#### Fuentes escritas

---

Bardou & Arzuménian 1979; Guerrero, 2007



## Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE PALMA

Matière:  
HUILE DE PALMA

Organic matter:  
PALM OIL

#### Datos generales

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

#### Datos funcionales

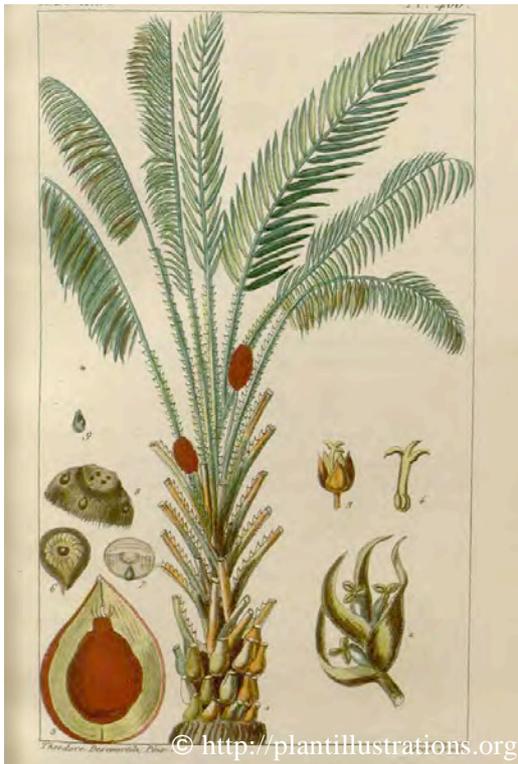
<i>Extracción</i>	Pulpa de la fruta del árbol de la palma <i>Elaeis guineensis</i> , familia de las <i>Arecaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie. Aplicar al revoco una vez seco
<i>Forma de preparación</i>	Presión en frío de la pulpa del fruto
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

#### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	48% ácido palmítico, 46% ácido oléico y 10% ácidos grasos insaturados
<i>Descripción</i>	Líquido graso de coloración rojiza si se presenta poco refinado
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

#### Miscelánea

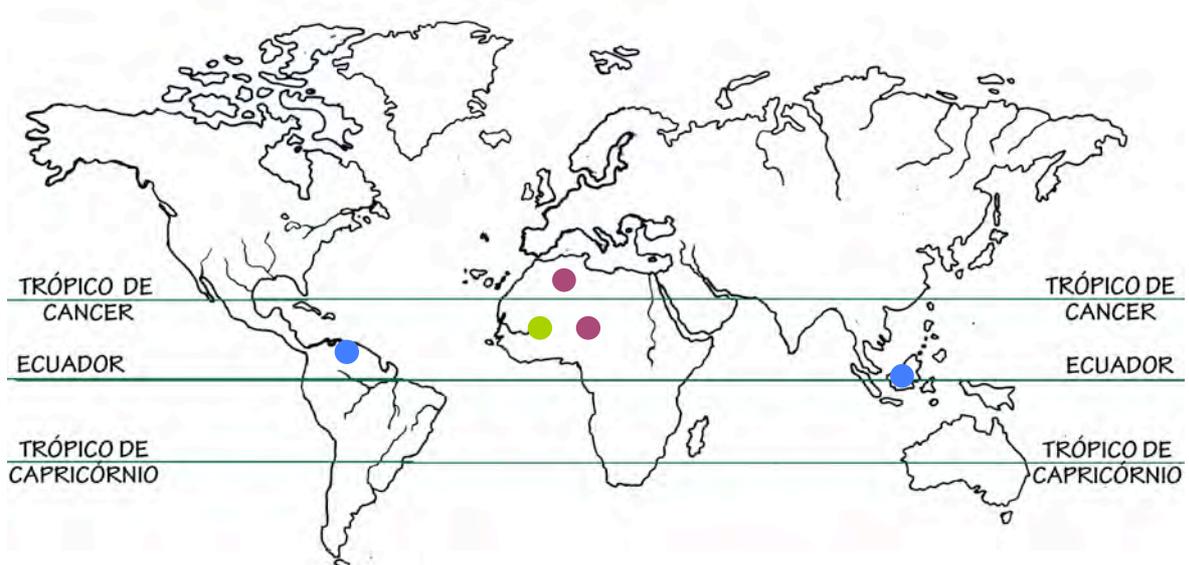
Tras la extracción del primer aceite, se continúa empleando la pulpa para producir otros aceites de peor calidad.  
Conocido desde hace unos 5000 años en la parte más occidental de Guinea. En la actualidad es empleado en la industria cosmética y biodiesel.  
Se han realizado experimentos sin éxito debido a su viscosidad sobre revocos de Costa de Marfil



## Fuentes escritas

Houben & Guillaud, 1994

## Localización geográfica



Materia:  
ACEITE DE RICINO

Matière:  
HUILE DE RICIN

Organic matter:  
CASTOR OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas líquidas: aceites secantes
<i>Otras denominaciones</i>	Aceite de ricina, de tártago, higuera infernal

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Semilla de la planta <i>Ricinus communis</i> (Linneo), familia de las <i>Euforbiaceae</i>
<i>Aplicación</i>	Superficial. Aplicar al revoco una vez seco
<i>Forma de preparación</i>	Prensado de las semillas procedentes del arbusto del ricino
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	90% ácido ricinoleico, 5% a. linoleico, 2% a. palmítico, 2% a. esteárico
<i>Descripción</i>	Líquido graso de color ámbar o verde claro. De olor característico y mal sabor
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en alcohol y esencia de trementina

---

#### Miscelánea

---

Tradicionalmente se empleaba por sus propiedades medicinales como purgante.

Utilizado en la industria como lubricante, se comercializa también como plastificante en materiales de revestimiento



© <http://www.jardincanario.org>

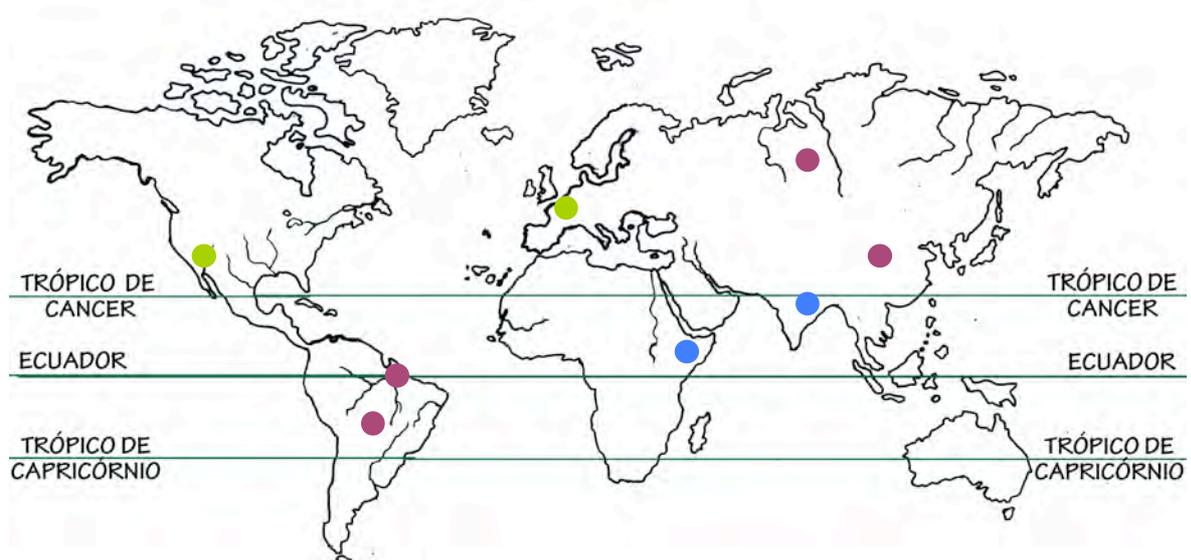


© Díaz, I.

### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Doat et al., 1979; Houben & Gillaud, 1994; Stulz & Mukerji, 1993; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
ÁGAVE

Matière:  
AGAVE

Organic matter:  
AGAVE

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos polisacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Pita, pitera

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Hojas o pencas de la planta de la familia <i>Agavaceae</i> (Linneo). Las más empleadas según fuentes documentales son el <i>Agave americana</i> y el <i>Agave sisalana</i> (sisal)
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Macerar en agua la pulpa molida de las pencas de dos a tres semanas
<i>Proporciona</i>	Dureza, resistencia
<i>Función</i>	Solidificadora, adhesiva

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Fructosa, glucosa e inulina
<i>Descripción</i>	Planta compuesta de hojas espesas y pulposas que carece de tallo. Posee en el lateral de su hoja dientes espinosos aplastados. Todas sus hojas parten de la raíz y se unen en sus bases unas con otras
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. En caliente es miscible en alcohol

---

### Miscelánea

---

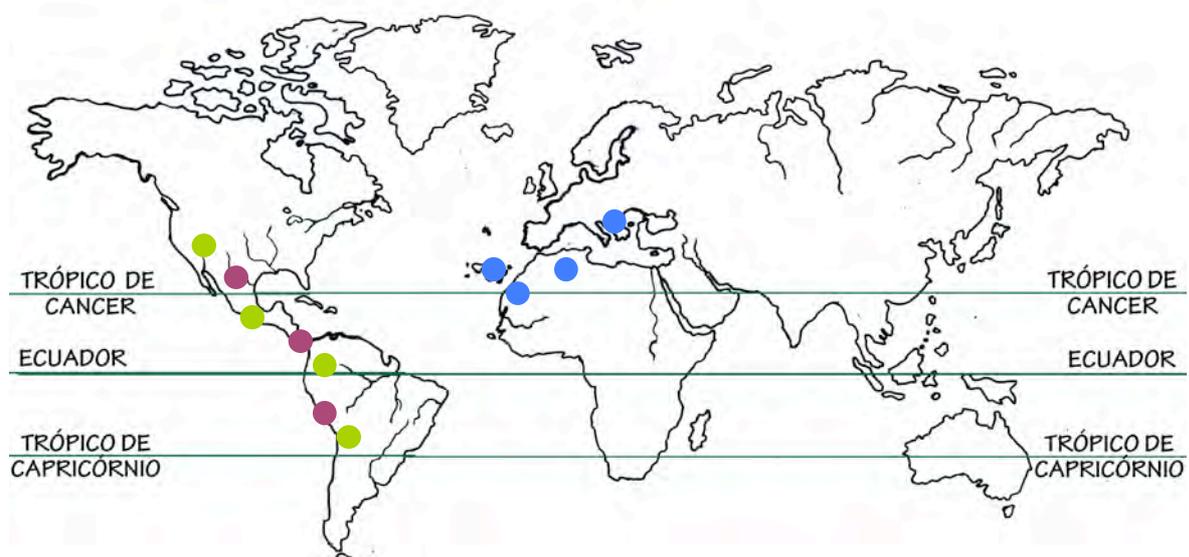
Purgante en la antigüedad, se ha empleado también como barniz de instrumentos musicales y muebles, así como en el bruñido de la plata



### Fuentes escritas

Castilla, 2004; Didier Feltgen, 2005; Doat, et al., 1979; Houben & Guillaud, 1994; Minke, 2009, 2014; Romero, 1990

### Localización geográfica



Materia:  
ALMIDÓN

Matière:  
AMIDON

Organic matter:  
STARCH

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Sencillos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos polisacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Fécula, apresto

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Granos y féculas, raíces, tubérculos y semillas de cereales (tapioca, trigo, arroz, cebada, lentejas, ...)
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Llevar a ebullición el almidón disuelto en agua removiendo constantemente para evitar la formación de grumos
<i>Proporciona</i>	Dureza, docilidad, resistencia
<i>Función</i>	Solidificadora, fluidizante, adhesiva

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	22 a 26% de amilosa y 74 a 78% de amilopectina
<i>Descripción</i>	Sustancia sintetizada en la célula de las plantas a partir del dióxido de carbono y el agua durante la fotosíntesis. Polvo de coloración blanquecina que se descompone por debajo del punto de fusión
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en agua, pero con capacidad para absorberla y retenerla, formando soluciones viscosas

---

### Miscelánea

---

Empleado por los egipcios en la fabricación de papiros. En el siglo XIX se conoce su uso en la preparación de aprestos. Uso industrial y alimenticio en la actualidad. En embarrados reduce la cohesión y aumenta la retracción



© <http://soleagrelis.com>

### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Gárate, 2002; Minke, 2009;  
Reichel, 2004; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
ALOE VERA

Matière:  
ALOE VERA

Organic matter:  
ALOE VERA

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos polisacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Pita zábila, acíbar

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Hojas o pencas de la planta de la familia de las <i>Aspargaceae</i> , género <i>Aloe</i> (Linneo)
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Cortar la hoja en dos y extraer su pulpa. Machacarla y hervirla en agua
<i>Proporciona</i>	Resistencia, estabilidad, dureza
<i>Función</i>	Adhesiva, emulsionante, solidificadora

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Triterpenos en la parte resinosa de la planta
<i>Descripción</i>	Planta compuesta de hojas espesas y pulposas que carece de tallo. Posee en el lateral de su hoja dientes espinosos aplastados. Todas sus hojas parten de la raíz y se unen en sus bases unas con otras. Su jugo es una sustancia gomosa-gelatinosa de sabor amargo
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. En caliente es miscible en alcohol y parcialmente soluble en agua

---

### Miscelánea

---

Al estar compuesto por triterpenos, este biopolímero se puede englobar igualmente dentro del grupo de las resinas naturales, concretamente de las gomoresinas



### Fuentes escritas

Annik & Guerrero, 2014

### Localización geográfica



Materia:  
BANANO

Matière:  
BANANIER

Organic matter:  
BANANA TREE

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos
<i>Otras denominaciones</i>	Plátano

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Planta de la familia de las <i>Musaceae</i> , especie <i>M. paradisiaca</i> (Linneo)
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Hervido continuo en agua del tallo y hojas del plátano hasta que se torna viscosa. Decantar el preparado. Se puede mezclar con cal
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, estabilidad, dureza
<i>Función</i>	Hidrofugante, emulsionante, solidificadora

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Glucosa, almidón, peptina y otros
<i>Descripción</i>	Líquido de coloración verde grisácea y sedimentos de tonalidad oscura
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo

---

#### Miscelánea

---

Sustancia probada empíricamente por Vargas et al. (1986) con resultados muy pobres



© <http://www.plantillustrations.org>

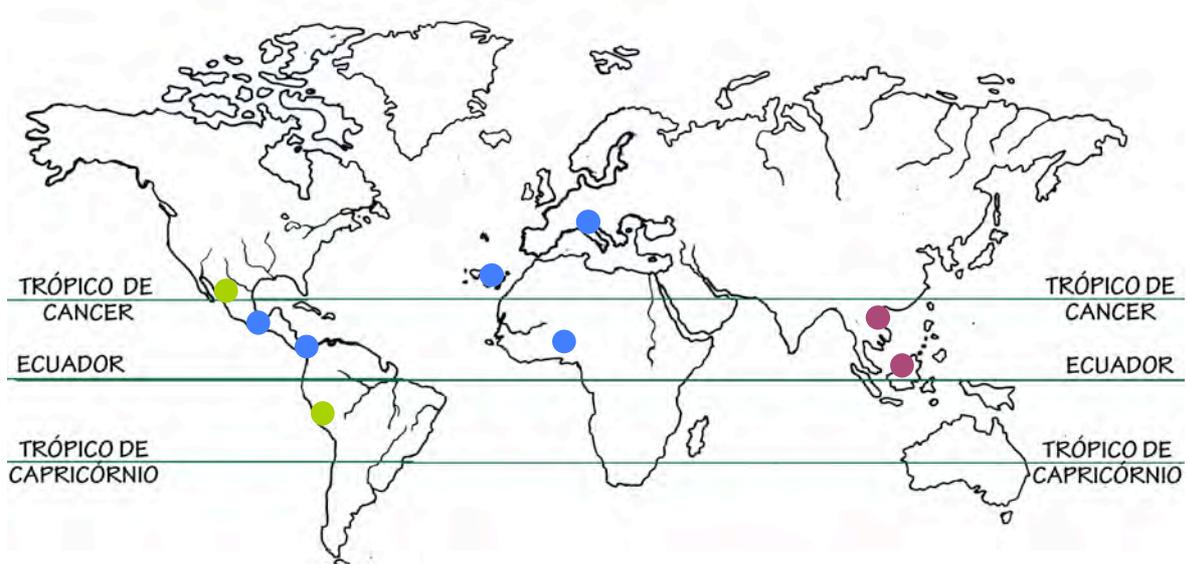


© Díaz, I.

## Fuentes escritas

Doat, et al., 1979; Minke, 2009, 2014; Vargas et al., 1989; Wojciechowska, 2001; Wolfskill et al., 1963

## Localización geográfica



Materia:  
CAÑA DE AZÚCAR

Matière:  
CANNE À SUCRE

Organic matter:  
SUGAR CANE

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Sencillos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos disacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Caña dulce

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Planta <i>Arundo saccharifera</i> (Linneo), familia de las <i>Poaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Cocción del jugo de la caña de azúcar y añadir al barro
<i>Proporción</i>	Dureza, estabilidad, docilidad, resistencia
<i>Función</i>	Solidificadora, emulsionante, fluidizante, adhesiva

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Glucosa y fructosa
<i>Descripción</i>	De la planta se extrae un jugo denso, de coloración marrón-rojizo denominado “guarapo”
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo

---

#### Miscelánea

---

Empleada en la técnica del esmalte en la producción de cerámicas

---

#### Fuentes escritas

---

Castilla Pascual, 2004; Gárate, 2002; Ontiveros, 2001; Ríos, 2009;



© <http://www.jardincanario.org>



© <http://www.eldiariodelasalud.com>

### Localización geográfica



Materia:  
CASEÍNA

Matière:  
CASEÍNE

Organic matter:  
WHEY, CASEIN

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Complejas
<i>Subgrupo</i>	Fosfoproteínas
<i>Otras denominaciones</i>	Cuajada, queso fresco, requesón

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Cuajo natural de la leche desnatada cortada
<i>Aplicación</i>	Superficial y en masa
<i>Forma de preparación</i>	Dejar reposar la leche en un lugar cálido durante dos días hasta que se corte. Separar el cuajo del suero y tamizar. El producto resultante -requesón- contiene de un 7 a un 12% de caseína
<i>Proporciona</i>	Dureza, impermeabilidad, docilidad, resistencia
<i>Función</i>	Solidificadora, hidrofugante, fluidizante, adhesiva

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Mezcla compleja de proteínas
<i>Descripción</i>	Sólido blanco amarillento. Comercialmente se presenta como un polvo blanco, amorfo, insípido y sin olor
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en agua, con capacidad para absorberla y retenerla, formando soluciones viscosas. Insoluble en disolventes orgánicos a excepción del alcohol

---

### Miscelánea

---

Empleado como adhesivo desde la antigüedad, se puede aplicar en frío, a diferencia de las colas animales. Dioscórides resalta las propiedades emolientes de la caseína



### Fuentes escritas

Castilla Pascual, 2004; Didier-Feltgen, 2005; Gárate, 2002; Houben & Guillaud, 1994; Minke, 2009; Ontiveros, 2001; Reichel et al., 2004; Stulz & Mukerji, 1993; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
CERA DE ABEJAS

Matière:  
CIRE D'ABEILLES

Organic matter:  
BEEEXWAX

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Céridos
<i>Subgrupo</i>	Ceras animales
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Producida por la <i>Apis Mellifera</i> durante la construcción de sus panales
<i>Aplicación</i>	Superficial. Aplicar al revoco una vez seco
<i>Forma de preparación</i>	Fundición de viejos panales de los que se extrae la cera
<i>Proporción</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Mezcla de variedad de compuestos como ésteres, cetonas, hidrocarburos de cadena larga, terpenoides,...
<i>Descripción</i>	Masa sólida a temperatura ambiente
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

En pintura encáustica se empleaba mezclada con resinas, y en revestimientos es frecuente su mezcla con cera de carnauba.

Combinada con un aceite no secante y pigmentos da lugar a los pasteles grasos



## Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Gárate, 2002

## Localización geográfica



Materia:  
CERA DE CARNAUBA

Matière:  
CIRE CARNAUBA

Organic matter:  
CARNAUBA WAX

#### Datos generales

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Céridos
<i>Subgrupo</i>	Ceras vegetales
<i>Otras denominaciones</i>	Cera Brasil, cera de palma

#### Datos funcionales

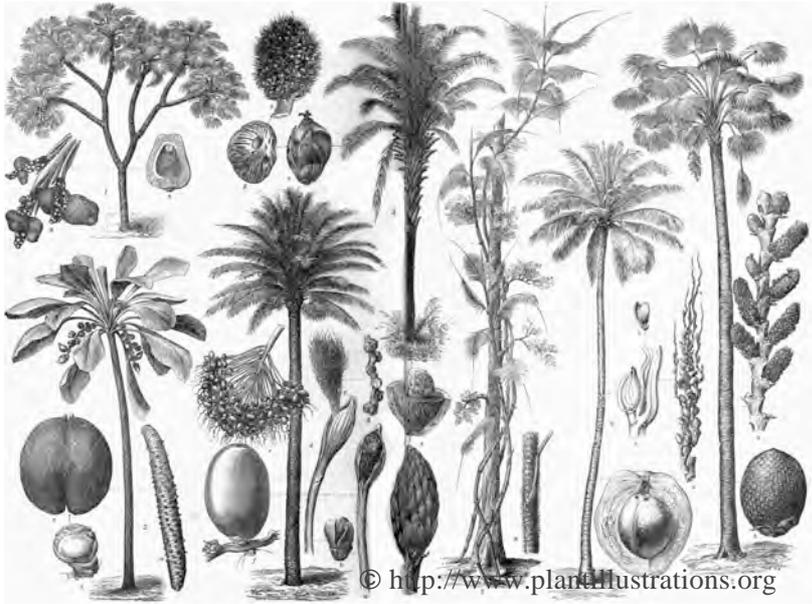
<i>Extracción</i>	Palma <i>Copernicia prunifera</i> o <i>Copernicia cerifera</i> , procedente de la familia de las <i>Aracaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Exudado de las hojas tiernas puestas a secar de la palma. Al rasparlas se extrae la cera que es fundida en agua hirviendo
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

#### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	Cerotato de mircilo, hidrocarburos, alcoholes de cera y ácidos grasos
<i>Descripción</i>	Sustancia de color blanco amarillento a marrón cobrizo, quebradiza y de gran dureza. Posee un punto de fusión entre 83 y 86°C. Se comercializa en forma de pequeñas escamas irregulares. Es la más dura de las ceras
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Poco soluble en hidrocarburos

#### Miscelánea

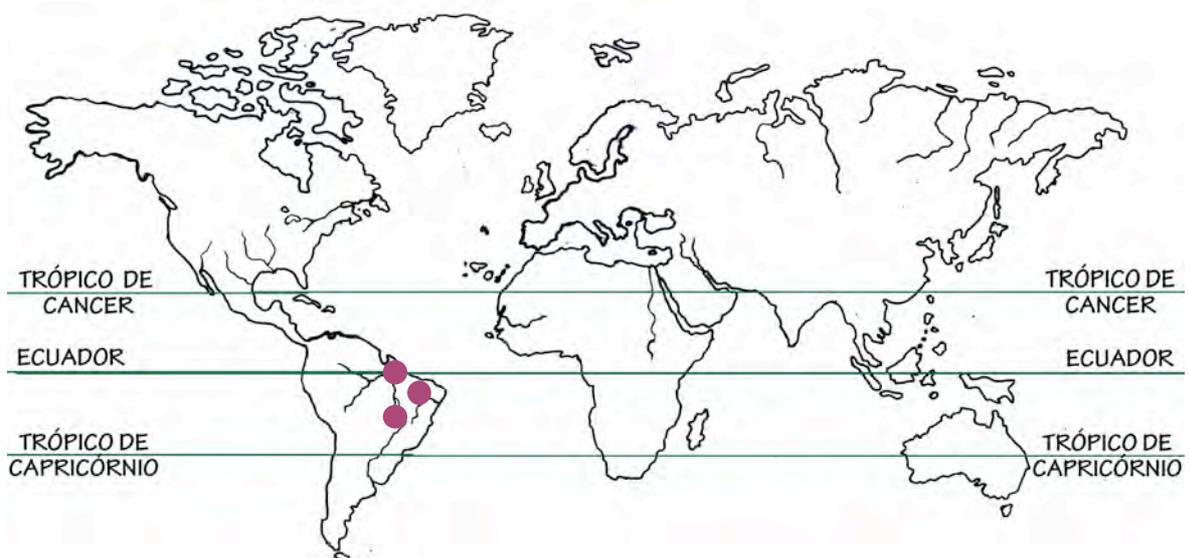
Empleado como material de barniz en técnicas  
pictóricas donde se suele mezclar con otras ceras para  
aumentar el punto de fusión, el lustre, la resistencia y la  
dureza



## Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005

## Localización geográfica



Materia:  
CLARA DE HUEVO

Matière:  
BLANC D'OEUF

Organic matter:  
EGG WHITE

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Simples
<i>Subgrupo</i>	Globulares
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Puesta del <i>Gallus domesticus</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Separar la clara de la yema; batir hasta formar una espuma estable
<i>Proporciona</i>	Resistencia, docilidad, impermeabilidad, dureza
<i>Función</i>	Adhesiva, fluidizante, hidrofugante, solidificadora

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	85% agua, 12% albúmina y 0, 2% aceite graso
<i>Descripción</i>	Líquido de aspecto gelatinoso y coloración transparente. Se desnaturaliza (coagula) al exponer en finas capas al oxígeno y a la luz.
<i>Solubilidad</i>	Comercializado bajo el nombre de albúmina Hidrófilo. Con la acción del calor o secado y deshidratación, el huevo se convierte en un gel irreversible que pierde la solubilidad en agua

---

#### Miscelánea

---

Empleada en la tradición en la iluminación de manuscritos, se le añadía miel, melaza o glicerina para aportarle flexibilidad y elasticidad.

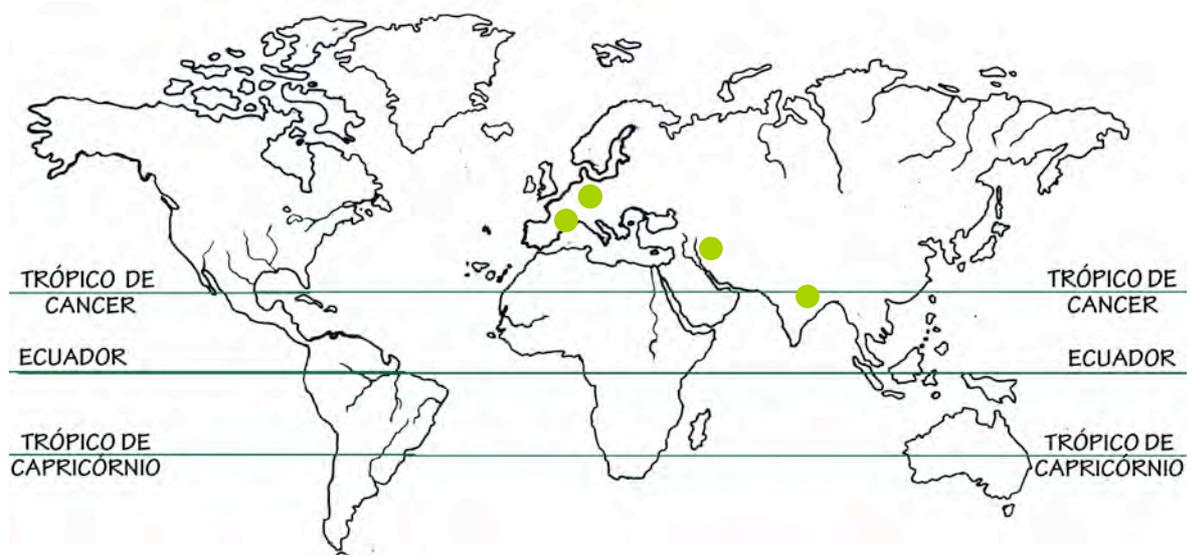
Uso frecuente en la técnica del dorado: se dejaba reposar una noche y luego se batía a punto de nieve



## Fuentes escritas

Castilla Pascual, 2004; Didier Feltgen, 2005; Gárate, 2002; Minke, 2009; Ontiveros, 2001

## Localización geográfica



Materia:  
COLA DE CONEJO

Matière:  
COLLE DE LAPIN

Organic matter:  
RABBIT SKIN GLUE

#### Datos generales

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Simple
<i>Subgrupo</i>	Globulares
<i>Otras denominaciones</i>	Cola de pieles, cola de glutina

#### Datos funcionales

<i>Extracción</i>	Molido de pieles de conejo
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Hidratar en agua durante una noche. Por cada litro de agua se corresponden 50 grs. de cola aproximadamente. Calentar al baño María; al enfriar se solidifica
<i>Proporciona</i>	Dureza, impermeabilidad, estabilidad, resistencia
<i>Función</i>	Solidificadora, hidrofugante, emulsionante, adhesiva

#### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	Condrina y glutina
<i>Descripción</i>	Comercializada en forma de planchas de color marrón, en polvo o gránulos de coloración amarilla
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en agua pero con capacidad de absorberla y retenerla, formando una solución viscosa. Parcialmente soluble en agua caliente

#### Miscelánea

Muy empleada en pintura antigua, siendo su uso bastante frecuente por su elevado poder coloidal.

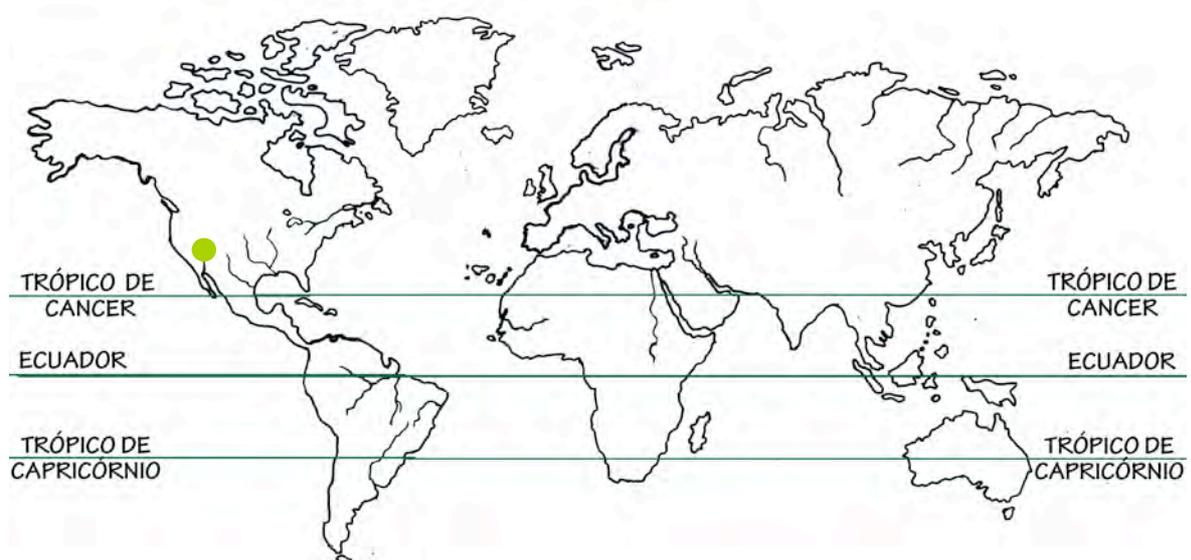
Las colas de menor pureza se denominan “colas fuertes”; las más puras se llaman “gelatinas”, compuestas únicamente por colágeno. Las impurezas presentes en ellas aumentan su capacidad de cohesión y adhesión. Tendencia al ataque de microorganismos



### Fuentes escritas

Gárate, 2002; Stulz & Mukerji, 1993; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
COLOFONIA

Matière:  
COLOPHANE

Organic matter:  
COLOPHONY

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas diterpénicas
<i>Otras denominaciones</i>	Pez griega

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Exhudación de resinas procedentes del orden de las coníferas, familia <i>Pinaceae</i> : <i>Pinus pinasta</i> , <i>Pinus palustres</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie y en masa
<i>Forma de preparación</i>	Destilación al vapor de la esencia de trementina. La goma o residuo no volátil que queda es la colofonia
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, docilidad, resistencia
<i>Función</i>	Hidrofugante, fluidizante, adhesiva

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Ácido abiético y reseno
<i>Descripción</i>	Resina diterpénica o dura, es una materia clara, transparente y frágil. Coloración amarilla, ámbar o rojiza. Pegajosa al tacto, funde a 100°C
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en alcohol, cetonas y trementinas

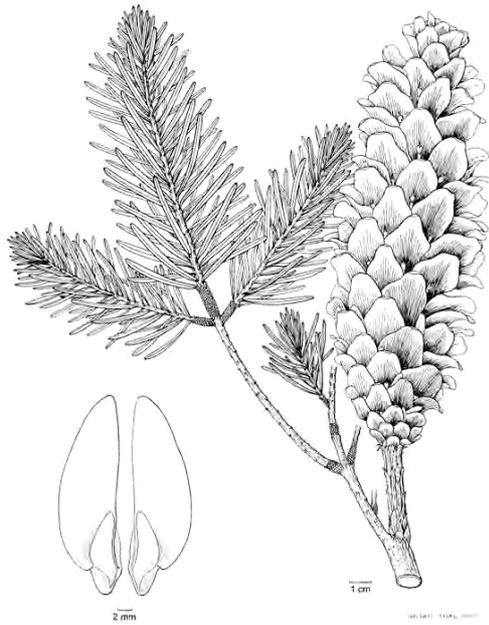
---

#### Miscelánea

---

Su nombre proviene de la ciudad de Colofón, en Jonia, así como por su empleo en los arcos de violín como cola *fónica* (sonora).

Poco usual en técnicas pictóricas debido a su fragilidad e higroscopicidad, se usa en la formulación de barnices así como adulterante de pinturas debido a su bajo costo



© <http://www.biotik.com>

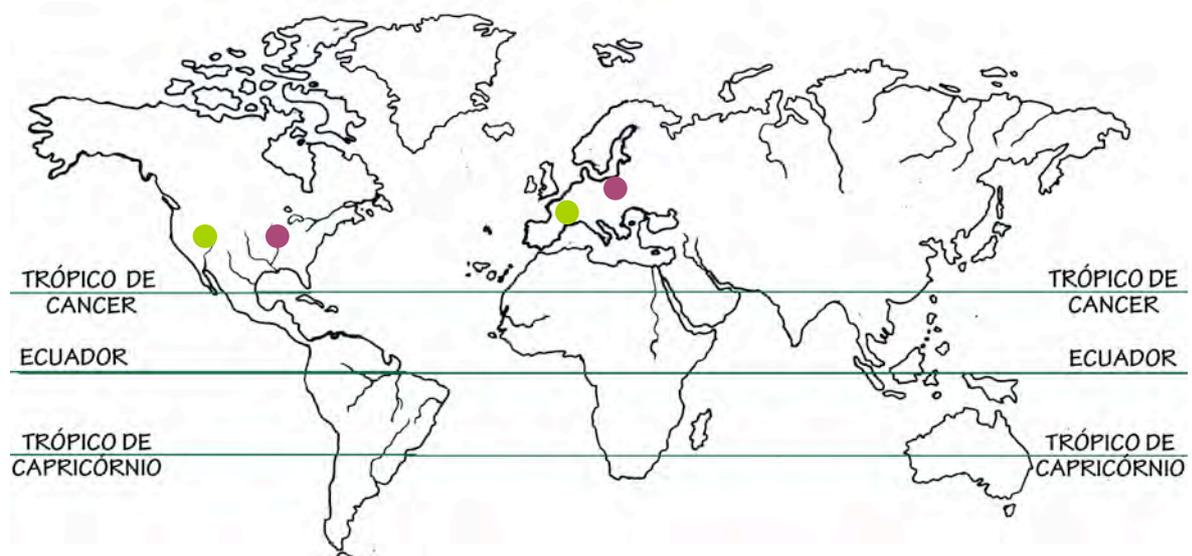


© <http://www.restauronline.com>

## Fuentes escritas

Gárate, 2002; Houben & Guillaud, 1994;  
Wojciechowska, 2001

## Localización geográfica



Materia:  
COPAL

Matière:  
COPAL

Organic matter:  
COPAL

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas diterpénicas
<i>Otras denominaciones</i>	Barniz de copal

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Exudado de árboles del orden de las coníferas, de la familia <i>Araucariaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Actualmente se comercializa como un barniz de aceite y resina al que se le añade aceite de linaza o tung hervido y esencia de trementina
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, dureza, resistencia
<i>Función</i>	Hidrofugante, solidificadora, adhesiva

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Diversos ácidos y reseno
<i>Descripción</i>	Se trata de la más blanda de las resinas diterpénicas, con un punto de fusión elevado, a 180°C
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Insoluble en aceites y solventes orgánicos

---

### Miscelánea

---

La destilación de resinas era un oficio transmitido en la antigüedad de padres a hijos.

Frecuente su empleo en la estabilización de suelos calentándolo junto a aceite de palma (4 partes de copal por 6 de aceite de palma). A esta sustancia se la denomina *palmocopal*



© <http://plantillustrations.org>

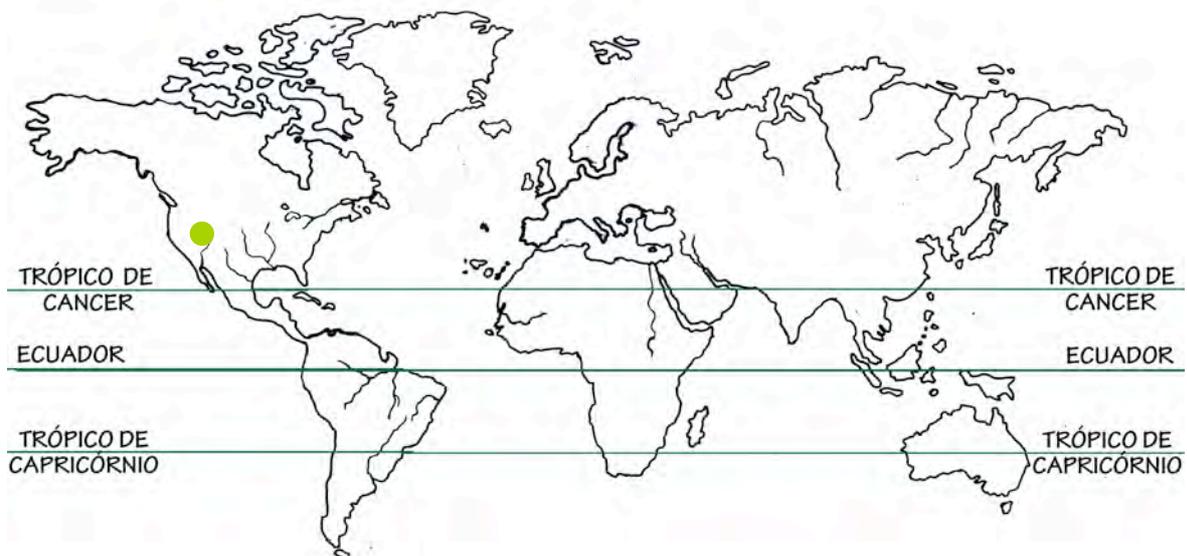


© <http://www.restauronline.com>

### Fuentes escritas

Doat et al., 1979; Houben & Guillaud, 1994;  
Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
COPAL DE MANILA

Matière:  
COPAL DE MANILLE

Organic matter:  
MANILA COPAL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas diterpénicas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Resina proveniente de la fosilización de los árboles <i>Vateria Indica L.</i> y <i>Agathis dammara</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Se trata de masas resinosas de diferentes tamaños a diluir en solventes
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, dureza, resistencia
<i>Función</i>	Hidrofugante, solidificadora, adhesiva

---

#### Datos descriptivos

---

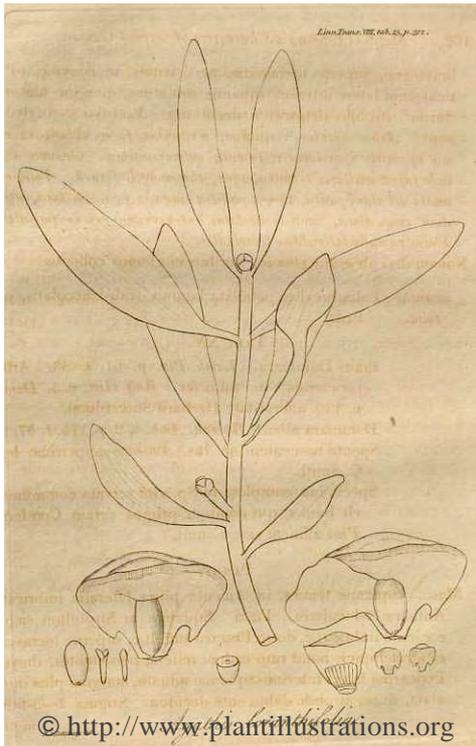
<i>Composición</i>	Ácido sandaracopimárico, ácido communico, ácido agathico
<i>Descripción</i>	Presenta una superficie rugosa de coloración más o menos oscura. Posee un punto de fusión entre 103° y 120°
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

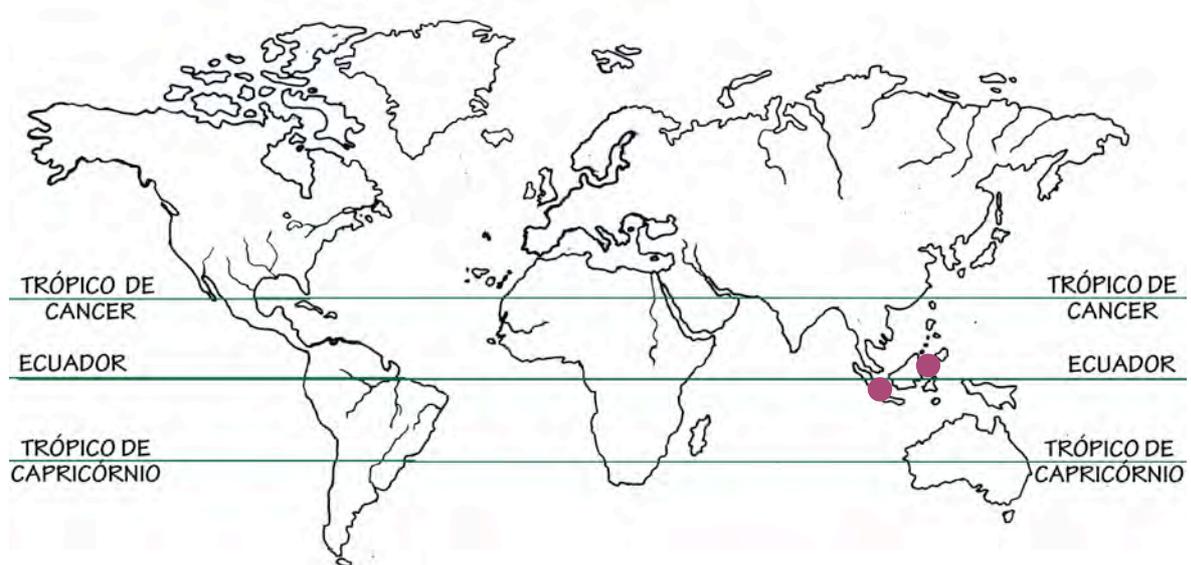
Los mejores tipos de copal son los más caros.  
Resina dura conformada por veinte átomos de carbono y cuatro unidades de isopreno.  
Es la más dura de las resinas fósiles



## Fuentes escritas

Doat et al. 1979; Houben & Guillaud, 1994

## Localización geográfica



Materia:  
ESENCIA DE  
TREMENTINA

Matière:  
ESSENCE DE  
TEREBENTHINE

Organic matter:  
ROSIN,  
TURPENTINE OIL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas monoterpénicas
<i>Otras denominaciones</i>	Aceite o esencia de trementina, trementina de goma, aguarrás

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Savia resinosa procedente de las especies <i>Pinaceas</i> , coníferas y similares
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Destilación de la savia. Parte volátil extraída de la colofonia
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, evita proliferación bacterias, resistencia, dureza
<i>Función</i>	Hidrofugante, repelente insectos, adhesiva, solidificador

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Moléculas diterpénicas entre las que predomina el ácido abiético
<i>Descripción</i>	Líquido graso, incoloro y de agradable olor. Aquellas procedentes del abeto albar y del alerce son consideradas trementinas “finas”
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en un amplio rango de solventes

---

#### Miscelánea

---

Materia quebradiza con tendencia a amarillear y a aumentar su higroscopicidad a medida que envejece debido a sus dobles enlaces.  
Activador del secado en aceites vegetales, muy usado en la obtención de barnices mezclándolo con aceites



---

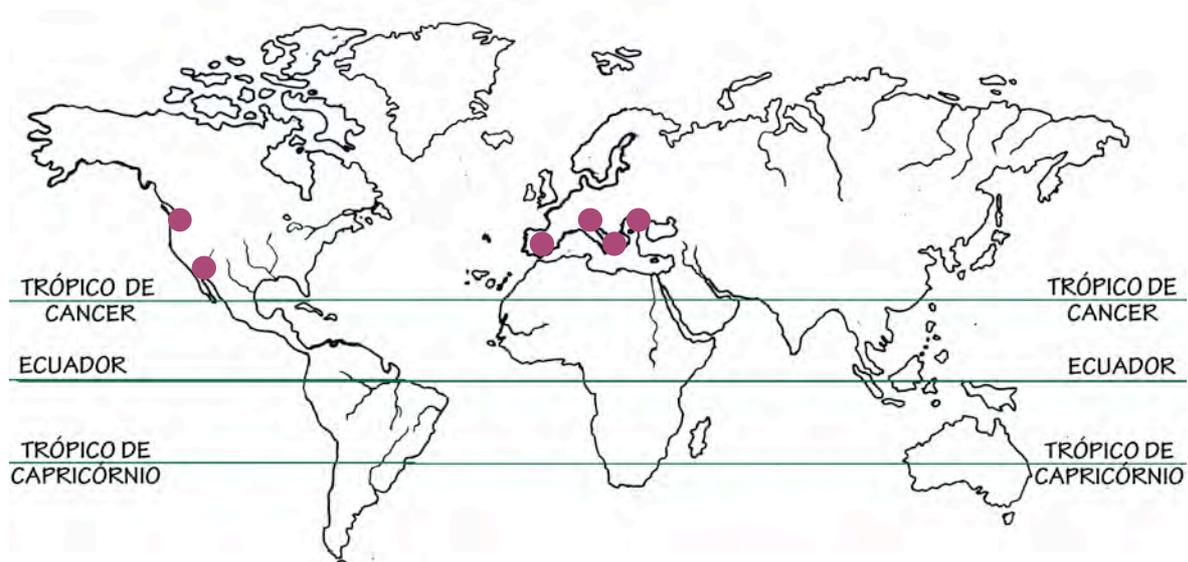
### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005

---

### Localización geográfica

---



Materia:  
GOMA ARÁBIGA

Matière:  
GOMME ARABIQUE

Organic matter:  
GUM ARABIC

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Osas
<i>Otras denominaciones</i>	Goma de acacia

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Exudado de especies de acacia denominadas según su procedencia, como la <i>Acacia Senegal</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Disolver la goma previamente machacada en agua caliente y dejar reposar
<i>Proporciona</i>	Dureza, docilidad, resistencia, estabilidad
<i>Función</i>	Solidificadora, fluidizante, adhesiva, emulsionante

---

### Datos descriptivos

---

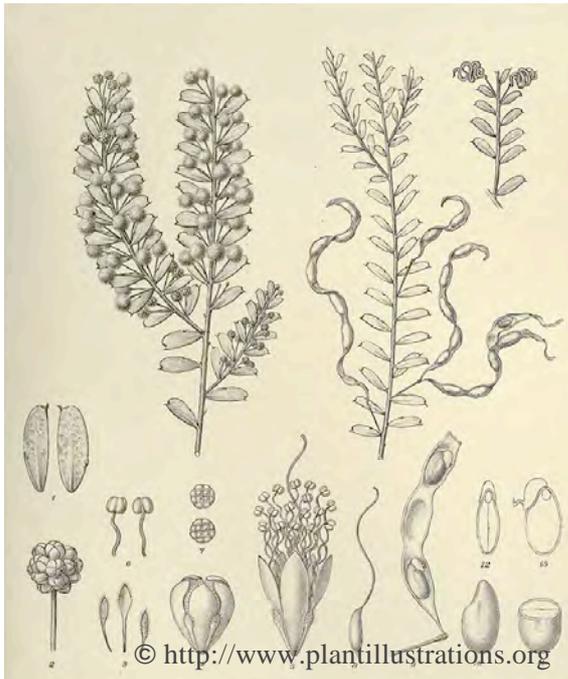
<i>Composición</i>	Ramnosa, arabinosa, galactosa y ácido galacturónico
<i>Descripción</i>	Secreción resinosa de árboles o arbustos. Alto peso molecular, forma con el agua una solución viscosa que aumenta su peso un 50%. Susceptible a la descomposición; alta higroscopicidad que desciende al mezclarse con miel y glicerina
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en alcohol y en la mayoría de los solventes orgánicos

---

### Miscelánea

---

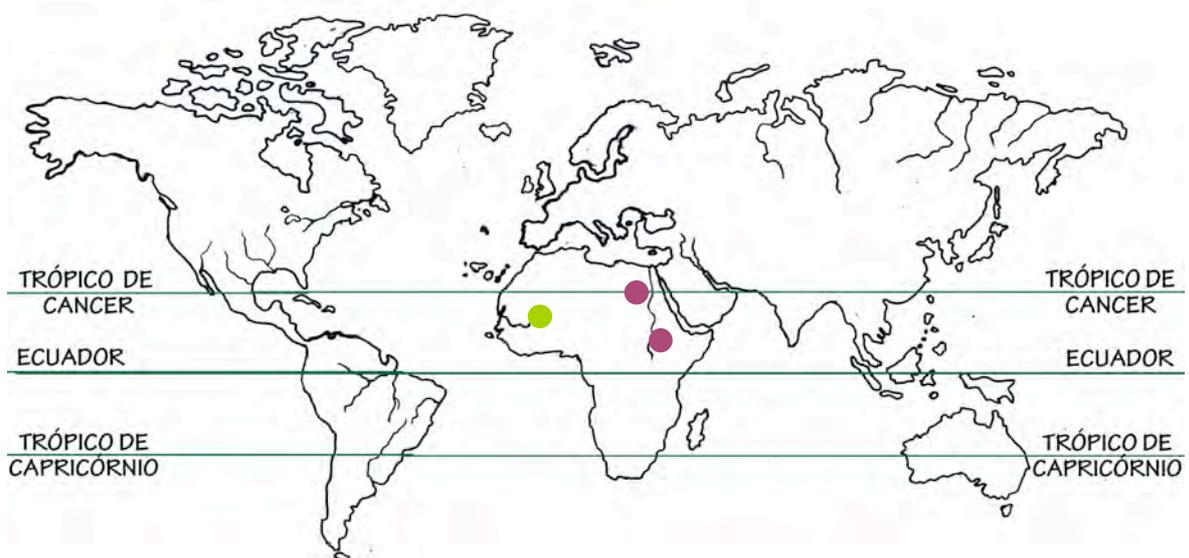
Medio empleado en la fabricación de tintas y pinturas al agua. Espesativo, estabilizador de emulsiones, aglutinante de partículas y adhesivo de textiles e insectos.  
Uso en farmacia y alimentación



### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Gárate, 2002; Ontiveros, 2001; Houben & guillaud, 1994; Doat et al., 1979; Wolfskill et al., 1963

### Localización geográfica



Materia:  
GOMA LACA

Matière:  
GOMME LAQUE

Organic matter:  
SHELLAC

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas naturales
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Insecto hembra <i>Coccus lacca</i> , <i>Taccardia lacca</i> o <i>Lucifer lacca</i> que infesta con su resina los árboles
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	La resina depositada en los árboles puede formar capas de 2 cm. de espesor. La masa bruta es purificada
<i>Proporciona</i>	Resistencia, dureza
<i>Función</i>	Adhesivo de partículas, solidificadora

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	30 - 40% ácido aleurítico combinado con ácidos sesquiterpenos
<i>Descripción</i>	Comercializada en forma de láminas irregulares o escamas de coloración desde el amarillo al ámbar, y desde el naranja hasta el pardo
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en alcohol, ácido formico, acético, láctico y piridina. Insoluble en hidrocarburos. Puede volverse soluble en agua tratándola con álcalis

---

#### Miscelánea

---

Única resina de origen animal, sensible a la humedad. Conocida desde muy antiguo, se importa a Europa a partir de 1800, donde se usa como barniz de muebles, de objetos de madera y protector del pan de oro en hojas



### Fuentes escritas

Houben & Guillaud, 1994

### Localización geográfica



Materia:  
GRASA

Matière:  
GRAISSE

Organic matter:  
FAT

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas sólidas
<i>Otras denominaciones</i>	Sebo

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Tejido adiposo animal
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	La grasa extraída del animal es triturada y hervida en agua hasta que se deposite en la superficie, momento en el que se separa
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, estabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante, emulsionante

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Mezcla de ésteres de ácidos grasos y cadenas largas de alcoholes
<i>Descripción</i>	Aspecto sólido viscoso de coloración amarillo-marrón claro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

### Miscelánea

---

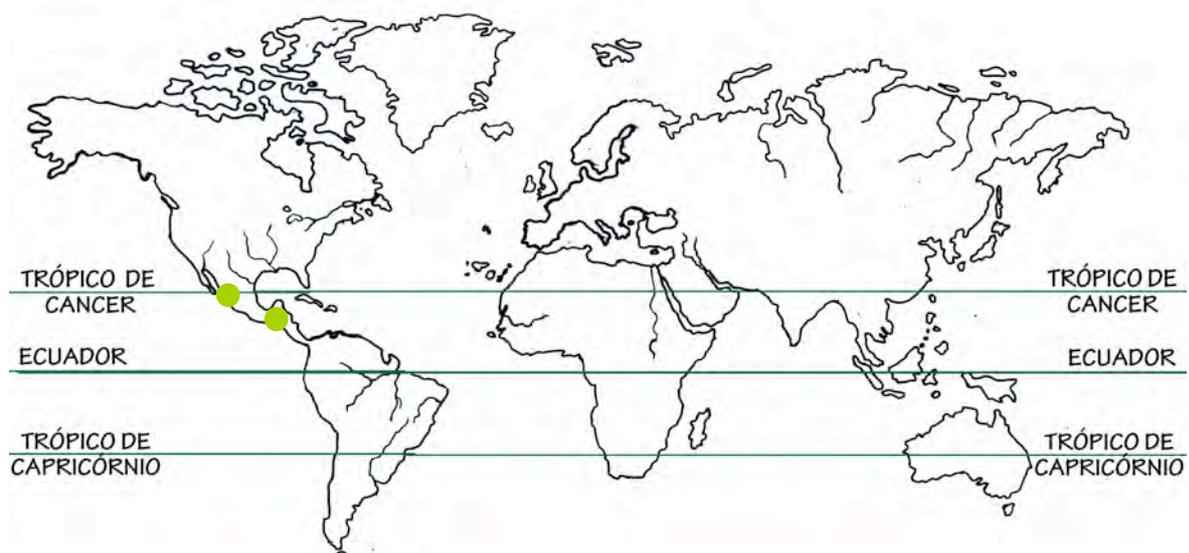
Empleada como consolidante en el siglo XIX para preservar los objetos de metal: la lanolina, grasa procedente de la lana, ha sido utilizada durante siglos por sus propiedades inhibidoras de la corrosión



### Fuentes escritas

Castilla Pascual, 2004; Gárate, 2002; Guerrero, 2007

### Localización geográfica



Materia:  
HARINA

Matière:  
FARINE

Organic matter:  
FLOUR

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Sencillos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos polisacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Fécula

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Molienda de cereales
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Hervir la harina en agua sin dejar de remover hasta obtener una consistencia lechosa
<i>Proporciona</i>	Dureza, docilidad, resistencia, estabilidad
<i>Función</i>	Solidificadora, fluidizante, adhesiva, emulsionante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Depende del tipo de harina, pero está constituida básicamente de amilosa y amilopectina
<i>Descripción</i>	Polvo de color blanquecino a marrón claro. El contenido en gluten de las harinas les otorga una rápida degradación, con tendencia a la pudrición
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en agua fría; con capacidad de absorberla y retenerla formando soluciones viscosas

---

#### Miscelánea

---

La cola de harina mejora los embarrados que contienen abundancia de limos, remplazando a la arcilla en suelos con poca variedad de granos. Las más empleadas son la harina de centeno (*Hordeum vulgare*), que mejora la trabajabilidad del revoco, y la de trigo (*Triticum vulgare*); en Japón se usa la harina de arroz



### Fuentes escritas

Didier-Feltgen, 2005; Doat et al., 1979; Gárate, 2002; Marangoni, 2007; Minke, 2009, 2014; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
JABÓN

Matière:  
SAVON

Organic matter:  
SOAP

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas sólidas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Saponificación de un ácido graso en un álcali
<i>Aplicación</i>	En superficie
<i>Forma de preparación</i>	Hervido y agitado de la grasa en agua con hidróxido de sodio o de potasio al que se le añade posteriormente sal
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Triglicéridos y álcalis
<i>Descripción</i>	En el caso del jabón negro, se trata de una pasta viscosa de coloración oscura
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo e hidrófilo

---

### Miscelánea

---

El jabón negro es muy empleado en la técnica de revoco marroquí "tadelakt". Usado en la superficie final para sellar los poros del muro y protegerlo de la presencia de agua, dado que es muy utilizado en los baños o *hammams*



© Díaz. I.

### Fuentes escritas

Boussalh et al., 2004; Daddis, 2007; Didier Feltgen, 2005; Gárate, 2002; Reichel et al., 2004

### Localización geográfica



Materia:  
JABÓN DE PEUHL

Matière:  
SAVON DE PEUHL

Organic matter:  
PEUHL'S SOAP

#### Datos generales

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Complejas
<i>Subgrupo</i>	Fosfoproteínas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

#### Datos funcionales

<i>Extracción</i>	Leche de ganado transformada en requesón
<i>Aplicación</i>	En superficie / en masa
<i>Forma de preparación</i>	Remojar ceniza de mijo o sorgo en bastante agua en un recipiente compacto y filtrar. El líquido resultante (agua de potasa) se hierve hasta la reducción al 50% de su volumen. Añadir manteca y cocer durante 3 o 4 horas a fuego alto, reduciéndolo al fin de la cocción hasta que se convierta en una pasta. Enfriar a temperatura ambiente y modelar en forma de bolas rociando agua
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, estabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante, emulsionante

#### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	Triglicéridos y álcalis
<i>Descripción</i>	Pasta sólido-viscosa de coloración oscura
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo e hidrófilo

#### Miscelánea

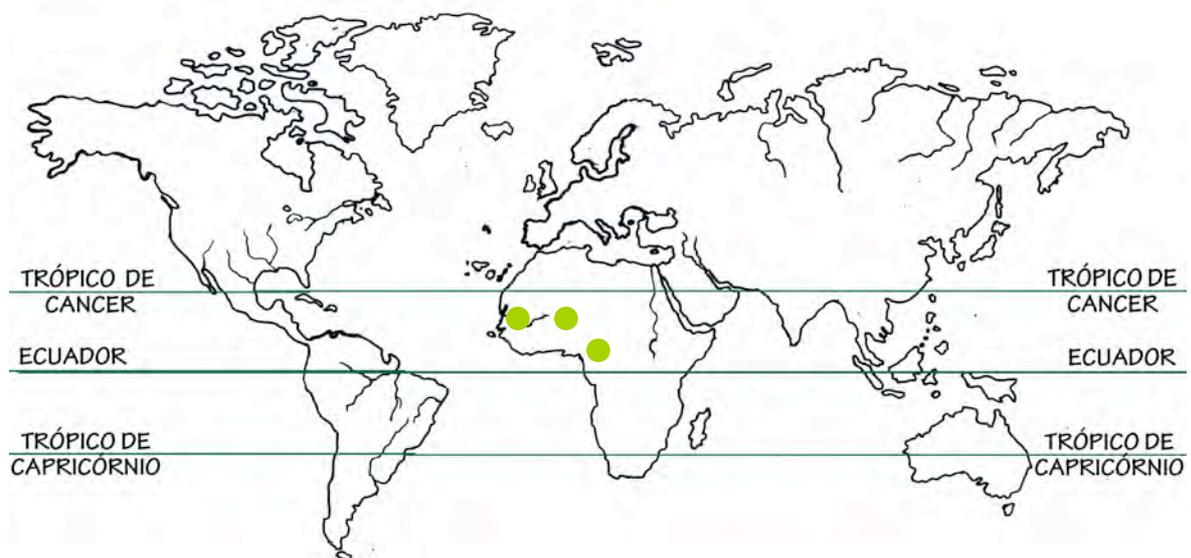
Jabón utilizado normalmente en el cuidado corporal y del cabello de los pueblos Peulh, Targui y Maures de Burkina Faso, Níger y Camerún



### Fuentes escritas

Doat et al.1979

### Localización geográfica



Materia:  
LÁTEX

Matière:  
LATEX

Organic matter:  
RUBBER LATEX

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Gomorresinas
<i>Otras denominaciones</i>	Látex de goma

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Plantas, arbustos o árboles procedentes en su mayoría de la familia de las <i>Euforbiaceae</i> y <i>Moraceae</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Sangrado efectuado mediante cortes en el tronco de la planta, dejando manar su jugo
<i>Proporciona</i>	Dureza, impermeabilidad, evita la proliferación de bacterias
<i>Función</i>	Solidificador, hidrofugante, repelencia de insectos

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Heterogeneidad de componentes tales como gomas, terpenos y ceras entre otros
<i>Descripción</i>	Líquido viscoso de coloración blanquecina con olor penetrante.
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en hidrocarburos aromáticos

---

### Miscelánea

---

Purgante y analgésico de uso externo. Plinio el Viejo recomendaba su uso para envenenar flechas y contrarrestar el veneno de las serpientes.

El látex de higuera (*Moraceae*) era usado en el arte antiguo como preservativo, aumentador de la resistencia y la flexibilidad



### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Doat et al.,1979;  
Minke, 2014, 2009

### Localización geográfica



Materia:  
LECHE

Matière:  
LAIT

Organic matter:  
MILK

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Simples
<i>Subgrupo</i>	Globulares
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Glándulas mamarias de hembras mamíferas
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Emulsionar en el agua a añadir al barro
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, docilidad, resistencia
<i>Función</i>	Hidrofugante, fluidizante, adhesiva

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Albúminas, como la lactoalbúmina
<i>Descripción</i>	Líquido semi-denso de coloración blanquecina
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Soluble en solventes polares

---

#### Miscelánea

---

En el noroeste argentino se ha empleado incluso la leche en polvo en la ejecución de revocos de barro.

Igualmente en Canarias se conoce el empleo del beletén o calostro mezclado con cal en la producción de revocos

---

#### Fuentes escritas

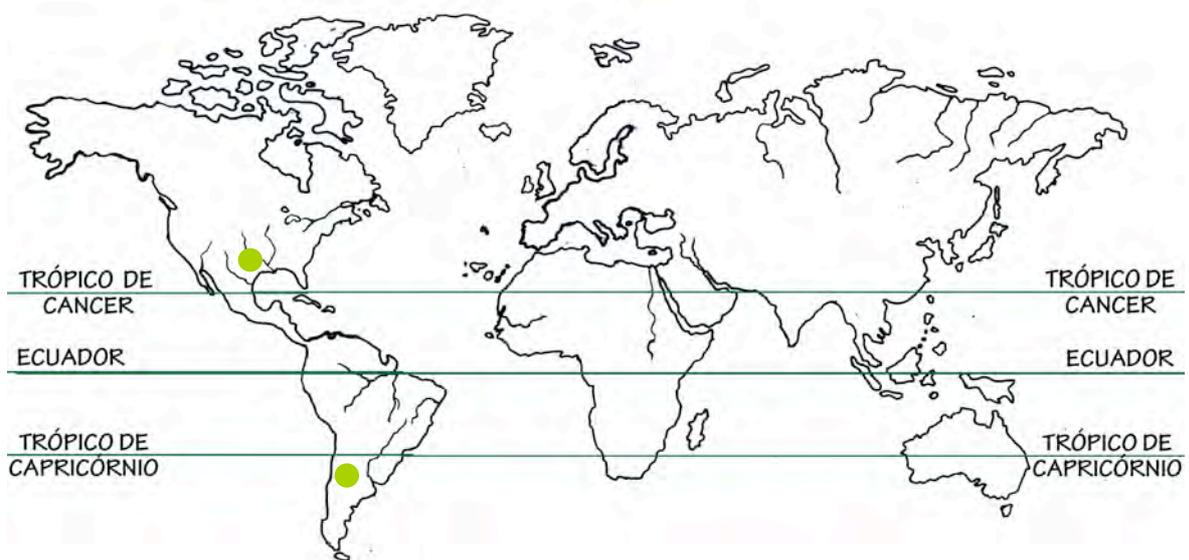
---

Gárate, 2002; Guerrero, 2007; Marangoni, 2007;  
Ontiveros, 2001



© Díaz, I.

## Localización geográfica



Materia:  
LICOR DE PALMA

Matière:  
LIQUEUR DE PALME

Organic matter:  
PAM LIQUOR

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Gomorresinas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Sangrado de la parte superior de la palmera aceitera <i>Elaeis guineensis</i> , familia de las <i>Arecaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Incisión en el cogollo más alto de la palmera aceitera a la que se le coloca un recipiente para recoger la savia. Posteriormente se deja fermentar en un lugar fresco
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, resistencia, evita proliferación bacterias, dureza, docilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante, adhesiva, repelencia insectos, solidificadora, fluidizante

---

#### Datos descriptivos

---

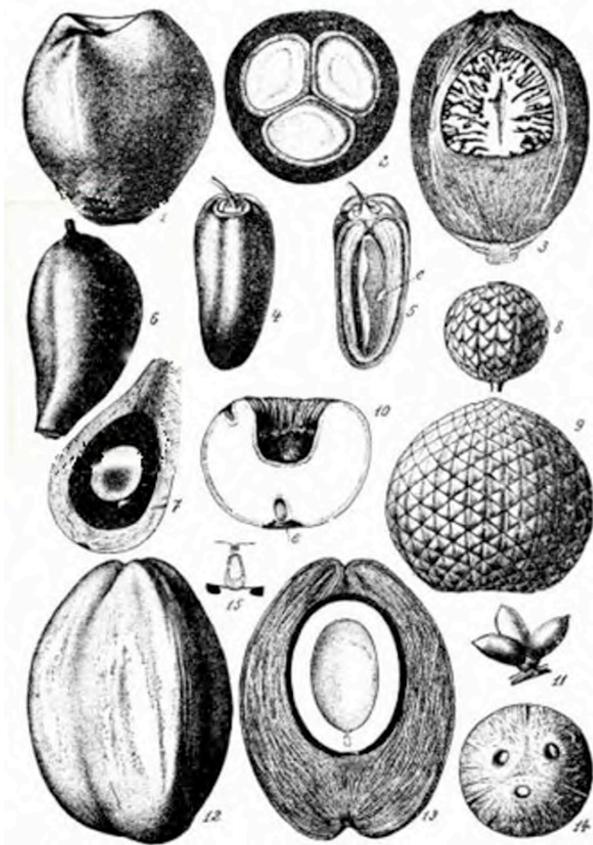
<i>Composición</i>	Heterogeneidad de componentes tales como gomas, terpenos y ceras entre otros
<i>Descripción</i>	Líquido espeso de color blanquecino
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

---

#### Miscelánea

---

El licor de palma fue mezclado con otros compuestos como clara de huevo, suero, cal y cemento en la realización de ladrillos de tierra en Auroville, India. Viera y Clavijo alude a “la savia vinosa fermentable [...] lisonjea el paladar” refiriéndose a esta sustancia

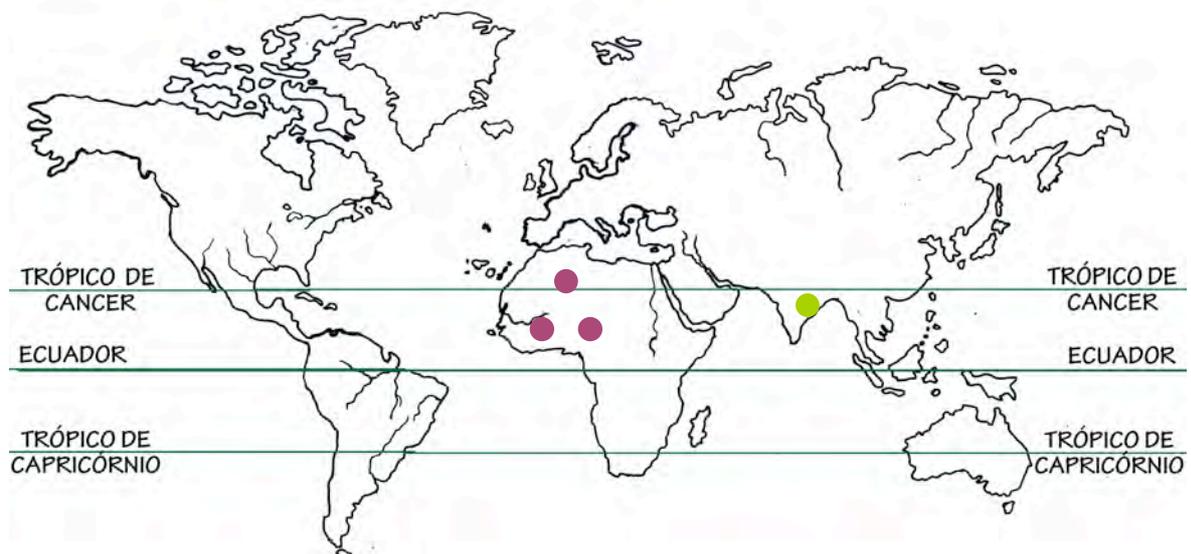


© <http://lurig.altervista.org>

### Fuentes escritas

Houben & Guillaud, 1994; Minke, 2009

### Localización geográfica



Materia:  
MACHETE

Matière:  
WALLABA

Organic matter:  
ICE CREAM  
BEAN

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas naturales
<i>Otras denominaciones</i>	En Venezuela se denomina <i>palo machete</i> ; en la amazonía brasileña se conoce como <i>apuzeiro</i> o <i>espadeira</i> . Otros nombres son <i>guamá machete</i> o <i>guamá gigante</i>

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Exudado de árboles de la familia <i>Mimosaceae</i> , como la <i>Eperua falacata</i> , <i>Eperua grandiflora</i> , <i>Eperua rubiginosa</i> o <i>Inga spectabilis</i>
<i>Aplicación</i>	En superficie / en masa
<i>Forma de preparación</i>	Diluir la resina en el disolvente apropiado para volverla líquida y poder emplearla
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, evita proliferación bacterias, dureza, resistencia, docilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante, repelencia insectos, solidificadora, adhesiva, emulsionante

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Cadena muy larga de moléculas simples o moléculas polímeras muy complejas: composición cambiante
<i>Descripción</i>	Árbol de madera rojo oscuro de unos 14 m. de altura. Olor desagradable cuando el fruto se encuentra maduro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Insoluble en aceites y solventes orgánicos

---

### Miscelánea

---

Propiedades medicinales y gastronómicas, su corteza se emplea en la producción de taninos, mientras que el fruto del interior de sus vainas es comestible



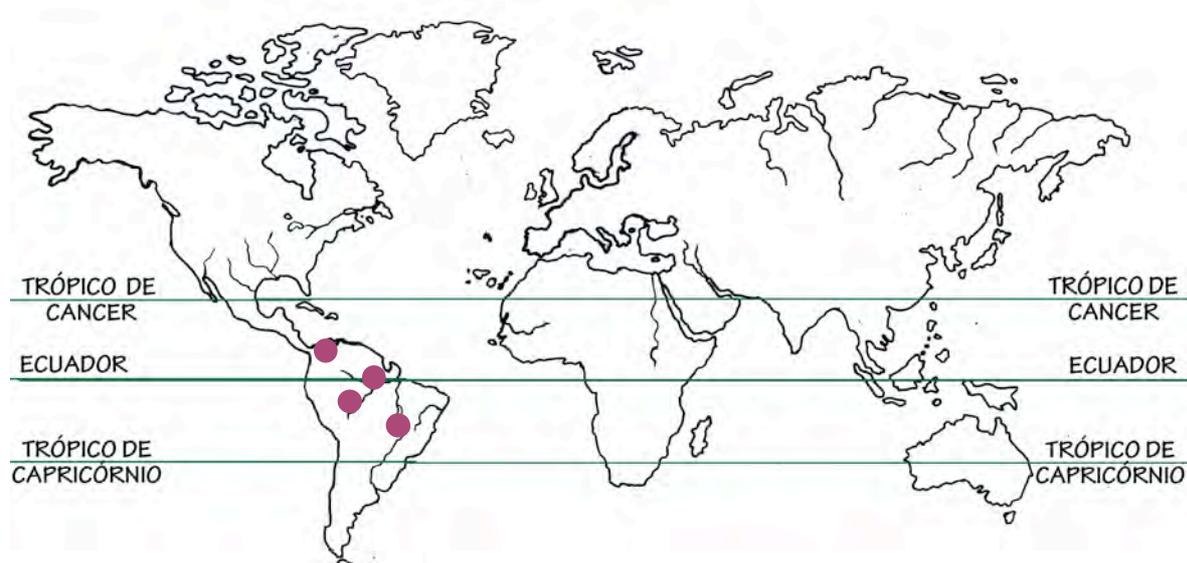
Fig. 76. *Inga spectabilis*

© <http://www.plantillustration.org>

## Fuentes escritas

Houben & Guillaud, 1994

## Localización geográfica



Materia:	Matière:	Organic matter:
MANTECA DE CARITÉ	BEURRE DE KARITÉ	SHEA BUTTER

#### Datos generales

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Glicéridos: triacilglicéridos
<i>Subgrupo</i>	Grasas sólidas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

#### Datos funcionales

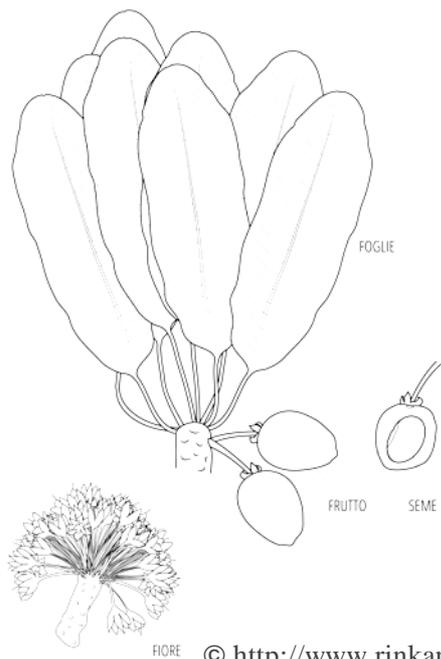
<i>Extracción</i>	Nueces del árbol africano <i>Vitellaria paradoxa</i> , procedente de la familia de las <i>Sapotaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Hervir en agua el fruto machacado. Se producirá un aceite que solidifica alrededor de los 37°C, formando una manteca.
<i>Proporciona</i>	Se emplea tanto en forma de aceite como en manteca Impermeabilidad, resistencia
<i>Función</i>	Hidrofugante, adhesiva

#### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	6% ácido palmítico, 25% ácido esteárico, 60% ácido oléico, 15% ácido linolénico
<i>Descripción</i>	Consistencia pastosa de tenue coloración amarilla, funde a 28°C, dando lugar a una sustancia de tipo aceitosa de coloración transparente
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo

#### Miscelánea

A la manteca de carité se le suele añadir la infusión de vainas de algarrobo en la realización de embarrados en África Occidental



© <http://www.rinkanat.com>

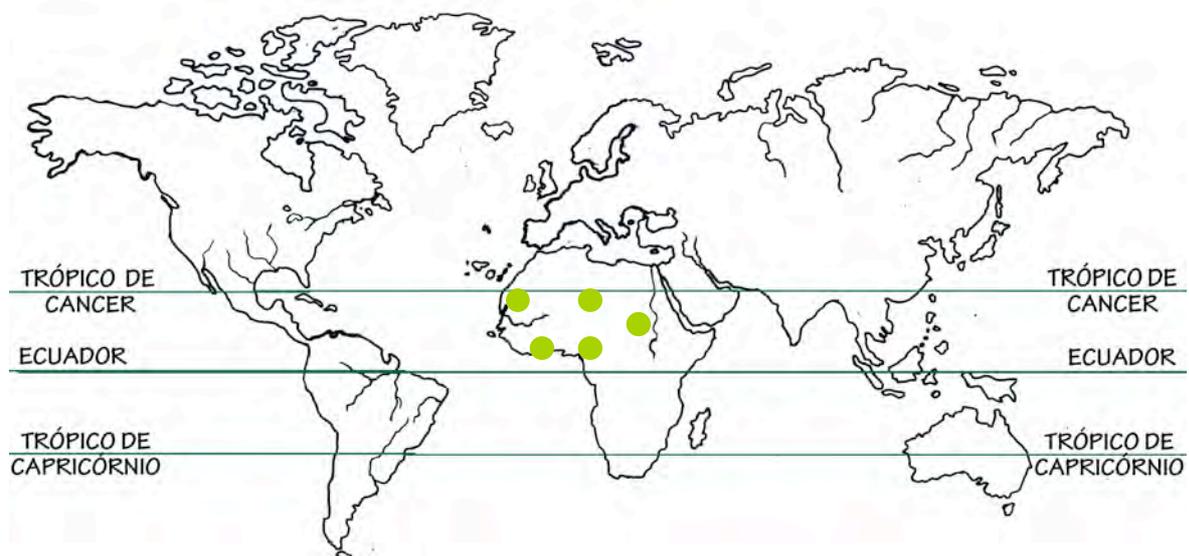


© <http://www.rinkanat.com>

## Fuentes escritas

Blier, 1994; Didier Feltgen, 2005; Doat et al., 1979;  
Ghana Museums, 2004; Joffroy & Djanguenane, 2005;  
Houben & Guillaud, 1994

## Localización geográfica



Materia:  
MELAZA

Matière:  
MÉLASSE

Organic matter:  
MOLASSE

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Sencillos
<i>Subgrupo</i>	Ósidos disacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Miel de caña, sirope, guarapo

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Sirope extraído de la <i>Saccharum officinarum</i> (Linneo), familia de las <i>Poaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Exprimir la caña para extraer la sacarosa agregando agua caliente. Evaporación y cristalización repetida del líquido obtenido
<i>Proporciona</i>	Dureza, docilidad
<i>Función</i>	Solidificadora, fluidizante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	60% sacarosa; 10% fructosa y 9% glucosa
<i>Descripción</i>	Líquido similar a la miel, de color marrón oscuro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo

---

#### Miscelánea

---

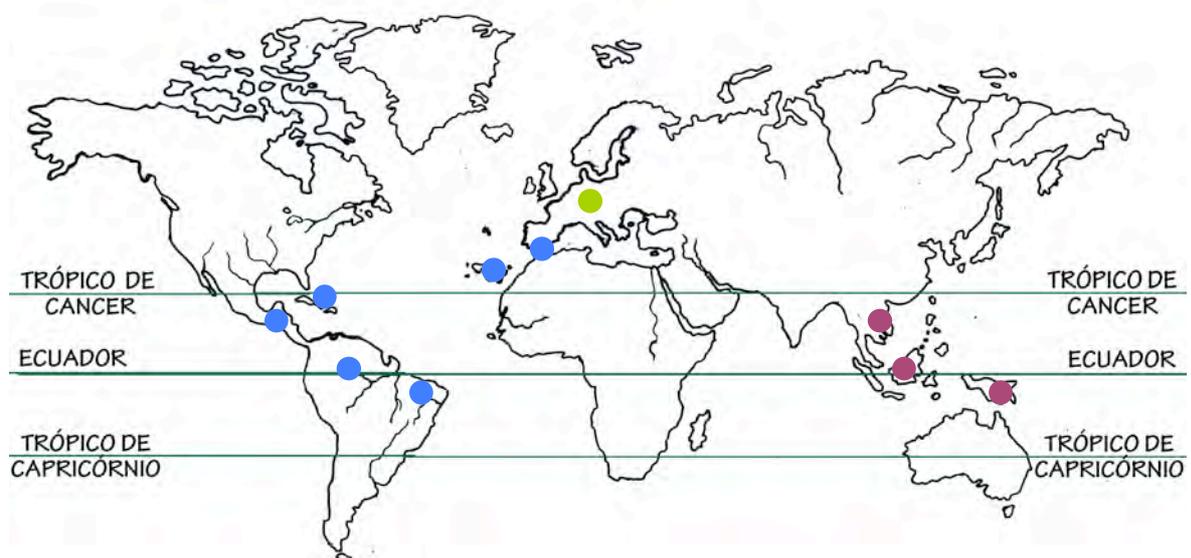
Empleada tradicionalmente junto a la clara de huevo en la iluminación de manuscritos y en pintura sobre tabla. La mezcla de almidón y melaza es empleada para mejorar la estabilidad en los revocos térreos



## Fuentes escritas

Gárate, 2002; Houben & Guillaud, 1994; Minke, 2009;  
Wojciechowska, 2001; Wolfskill et al. 1963

## Localización geográfica



Materia:  
NOPAL

Matière:  
FIGUE DE BARBARIE

Organic matter:  
CACTUS PEAR

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Polisacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Tuna, cactus opuntia, tunera, higuera chumba

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Pencas de la planta del género <i>Opuntia ficus indica</i> (Linneo), familia de las <i>Cactaceae</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Sacar las espinas de la penca y cortarla longitudinalmente en dos partes. Extraer la pulpa colocando el nopal sobre un tamiz y dejar que escurra durante un mínimo de 3 días para obtener toda la goma. Emplear a temperatura ambiente, realizando una emulsión en el agua a añadir junto al barro
<i>Proporciona</i>	Dureza, docilidad, hidrofugante, evita proliferación de bacterias
<i>Función</i>	Solidificadora, fluidizante, impermeabilidad, repelencia insectos

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Ácidos poliurónicos: presencia de los monosacáridos ramnosa, galactosa, arabinosa y xilosa
<i>Descripción</i>	Planta de hoja oval, plana, cubierta de espinas cuyo fruto sale antes que la flor. Su jugo es un líquido viscoso transparente con una tonalidad verde clara e inodoro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. En presencia de agua se hincha, pero no se disuelve completamente. Su capacidad de absorber y retener agua le permite formar soluciones coloidales

---



---

### Miscelánea

Empleado en la consolidación de superficies de yacimientos arqueológicos del Perú y México y como aditivo de pinturas a la cal.

Uso frecuente en la gastronomía mejicana.

Planta forrajera empleada en Canarias en la producción de cochinilla

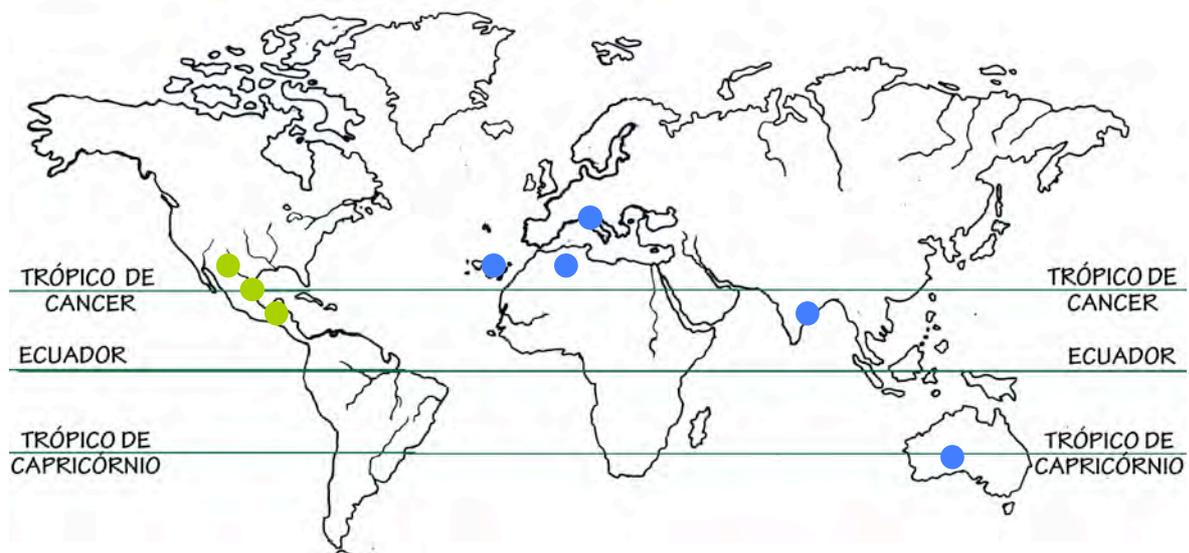
---

### Fuentes escritas

Castilla Pascual, 2004; Doat et al., 1979; Guerrero, 2011, 2007; Martínez-Camacho, 2007, 2008; Minke, 2014; Pérez, 2009; Ríos, 2009; Stulz & Mukerji, 1993; Vargas et al., 1986; Van Legen, 1982; Wojciechowska, 2001

---

### Localización geográfica



Materia:  
RESINA

Matière:  
RÉSINE

Organic matter:  
RESIN

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Lípidos
<i>Grupo</i>	Estéridos
<i>Subgrupo</i>	Resinas naturales
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Secreción natural de la savia de coníferas y leguminosas
<i>Aplicación</i>	En superficie / en masa
<i>Forma de preparación</i>	Extracción de la secreción arbórea y diluir en solventes
<i>Proporciona</i>	Dureza, impermeabilidad, evita la proliferación de bacterias, resistencia, docilidad
<i>Función</i>	Solidificadora, hidrofugante, repelencia de insectos, adhesiva, fluidizante

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Cambiante: cadenas muy largas de moléculas simples o moléculas polímeras muy complejas
<i>Descripción</i>	Secreciones endurecidas de los árboles. Son sólidos duros, vítreos y no cristalinos que al aumentar la temperatura se reblandecen
<i>Solubilidad</i>	Hidrófobo. Soluble en hidrocarburos, ésteres, alcoholes, cetonas y aceites

---

### Miscelánea

---

Si la secreción es viscosa, contendrá aceites, denominándose bálsamo.

Conocida desde las dinastías egipcias, han sido empleadas como aglutinantes pictóricos y lacas en el Imperio Chino



### Fuentes escritas

Gárate, 2002; Houben & Guillaud, 1994; Stulz & Mukerji, 1993; Wolfskil et al., 1963

### Localización geográfica



Materia:  
SANGRE

Matière:  
SANG

Organic matter:  
BLOOD

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Complejas
<i>Subgrupo</i>	Hemoproteínas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Mataderos de animales
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Emplear a temperatura ambiente, realizando una emulsión con el agua a añadir al barro
<i>Proporciona</i>	Resistencia, dureza, docilidad
<i>Función</i>	Adhesiva, solidificadora, fluidizante

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Plasma en mayor proporción , junto a glóbulos rojos, blancos y plaquetas
<i>Descripción</i>	Aspecto líquido de color rojo oscuro o morado
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo

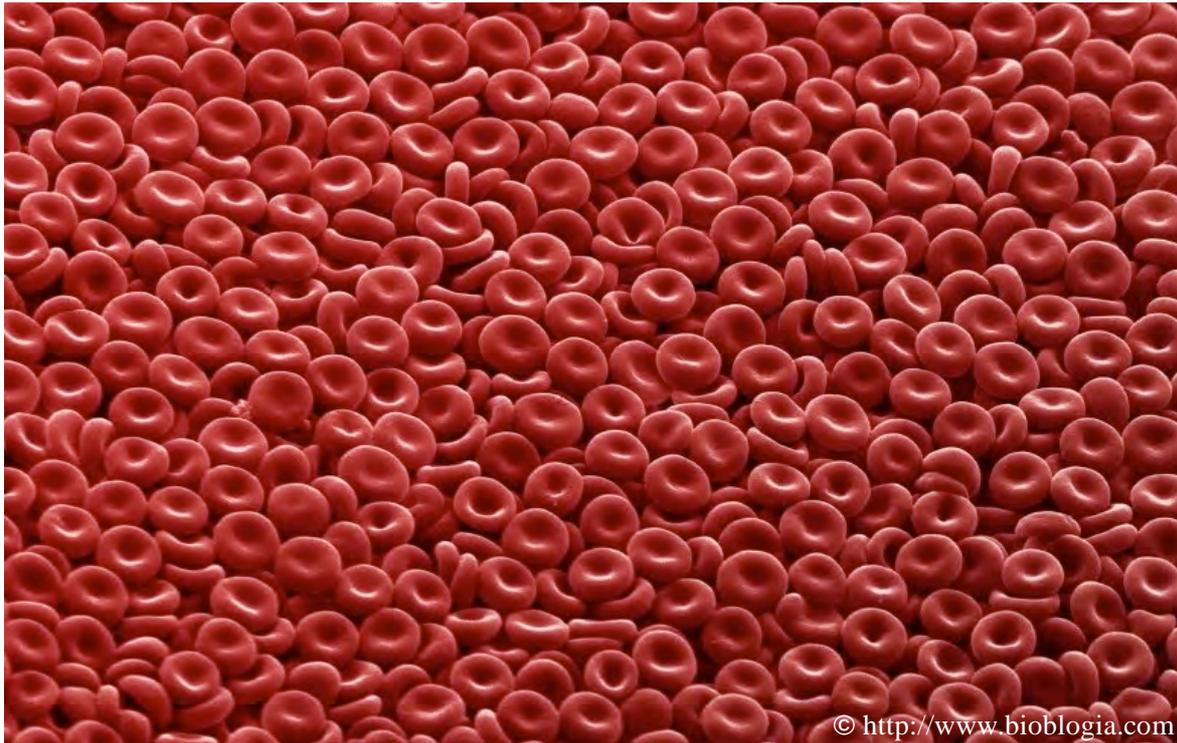
---

### Miscelánea

---

La sangre de buey, empleada en la fabricación del azul de Prusia en la antigüedad, es nombrada por Dioscórides por su capacidad para disipar y ablandar durezas.

De igual modo, los romanos clásicos empleaban la sangre mezclada con cal en la realización de revocos



© <http://www.bioblogia.com>

### Fuentes escritas

Castilla Pascual, 2004; Didier-Feltgen, 2005; Doat et al., 1979; Gárate, 2002; Minke, 2009; Reichel et al., 2004; Ríos, 2009; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



Materia:  
SUERO

Matière:  
PETIT - LAIT

Organic matter:  
BUTTER - MILK

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Complejas
<i>Subgrupo</i>	Fosfoproteínas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Durante el proceso de coagulación de la leche mientras se realiza el queso o la caseína. Es considerado un desecho
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Emplear a temperatura ambiente, realizando una emulsión con el agua a añadir al barro
<i>Proporciona</i>	Docilidad, estabilidad
<i>Función</i>	Fluidizante, emulsionante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	94% agua, proteínas y grasas
<i>Descripción</i>	Líquido turbio de tonalidad amarillenta y sabor ácido
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo

---

#### Miscelánea

---

En Paraguay se emplea el suero de queso en la técnica de embarrado denominada “azotada”

---

#### Fuentes escritas

---

Castilla Pascual, 2004; Houben & Guillaud, 1994; Minke, 2009; Ríos, 2009



## Localización geográfica



Materia:  
TANINO

Matière:  
TANNIN

Organic matter:  
TANNIN

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Osas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Corteza de troncos de árboles ya talados procedentes de la familia de las <i>Anacardiaceae</i> como el quebracho, de las <i>Fagaceae</i> , como el castaño y <i>Fabaceas</i> como la acacia. La excepción del alcornoque, <i>Quercus suber</i> , cuya corteza se puede extraer del árbol vivo
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Decocción en agua de la corteza de madera de árboles extraída en primavera
<i>Proporciona</i>	Dureza, impermeabilidad, resistencia
<i>Función</i>	Solidificadora, hidrofugante, adhesiva

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Derivados de ácidos gálico y elágico
<i>Descripción</i>	Aspecto sólido viscoso de coloración amarillo-marrón claro
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo

---

### Miscelánea

---

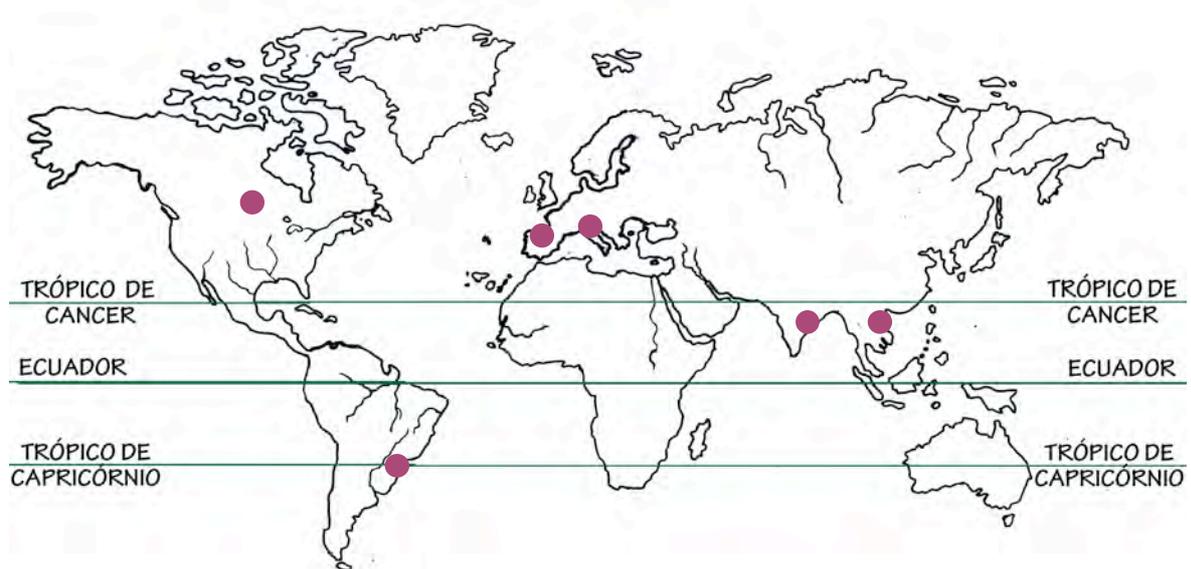
Empleado en la consolidación de objetos de madera empapados en agua.  
Una de sus propiedades más valiosas es la de impedir el proceso natural de pudrición de las pieles



### Fuentes escritas

Didier Feltgen, 2005; Gárate, 2002; Houben & Guillaud, 1994; Viñuales, 1981; Wolfskill et al., 1963

### Localización geográfica



Materia:  
TIERRA DE  
HORMIGUERO

Matière:  
TERRE DE  
TERMITIÈRE

Organic matter:  
TERMITES  
HILL

#### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Sencillos
<i>Subgrupo</i>	Polisacáridos
<i>Otras denominaciones</i>	Tierra de termitero

---

#### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Montículos de tierra situados en el suelo de zonas mayoritariamente boscosas, constituyendo la entrada a viviendas subterráneas
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Añadir a la mezcla de revoco
<i>Proporciona</i>	Resistencia, impermeabilidad
<i>Función</i>	Adhesiva, hidrofugante

---

#### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	Mezcla de encimas, lignocelulosa y proteínas junto a muchos micronutrientes
<i>Descripción</i>	Producto sólido y compacto
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en alcohol y en esencia de trementina

---

#### Miscelánea

---

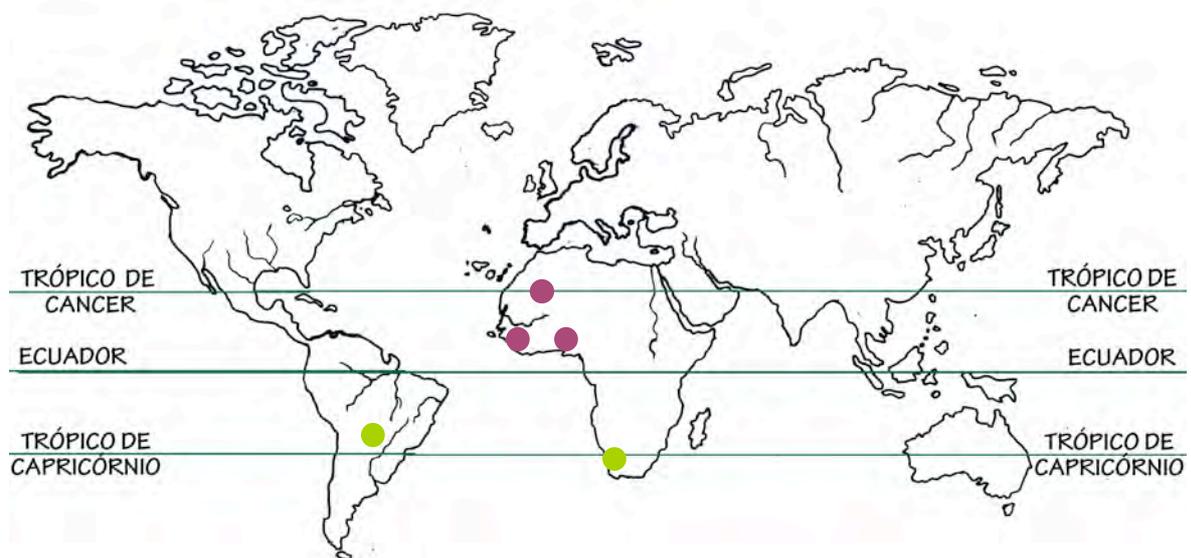
Son empleados en la construcción con tierra tanto la tierra extraída de hormigueros como de termiteros



### Fuentes escritas

Pereira, 2008; Joffroy & Djanguenane, 2005;  
Wojciechowska, 2001; Viñuales, 1981; Stulz & Mukerji,  
1993

### Localización geográfica



Materia:  
VAINAS DE ALGARROBO

Matière:  
CAROUBIER, NERÉ

Organic matter:  
CAROB

### Datos generales

<i>Origen</i>	Vegetal
<i>Clasificación</i>	Glúcidos
<i>Grupo</i>	Mixtos
<i>Subgrupo</i>	Osas
<i>Otras denominaciones</i>	Garrofo, garrobo, algarroba

### Datos funcionales

<i>Extracción</i>	Vainas procedentes de árboles de la familia de las <i>Fabaceae</i> , como la <i>Ceratonia siliqua</i> en Europa, <i>Hymenaea courbaril</i> en América y <i>Parkia biglobosa</i> en África
<i>Aplicación</i>	En masa y en superficie
<i>Forma de preparación</i>	Se cortan las vainas y se hierven hasta que pierda agua. Se extraen las vainas y se deja decantar el líquido. Previamente, se deben dejar en maceración una noche
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, estabilidad, resistencia
<i>Función</i>	Hidrofugante, emulsionante, adhesiva

### Datos descriptivos

<i>Composición</i>	Manosa y galactosa
<i>Descripción</i>	La vaina del árbol del algarrobo, de 10 a 30 cms, de largo, poseen un color marrón oscuro al madurar, conteniendo junto a las semillas del interior una pulpa jugosa de coloración anaranjada
<i>Solubilidad</i>	Hidrófilo. Insoluble en agua, pero con capacidad de absorberla y retenerla, formando soluciones viscosas

### Miscelánea

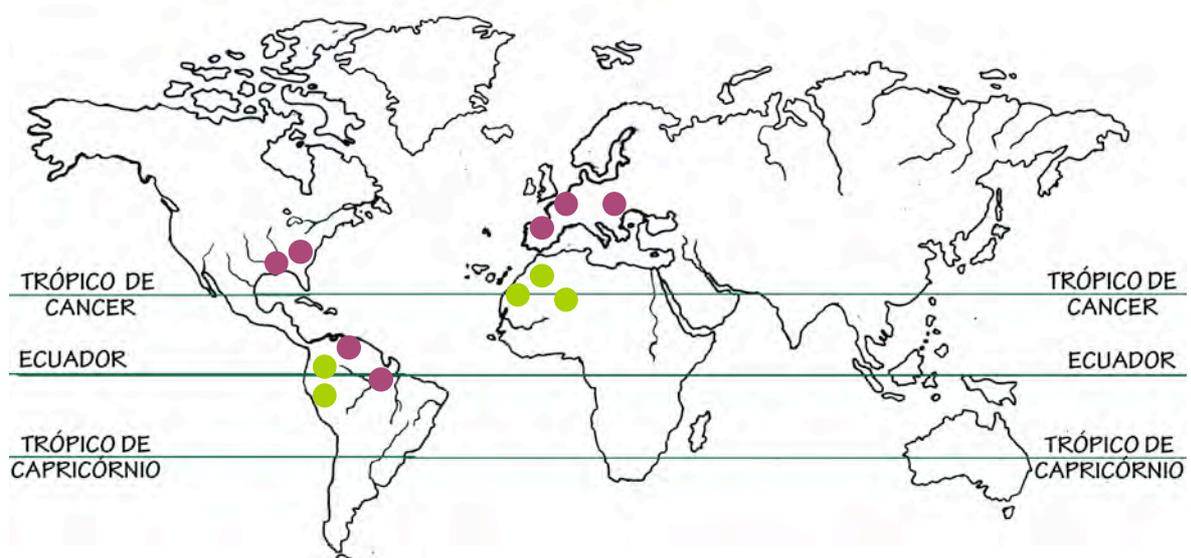
Empleado a modo de barniz mezclado con estiércol en las viviendas decoradas de Burkina Faso.  
En Canarias, se frota las liñas de pesca para prevenir con su resina la degradación producida por la mar



### Fuentes escritas

Blier, 1994; Bourdier & Trinh, 2005; Didier Feltgen, 2005; Djanguenane, 2005; Doat et al., 1979; Fontaine & Anger, 2009; Joffroy & Oumarou et al., 2005; Keré, 1995; Vargas et al., 1989

### Localización geográfica



Materia:  
YEMA

Matière:  
JAUNE D'ŒUF

Organic matter:  
YOLK

### Datos generales

---

<i>Origen</i>	Animal
<i>Clasificación</i>	Proteínas
<i>Grupo</i>	Complejas
<i>Subgrupo</i>	Fosfoproteínas
<i>Otras denominaciones</i>	-- --

---

### Datos funcionales

---

<i>Extracción</i>	Puesta del <i>Gallus domesticus</i>
<i>Aplicación</i>	En masa
<i>Forma de preparación</i>	Batir y añadir a la mezcla
<i>Proporciona</i>	Impermeabilidad, dureza, estabilidad
<i>Función</i>	Hidrofugante, adhesiva, emulsionante

---

### Datos descriptivos

---

<i>Composición</i>	50% agua, 15% albúmina, 22% aceite graso, 10% lecitina
<i>Descripción</i>	Parte amarilla del interior de huevos de animales ovíparos
<i>Solubilidad</i>	Hifrófobo

---

### Miscelánea

---

En la pintura al temple se le añadía unas gotas de vinagre o de látex de higo como materias antifermento, lo que proporcionaba fluidez a la mezcla y retrasaba el proceso de secado.

En la técnica de revocos marroquí denominada *taddelakt*, se empleaba originariamente yema de huevo como sustancia impermeable que dotaba de dureza a la superficie



### Fuentes escritas

Boussalh et al., 2004; Daddis, 2007; Didier Feltgen, 2005; Guerrero, 2007; Ontiveros, 2001; Wojciechowska, 2001

### Localización geográfica



## CUADROS RESUMEN

SUSTANCIA	ORIGEN	FAMILIA	APLICACIÓN	FUNCIÓN
<i>Aceite de algodón</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de cañamo</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de ceiba</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de coco</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de girasol</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de lino</i>	V	Lípidos	S y M	Hidrofugante
<i>Aceite de oliva</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de palma</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Aceite de ricino</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Ágave</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, adhesiva
<i>Almidón</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, fluidizante, adhesiva
<i>Aloe</i>	V	Glúcidos	En masa	Adhesiva, emulsionante, solidificadora
<i>Banano</i>	V	Glúcidos	En masa	Hidrofugante, emulsionante, solidificadora
<i>Caña de azúcar</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, emulsionante, fluidizante, adhesiva
<i>Caseína</i>	A	Proteínas	S y M	Solidificadora, hidrofugante, fluidizante, adhesiva
<i>Cera de abejas</i>	A	Lípidos	En superficie	Adhesiva, hidrofugante
<i>Cera de carnaúba</i>	V	Lípidos	En superficie	Adhesiva, hidrofugante
<i>Clara de huevo</i>	A	Proteínas	En masa	Adhesiva, fluidizante, hidrofugante, solidificadora
<i>Cola de conejo</i>	A	Glúcidos	En masa	Solidificadora, hidrofugante, emulsionante, adhesiva
<i>Colofonia</i>	V	Lípidos	S y M	Hidrofugante, fluidizante, adhesiva
<i>Copal</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante, solidificadora, adhesiva
<i>Copal de Manila</i>	V	Lípidos	En superficie	Hidrofugante, solidificadora, adhesiva
<i>Goma arábica</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, fluidizante, adhesiva, emulsionante

<i>Goma laca</i>	A	Lípidos	En masa	Adhesivo de partículas, solidificadora
<i>Grasa</i>	A	Lípidos	En masa	Hidrofugante
<i>Harina</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, fluidizante, adhesiva, emulsionante
<i>Jabón</i>	A	Lípidos	En superficie	Hidrofugante
<i>Jabón de Peuhl</i>	A	Proteínas	S y M	Hidrofugante, emulsionante
<i>Látex</i>	V	Lípidos	En masa	Solidificador, hidrofugante, repelencia de insectos
<i>Leche</i>	A	Proteínas	En masa	Hidrofugante, fluidizante, adhesiva
<i>Licor de palma</i>	V	Lípidos	En masa	Hidrofugante, adhesiva, solidificación, fluidizante
<i>Machete</i>	V	Lípidos	S y M	Hidrofugante, solidificador, adhesiva, emulsionante
<i>Manteca de carité</i>	V	Lípidos	En masa	Hidrofugante, adhesiva
<i>Melaza</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, fluidizante
<i>Nopal</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, fluid., impermeab., repelencia insectos
<i>Resinas</i>	V	Lípidos	En superficie	Solidif., hidrof., repelencia insectos, adhesiva, fluid.
<i>Sangre</i>	A	Proteínas	En masa	Adhesiva, solidificadora, fluidizante
<i>Suero</i>	A	Proteínas	En masa	Fluidizante, emulsionante
<i>Tanino</i>	V	Glúcidos	En masa	Solidificadora, hidrofugante, adhesiva
<i>Tierra de hormiguero</i>	A	Glúcidos	En masa	Adhesiva, hidrofugante
<i>Tremenina</i>	V	Lípidos	en superficie	Hidrofugante
<i>Vainas de algarrobo</i>	V	Glúcidos	S y M	Hidrofugante, emulsionante, adhesiva
<i>Yema de huevo</i>	A	Proteínas	En masa	Hidrofugante, adhesiva, emulsionante

	PROTEÍNAS	GLÚCIDOS	LÍPIDOS
Evitan proliferación de bacterias		Nopal	Resinas, látex
Docilidad	Suero, sangre, clara de huevo, caseína, leche	Nopal, melaza, harinas, goma arábica, almidón, caña de azúcar	Resinas, colofonia
Impermeabilidad	Yema y clara de huevo, leche, caseína, cola de conejo	Vainas de algarrobo, tierra de hormiguero, taninos, nopal, banano	Jabón, resinas, mantecas, látex, grasas, copales, colofonia, ceras, asfalto, aceites
Dureza	Yema y clara de huevo, sangre, cola de conejo, caseína	tierra de hormiguero, taninos, nopal, melaza, harinas, gomas vegetales, caña de azúcar, aloe, almidón, ágave	Resinas, látex, goma laca
Resistencia	Caseína, sangre, leche, colas, clara y yema de huevo	Harinas, almidón, azúcar, taninos, goma arábica	Mantecas, colofonia, resinas
Estabilidad	Yema de huevo, colas	Gomas, azúcar, harinas	Aceites, grasas, ceras

## Anexo II

### Tablas de solventes

---

Los solventes o disolventes orgánicos se encuadran, atendiendo a su procedencia, en quince categorías.

Son los siguientes: hidrocarburos alifáticos saturados o alcanos, hidrocarburos alifáticos insaturados, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos halogenados o halógenos, alcoholes, glicoles, cetonas, esterres, éteres, ácidos carboxílicos, amidas, aminas, nitrilos, nitroderivados y derivados de azufre.

El presente anexo muestra las características más relevantes de cada uno de ellos, indicando el número de referencia del solvente con el que aparece en las Fichas Internacionales de Seguridad Química, donde se podrá ampliar información consultando el enlace: <http://www.insht.es>

Las tablas aportan información referida a cada grupo de solventes, atendiendo a su viscosidad o penetración y a su evaporación, según lo expuesto en el capítulo IV, apartado IV.4 de esta tesis.

A modo de recordatorio, las medidas propias de la penetración son el grado de viscosidad y la tensión superficial.

El grado de viscosidad toma como media una temperatura de 20°C en centipoise (cP), mientras que la tensión superficial viene medida en dina/cm a 20°C de promedio.

Las medidas propias de la evaporación son el punto de ebullición ( $P_e$ ), la presión de vapor saturante ( $P_v$ ) y el calor latente de vaporización ( $C_{LV}$ ).

El  $P_e$  toma como referencia en las tablas expuestas una medida de 760 milímetros de mercurio (mm/Hg); la  $P_v$  viene dada a 20°C y el  $C_{LV}$  es medido en calorías (cal/g).

En las tablas se señala además la concentración de solvente máxima permitida en el ambiente, expresada en ml/m<sup>3</sup> (ppm).

Con ello se pretende ofrecer una herramienta de los disolventes más empleados en trabajos de restauración y conservación del patrimonio, así como su mayor o menor idoneidad para ser mezclados con las sustancias orgánicas estudiadas en forma de disoluciones líquidas.

Estos datos, presentados en tablas, han sido obtenidos del Internacional Programme on Chemical Safety (IPCS) de la Unión europea, así como de la obra de Liliana Masschelein-Kleiner, "Los solventes", citada en la bibliografía.

CATEGORÍA	HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS SATURADOS						
	<i>Formulación</i>	Enlaces simples de átomos de Carbono e Hidrógeno: C - C; C=H	P e n e t r a c i ó n			E v a p o r a c i ó n	
<i>Procedencia</i>	Destilación del petróleo y gas natural	Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	ppm
<i>Características</i>	Conformados por gases (aquellos que contiene entre 1 y 4 átomos de carbonos) y por sólidos (+ 20 átomos C).						
<i>Usos</i>	Apolares o escasa polaridad: no miscibles en agua Disolventes de compuestos conformados por cadenas hidrocarbonadas o similares, como grasas, aceites, ceras, bitúmenes, parafinas y caucho natural. Limpieza en seco de textiles.						
<i>Toxicidad</i>	Poco tóxicos. En fuertes dosis producen efecto narcotizante e irritante de las vías respiratorias						
n-hexano	ICSC: 0279	0,30	18,8	68,6	120	82	100
Ciclohexano	ICSC: 0242	0,88	25,6	80,7	77	86	300
Metilciclohexano	ICSC: 0923	0,65	24,6	100,9	40	77	500
n-heptano	ICSC: 0657	0,37	21,2	98,2	36	76	500
n-octano	ICSC: 0933			125,6	10	71	500
Isotano	ICSC: 0496	0,45	19,2	99,3			
n-decano	ICSC: 0428			173,7	2,7	60	
n-dodecano	ICSC: 0042	1,39	26	216			
Éter de petróleo		1,95	19,9	40-60			
White spirit		0,89	25,4	150-195			500

CATEGORÍA HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS INSATURADOS

*Formulación* Dobles o triples enlaces de H y C  
*Procedencia* Depósitos de petróleo  
*Características* Poco polares y poco miscibles en agua. De fácil oxidación en presencia de oxígeno.  
*Usos* Base en la síntesis de polímeros sintéticos.  
*Toxicidad* Depresores del sistema nervioso central, anestésicos e irritantes de mucosas y piel. Un uso prolongado de la Esencia de Trementina puede producir alteraciones del sistema renal.

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
Esencia de trementina	ICSC: 1063						100
Dipenteno	ICSC: 0918						100

CATEGORÍA	HIDROCARBUROS AROMÁTICOS		P e n e t r a c i ó n			E v a p o r a c i ó n			ppm
	<i>Formulación</i>	<i>Procedencia</i>	Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>		
<i>Características</i>	Presencia de electrones deslocalizados en toda molécula	Carbón mineral							
<i>Usos</i>	Compuestos no saturados. Penetrantes								
<i>Toxicidad</i>	Disolventes de aceites, grasas, ceras, parafinas, betunes, etc. Irritantes en la piel y las mucosas. El benceno ataca a la médula ósea, por lo que no se debe emplear								
DISOLVENTE	Referencia								
Benceno	ICSC: 0015	0,60	29,6	80,1	100 (26°C)	94,3	6		
Tolueno	ICSC: 0078	0,54	29,1	110,6	20 (18,4°C)	86	200		
o-xileno	ICSC: 0084			144,4	5 (20,2°C)	82,9	200		
m-xileno	ICSC: 0085			139,1	5 (16,8°C)	81,8			
p-xileno	ICSC: 0086	0,56	28,6	138,3	5 (15,5°C)	81			
Cumeno	ICSC: 0170	0,86	28,7	142,4	5 (26,8°C)		50		
Cimeno	ICSC: 0617	1,00		176,7	5 (44,6°C)				

CATEGORÍA HIDROCARBUROS HALOGENADOS

*Formulación* Derivados halógenos de flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br) y yodo (I)

*Procedencia* Síntesis a partir de los correspondientes hidrocarburos alifáticos insaturados y aromáticos

*Características* Moderadamente polares, poco miscibles en agua. Son muy pesados, por lo que se emplean en cámaras especiales

*Usos* Disolventes de materias grasas y algunas resinas naturales, muy empleados en limpieza en seco

*Toxicidad* Muy peligrosos para hígado, riñones y sistema nervioso central

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>c</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>Lv</sub>	
Diclorometano	ICSC: 0058	0,40	29,5	40,7	349	78,4	500
Cloroformo	ICSC: 0027	0,51	28,2	61,3	159,6	59	50
1,2-dicloroetano	ICSC: 0250	0,75	33,2	83,7	60 (18°C)	77,3	50
Tetracloruro de C	ICSC: 0024	0,97	27,6	76,7	91	46,5	10
1,1,1-tricloroetano	ICSC: 0079	0,76	26,7	74,1	100	54,2	350
Percloroetileno	ICSC: 0076	0,83	32,2	120,8	20 (26°C)	50,1	100
Clorobenceno	ICSC: 0624	0,72	33,7	131,8	8,76	77,6	75

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
Metanol	ICSC: 0057	0,52	23,8	65	100	262,8	200
Etanol	ICSC: 0044	1,08	22,9	78	40	204,3	1000
n-propanol	ICSC: 0553	2,25	24,2	97	20 (25°C)	163	200
Isopropanol	ICSC: 0554	2,22	21,7	82	33	159,4	200
Butanol	ICSC: 0112	2,96	25,1	118	4,39	143,3	100
Isobutanol	ICSC: 0113	3,94	23,3	108	10 (21,9°C)	138,8	
Butanol sec.	ICSC: 0112	3,63	23,9	100	12,1		
Terciobutanol		5,37	20,8	83	30,6	134,4	
Alcohol amílico	ICSC: 0535	3,50	25,8	138	2,8	136	100
Alcohol isoamílico	ICSC: 1012	4,65	24,2	132	2,3	120,6	
Ciclohexanol	ICSC: 0243	56,2 (48)	34,2	161	1	105,4	50
Alcohol bencílico	ICSC: 0833	6,39	41,1	205		108	
Diacetona alcohol		3,01	31,4	167	4	111	50

**CATEGORÍA** ALCOHOLES

*Formulación* Grupo funcional: R -OH

*Procedencia* Obtenidos a través de la fermentación de la glucosa

*Características* Entre 1 y 11 átomos de C se presentan en forma líquida. A partir de 12 átomos de C son de forma cristalina.

*Usos* Disolventes muy polares: miscibles en agua y no en hidrocarburos alifáticos

*Toxicidad* Disolventes de resinas naturales; el alcohol bencílico puede disolver algunas proteínas como la gelatina y la caseína

El metanol puede provocar trastornos digestivos, metabólicos y oculares

CATEGORÍA	GLICOLES
<i>Formulación</i>	Etilenglicol: CH <sub>2</sub> OH-CO <sub>2</sub> OH; Dietilenglicol: CH <sub>2</sub> OH-CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -OH
<i>Procedencia</i>	Solventes industriales derivados de etilenglicol
<i>Características</i>	Disolventes con un alto poder de retención sobre los cuerpos porosos y elevada higroscopicidad. Compuestos polares con propiedades similares a los alcoholes: miscibilidad en agua y otros alcoholes
<i>Usos</i>	Disuelven aceites, resinas naturales y sintéticas, caseína y gelatina
<i>Toxicidad</i>	Su baja volatilidad no genera daños por inhalación

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n		
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>
Etilenglicol (E.G)	ICSC: 0270	21	49,8	197	1 (54°C)	191
Dietilenglicol	ICSC: 0619	38	45,7	245,5	0,1 (92° C)	150
Trietilenglicol	ICSC: 1160	47,8	45,2	287	0,1 (83°C)	179
E.G. acetato	ICSC: 0364			182		
Cellosolve	ICSC: 0607	2,05	32	135	3,8	200
Acetato de Cellosolve	ICSC: 1752	1,2	31,8	156	1,2	100
Carbitol	ICSC: 0789	3,85 (25°C)	35,5	196	1 (45°C)	96,3

CATEGORÍA	CETONAS	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
			Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
<i>Formulación</i>	Grupo carbonilo (>C=O)							
<i>Procedencia</i>	Oxidación de alcoholes secundarios							
<i>Características</i>	Muy polares: miscibles en agua. Elevada velocidad de evaporación, con un poder de retención moderado debido a su polaridad							
<i>Usos</i>	Disolventes de grasas, aceites, ceras y resinas naturales y sintéticas.							
<i>Toxicidad</i>	Al ser muy olorosas, su intoxicación es difícil. Efectos narcóticos e irritantes							
DISOLVENTE	Referencia	Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	ppm	
Acetona	ICSC: 0087	0,31	24,9	56,2	185	125,3	1000	
Metiletil	ICSC: 0909	0,36	25,2	79,5	100 (25°C)	106	200	
Metilisopropil	ICSC: 0922			89	20 (18°C)	89,9	200	
Metil n-butil	ICSC: 0489	0,63		127	10	83	100	
Metilisobutil	ICSC: 0511	0,53	24,3	116	15	87	100	
Metilamil	ICSC: 0920	0,81		150	3	83		
Acetilacetona	ICSC: 0533	0,66	31,3	140,5				
Ciclohexanona	ICSC: 0425	2,10	34,8	159	5 (26°C)	98	50	
Oxido de mesitilo	ICSC: 0814	0,88	29,2	129	8,7	86		
2-pentanona	ICSC: 0816	0,46	24,9	102	10 (17,9°C)	91		
3-pentanona		0,45	25,4	101,5	30	91		
Pentoxona			159	2,6	79			
Isoforona	ICSC: 0169	2,62	31,7	215	0,3		5	

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ÉTERES</b>
<i>Formulación</i>	Grupo funcional: R-O – R
<i>Procedencia</i>	A partir de un proceso de deshidratación industrial de los alcoholes
<i>Características</i>	Punto de ebullición bajo, buena polaridad y miscibilidad en agua. Oxidación en presencia de luz. Débil viscosidad y poca penetración debido a su rápida evaporación
<i>Usos</i>	Disolventes de aceites, grasas y ceras
<i>Toxicidad</i>	Solventes muy inflamables y peligrosos

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
Éter etílico	ICSC: 0355	0,24	18,6	34,6	400 (18°C)	86,08	400
Éter isopropílico	ICSC: 0906	0,38	18,3	68,4	200 (30°C)	68	250
Éter n-butílico	ICSC: 1150	1,6	22,9 (48)	124,4		68,8	
Éter isoamílico	ICSC: 0218		24,8 (48)	173,4	1 (18°C)	65,9	
Tetrahidrofurano	ICSC: 0578	0,51	28,2	66	76 (25°C)		200
Dioxano	ICSC: 0041	1,15	33,7	101,3	40 (25°C)	98,6	50
Éter metil-fenil	ICSC: 1014			155,4			
Éter etil-fenil				170			

CATEGORÍA	ÉSTERES	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
			Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
<i>Formulación</i>	Grupo funcional: R - CO - OR							
<i>Procedencia</i>	Proceso de deshidratación industrial de un ácido carboxílico y un alcohol							
<i>Características</i>	Disolventes polares, miscibles en agua. Capacidad de penetración en los cuerpos porosos, similar a las cetonas							
<i>Usos</i>	Disolvente de resinas naturales y sintéticas							
<i>Toxicidad</i>	Acción anestésica							
DISOLVENTE								
Formiato de etilo		ICSC: 0367	0,36	24,5	54,3	200	97	100
Formiato de amilo			0,8	25	123,5			
Acetato de metilo		ICSC: 0507	0,35	25,7	57,8	200 (24°C)	104,4	200
Acetato de etilo		ICSC: 0623	0,41	24,7	77,1	100 (278°C)	87,6	400
Acetato de propilo		ICSC: 0940	0,58	24,6	101,6	20 (16°C)	80	200
Acetato de isopropilo		ICSC: 0907	0,46	22,9	88,8	40 (17°C)	79,4	
Acetato de butilo		ICSC: 0399	0,64	25,7	126,5	10	73,9	200
Acetato de amilo		ICSC: 0218	0,87	25,8	142,1		69	100
Propionato de butilo		ICSC: 0556			146,5			
Propionato de amilo			0,94		160		63	
Lactato de etilo			2,6	30	154,5	1,8		
Malonato de etilo					198-199			

CATEGORÍA	ÁCIDOS CARBOXÍLICOS
<i>Formulación</i>	Grupo funcional R: -CO - OH
<i>Procedencia</i>	Oxidación de los alcoholes
<i>Características</i>	Líquido entre 1 y 12 átomos de carbono; a partir de 12 se presentan en estado sólido. Compuestos polares: miscibles en agua
<i>Usos</i>	Eliminación de materias proteicas o calcáreas
<i>Toxicidad</i>	Irritante de piel y mucosas

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n		
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>
Ácido fórmico	ICSC: 0485	1,8	37,6	100,7	40	5
Ácido acético	ICSC: 0363	1,22	27,8	118,2	11,7	10

CATEGORÍA	AMIDAS	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
			Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
<i>Formulación</i>	Grupo funcional amino y carbonilo: R - CO - NH <sub>2</sub>							
<i>Procedencia</i>	Sustitución del grupo -OH de los ácidos carboxílicos por el grupo -NH <sub>2</sub>							
<i>Características</i>	Lenta evaporación, elevada retención en los cuerpos porosos							
<i>Usos</i>	Disuelven caseínas, glucosas, taninos, almidón y lignina (formamida)							
<i>Toxicidad</i>	Irritantes piel y mucosas							
DISOLVENTE								
Formamida	ICSC: 0891		3,30	58,35	210			10
n-metilformamida	ICSC: 1087				180,5			No establecido
Dimetilformamida	ICSC: 0457		0,80	37,9	153	3,7		20
n-metilacetamida					202,4			
Dimetilacetamida	ICSC: 0259		0,92	38,1	165,5			10
n-metilpirolodona				42,9	204			

CATEGORÍA	AMINAS
<i>Formulación</i>	Grupo funcional: R - NH <sub>2</sub>
<i>Procedencia</i>	Derivados del amoniaco (NH <sub>3</sub> )
<i>Características</i>	Lenta evaporación, elevada retención en los cuerpos porosos. Alta higroscopicidad
<i>Usos</i>	
<i>Toxicidad</i>	Irritante en piel, ojos y vías respiratorias. Las aminas aromáticas son cancerígenas

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n			E v a p o r a c i ó n			ppm
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>		
Etilendiamina	ICSC: 0269			116-117				10
Trietilendiamina				89-90				
n-butilamina	ICSC: 1337			78				No establecido
Terciobutilamina				46,4				
n-amilamina		1,018	24,4	104	35 (26°C)	108		
Ciclohexilamina	ICSC: 0245			134,5				10
Morfolina	ICSC: 0302	2,23	37,5	129				20
Piridina	ICSC: 0323	0,97	38	115,5	20 (20°C)			1
Propionato de butilo	ICSC: 0556			146,5				No establecido

CATEGORÍA	NITRILOS	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
			Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
<i>Formulación</i>	Grupo funcional nitrilo o ciano: R - CN							
<i>Procedencia</i>	Compuestos que contienen el grupo ciano ( - CN)							
<i>Características</i>	Elevada velocidad de evaporación y muy penetrantes en los cuerpos porosos							
<i>Usos</i>	Disuelven grasas, aceites, alquitranes y asfaltos							
<i>Toxicidad</i>	Muy tóxicos							
DISOLVENTE								
Acetonitrilo	ICSC: 0088		0,32	30,2	81,6	60 (16°C)	174	20
Benzonitrilo	ICSC: 1103				190,7			No establecido

CATEGORÍA NITRODERIVADOS

<i>Formulación</i>	Grupo funcional: R - NO <sub>2</sub>
<i>Procedencia</i>	Compuestos que contienen el grupo nitro (-NO <sub>2</sub> )
<i>Características</i>	Alto poder de penetración en los cuerpos porosos
<i>Usos</i>	Disuelven materias grasas y resinas sintéticas
<i>Toxicidad</i>	Subida de tensión arterial, náuseas, cefaleas y afectaciones en la hemoglobina

DISOLVENTE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
		Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
Nitrometano	ICSC: 0522	0,62	37	101,1	27,8		100
Nitroetano	ICSC: 0817	0,66	31	114,0	15,6		100
1-nitropropano	ICSC: 0187		30 (56)	131,6	7,5	10,37 (25°C)	25
2-nitropropano	ICSC: 0187		30 (56)	120,3	12,9	9,88 (25°C)	10
Nitrobenceno	ICSC: 0065	2,03		210,8			1

CATEGORÍA	DERIVADOS DE AZUFRE	Referencia	P e n e t r a c i ó n		E v a p o r a c i ó n			ppm
			Viscosidad	Tensión Superficial	P <sub>e</sub>	P <sub>v</sub>	C <sub>LV</sub>	
<i>Formulación</i>	Grupo funcional: R - S - R							
<i>Procedencia</i>	Compuestos que contienen azufre (S) en su molécula							
<i>Características</i>	Elevada capacidad de retención, muy polares							
<i>Usos</i>	Disolventes de tintas, detergentes y biocidas							
<i>Toxicidad</i>	Trastornos digestivos, de la visión e irritación en la piel							
DISOLVENTE								
CS <sub>2</sub> dimetil	ICSC: 0022		0,36	29,8	46,2	400 (28°C)	84	10
Sulfoxi - de DMS	ICSC: 0459		2,1	45,1	189	0,4	162	No establecido
Sulfonato	ICSC: 1598		10,3 (30°C)		283			No establecido



## Anexo III

### Estancias internacionales: arquitectura y clima

---

Como se ha expuesto en los primeros apartados del Estado del Arte, lo vernáculo es capaz de articular de manera lógica el entorno con la forma constructiva, el aspecto externo junto a las fuerzas de la naturaleza y trasladarlo a una escala humana (Rotne, 2008: 33).

Sin lugar a dudas, son innumerables los factores que intervienen en la construcción tradicional: cultura, tipo de suelo, disponibilidad de materiales, el entorno, la economía doméstica, etc.

A todos estos agentes, Vellinga (2007: 8) le suma el suministro de agua como factor esencial a la hora de la generación de asentamientos.

Todos ellos dan lugar a la construcción de un hábitat con fuertes rasgos estéticos, rememorativos, cognitivos, etnográficos, sustentables, históricos, folclóricos, y un largo etcetera (Oliver, 1997: 1-2).

Pero uno de los agentes fundamentales que influyen en la construcción vernácula es el clima: las formas tradicionales de abrigo en zonas climáticas como el desierto, son muy diferentes a aquellas del subtropical, tal y como ya apuntaba en el siglo I antes de Jesucristo el tratadista Vitruvio:

Estarán bien situados estos edificios si se atiende ante todo en qué regiones se construyen, y á qué distancia del polo; pues de una manera deben ser en Egipto, de otra en España, diversos los del Ponto, diferentes los de Roma: y generalmente en cada pais y provincia conviene adaptar los edificios á las propiedades del clima, puesto que la tierra está por una parte baxo el mismo curso del sol, por otra muy distante, y la del medio la goza templadamente. Estando pues el orbe celeste en orden á la tierra naturalmente construido con efectos desiguales, por causa de la inclinación del zodiaco y curso del sol, debe también la situación de los edificios regularse á las condiciones de los paises y diferencia de climas.

Vitrubio, 1993: 139

La Enciclopedia de Arquitectura Vernácula Mundial, en su volumen número 1, diferencia nueve tipos de clima: ártico y subártico, continental, desértico o árido, marítimo, mediterráneo, monzónico, montaña, subtropical y tropical (Oliver, 1997: 128).

De ellos se hará mención particular a dos que, aunque muy diferentes, mantienen características comunes:

- Clima desértico, o árido, con cielos claros y fuertes oscilaciones de temperaturas.
- Clima subtropical, con una humedad continua a través de largos y cálidos veranos e inviernos cortos (*Figura 1*).

Según la vivienda se halle próxima al Ecuador, las variaciones mensuales de temperatura serán exiguas; sin embargo, si se encuentra cercana a los trópicos, las temperaturas se caracterizan por variaciones estacionales significativas.

Los lugares de donde parte esta investigación, donde la doctoranda ha formalizado estancias de investigación (Prefacio, páginas iv y

viii), se hallan concretamente a 8° al norte del Trópico de Cáncer (Aït Ben Haddou), y a 4° al sur del Trópico de Capricornio (Santa Ana de los Guácaras).

La mayor parte de los países que se encuentran entre los trópicos o próximos a ellos, no han sucumbido al desarrollo tecnológico imperante en el norte del hemisferio norte, o al sur del hemisferio sur, habiendo conservado los modos constructivos tradicionales, permaneciendo vigentes aún en la actualidad.

### **Marruecos. La región de Sus Masa Draa: arquitectura a las puertas del desierto**

El reino de Marruecos, localizado en el hemisferio norte, está conformado por dieciséis regiones.

La zona de estudio, en la vertiente sur del país, es la región de

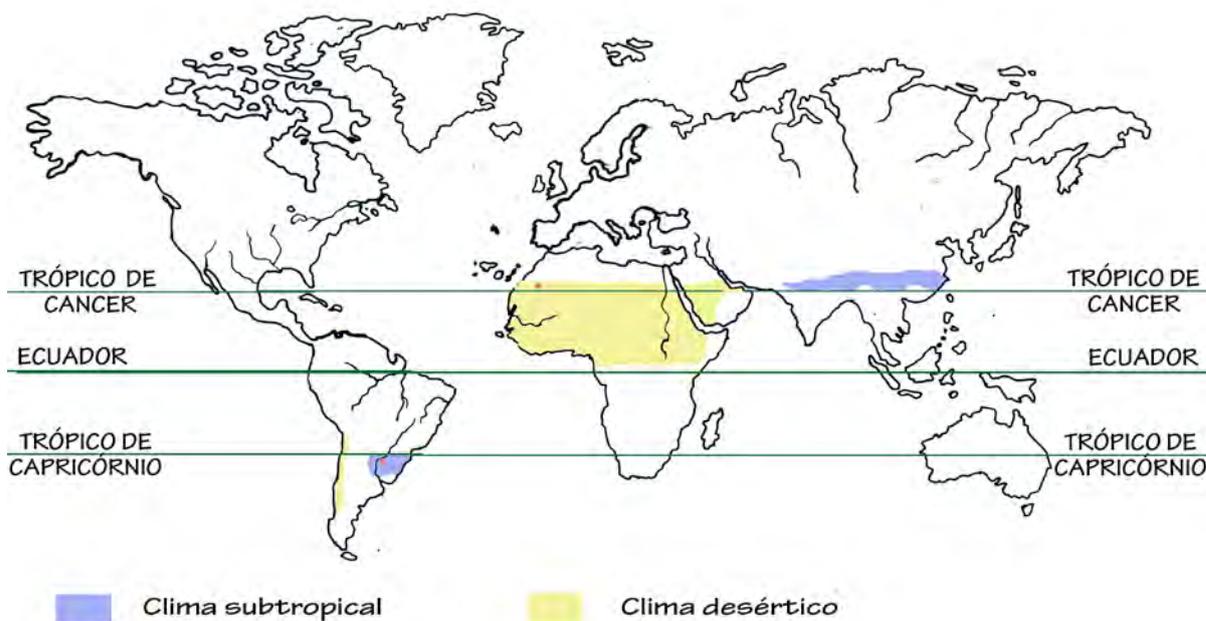


Figura 1. Zonas climáticas y posición de los lugares de estudio respecto a los trópicos (Procedencia gráfica: Ortega, F.).

Sus-Masa Draa, que parte de la costa y se adentra a través del Alto Atlas hasta el desierto del Sahara. Su capital es Agadir (Figura 2).

Limita al este con el Océano Atlántico, al norte con ciudades importantes como Marrakech y Mequinez, y al sur con la región de Guelmin-Es Semara y Argelia.

Posee una superficie de 72.506 km<sup>2</sup>, teniendo en la actualidad un total de 3.133.653 habitantes, siendo su base económica el turismo, la pesca y la agricultura.

Sus-Masa Draa está formada por cinco provincias y dos prefaturas. La villa de Aït Ben Haddou, perteneciente al término municipal de Ouarzazate, es un vivo testimonio de la pervivencia de un pasado constructivo ancestral a través de sus construcciones de barro.

Su población pertenece, en su mayoría, a la etnia *amazigh* o bereber.

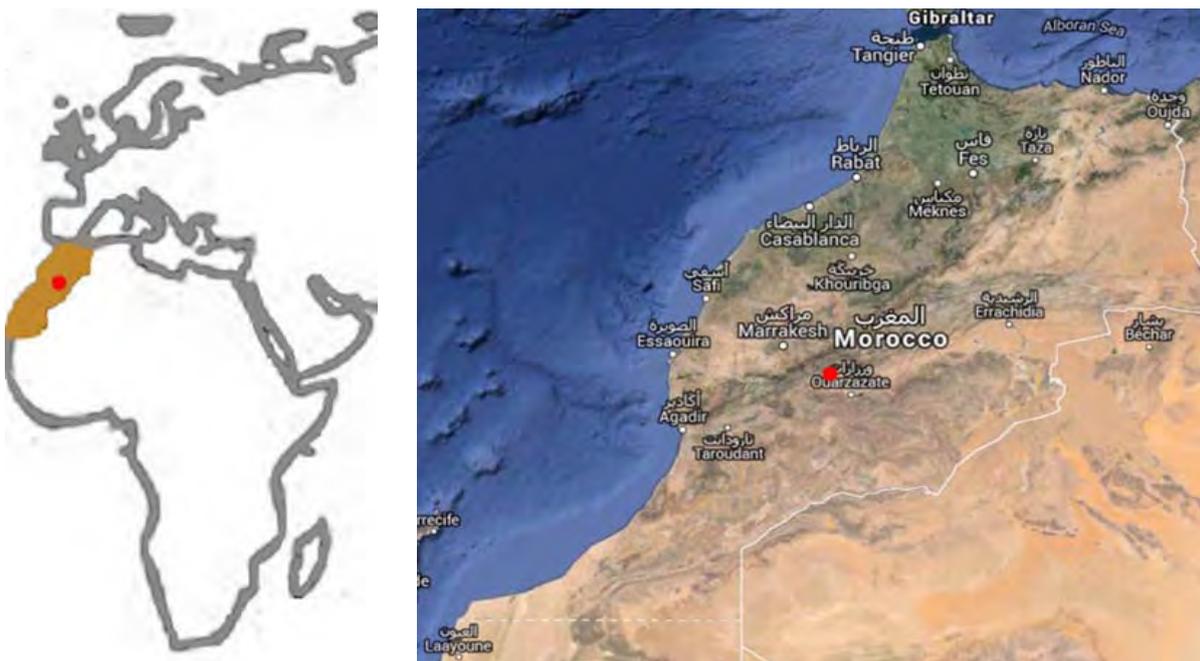


Figura 2. Localización geográfica de Aït Ben Haddou (Procedencia gráfica: Google maps).

## Aït Ben Haddou

La localidad de Aït Ben Haddou se halla a 187 kilómetros de Marrakech, a la que se llega tras un viaje por una carretera de sinuosas curvas que van ascendiendo hacia el Alto Atlas (*Figura 3*).

Aït Ben Haddou es una ciudad fortificada o *Ksar*,<sup>1</sup> datada entre los siglos XI y XVIII. Construida con piedra, arena y barro, integra en su interior media docena de *kasbas*.<sup>2</sup>

El Ksar, edificado contra el flanco de una colina escarpada, posee un trazado flexible ajustado a las curvas del terreno, dando al visitante la sensación de entrar en un laberinto.

El conjunto arquitectónico, realizado con ladrillos de tierra cruda de fabricación artesanal, combinado con la técnica del tapial, continúa mostrando un magnífico equilibrio entre forma, función, materiales de construcción y clima, siendo la tierra cruda el material perfecto para este lugar en el que escasean las lluvias

<sup>(1)</sup> El Diccionario Real de la Lengua Española (DRAE) define el término antiguo *Casar* como un solar, pueblo arruinado, o conjunto de restos edificados antiguos.

<sup>(2)</sup> Voz procedente del árabe *qasbah*, que quiere decir ciudadela.

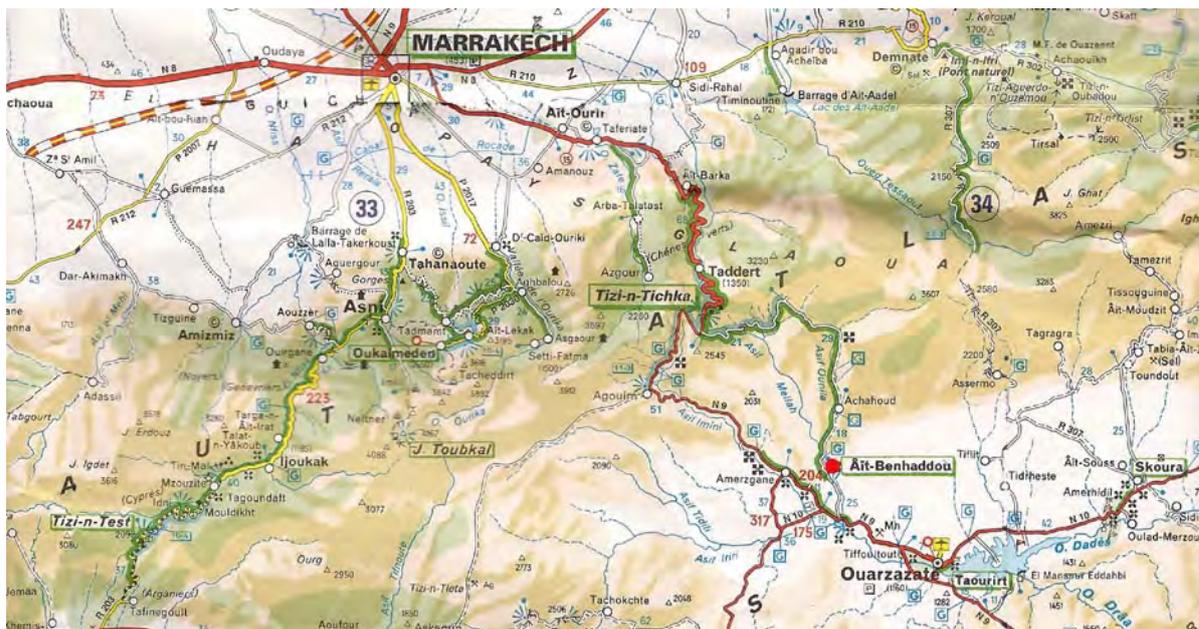


Figura 3. Acceso a Aït Ben Haddou por carretera (Procedencia gráfica: Guía Michelin).

y las variaciones de temperatura entre la noche y el día son manifiestas.

Estas edificaciones conforman uno de los patrimonios histórico-artísticos más valiosos del reino de Marruecos, lo que ha sido reconocido por la UNESCO al declararlo en el año 1987, Patrimonio de la Humanidad (*Figura 4*).

La ciudad fortificada se encuentra situada en la llanura Ounilla, cerca del río salado Mellah, siendo éste la frontera natural entre la ciudad antigua de altas murallas y la nueva urbe, construida con bloques de cemento y hormigón que comienzan a sustituir lo tradicional, natural y conocido por lo moderno, resultando en este espacio artificial, desconocido y oneroso.

Estas soluciones anticlimáticas, manifiestan como factor



*Figura 4. Vista general del Ksar, el río Mellah y los terrenos de cultivo junto a él (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

imperante en la construcción de la vivienda actual un determinismo cultural, en el que las implicaciones físicas, el clima y la necesidad primigenia por parte del ser humano de cubrirse, son inexistentes.

Se asiste, por tanto, a la construcción de “la vivienda orientada al status”, un mal bastante frecuente en la sociedad contemporánea. (Rapoport, 1973: 36).

### Clima desértico: construcción pesada

Las zonas desérticas (*Figura 5*) se caracterizan por un calor extremo, fuerte radiación solar, cielo nítido, ausencia de



*Figura 5. Entorno desértico (Procedencia gráfica: Gil, E.).*

precipitaciones y falta de agua, con variaciones enormes de temperatura entre el día y la noche.

Los edificios precisan de protección contra el calor dominante, por lo que se debe retrasar la entrada del sol en el mismo hasta bien entrada la tarde, momento en el que se hace necesario.

A la protección contra el calor, hay que sumarle las inclemencias meteorológicas, ya que en estas zonas las tormentas de arena y viento son frecuentes.

La tradición constructiva produce edificios altos y compactos, que proporcionan sombra en las calles, realizados con grandes masas de muros que protegen la edificación de las variaciones de temperatura entre el día y la noche. Las escasas y pequeñas aberturas se sitúan en las zonas altas de la construcción, evitando de esta manera la escapada de calor en las horas nocturnas y reduciendo a su vez la radiación en el suelo.

Otra manera de protegerse de las temperaturas exteriores consiste en el agrupamiento. Si bien la altura proporciona sombras, la construcción aglomerada genera sombras mutuas, lo que a parte de resguardar la vivienda del calor, protege a los viandantes en las salidas diurnas, proporcionándoles sombra.

Evidentemente, el agrupamiento constructivo puede tener otras lecturas, como puede ser la de potenciar la defensa del territorio. En el caso de la ciudad amurallada de Aït Ben Haddou, se trata indudablemente de una protección hacia los clanes o familias que originariamente habitaban el conjunto: el Ksar dispone apenas de dos puertas de entrada para controlar de una manera adecuada el paso de los visitantes.

La azotea es otro elemento importante en este tipo de construcciones, considerada un espacio más de la vivienda, ya que permite dormir en el exterior durante los meses más cálidos

*(Figura 6).*

Materiales como el barro, la piedra y las cañas empleadas en la cubierta (a las que se les deja una cámara de aire), poseen una capacidad térmica inmejorable para estas condiciones climáticas, ya que absorben el calor durante el día y lo difunden por la noche.

### Técnicas constructivas

La combinación del tapial y el adobe es frecuente en las construcciones fortificadas del Atlas Medio.



*Figura 6. Vista del Ksar desde su interior, en el que se observan las azoteas de las viviendas (Procedencia gráfica: Gil, E.).*

Se describe a continuación el procedimiento constructivo de estos dos sistemas.

## El tapial

El tapial es un sistema constructivo tradicional que se enmarca dentro de la técnica de construcción denominada tierra comprimida (Houben & Guillaud, 1994: 165) <sup>3</sup>.

Consiste en el vertido de tierra de variada y equilibrada granulometría, sometida a un estado hídrico húmedo -contenido en agua del 5 al 20%- en el interior de un encofrado (Fontaine & Anger, 2009: 27).

La tierra se dispone en *cueros* o *tongadas* <sup>4</sup> y es compactada con la ayuda de un mazo o *pisón*, generando de manera habitual muros de 50 centímetros de espesor como mínimo (*Figura 7*).

La tapia se desencofra inmediatamente después del pisado de la tierra, sin esperar a su secado, obteniendo paredes de una textura y color únicos que dotan de una singular belleza este tipo de construcciones.

El ilustrado renacentista León Battista Alberti (1404 - 1472), muestra su interés por las construcciones de tierra batida entre dos tablas que se encuentran en el norte de África y España. Hace alusión a la solidez de estas edificaciones en su tratado de arquitectura “De Re Aedificatoria”.

<sup>3</sup>Houben & Guillaud localizan en “Earth Construction” hasta un total de doce formas de utilización de la tierra como material de construcción, entre los que se encuentran los aquí descritos tapial, adobe y técnicas mixtas.

<sup>4</sup>Cada una de las capas que se vierten en la tapialera para conformar el tapial. Suele tener una medida entre 10 y 15 centímetros.

Encontrarás muros construidos con el solo material de relleno, tremendamente sólidos, en edificios de los antiguos. Se construyen igual que los de tierra, que utilizaban África e Hispania, dispuestas a ambos lados dos paredes de tabla o cañizo, para que desempeñen

la función de envolturas, hasta que fragüe la argamasa que haya en medio. Pero se diferencian en lo siguiente: en Hispania echan una papilla de cemento casi líquida; en África aprietan arriba, con el pie y con pisones, una tierra viscosa que han hecho manejable mediante el riego y el amasamiento. En el primer caso intercalan, a modo de ligadura y casi como escombros, piedras bastante grandes, sobre todo ordinarias y también en pedazos poligonales[...]; en el segundo, por el contrario, en los muros de tierra de África mezclan esparto y juncos marinos con el barro; obra sorprendente, capaz de durar sin verse afectada ni por los vientos ni por la lluvia.

Alberti, 1991: 148

Los tapiales africanos descritos por Alberti, continúan



Figura 7. Pisado de la tierra con pisón de mano (Procedencia gráfica: Alonso, I.).

ejecutándose hoy en día a la manera tradicional en distintas partes del reino de Marruecos: el operario compacta la tierra con un pisón de madera, situándose sobre la tierra que se encuentra en el interior del encofrado, también de madera, al igual que el pisón o tacana (*Figura 8*).

### Ladrillos de tierra cruda o adobes

El adobe es una técnica de construcción inserta dentro del grupo de la albañilería (Houben & Guillaud, 1994: 182).

Consiste en la fabricación a mano, o con la ayuda de moldes, de ladrillos de tierra a los que se les añade generalmente fibras vegetales y se dejan secar al sol antes de ser utilizados para la elevación de muros, arcos, bóvedas o cúpulas. También son empleados en el relleno de muros de estructuras de madera o entramados.

La arquitectura que utiliza el adobe se relaciona con suelos sedimentarios o arcillosos de fracción arenosa y de granulometría extensa. Por ello, la tierra a emplear para la ejecución de adobes contendrá menor cantidad de piedras y grava que la del tapial, siendo sometida a un estado hídrico plástico, con un contenido en agua entre el 15 y el 30% (Fontaine & Anger, 2009: 27).

El proceso de secado al aire y al sol describe su denominación como ladrillo de tierra cruda o adobe, diferenciándose del ladrillo de tierra cocida o aquél que utiliza horno.

La elaboración de adobes es un proceso bastante simple en lo que se refiere al uso de los materiales de construcción que lo componen, sufriendo variaciones en los métodos según la localización geográfica donde se desarrolle la técnica constructiva.



*Figura 8. Proceso de elaboración de tapiales (Procedencia gráfica: Alonso, I.).*

Con la tierra arcillosa bien remojada y batida se forman dentro de unos marcos ó gradillas unos cuerpos regulares llamados adobes, que sirven para construir paredes y tabiques á poca costa, ya sea uniéndolos con mezcla de cal y arena, ó con barro sólo, que es lo más comun. Para hacer estos adobes se debe buscar tierra muy pegajosa y grasosa, y se debe amasar muy bien, mezclándola con un poco de estiércol ó paja para que tenga mas union. Después de bien amasada, se echa en unos marcos o gradillas de la medida que se quiera dar á los adobes, y extendiendo dentro de ellas sobre un plano espolvoreado hasta llenarlas, se enrasan y se quita lo que sobra con un rasero. Hecho lo cual, se levanta la gradilla, y queda formado el adobe; y para que se despegue con facilidad, espolvorean con polvo ó ceniza la gradilla antes de echar el barro. Enjuto que sea el adobe, se puede manejar y emplear á la manera que el ladrillo, y si se hace de buen barro, y se deja resecar bien en parage cubierto, es de grandísima duracion.

De Villanueva, 1977: 2

Ya en el siglo X, Herodoto describe los procesos y usos del asfalto en la estabilización de ladrillos empleados en la construcción de Babilonia.

Primero la circunda [a Babilonia] un foso profundo y ancho, lleno de agua, y luego un muro que tiene una anchura de cincuenta codos reales y una altura de doscientos codos (el codo real es tres, dedos más largo que el ordinario. Aparte de esto, debo además explicar en qué se empleó la tierra procedente del foso y cómo se construyó el muro. A medida que abrían el foso, iban convirtiendo en ladrillos la tierra extraída de la excavación y, cuando hubieron moldeado un número suficiente de ladrillos, los cocieron en hornos; posteriormente, utilizando asfalto caliente como argamasa e intercalando cada treinta hileras de ladrillo esteras de cañas, construyeron primero los parámetros del foso y después, y de la

misma manera, el muro mismo.

Herodoto, 1992: 236-237

Esta descripción coincide con las investigaciones actuales realizadas acerca de los materiales empleados en la torre de Babel. En ambas descripciones, es manifiesto el empleo de tierras estabilizadas con asfalto extraído de los pozos naturales de petróleo, abundantes en la región, así como de troncos de palmera, árbol abundante en la zona, junto a cañizos próximos a la ribera del río Éufrates.

El asfalto era utilizado con el fin de mejorar la capacidad mecánica y la resistencia al agua de la construcción (Vegas, Mileto & Busto, 2010: 109).

Los adobes de Aït Ben Haddou, denominados *otob* en lengua árabe, son empleados tanto en la construcción de las viviendas que integran el conjunto arquitectónico del Ksar como en la parte superior de las torres o murallas exteriores, con los que realizan los motivos decorativos propios de la zona (*Figura 9*).

## Revocos

Generalmente, la construcción en tapial no precisa de protección externa, mientras que sobre los muros de adobe se realizan revocos para aumentar la resistencia a la abrasión.

Los revocos en Aït Ben Haddou se suelen realizar en tres capas: una primera, gruesa, consistente en tierra, paja y arena. La segunda piel, denominada cuerpo del revoco, más fina que la anterior, sucediéndose hasta dos capas en este apartado. Y la última,



*Figura 9. Contrafuertes de piedra, base y cuerpo constructivo en tapial y zona alta decorada con adobes y revocada (Procedencia gráfica: Real, P.).*

o capa de acabado, se trata de una barbotina cuyo espesor es de aproximadamente unos dos milímetros.

El revestimiento interior de los baños o *hammams*, se realiza con la técnica denominada por los locales *Taddelakt*. Consiste en un revoco realizado con cal preparada artesanalmente y agua, al que se le frota en su última capa un jabón negro local, sustituto de la yema de huevo, que le aporta impermeabilidad. Para hacerlo más brillante, una vez y se encuentra completamente seco, se le aplica cera natural para proporcionarle brillo (Boussahl, Jlok, Guillaud & Moriset, 2004: 49).

## **Argentina. El lugar donde se puede tener el tiempo entre las manos**

La república de Argentina se localiza en el hemisferio sur, en una posición excéntrica dentro del continente Americano.

Compuesta por veinticuatro provincias indexadas a cuatro regiones, las localizadas en el norte del país se denominan “Norte grande”.

El Norte grande está constituido por la región del noroeste (NOA), y la región del nordeste (NEA).

Las provincias que conforman el NEA son Misiones y Corrientes al este, mientras que Formosa y Chaco se extienden en el Oeste.

La zona de estudio se localiza en la provincia de Corrientes, que limita al norte con Paraguay, al este con la provincia argentina de Misiones, Brasil y Uruguay, al sur con la provincia de Entre Ríos y al oeste con las provincias de Santa Fe y Chaco.



*Figura 10. Vivienda tradicional de Santa Ana de los Guácaras. Corrientes, Argentina (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

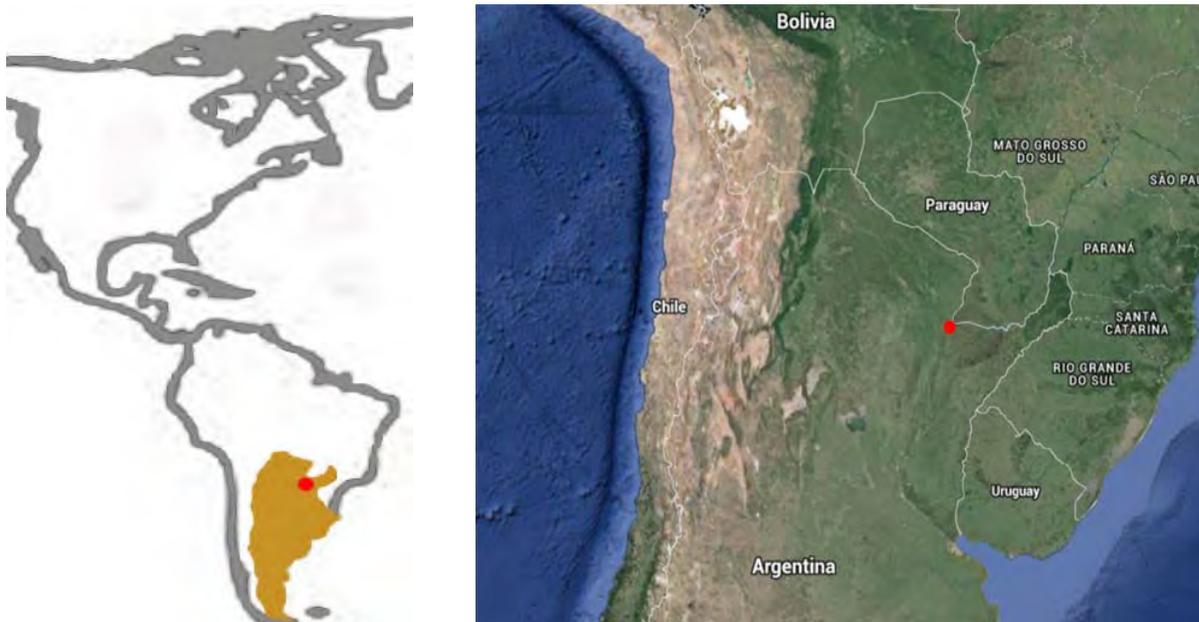
Posee una superficie de 88.199 Km<sup>2</sup> , con un total de 992.595 habitantes.

Su economía se basa mayoritariamente en la agricultura y ganadería, predominando los cultivos de arroz, algodón, tabaco, mandioca, etc.; mientras que en ganadería prevalece la producción de ganado bovino y lanar.

Dos grandes ríos transcurren por este territorio: el río Uruguay y el río Paraná, límite natural entre las provincias de Chaco y Corrientes. Estos ríos tienen por compañía numerosos afluentes y lagunas interiores, que se expanden por la provincia conformando una extensa zona de humedales.

Corrientes, la fundación hispánica más antigua de esta zona, posee una importante influencia guaraní, junto a la vecina provincia de Misiones, territorios donde se continúa hablando la lengua originaria (*Figura 10*).

La provincia de Corrientes está formada por veinticinco departamentos, siendo la comarca elegida San Cosme, donde se encuentra Santa Ana de los Guácaras (*Figura 11*).



*Figura 11. Localización geográfica de Santa Ana de los Guácaras (Procedencia gráfica: Google maps).*

## Santa Ana de los Guácaras

El trayecto por carretera desde la vecina capital de la provincia Corrientes, que se encuentra apenas a 15 kilómetros de Santa Ana, muestra un paisaje llano, repleto de lagunas procedentes del río Paraná, con una vegetación de pradera e islotes plagados de árboles y palmeras, junto a otras especies como la *titora*<sup>5</sup> (Figura 12).

La actual Santa Ana, fundada hacia el año 1621, se encuentra emplazada en la antigua reducción franciscana de indígenas “Guácaras”, tribu procedente del grupo étnico guaraní.

El enclave de Santa Ana posee una plaza de forma cuadrangular en el centro del pueblo, circundada por la iglesia que rinde honor a su homónima patrona y viviendas de cubierta a dos aguas. La plaza como centro es el punto de origen de la cuadrícula que delimita las calles sin asfaltar de este pueblo (Figura 13).

<sup>5</sup> Planta perenne común, similar a los juncos que crece en los esteros y zonas acuíferas de la región.



Figura 12. Acceso a Santa Ana por carretera (Procedencia gráfica: Guía Michelin).

Espacios amplios, viviendas aisladas, vegetación abundante, en Santa Ana de los Guácaras es posible “tener el tiempo en sus manos”, según rezaba un antiguo cartel turístico hasta hace unos años.

Su trazado colonial conserva hermosas muestras de arquitectura doméstica realizadas con técnicas mixtas de construcción con tierra.

### Clima subtropical. Construcción ligera

El clima subtropical se caracteriza por poseer inviernos secos y cortos.



*Figura 13. Plaza principal (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

De temperaturas elevadas y húmedas, radiación solar intensa sin variaciones térmicas entre el día y la noche, son abundantes las precipitaciones en verano.

Las formas constructivas de esta zona precisan de una gran producción de sombras, así como de una capacidad térmica reducida (*Figura 14*).

Las sombras se consiguen integrando la vegetación en torno a la vivienda, y a través de la construcción de cubiertas prominentes, que favorecen la canalización de las lluvias y finalizan en largas galerías exteriores que proporcionan un perfecto lugar donde protegerse del sol en las largas canículas. Este es el lugar idóneo para emplazar una hamaca donde dormir una larga y tranquila siesta, o donde tomar *tereré*<sup>6</sup> en una reunión vecinal.

<sup>6</sup> Voz de origen guaraní que designa la bebida local: yerba mate en infusión de zumos o agua fría.



*Figura 14. Vivienda tradicional de Santa Ana de los Guácaras (Procedencia gráfica: Caballero, N.).*

En este entorno, lo exterior y lo interior se vuelven difusos, los límites de la propiedad quedan ampliados a un espacio donde “lo NO construido es lo más valioso” (Bernardillo & Salas, 1988: 20).

Este tipo de viviendas suelen mostrar una cierta elevación con respecto al suelo, bien para evitar las inundaciones o para dificultar la entrada en el edificio de insectos o animales molestos (*Figura 15*).

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en este tipo de clima es la ventilación del edificio, es decir: evitar la retención del calor.

Esto se consigue con la proyección de viviendas abiertas, de



*Figura 15. Alero pronunciado para la evacuación de lluvias y generación de sombras. Se aprecia en los muros de la vivienda la proliferación de hongos y algas debido a la elevada proporción de humedad ambiente (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

planta alargada y estrecha, y separadas entre ellas.

Los materiales que componen la construcción deben ser además livianos, recolectados del medio (*Figura 16*).

### Técnicas constructivas: las técnicas mixtas

Las técnicas mixtas responden a un sistema constructivo tradicional que se enmarca dentro de la familia de las estructuras (Houben & Guillaud, 1994: 188-189). Emplean para la construcción del esqueleto de la vivienda materiales de origen vegetal emplazados a pie de obra, tales como maderas, juncos, etc., revestidos con barro generalmente mezclado con paja y



*Figura 16. Generación de circulación de aire mediante la creación de plantas y aberturas alargadas, situando la vivienda aislada con respecto a sus vecinas (Procedencia gráfica: Caballero, N.).*

excrementos vacunos o equinos.

La red iberoamericana Proterra define la técnica mixta como “una estructura portante de madera unida por entramados reticulados de madera o palos y cubiertos con una mezcla plástica de tierra. En general, los efectos muy pronunciados de la contracción de esta mezcla requieren un revestimiento después del secado.” (Neves et al., 2011: 10).

En la ejecución de una técnica mixta se emplea una tierra de granulometría muy fina, con una débil presencia de arena, sometida a un estado hídrico entre plástico y viscoso, es decir, con un contenido en agua entre 15 y 35% (Fontaine & Anger, 2009: 27).

El nordeste argentino cuenta con hasta tres tipos diferentes de entramados, variando cada uno de ellos en la manera de entreteter las fibras. Son populares los *enchorizados*, el *palo a pique*, y la técnica del *estanteo* (Viñuales, 1990: 10).

En el caso de Santa Ana, la técnica del estanteo es la más elaborada, junto con las construcciones de adobes.

La técnica del estanteo en Santa Ana, se realiza colocando listones horizontales de madera o totora fijados entre postes u horcones de madera dura local como el ñandubay o algarrobo amarillo. Los horcones son los encargados de recibir el apoyo de las vigas destinadas a sostener la cubierta, así como de servir de punto de amarre de los tirantes (*Figura 17*).

Una vez ejecutada la techumbre, se procede a la mezcla de la argamasa de tierra, agua y paja, extraída de las islas colindantes, llevándola a un estado plástico con el que se rellenará la estructura inicial de doble entramado.

Finalmente, una vez seco el muro, se procederá a revocar o

embarrar la pared, generalmente con tierra estabilizada a la cal, o con una mezcla de cal y arena.

Primeramente plantaron horcones, y texiendo los vanos con ramas, y cubriendolas de lodo, formaron sus paredes. Otros cortando tepes, y secandolos, iban alzando paredes, travadas con algunos maderos; y para precaverse de lluvias y soles, lo techaban con cañas y hoja. Pero porque techos semejantes no podían sufrir las lluvias continuadas, elevando caballete, y cubriendo de lodo los tejarozes inclinados, iban desviando las aguas.

Vitrubio, 1993: 28-29

En este tipo de construcciones, la cubierta juega un papel fundamental, ya que permite la ventilación del interior de la vivienda



*Figura 17. Horcones sobre los que se apoyan la estructura horizontal de esta vivienda, rellena de barro y fibras vegetales en la técnica constructiva del estanco (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

durante los días de lluvia.

La ejecución de una techumbre prominente protegerá a la vivienda de las lluvias, altamente perjudiciales para las paredes realizadas con técnicas mixtas.

Por ello, para proteger y dotar de mayor durabilidad los muros, una cubierta sobresaliente se torna necesaria en los climas húmedos (*Figura 18*).

La arquitectura que emplea como sistema constructivo las técnicas mixtas o entramados se corresponde con suelos plásticos, aquellos ricos en arcillas que exigen el añadido de fibras para su estabilización.



*Figura 18. Horcones sujetando la cubierta y listones rellenos de barro (Procedencia gráfica: Díaz, I.).*

La utilidad de la techumbre es la primera y más importante de todas. En efecto, no sólo contribuye a la salud de quienes habitan el edificio, al rechazar y dejar fuera la noche, la lluvia y sobre todo el sol abrasador; sino que también preserva a las mil maravillas todo el edificio. Quita el tejado: la madera se pudrirá, el muro se tambaleará, los costados se cuartearán y, por último, la estructura en su conjunto se vendrá un poco hacia abajo. Incluso los mismos cimientos, aunque te cueste creerlo, son reforzados gracias a la protección de la techumbre.

Alberti, 1991: 85

## Revocos

Dos capas suelen constituir los revoques realizados en la técnica mixta del estanteo.

El “embarrado” del estaqueo <sup>7</sup> se realiza normalmente en base a dos capas, una de base, que tiene por fin crear una superficie de tierra, la cual normalmente recibe una segunda capa tipo “bolseado” que le da la terminación. La primera capa se realiza con mezcla de consistencia melosa, la cual por el alto contenido de agua, al secarse se fisura. La segunda capa, cuyo espesor es mínimo, sólo cumple la función de cierre y regularización de la superficie.

Ríos, 2009: 62

Los revoques de esta zona suelen ser enriquecidos con bosta equina o de vaca, sangre de matadero o suero de queso, ya que la tierra de la región posee un alto componente en limos y arcillas. También son utilizados en la estabilización de las tierras para construir fogones y hornos melazas y miel de caña de azúcar. La

<sup>(7)</sup>Término con el que se denomina en Paraguay la técnica constructiva del estanteo.

savia de tuna o nopal se emplea generalmente como fijador de pinturas y por sus propiedades impermeabilizantes.

## **Gran Canaria. El lugar donde confluyen los caminos**

Las técnicas constructivas en tierra han sido profusamente descritas en el pasado. Desde los clásicos Herotodo a Vitrubio, pasando por el renacentista Alberti hasta el neoclásico Juan de Villanueva, estos humanistas han sabido relatar con precisión los modos de construir que se ejecutaban en su tiempo, ofreciendo un valioso testimonio del pasado constructivo europeo y norteafricano.

Es y ha sido un placer enorme, haber constatado en primera persona que estos modos de construir, conservados con mucho esmero en nuestras bibliotecas, se continúan llevando a cabo de manera similar a la descrita por estos ilustrados en la actualidad entre los países en vías de desarrollo.

Técnicas apropiadas a necesidades concretas como pueden ser, entre otras, la cultura, la economía doméstica y, por supuesto, el clima.

Las zonas climáticas estudiadas han revelado dos tipos de climas diferentes, con necesidades precisas y maneras de construir distintas.

Evidentemente en ambos casos, en el clima desértico y en el subtropical, proyectar sombras es una labor muy importante.

El primero lo consigue elevando edificios, o situándolos cerca unos de otros; mientras que en el caso del subtrópico son obtenidas

a través de construcciones donde prima la horizontalidad, a la que suman corredores externos.

Afortunadamente, las inclemencias meteorológicas en la isla de Gran Canaria no son tan extremas.

Encontramos construcciones pesadas, conformadas por grandes masas construidas con piedras o sillares sujetos entre ellos con morteros de barro a medida que nos acercamos a la cumbre, mientras que en las zonas próximas a la costa las edificaciones son más livianas, empleando mampuestos de toba volcánica.

Tanto en el interior como en la costa, es muy utilizada la tierra en la unión de sillares, tanto en el hábitat doméstico como en los muros separadores de cultivos en las zonas agrícolas (*Figura 19*).



*Figura 19. Muro tradicional separador de cultivos en el norte de la isla de Gran Canaria (Procedencia gráfica: Díaz, I.)*

El barro ha sido empleado también en las cubiertas de los edificios vernáculos a modo de torta, reforzando la losa vertical realizada con cañas y otros elementos vegetales (Navarro, 2012: 75).

En la isla de Gran Canaria, cruce de caminos entre África y América, se conocen hasta ahora dos construcciones domésticas que utilizan la tierra cruda como material de construcción. Ambas se sitúan en la capital de la isla: Las Palmas de Gran Canaria.

La tierra apisonada o tapial ha sido empleado en la Casa del Deán, en el barrio histórico de Vegueta, mientras que tabiques de adobe han sido encontrados en el barrio contiguo a éste, en Triana, ubicados en la calle Malteses número 11.

Estas muestras nos acercan a un material común, empleado para satisfacer las necesidades de vivienda a lo largo y ancho del planeta, adaptando los sistemas constructivos al clima y las necesidades culturales y económicas de sus moradores: el barro.

**Desenlace: lo neovernáculo, una apuesta por el uso de una tecnología apropiada conducente al desarrollo sostenible**

Existe en la actualidad un sector social interesado por el medio ambiente, la producción y gestión de la vivienda y la construcción de un entorno agradable y sostenible.

Estas personas, provenientes en su mayoría de un entorno industrializado, comienzan a ser los demandantes de otras formas arquitectónicas, elaboradas con elementos reciclados y reciclables.

Además, se empieza a desarrollar por parte de los arquitectos una preocupación por investigar con otro tipo de materiales, formas y métodos.

Esta preocupación, visible a lo largo y ancho de los continentes, se traduce en la producción de arquitecturas evolucionadas y adaptadas al momento actual, provenientes del saber constructivo tradicional; obras realmente bellas y modernas, capaces de interactuar con el entorno sin agredirlo. Se trata de lo *neovernáculo* (Oliver, 1997).

Ejemplos de ello se hallan en las obras firmadas por Marcelo Cortés, en Chile, donde se produce un aporte a la construcción con tierra a través de la generación del sistema “quincha metálica”, realizando con este material la estructura de la vivienda a modo de entramado, sobre el que luego será aplicada la tierra (*Figura 20*).

Este modo de construir proviene de las tradicionales técnicas mixtas de construcción, denominadas quincha o entramado en Sudamérica. Empleaban para tal fin, y continúan haciéndolo, maderas y cañas en la ejecución de la estructura, como ya se mostró en el caso de Santa Ana de los Guácaras, en Argentina.

Rick Joy, en la Baja California, suma a la construcción tradicional



*Figura 20. Casa Peñalolen, Santiago de Chile. (Procedencia gráfica: <http://www.marcelocortes.cl>).*

de tapial grandes vidrios con los que consigue introducir el desierto de Tucson, en Arizona, en el interior de sus viviendas, logrando una conjunción con el paisaje sin igual.

En Europa, el estudio de arquitectura Associated Architects, en Birmingham, destacó al recibir el premio Award Arquitectura (Royal Institute of British Architects) por la Cotbun house, en las modalidades mejor edificio del año 2005 y edificio sostenible.

La utilización de paja y barro a la manera tradicional británica -cob- junto a otros materiales contemporáneos, logran un edificio inteligente y sostenible.

Anna Heringer, de procedencia alemana, ha desarrollado gran parte de su obra entre Bangladesh y Marruecos, adaptando lo vernáculo propio de estas regiones a las escuelas y centros que proyecta.

Emplea para tal fin barro, cerámica y bambúes, implicando a la población local en la construcción, lo que le ha valido los premios Aga Khan de arquitectura en el año 2007, y el Premio Mundial de Arquitectura Sostenible en 2011 (*Figura 21*).

Otras edificaciones que parten de la apreciación de la arquitectura tradicional canaria, adoptando estos modelos y transformándolos en otras obras son las realizadas por el canario César Manrique (1919-1992), quien ha dejado un legado constructivo para toda una isla, ejecutado a través de la observación, el estudio y el respeto por lo vernáculo de Lanzarote.

Supo adaptar toda la tradición al paisaje conejero en el momento que le tocó vivir, realizando obras de singular belleza, capaces de entablar un diálogo con el entorno dignas de admiración.

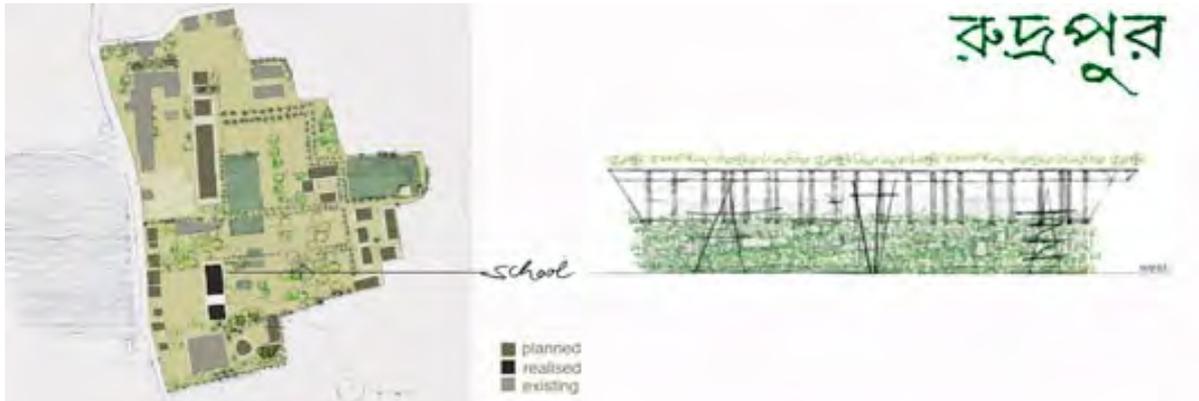


Figura 21. METI Handmade School in Rudrapur, Bangladesh. (Procedencia gráfica: <http://www.anna-heringer.com>).

## Bibliografía comentada

---

De Villanueva, J. (1977). *Arte de albañilería* (Facsimil ed.). Madrid: Velázquez.

Tratado de albañilería que indica el proceder en técnicas de construcción con tierra y cal.

El título inicial de la obra: “Arte de albañilería, ó instrucciones para los jóvenes que se dediquen á él, en que se trata de las herramientas necesarias al albañil, formacion de andamios, y toda clase de fábricas que se puedan ofrecer: con diez estampas para su mayor inteligencia: por el célebre don Juan de Villanueva [...]”, indica desde un comienzo su valioso contenido.

Pese a estar dividida en veinte capítulos, es un volumen corto y de fácil lectura, acompañada de sendos grabados que bien ilustran el texto.

Tras una breve introducción al lector acerca del concepto albañilería, continúa exponiendo los materiales comúnmente empleados, como son la tierra, la piedra, la cal, la arena y el yeso.

Tras ellos, continúa la narración acerca de las herramientas que se emplean para realizar las obras de albañilería, especificando en los siguientes capítulos técnicas concretas como son la realización de tapias de tierra, el empleo de la piedra, las cales y

el barro, pasando por la ejecución de ladrillos y tabiques, hasta la construcción de suelos y cubiertas del edificio.

Finaliza, evidentemente, con los guarnecidos, jaharrados y blanqueos, otorgando en los dos últimos capítulos datos acerca de la construcción de andamios, así como de los instrumentos y máquinas necesarios para acometer las obras.

El *Arte de albañilería* es un manual práctico de construcción de interés, no sólo por sus contenidos, sino además por ser una obra de cierta antigüedad, impresa en Madrid en el año 1827.

Fontaine, L., & Anger, R. (2009). *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*. París: Belin.

Edición fabulosa, imágenes que no sólo acompañan textos, sino que son protagonistas, se trata de una obra a todo color que muestra una cuidada fotografía que va desde el grano de arena a la arquitectura más bella realizada con tierra.

Estos ingenieros comienzan su obra con una sencilla pregunta: “¿Por qué construir con tierra?”. De esta manera, los capítulos que conforman el libro se encargan de responder la cuestión planteada desde distintos ángulos, como son arquitectura, materia e innovación.

En el apartado denominado “Arquitectura” comienzan por las grandes ciudades del desierto construidas con barro, siguiendo la más pura tradición constructiva, hasta llegar a obras contemporáneas ejecutadas en países desarrollados en las que la adaptación a los tiempos modernos de los sistemas constructivos del pasado generan obras de belleza similar a sus antecesoras.

En “Materia” exploran todo lo que es el suelo, sus constituyentes y los aspectos físicos que producen el sostenimiento de los granos de arena que conforman la arquitectura mostrada en el capítulo anterior.

Y en el último bloque, denominado “Innovación”, proponen la alternativa de las arcillas como material de construcción frente a otros de procedencia industrial, como puede ser el insostenible hormigón.

Muestran en este capítulo, las aplicaciones potenciales del suelo como material de construcción, ofreciendo innovaciones dentro del contexto de una ingeniería de la materia tierra para concebir una arquitectura duradera, económica y sostenible.

Tras la lectura de este libro, o incluso su hojeo, queda claramente respondida la pregunta que da inicio a la obra, que invita a un viaje que va desde lo macro (la arquitectura), a lo micro (el grano de arena).

Guigou, C. (2002). *La tierra como material de construcción*. Las Palmas de Gran Canaria: Colegio de Arquitectos de Canarias.

Obra que muestra la experiencia práctica del profesor universitario con sus alumnos en un taller sobre construcción con tierra.

Tras hablar de los diferentes ensayos a realizar en la caracterización de suelos, continúa con el aporte de fibras, empleando en su parte práctica la hoja de palmera canaria.

Posteriormente habla de diversos sistemas constructivos con tierra cruda, haciendo hincapié en el tapial, bahareque y adobe.

De interés son las fichas prácticas que incluye, acerca de los ensayos efectuados sobre diversas probetas estabilizadas con cemento y cemento y cal, y los resultados obtenidos.

Obra de interés ya que muestra experiencias de estudio tanto teóricas como prácticas en un territorio falto de este tipo de iniciativas, como es el Archipiélago Canario.

Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth construction. A comprehensive guide*. (A. Gompers, & J. Schilderman, Trans.) London: Intermediate Technology Publications.

Obra de referencia de la construcción con tierra procedente de dos de los investigadores pioneros en el estudio científico de este material: Hugo Houben y Hubert Guillaud, fundadores junto a otros del Centro de Estudio e Interpretación de la tierra CRATerre en Francia.

El subtítulo aclaratorio de la primera edición inglesa “a comprehensive guide” indica lo indispensable de esta obra, ya que abarca de manera general muchos, si no todos, los aspectos de la construcción con tierra.

La obra se divide en doce capítulos que van desde una introducción histórica que diserta sobre la diversidad y universalidad de la construcción con tierra (capítulo 1), hasta el estudio e identificación de suelos (capítulos 2 y 3), su estabilización junto a los ensayos de caracterización de la tierra (4, 5, 6 y 7), pasando por los métodos de construcción, diseño y producción (8, 9 y 10), con un breve aporte acerca de la idoneidad de diversos sistemas constructivos en zonas de riesgo, tanto sísmico como de fenómenos atmosféricos desfavorables (capítulo 11), finalizando con los acabados o revestimientos de tierra (12).

Obra sencilla, ordenada, de rápida y fácil lectura que recuerda mucho a su antecesora *Construire en terre* (Doat, P.; Hays, A.; Houben, H., et al. 1979), aparecida 10 años antes por el mismo equipo, procedente del mismo laboratorio de la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de la Universidad de Grenoble.

Matteini, M., & Moles, A. (2001a). *La química en la restauración. Los materiales del arte pictórico* (1ª ed.). (E. Bruno, & G. Lain, Trads.) Guipúzcoa: Nerea.

Primera edición en español traducida de la original italiana, editada en el año 1989.

La obra se divide en dos partes, una primera que trata de los materiales de la pintura y las sustancias para su restauración, y la segunda, en la que se introduce al lector en conceptos de química general.

La primera parte estudia los pigmentos y sustancias colorantes comúnmente empleados en las técnicas pictóricas tradicionales, así como los aglutinantes y disolventes con los que se ha trabajado a lo largo de la historia, tanto en la ejecución de piezas artísticas como en su restauración.

Finaliza esta primera parte dedicándose al estudio de los barnices, adhesivos, sustancias consolidantes y estucos, analizando la proveniencia, extracción o producción y modos de envejecimiento tanto de los compuestos naturales como de los sintéticos.

En la segunda parte de esta obra, dedicada a la química general como su título indica, se parte de conocimientos básicos acerca de este sujeto, describiendo los tipos de enlaces existentes y los diferentes estados de agregación de la materia, para finalizar en la química orgánica.

Se trata de un libro de fácil lectura, bien estructurado, indispensable para el conocimiento de las materias empleadas desde la tradición hasta la actualidad en el campo de las artes.

Mileto, C., & Vegas, F. (2014). *La restauración de la tapia en la Península Ibérica: criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia: TC Cuadernos.

Compilatorio que reúne diversas experiencias acerca de obras de restauración efectuadas sobre tapial en la península ibérica, y el estado actual de la cuestión.

Ayuda a tomar consciencia de la gran cantidad de obras construidas en tierra cruda, concretamente bajo la técnica ancestral del tapial en territorio ibérico, así como la preocupación actual existente en el estudio y conservación de este tipo de bienes.

Desde Cataluña hasta Andalucía, pasando por Portugal, la técnica constructiva del tapial muestra un patrimonio rico no sólo en fortalezas defensivas, sino en bienes eclesiásticos y edificios domésticos.

Los diversos trabajos de restauración efectuados desde la década de los 80, ejecutados con mayor o menor coherencia, son presentados en este volumen que recoge reconstrucciones, recreaciones, técnicas y materiales empleados, así como el impacto que estas intervenciones han presentado sobre el edificio original y el paisaje en el que se encuentra.

Destacable resulta la intervención efectuada en la torre Bofilla de Bétera, en Valencia, entre los años 2009 y 2010 por la compiladora del libro junto a Fernando Vegas. En ella prima el respeto hacia la fábrica histórica, conciliando los criterios disciplinares de la restauración de patrimonio, como son la autenticidad constructiva

y material, reversibilidad, mínima intervención, distinción de los añadidos, durabilidad y compatibilidad de los materiales empleados con el original.

La reflexión final de este compilatorio aboga por la necesidad de definir correctamente los criterios de conservación y métodos de ejecución con los que continuar trabajando en la restauración de tapiales, extrapolables a otros sistemas de construcción en tierra, así como en los edificios vernáculos: en ellos debe prevalecer, evidentemente, el respeto hacia el Bien.

Minke, G. (2014). *Revoques de barro. Mezclas, aplicaciones y tratamientos*. (G. Petersen, Trad.) Barcelona: Icaria.

Cuaderno de apenas treinta y dos páginas que muestra de forma muy práctica los procesos a seguir a la hora de realizar revocos de barro.

Tras una breve introducción en la que el autor se dirige al lector de la obra, comienza por explicar qué es el barro, sus características y modos de preparación, así como una breve página en la que habla de los aditivos que se pueden añadir, en lo referido a las fibras.

Posteriormente muestra la diversidad de ensayos a efectuar sobre una muestra de suelo para determinar la composición del mismo y su empleabilidad.

Tras mostrar cómo se debe preparar la superficie a revocar, continúa hablando de las capas de revoque susceptibles de ser colocadas en un muro, su reforzamiento y acabado final.

En las últimas páginas del cuaderno menciona algunos produc-

tos de uso frecuente en la estabilización de revocos, con tablas de experiencias personales acerca de diferentes mezclas y su comportamiento, finalizando con una brevísima alusión a la reparación de los defectos propios del revoco.

Obra de interés introductorio al mundo de los revoques de barro, para aquel que desee tanto experimentar como conocer algo más acerca de este campo.

Resulta interesante ya que es el único manual existente en lengua española, de reciente publicación, sobre esta temática.

Rudofsky, B. (1973). *Arquitectura sin arquitectos: breve introducción a la arquitectura sin genealogía*. Buenos Aires: Universitaria.

Obra realizada a modo de acompañamiento de la exposición efectuada en el Museo de Arte Moderno de Nueva York, denominada “Arquitectura sin Arquitectos”, se trata de una especie de catálogo con imágenes en blanco y negro de una gran variedad de construcciones vernáculas.

La obra comienza mostrando estructuras arqueológicas procedentes de América y Europa, continuando con diferentes hábitats trogloditas o arquitecturas efectuadas por sustracción, hasta llegar a modificaciones efectuadas sobre el paisaje, a través de una imagen procedente de La Geria, en la isla de Lanzarote.

Pequeños textos dan paso a las fotografías, en las que son presentadas las similitudes existentes entre diferentes ciudades europeas construidas en pequeñas islas o en colinas a modo de nidos, con las aldeas del país Dogón en Malí.

Se detiene en detalles constructivos como arcadas y cercos, llegando a interesantes ejemplos de lo que el autor denomina

“arquitectura transportable”, a través de la cual determinados elementos, como la cubierta de la edificación, tejidos con fibras vegetales, son trasladados al nuevo lugar donde se emplazará la vivienda.

Estos son apenas pequeños ejemplos del vasto mundo que el autor muestra en esta obra, de gran valor introductorio al universo del hábitat vernáculo mundial.

Stulz, R., & Mukerji, K. (1993). *Appropriate building materials. A catalogue of potential solutions* (3ª ed.). St. Gallen: SKAT & IT Pub.

Este “Catálogo de soluciones potenciales” tiene como principal objetivo ofrecer información práctica a constructores de todas las partes del globo.

Está dividido en tres partes fundamentales.

La primera de ellas ofrece información fundamental acerca de los materiales que conforman cualquier obra de construcción, desde la piedra hasta el yeso, pasando por el cemento, bambú, plásticos o metales, así como de los elementos que conforman una obra: cimientos, suelos y techos, muros, tejados y sistemas constructivos. Esta primera parte, la más extensa de la obra, se enriquece junto al resto con ilustraciones, fotografías, símbolos y gráficos.

El segundo módulo, de menor extensión pero de igual riqueza que el anterior, dedica sus páginas a mostrar ejemplos de los usos de los materiales de construcción analizados en el primer apartado, a través de construcciones tanto tradicionales como contemporáneas o experimentales.

Y por último, la tercera parte muestra, a modo de anexo, la maquinaria e instrumental necesarios para llevar a cabo muchos de los trabajos expuestos en el apartado anterior, así como tablas de conversión de medidas y direcciones útiles.

Obra eminentemente práctica, de fácil manejo, consulta y lectura, se torna un volumen imprescindible en el mundo de la construcción alternativa.

## Bibliografía

---

10th Conférence internationale sur l'étude et la conservation du patrimoine bâti en terre. (2008). *Terra 2008*. Bamako.

Abadom Loora, B., Taxil, G., Kwami, M., Moriset, S., & Savage, D. (2004). *Navrongo Cathedral: the merge of two cultures*. Villefontaine: CRATerre Editions.

Agnew, N. (1990). The Getty adobe research project at Fort Selden I. Experimental design for a test wall project. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 243-249). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Alberti, L. (1991). *De Re Aedificatoria*. Madrid: Akal.

Alcalde, M., & Martín, A. (1996). Indicadores de alteración de los materiales pétreos. Propuesta de una terminología. *Revista pH*, 15, 65-74.

Alejandro-Sancuez, F. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros*. Sevilla: Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción.

Anger, R., & Fontaine, L. (2005). *Grains de bâtisseurs. La matière en grains, de la géologie à l'architecture*. Grenoble: CRATerre - ENSAG.

Anger, R., Fontaine, L., Houben, H., Doat, P., Van Damme, H., Olagnon, C., & Jorand, Y. (2008). La terre, un béton comme les autres? Quelques mécanismes de stabilisation du matériau terre. En L. Rainer, A. Bass Rivera, & D. Gandreau (Edits.), *Terra 2008*:

*The 10th Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage* (págs. 222-225). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Anink, D., Boonstra, C., & Mark, J. (1996). *Handbook of sustainable building. An environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment*. London: James & James.

Apollonj, P. (2014). *Étude sur les mausolées de Tombouctou*. París: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, UNESCO.

Asquith, L., & Vellinga, M. (2006). *Vernacular architecture in the twenty-first century. Theory, education and practice*. London and New York: Taylor & Francis.

Austin, G. (1990). Adobe and related building materials in New Mexico, USA. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Preprints* (págs. 417-421). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Baldini, U. (2002). *Teoría de la restauración y unidad metodológica*. (M. Mozzillo, Trad.) Guipúzcoa: Nerea.

Baradan, B. (1990). A new restoration material for adobe structures. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Preprints* (págs. 149-152). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Barahona, C. (2000). *Técnicas para revestir fachadas*. Madrid: Munilla-Lería.

Barbero, M., & Maldonado, L. (2012). *Los revestimientos en la arquitectura tradicional africana: conservación y mantenimiento*. Obtenido de IX Congreso de tierra en Cuenca de Campos, Valladolid: <http://www5.uva.es/>

Bardou, P., & Arzoumanian, V. (1979). *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: Gustavo Gili.

Barrios, G., Alvarez, L., Arcos, H. & Rosi, D. (1986). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. *Informes de la Construcción*, 37(377), 43-49.

- Beazle, M. (1978). *La Madera*. Barcelona: Blume.
- Bethencourt, J. (1994). *Historia del pueblo guanche* (Vols. II: Etnografía y organización etno-política). La Laguna: Francisco Lemus.
- Blier, S. (1994). *The anatomy of architecture: ontology and metaphor in Batammaliba architectural expression*. Chicago, London: The University Chicago Press.
- Bokalders, V., & Block, M. (2010). *The whole building handbook. How to design healthy, efficient and sustainable buildings*. London: Earthscan.
- Bourdier, J., & Trinh, H. (2005). *Habiter un monde. Architectures de l'Afrique de l'ouest*. París: Alternatives.
- Boussalh, M., Jlok, M., Guillaud, H., & Moriset, S. (2004). *Manuel de conservation du patrimoine architectural en terre des vallées présahariennes du Maroc*. France: CERKAS / Centre du Patrimoine Mondial de l'Unesco / CRATerre-EAG.
- Bracho, M. (2012). *Proteínas. Generalidades de las biomoléculas. Estructura y propiedades físico químicas de las proteínas, péptidos y aminoácidos*. Maracaibo: Universidad de Zulia.
- Brandi, C., & De Angelis D'Ossat, G. (1972). *Carta del Restauro*. Obtenido de [http://ipce.mcu.es/pdfs/1972\\_Carta\\_Restauro\\_Roma.pdf](http://ipce.mcu.es/pdfs/1972_Carta_Restauro_Roma.pdf)
- Brenes, F. (2007). La tabaiba dulce. Una fuente curativa. *Revista guanche* (18). Obtenido de <http://www.mundoguanche.com/portada/portada.php?id=18>
- Bülent, B. (1990). A new restoration material for adobe structures. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 149-152). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Cabildo de Gran Canaria. (2015). *Jardín botánico Viera y Clavijo*. Obtenido de <http://www.jardincanario.org/>
- Carazas, W., & Rivero, A. (2002). *Bahareque: Guía de construcción parasísmica*.

Villefontaine: CRATerre.

Carli, C. (1980). *8 grados al sur del trópico de capricornio*. Buenos Aires: Sainte Claire Editora S.R.L.

Castañeda, J. (2014). Las manos y el barro: la casa de Bahareque. *Boletín de Antropología*, 29(47), 201-208.

Castilla Pascual, F. (2004). *Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: <http://oa.upm.es/8826/>

Chanes, R. (1979). *Deodendron. Árboles y arbustos de jardín en clima templado* (2ª ed.). Barcelona: Blume.

Chiari, G. (1990). Chemical surface treatments and camping techniques on earthen structures: a long-term evaluation. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Preprints* (págs. 267-273). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

CIAV Centro de Investigación en Arquitectura Vernácula. (1996). *Carta del Patrimonio Vernáculo construido*. Madrid, 30 de enero de 1996, ratificada por ICOMOS en México, octubre de 1999.

Coffman, R., Sewitz, C., & Agnew, N. (1990). The getty adobe research project at Fort Selden II. A Study of the Interaction of Chemical Consolidants with Adobe and Adobe Constituents. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Preprints* (págs. 250-254). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Conferencia Internacional “Cracovia 2000”. (2000). *Carta de Cracovia. Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido*. Cracovia.

Conferencia Internacional de Arquitectura Moderna. (1931). *Carta de Atenas*. Obtenido de [http://ipce.mcu.es/pdfs/1931\\_Carta\\_Atenas.pdf](http://ipce.mcu.es/pdfs/1931_Carta_Atenas.pdf)

Congreso Internacional de Arquitectura y Técnicos de Monumentos Históricos. (1964). *Carta de Venecia*. Obtenido de [http://ipce.mcu.es/pdfs/1964\\_Carta\\_Venecia.pdf](http://ipce.mcu.es/pdfs/1964_Carta_Venecia.pdf)

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios - ICOMOS. (1999). *Carta del patrimonio vernáculo construido*. Obtenido de [http://www.esicomos.org/nueva\\_carpeta/info\\_VERNACULA.htm](http://www.esicomos.org/nueva_carpeta/info_VERNACULA.htm)

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios - ICOMOS. (2003). *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*. Victoria Falls, Zimbabwe: 14ª Asamblea General del ICOMOS.

CRATerre-ENSAG. (Ed.). (2004). *Tout autour de la terre. Valoriser nos diversités et nos richesses culturelles un facteur de vitalité pour la terre, demain*. Grenoble: CRA-Terre-ENSAG.

CTS (Ed.). (2003). *Catálogo general*. Madrid: C.T.S. S.r.l.

Daddis, J. (2007). *Le tadalakt. Une technique millénaire d'enduit à la chaux*. Aix en Provence: Edisud.

Dahl, T., & Sørensen, P. (2008). Human comfort. En T. Dahl (Ed.), *Climate and architecture* (págs. 23-29). London and New York: Taylor & Francis.

Daneels, A., & Guerrero Baca, L. (2014). Sites archéologiques en terre aux Amériques: études et préservation. En *Conservation des architectures de terre sur les sites archéologiques. Nouvelles pratiques et perspectives*. International Scientific workshop (págs. 92-103). France: CRATerre éditions.

De Villanueva, J. (1977). *Arte de albañilería* (Facsimil ed.). Madrid: Velázquez.

Delgado, J. (2011). *El revoco: características y aplicación de revestimientos*. Recuperado el 15 de Junio de 2012, de Conferencia impartida por Laurent Coquemont el 23 de marzo de 2011 en el Salón de Actos de la E.T.S. Arquitectura de Sevilla. I Ciclo de Conferencia de Extensión universitaria. La tierra cruda: un material de construcción actual: [http://obiter.us.es/index.php?option=com\\_seyret&task=videodirectlink&id=485](http://obiter.us.es/index.php?option=com_seyret&task=videodirectlink&id=485)

Departamento de Biología - Universidad de las Islas Baleares. (2007). *Herbario virtual del Mediterráneo Occidental*. Obtenido de Universitat de les Illes Balears, Universitat de Barcelona, Universitat de València: //herbarivirtual.uib.es/cas-med/

Dethier, J. (1982). *Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire*. París: Centre Georges Pompidou, Centre de Création Industrielle.

Di Rado, H., Fabre, V., & Miño, F. (2000). *Estabilización de suelos con tanino*. Resistencia: Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

Diario Norte. (19 de Diciembre de 2010). *El mal de Chagas no distingue entre zona urbana y rural*. Obtenido de <http://www.diarionorte.com/article/53153/el-mal-de-chagas-no-distingue-entre-zona-urbana-y-rural>

Díaz-Ramos, I. (2011a). Calle Herrería, 8, esquina calle Pelota, 25. En L. Martínez, & P. Ortega-Andrade (Edits.), *Conservando nuestro patrimonio. Rehabilitación en el tejido denso y en puntos singulares: Vegueta y edificaciones emblemáticas* (págs. 108-127). Las Palmas de Gran Canaria: Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias.

Díaz-Ramos, I. (2011b). La tierra cruda como material de construcción en la región del NEA. Valoración, conservación y aplicación en el hábitat tradicional y contemporáneo. En *Comunicaciones científicas y tecnológicas anuales* (págs. 125-128). Resistencia: Universidad Nacional del Nordeste.

Díaz-Ramos, I. (2013). *Aprendizaje de la técnica tradicional del adobe en los pueblos bereberes, aplicada a la conservación y restauración del Ksar de Aït Ben Haddou*. DigitAR Revista de Arqueología, Arquitectura e Artes, 131-137. Obtenido de Actas do 6º ATP/ 9º SIACOT: [http://www.uc.pt/uid/cea/downloads/digitalar\\_1\\_comp](http://www.uc.pt/uid/cea/downloads/digitalar_1_comp)

Didier-Feltgen, L. (2005). *Les enduits en terre. Synthèse et transmission des savoir-faire dans le cadre du programme Européen Leonardo da Vinci*. Grenoble: École National Supérieure d'Architecture.

Dioscórides, P. (2006). *Sobre los remedios medicinales. Manuscrito de Salamanca*. (A. López-Eire, & F. Cortés-Gabaudan, Trads.) Salamanca: Ediciones de la Universidad

de Salamanca.

Direction Nationale du Patrimoine Culturel du Burkina Faso. (2005). *Le Na-Yiri de Kokologho*. Grenoble: CRATerre édition.

Direction Nationale du Patrimoine Culturel du Mali. (2005). *Le tombeau des Askia. Gao - Mali*. Grenoble, Francia: CRATerre édition.

Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., & Vitoux, F. (1979). *Construire en terre*. France: AnArchitecture.

Doerner, M. (1994). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte* (5ª ed.). Barcelona: Editorial Reverté.

Eloundou, L. (2005). La conservation traditionnelle de la case obus des Mousgoums. En T. Joffroy (Ed.), *Les Pratiques de conservation traditionnelles en Afrique* (págs. 82-92). Roma: ICCROM.

ENSAG-CRAterre. (2014). *Versus. Lecciones del patrimonio vernáculo para una arquitectura sustentable*. Grenoble: Éditions CRAterre/ESG/UNICA/UNIFI/UPV.

Espuga, J., Berasategui, D., & Gilbert, V. (1999). *Revoques y estucados: teoría y práctica*. Barcelona: UPC.

Estados miembros del Consejo de Europa. (1985). *Carta de Granada*. Convención para la salvaguardia del patrimonio arquitectónico de Europa.

Fathy, H. (1975). *Arquitectura para los pobres*. México: Extemporáneos.

Ferm, R. (1990). Synthetic latex-soil slurry, a new adobe preservation technique. En G. Kirsten (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 274-276). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Flores, M., Martins, C., Rios, S., & Viñuales, G. (1994). *Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Font, P. (1990). *Plantas medicinales: el dioscórides renovado* (12ª ed.). Barcelona: Labor.

Fontaine, L., & Anger, R. (2009). *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*. París: Belin.

Fuchs, L. (2005). *Historia de las yervas y plantas*. Salamanca: Ediciones de la Universidad de Salamanca.

Gallego, F., Valverde, I., Sebastián, E., & Ontiveros, E. (2008). Estudio de los materiales de construcción de las murallas del Albayzín (Granada). *Revista pH(66)*, 32 - 47.

Gandreau, D., Delboy, L., & Joffroy, T. (2012). *Patrimoine mondial. Inventaire de l'architecture de terre*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. Programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre.

Gárate, I. (2002). *Artes de la cal* (2ª ed.). Madrid: Munilla-Lería.

Garófano, I. (2011). Materiales orgánicos naturales presentes en pinturas y policromías. Naturaleza, usos y composición química. En "Criterios, Proyectos y Actuaciones". *Revista pH(80)*, 56-71.

Ghana Museums and Monumental Borrada. (2004). *Larabanga*. Grenoble: CRATerre édition.

Gómez, M. (1998). *La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra.

González, J. (2005). *Revestimientos continuos tradicionales y modernos*. Madrid: Fundación Escuela de la Edificación.

Graciani, A. (2008). Propuesta de metodología científica para la caracterización constructiva de fábricas de tapial en los estudios previos. Su aplicación la muralla de Sevilla en el tramo del jardín del valle. En *IX Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio del Arquitectónico y Edificación*. Sevilla: Junta de Andalucía.

Grimaldi, D., Murrari, A., & Spirydowicz, K. (2002). Painting techniques of the Mexicas at the Great Temple of Tenochtitlan in Mexico City. En ICOM-CC (Ed.), *13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro* (Vol. II, págs. 565-570). London: James & James.

Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes*, 20(2), 182-201.

Guerrero, L. (2011). Revestimientos. En C. Neves, & O. B. Faria (Edits.), *Técnicas de construcción con tierra* (págs. 72-77). Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA. Obtenido de [http://www.redproterra.org/images/stories/pub\\_pdf/tecnicas\\_de\\_construccion\\_con\\_tierra.pdf](http://www.redproterra.org/images/stories/pub_pdf/tecnicas_de_construccion_con_tierra.pdf).

Guerrero, L., Correia, M., & Guillaud, H. (2012). Conservación del patrimonio arqueológico construido en tierra en iberoamérica. *Apuntes*, 25(2), 210-225.

Guigou, C. (2002). *La tierra como material de construcción*. Las Palmas de Gran Canaria: Colegio de Arquitectos de Canarias.

Guillaud, H. (2003). An approach to the evolution of earthen building cultures in Orient and Mediterranean regions. What future for such an exceptional legacy? *Al-Rāfidān*, XXIV.

Gutiérrez, R. (1974). *Evolución urbanística y arquitectónica del Paraguay. 1537-1911*. Resistencia: Departamento de Historia de la Arquitectura. Universidad Nacional del Nordeste.

Gutiérrez, R. (1987). Características urbanas y arquitectónicas del Norte Santafecino. 1870-1910. *Dana*, 15-29.

Hamadou, S., & Sanon, Y. (s.f.). *Synthèse bibliographique sur es filiales laitières au Burkina-Faso*. Obtenido de Réseau de Recherche et d'Echanges sur les Politiques Laitières. Document de travail n° 3: [http://www.hubrural.org/IMG/pdf/repol\\_burkina\\_synthese\\_biblio.pdf](http://www.hubrural.org/IMG/pdf/repol_burkina_synthese_biblio.pdf)

Harrison, J. (1990). The show method of construction of traditional wet mixed and placed mass sub-soil walling in Britain. En K. Grimstad (Ed.), *6th International*

*Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 66-71). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Henriques, V., & J.Guarin, E. (2010). Acabados en Tierra. *Terra Brasil*, (págs. 1-10).

Heródoto. (1977). *Historia* (Vol. I). Madrid: Gredos.

Horie, V. (1990). *Materials for conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings*. Oxford: Butterworth-Heinemann (1ª edición: 1987).

Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth construction. A comprehensive guide*. (A. Gompers, & J. Schilderman, Trans.) London: Intermediate Technology Publications.

Hoyle, A. (1990). Chan Chan: Aportes para la conservación de la arquitectura de tierra. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 225-229). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Hoz, J., Maldonado, L., & Vela, F. (2003). *Tierra: diccionario de construcción tradicional*. San Sebastián: Nerea.

Joffroy, T. (2005). *Les pratiques de conservation traditionnelles en Afrique*. Roma: ICCROM.

Joffroy, T., & Djanguenane, N. (2005). *Koutammakou, le pays des batammariba: ceux qui façonnent la terre*. Villefontaine: CRATerre Éditions.

Kaboré, I. (2013). *Évaluation de la toxicité des détergents et savons utilisés pour la production des eaux grises dans les menages en milieu rural et périurbain*. Recuperado el 26 de Mayo de 2014, de Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement. Burkina Faso, Institut International d'Ingénierie: [http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=1238](http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1238)

Kéré, B. (1995). *Architecture et cultures constructives du Burkina Faso*. Villefontaine: CRATerre - EAG.

## BIBLIOGRAFÍA

- Kwami, M., & Taxil, G. (2005). La décoration des habitations dans la tradition Nankani. En T. Joffroy (Ed.), *Les Pratiques de conservation traditionnelles en Afrique* (págs. 76-82). Roma: ICCROM.
- Leiva, M. (1986). Arquitectura rural del área centro chaqueña argentina. *Dana*(22), 13-22.
- Lengen, J. (2002). *Manual del arquitecto descalzo. Cómo construir casas y otros edificios* (5ª ed.). México: Editorial Pax.
- Maldonado, L., Castilla, F., & Vela, F. (1997). La técnica del tapial en la comunidad autónoma de Madrid. Aplicación de nuevos materiales para la consolidación de muros de tapia. *Informes de la Construcción*, 49(425).
- Maldonado, L., Rivera, D., & Vela, F. (2002). *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. Madrid: Mairea.
- Marangoni, G. (2007). *El barro, las manos, la casa*. Obtenido de El Bolsón Producciones (Film): <http://vimeo.com/41616082>
- Marrero, M., Rodríguez, O., & Wildpret, W. (2000). Contribución al estudio etnobotánico de la tabaiba dulce (*Euphorbia Balsamífera*). *Anuario de Estudios Atlánticos*(46), 19-58.
- Martínez, L., & Ortega, F. (Edits.). (2011). *Conservando nuestro patrimonio. Rehabilitación en el tejido denso y en puntos singulares: Vegueta y edificaciones emblemáticas*. Las Palmas de Gran Canaria: Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias.
- Martínez-Camacho, F. (2007). *La consolidación de adobe con mucílago de nopal. Estudio de un caso: el templo de la antigua misión de Nuestra Señora del Pilar y Santiago de Coscospera*, Sonora. México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete".
- Martínez-Camacho, F., Vazquez-Negrete, J., Lima, E., & al. (2008). Texture of nopal treated adobe: restoring Nuestra Señora del Pilar misión. *Journal of Archaeological Science*(35), 1125-1133.

Masschelein-Kleiner, L. (1988). Observaciones sobre la utilización de disolventes en tareas de conservación. *PH Boletín*, 66-71.

Masschelein-Kleiner, L. (2004). *Los solventes*. Chile: Dirección de bibliotecas Archivos y Museos, Centro Nacional de Conservación y Restauración.

Matteini, M., & Moles, A. (2001a). *La química en la restauración. Los materiales del arte pictórico* (1ª ed.). (E. Bruno, & G. Lain, Trans.) Guipúzcoa: Nerea.

Matteini, M., & Moles, A. (2001b). *Ciencia y restauración. Método de investigación* (1ª ed.). (M. Martínez de Marañón, Trad.) Guipúzcoa: Nerea.

May, J. (2011). *Casas hechas a mano y otros edificios tradicionales. Arquitectura popular*. Barcelona: Blume.

Mayer, R. (1993). *Materiales y técnicas del arte* (2ª ed.). (J. Ibeas, Trad.) Madrid: Tur-sen.

McHenry, P. (1990). Acoma: a case study in preservation philosophy and implementation. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 159-165). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Mileto, C., & Vegas, F. (2014). *La restauración de la tapia en la Península Ibérica: criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia: TC Cuadernos.

Mileto, C., Vegas, F., & López, J. (2011). Criterios y técnicas de intervención en tapia. La restauración de la torre Bofilla de Bétera (Valencia). *Informes de la Construcción*, 63(523), 81-96.

Mingarro, M. (1996). *Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico*. Madrid: Complutense.

Minke, G. (2005). Una casa tapial en la isla de La Palma. *Rincones del Atlantico*(2), 182-185.

- Minke, G. (2009). *Building with earth: design and technology of a sustainable architecture*. Basel: Birkhauser.
- Minke, G. (2010). *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. (K. Herzfeld, R. Loayza, & G. Peterson, Trads.) Teruel: Ediciones Ecohabitar.
- Minke, G. (2011). Shrinkage, abrasion, erosion and sorption of clay plasters. *Informes de la Construcción*, 63(355), 153-158.
- Minke, G. (2014). *Revoques de barro. Mezclas, aplicaciones y tratamientos*. (G. Petersen, Trad.) Barcelona: Icaria.
- Morales, R. (2007). Arquitectura prehispánica de tierra: conservación y uso social en las Huacas de Moche, Perú. *Apuntes*, 20(2), 256-277.
- Morales, R. (2008). Huacas de Moche, Perú, Archaeological Project: Management, Research, Conservation, and Results. En L. Rainer, A. Bass, & D. Gandreau (Edits.), *The 10th Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage* (págs. 194-200). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Naciones Unidas. (2012). *El futuro que queremos*. Obtenido de Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Río de Janeiro: <https://sustainable-development.un.org/content/documents/764Future-We-Want-SPANISH-for-Web.pdf>
- Napon, A., & Rakotomamonjy, B. (2005). Le Na-Yiry du Kokologho. En T. Joffroy (Ed.), *Les Pratiques de conservation traditionnelles en Afrique* (págs. 6-16). Roma: ICCROM.
- Navarro, P. (2012). *Estudio de los armazones de cubierta de la construcción rural y vernácula de Gran Canaria. Análisis estructural y constructivo*. (Tesis doctoral inédita), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- Nelson, S. (2007). *From Cameroon to Paris: Mousgoum architecture in and out of Africa*. Chicago: The University of Chicago.

Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Cevallos, P., & Hoffman, M. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra*. Obtenido de <http://www.redproterra.org>.

Nicolaus, K. (1999). *Manual de restauración de cuadros*. Colonia: Könemann.

Norton, J. (1986). *Building with earth: a handbook*. London: I.T. Publications.

Olcese, M. (1993). *Arquitectura de tierra: tapial y adobe*. Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid.

Oliver, P. (1978). *Cobijo y sociedad* (1ª ed.). (J. Corral, Trad.) Madrid: Hermann Blume.

Oliver, P. (Ed.). (1997). *Enciclopedia of vernacular architecture of the world*. New York: Cambridge University Press.

Oliver, P. (2003). *Dwellings: the vernacular house worldwide*. London: Phaidon.

Oliver, P., Mesbaha, A., & Adam, W. (1990). Restauration des murailles de sana'a, Yemen du nord. Amélioration du zabour', méthode traditionnelle de construction en terre. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 233-239). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

OMS. (2015). *La enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana)*. Obtenido de Notas descriptivas - Centro de prensa: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/es/>

Ontiveros, E. (2001). Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: morteros empleados en construcciones históricas. Formulación y características. *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*(34), 78-89.

Ontiveros, E., Sebastian, S., Valverde, I., & Gallego, J. (2008). Estudio de los materiales de construcción de las murallas del Albayzín (Granada). *PH Boletín del Instituto*

*Andaluz del Patrimonio Histórico*(66), 32-47.

Ortega Andrade, F. (1989). *Patología de la construcción: humedades en la edificación*. Sevilla: Editan.

Ould, A., & Joffroy, T. (2005). La conservation des Grandes Mosquées de Tombouktou. En T. Joffroy (Ed.), *Les Pratiques de conservation traditionnelles en Afrique* (págs. 24-32). Rome: ICCROM.

Ould, A., & Joffroy, T. (2010). *Mystérieuse Tombouktou*. Grenoble: CRATerre éditions.

Oumarou, N., Kaboré, B., Traoret, A., Traoré, S., Francois de Paul, T., Joffroy, T., & Rakotomamonjy, B. (2005). *Le Na-Yiri de Kokologho*. Grenoble: CRATerre éditions.

Özkan, S. (2006). Traditionalism and vernacular architecture in the twenty-first century. En L. Asquith, & M. Vellinga (Edits.), *Vernacular architecture in the twenty-first century. Theory, education and practice* (págs. 97-109). London and New York: Taylor & Francis.

Papas, C. (1957). *L'urbanisme et l'architecture populaire dans les cyclades*. Paris: Dunod.

Pereira, H. (2008). Saliva de cupim: Recent Experiments with Termite Mound Soil and Termite Saliva as Stabilizers for Earthen Structures. En L. Rainer, A. Bass Rivera, & D. Grandeau (Edits.), *Terra 2008: The 10th Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage* (págs. 247-252). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Pérez de Paz, P., & Hernández, C. (1999). *Plantas medicinales o útiles en la flora canaria*. Tenerife: Francisco Lemus.

Pérez, J. (2014). Las manos y el barro: la casa de bahareque. *Boletín de Antropología*, 29(47), 201-211.

Pérez, N. (2009). *Formulación de un mortero de inyección con mucílago de nopal para*

*restauración de pintura mural*. (Tesis de maestría), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Jalisco.

Plinio Segundo, C. (1999). *Naturalis Historia* (2ª ed.). (F. Hernandez, & G. de Huerta, Trads.) Madrid: Visor Libros.

Productos de Conservación S.A. (1988). *Catálogo general de productos de conservación*. Madrid: Productos de Conservación, S.A.

Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (2003). *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Salvador: PROTERRA/CYTED, CNPq.

Rapoport, A. (1973). *Vivienda y cultura*. Barcelona: Gustavo Gili.

Real Academia Española. (2009). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <http://www.rae.es/rae.html>

Reichel, A., Hochberg, A., Köpke, C., & Rojas, M. (2007). *Enlucidos, revocos, pinturas y recubrimientos* (1ª ed.). (M. Rojas, Trad.) Barcelona: Gustavo Gili.

Reyes-Betancort, J., & Santos, A. (2009). Viaje de ida y vuelta al suroeste de Marruecos. *Rincones del Atlántico*(6/7), 192-203.

Ríos, S. (2009). *Arquitectura + patrimonio en tierra del Paraguay*. San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción del Paraguay.

Romero, M. (1990). An evaluation of the New Mexico state monuments adobe test walls at Fort Selden. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Preprints* (págs. 383-389). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Romero-Noguera, J. (2007). *Biodeterioro fúngico y bacteriano de resinas terpénicas utilizadas en pintura y otras artes plásticas*. Obtenido de Universidad de Granada, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Pintura (Tesis doctoral): <http://hera.ugr.es/tesisugr/16790819.pdf>

## BIBLIOGRAFÍA

- Rotne, G., & Albjerg, N. (2008). Traditional climate - adapted Architecture. En T. Dahl (Ed.), *Climate and architecture* (págs. 33-45). Oxon: Routledge.
- Rudofsky, B. (1973). *Arquitectura sin arquitectos: breve introducción a la arquitectura sin genealogía*. Buenos Aires: Universitaria.
- Sabaté, F. (1993). *Burgados, tomates, turistas y espacios protegidos: usos tradicionales y transformaciones de un espacio litoral en el sur de Tenerife, Guaza, y Rasca (Arona)*. Santa Cruz de Tenerife: Confederación de Cajas de Ahorros.
- Saera, A. (2008). *Estudio comparativo de aplicaciones informáticas para el cálculo de parámetros de solubilidad*. (Tesis Fin de Máster), Universidad Politécnica, Valencia.
- Saez, A. (1978). Arquitectura espontánea del N.E.A. *Dana*(6), 5-12.
- Salas, A. (1989). *El hábitat litoraleño II*. Corrientes: Aguaradas.
- Salas, A., & Bernardello, A. (1988). *El hábitat litoraleño*. Corrientes: Poder ejecutivo de la Provincia.
- Salas, M., & Cáceres, M. (2003). Notas históricas de algunas plantas mesoamericanas en Canarias: piteras, tuneras y estramonios. *Vegueta: Anuario de la Facultad de Geografía e Historia* (7), 255-263.
- Sánchez, L. (2005). Las euforbias de Canarias. *Rincones del Atlántico*(2), 60-65.
- Schumaker, E. (1983). *Lo pequeño es hermoso*. Barcelona: Orbis.
- Sika. (2014). *Prontuario*. Madrid: Building trust Sika.
- Simon, S., & Geyer, D. (2008). Comparative testing of earthen grouts for the conservation of historic earthen architectural surfaces. En L. Rainer, A. Bass Rivera, & D. Gandreau (Edits.), *Terra 2008: The 10th Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage* (págs. 259-265). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Skibiński, S. (1990). Problemas de la investigación y conservación de las estructuras del centro ceremonial de la cultura Paracas-Nazca, Perú. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture*. Adobe 90 Preprints (págs. 443-447). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Smith, R. (1991). *El manual del artista* (2ª ed.). (M. Guerrero, & R. Moral, Trans.) Madrid: Editorial Blume.

Sørensen, P., & Friis Møller, W. (2008). Place and climate. En T. Dahl (Ed.), *Climate and architecture* (págs. 13-21). Oxon: Routledge.

Soriano Alfaro, V. (2006). *Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos. El Oasis de Skoura*. Barcelona: Colección Caja de Arquitectos.

Stulz, R., & Mukerji, K. (1993). *Appropriate building materials. A catalogue of potential solutions* (3ª ed.). St. Gallen: SKAT & IT Pub.

Thoreau, H. (1945). *Walden; o la vida en los bosques*. (J. Molina y Vedia, Trad.) Buenos Aires: Emecé.

Togola, T., Sanogo, K., & Joffroy, T. (2005). *Le tomb des Askia*. Grenoble: CRATerre éditions.

Van Widen, J. (1990). *Rural building. Basic knowledge*. Ámsterdam: Stichting Kongregate F.I.C.

Vargas, J., Heredia, E., Bariola, J., & Metha, P. (1986). *Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas*. Lima: Alfa.

Vázquez de Ágredos, M. (2004). Las bases de la preparación de la pintura mural maya: el papel de las recetas técnicas en el marco de la conservación y la creencia. En D. G. Cultura (Ed.), *XV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales* (págs. 481-492). Murcia: Consejería de Educación y Cultura de la Región de Murcia.

Vegas, F., & Mileto, C. (2010). Construyendo la torre de Babel. La organización de la obra. En J. Montero (Ed.), *Torre de Babel. Historia y Mito* (págs. 141-151). Murcia:

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Vegas, F., Mileto, C., & Busto, J. (2010). Arquitecturas de tierra. Materiales y técnicas de construcción de la torre de Babel. En J. Montero (Ed.), *Torre de Babel. Historia y Mito* (págs. 107-117). Murcia: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Vellinga, M. (2006). Engaging the future. Vernacular architecture studies in the twenty-first century. En L. Asquit, & M. Vellinga (Edits.), *Vernacular architecture in the twenty-first century. Theory, education and practice* (págs. 81-94). London and New York: Taylor & Francis.

Vellinga, M., Oliver, P., & Bridge, A. (2007). *Atlas of vernacular architecture of the World*. New York: Routledge.

Viera y Clavijo, J. (1982). *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias. Índice alfabético descriptivo de sus tres reinos: animal, vegetal y mineral*. Las Palmas de Gran Canaria: Excma. Mancomunidad de Cabildos de Las Palmas.

Viñuales, G. (1981). *Restauración de arquitectura de tierra*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.

Viñuales, G. (1990). Construcción tradicional en el nordeste argentino. En K. Grimstad (Ed.), *6th International Conference on the conservation of earthen architecture. Adobe 90 Prepints* (págs. 137-140). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Vitruvio, M. (1993). *Los diez libros de la arquitectura* (2ª ed.). Barcelona: Editorial Alta Fulla.

Webb, P., & Berthelot, S. (2014). *Historia Natural de las Islas Canarias* (1ª ed.). (D. González, & A. Álvarez, Trads.) Las Palmas de Gran Canaria: Fundación Mapfre Guanarteme - Museo Canario.

Werner, L. (1993). Ait Ben Haddou, a desert-born model for urban design. *The UNESCO Courier: a window open on the World*, 46(6), 46-47.

Wojciechowska, P. (2001). *Building with earth: a guide to flexible-form earthbag*

*construction*. White River Junction Vermont: Chelsea Green Pub.Co.

Wolfskill, L., Dunlap, W., & Gallaway, B. (1963). *Handbook for building homes of earth*. Texas: A&M University.

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future - Brutland Report*. New York: ONU.



